За дорученням:

Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

Виконавець:

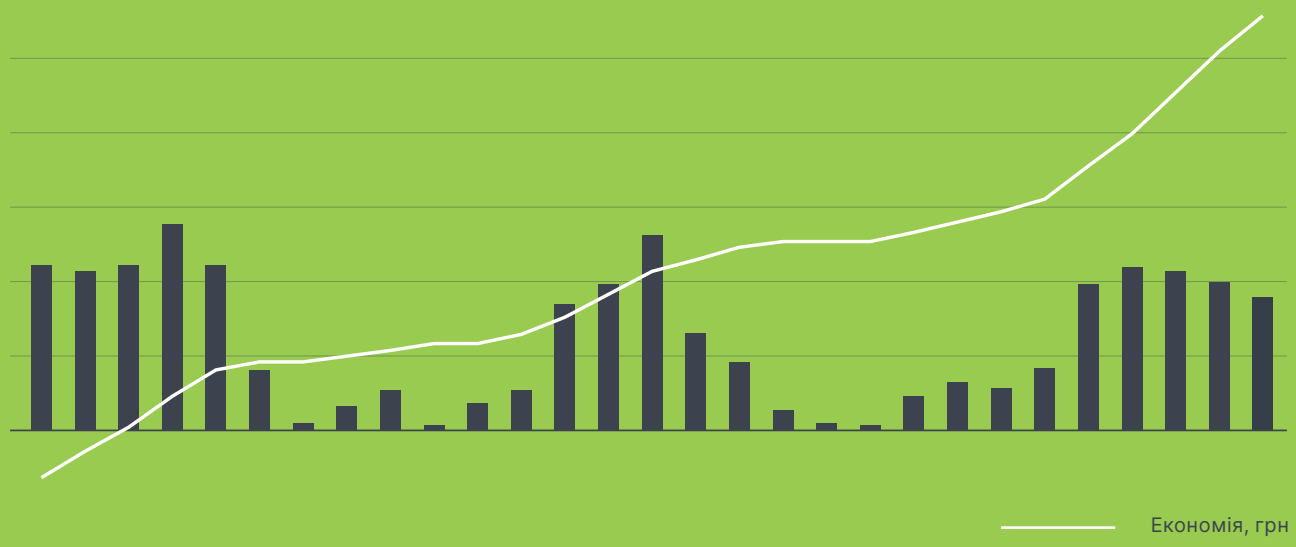
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Міністерство розвитку
громад та територій України

Фонд
Енергоефективності

Тренінговий посібник

Для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті Фонду енергоефективності України



© GIZ 2021

Цей посібник було розроблено в рамках проєкту «Підтримка національного Фонду енергоефективності та програми екологічних реформ S2I в Україні», який реалізується в Україні Німецьким товариством міжнародного співробітництва Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства довкілля, охорони природи і ядерної безпеки Німеччини (BMU) у рамках Міжнародної Ініціативи з питань зміни Клімату (IKI).

Зазначений Тренінговий посібник допоможе центрам підготовки енергоаудиторів будівель у розгортанні на своїй базі 9-ти денних курсів підвищення кваліфікації з проведення аудиту енергетичної ефективності (енергетичного аудиту) будівель. Посібник є частиною тренінгових матеріалів для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України.

Тренінговий посібник має розглядатись у комплексі з навчальними презентаціями до кожного з модулів.

Колектив авторів

Анатолій Чернявський, кандидат технічних наук, доцент,
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Вадим Литвин, Голова Асоціації енергоаудиторів України
Дмитро Марусич, член Асоціації енергоаудиторів України
Катерина Шишка, генеральна директорка ПП «ЕСКО ЕнергоІнжиніринг»
Сергій Наскальний, член Асоціації енергоаудиторів України,
член Консультативної ради державної установи «Фонд енергоефективності»

© GIZ 2021

Тренінговий посібник

Для підготовки енергоаудиторів
багатоквартирних житлових будівель
у контексті Фонду енергоефективності України

За дорученням:

Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

Виконавець:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Міністерство розвитку
громад та територій України

Фонд
Енергоефективності

Зміст

Скорочення 6

Передмова 8

1. Загальні положення 14

2. Основні етапи енергетичного аудиту

2.1 Загальні вимоги 26

2.2 Планування енергетичного аудиту 34

2.3 Попередня нарада 36

2.4 Візит на об’єкт. Збір даних та заповнення опитувальних форм 40

2.5 Проведення огляду об’єкта та застосування засобів фото- та відеографування під час проведення енергоаудиту будівель 46

2.6 Планування та проведення вимірювань 52

2.7 Аналіз інформації. Енергетичний баланс будівель. Алгоритм розрахунку оболонки та інженерного обладнання 62

2.8 Розроблення заходів з енергоефективності 96

2.9 Представлення звіту за результатами енергоаудиту 108

2.10 Заключна нарада 117

3. Загальні питання щодо теплового захисту і теплової модернізації будівель

3.1 Будівельна фізика 120

3.2 Аналіз стану огороджувальних конструкцій 126

3.3 Рекомендації щодо проведення тепловізійного обстеження будівель 134

4. Рекомендації з підготовки даних для визначення обсягів енергозбереження

4.1 Вибір періодів часу 144

4.2 Встановлення базового рівня енергоспоживання 145

4.3 Нестандартні (позапланові) коригування 146

4.4 Унормування визначальних змінних 147

5. Рекомендації щодо порядку обчислення обсягів енергозбереження 152

6. Рекомендації щодо підвищення достовірності результатів обсягів енергозбереження 156

7. Обстеження стану та оцінка рівня енергоефективності інженерних систем 164

7.1 Ефективність систем виробництва та розподілу теплової енергії в будівлі. Сучасні котельні технології 166

7.2 Ефективність використання електричної енергії в будівлях 176

7.3 Ефективність систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в будівлях 194

7.4 Ефективність використання води. Очищення стічних вод. Використання дощової води 222

7.5 Реновація та типові заходи з енергоефективності для житлових будівель 232

7.6 Ефективність використання відновлюваної енергії в будівлях 242

8. Фінансова / економічна оцінка інвестицій в проєкти з енергоефективності 262

9. Енергоменеджмент та облік енергії 284

10. Енергетична сертифікація будівель 298

11. Рекомендації щодо організації комунікацій енергоаудитора з ОСББ 308

12. Рекомендації щодо організації комунікацій енергоаудитора з Фондом енергоефективності 320

Додатки 324

Скорочення

БТІ
Бюро технічної інвентаризації

ЕА
Енергетичний аудит

ЗЕЕ
Заходи з енергетичної ефективності

КЛЛ
Компактна люмінесцентна лампа

ТМ
Теплові мережі

ГВП
Гаряче водопостачання

ЕЕ
Енергетична ефективність

ІТП
Індивідуальний тепловий пункт

НТД
Нормативно-технічна документація

ТП
Тепловий пункт

ДСТУ
Державна система стандартизації України

ЕСКО
Енергосервісна компанія

КВП
Контрольно-вимірювальні прилади

ОСББ
Об’єднання співвласників багатоквартирного будинку

ЦТП
Центральний тепловий пункт

ДТЕ
Джерело теплової енергії

ЗВТ
Засоби вимірювальної техніки

ККД
Коефіцієнт корисної дії

ПЕР
Паливно-енергетичні ресурси

ЧРП
Частотно-регульований привод

Передмова

У цьому розділі посібника показано роль законодавства України в розвитку енергоефективності будівель. Також тут наведено основні джерела та програми фінансування проєктів з енергоефективності будівель. Окреме місце в цьому розділі виділено опису програми навчання енергетичних аудиторів будівель, розробленої в рамках проєкту «Підтримка національного Фонду енергоефективності та програми екологічних реформ S2I в Україні».

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»

Україна взяла на себе низку міжнародних зобов'язань щодо впровадження реформ енергоефективності, підписавши Угоду про Асоціацію з ЄС, ставши членом Енергетичного Співтовариства та приєднавшись до концепції та цілей сталого розвитку ООН. Основою для створення системи енергоефективності є транспонування Директив ЄС, зокрема, Директиви 2012/27/ЄС[1] щодо енергоефективності та Директиви 2010/31/ЄС[2] про енергетичну ефективність будівель, яка транспонована в Україні у вигляді Закону України «Про енергетичну ефективність будівель»[3].

Цей Закон визначає правові, соціально-економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель і спрямований на зменшення споживання енергії у будівлях. Цей закон, окрім іншого, встановив мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель, а також визначив основні джерела фінансування заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та шляхи державної підтримки таких заходів.

В останні роки пріоритетним сектором для підвищення енергоефективності в Україні став житловий сектор, що обумовлено одним із найбільших економічних потенціалів (потенціал скорочення споживання енергії житловими будинками може складати близько 9 млн тонн та 3 млрд євро щорічно)[4] та соціальною необхідністю через підвищення тарифів на комунальні послуги. Завдяки активній позиції Мінрегіону та активній підтримці донорів та міжнародних партнерів України, в цьому секторі активно створюються передумови та

[1] *www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02012L0027-20201026*
[2] *www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02010L0031-20181224*
[3] *www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text*
[4] *www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf*

механізми впровадження заходів з енергоефективності – прийняте необхідне первинне законодавство, ведеться розробка підзаконних актів, створений механізм державної фінансової підтримки.

Відповідно до результатів досліджень орієнтовний щорічний потенціал енергозбереження житлового сектору України складає близько 8,8 млн т.н.е., що, виходячи з поточної вартості енергоносіїв, складає близько 3 млрд євро на рік. Однак, для реалізації цього потенціалу необхідно залучення суттєвих інвестицій у розмірі понад 40 млрд євро.

Програми фінансування проєктів з енергоефективності

Тому з метою реалізації потенціалу енергозбереження в житловому секторі України починають реалізовуватися різні програми фінансування та ЕСКО-механізм. До найбільш популярних можна віднести такі програми, як програма «Теплі кредити», почала діяти з 2014 року, а також програма «IQ energy», що працювала в 24 країнах світу і стартувала в Україні в квітні 2016 року. Крім цього, зважаючи на зростання попиту на залучення коштів для реалізації заходів з енергоефективності в житловій сфері, деякі українські банки почали реалізовувати власні проєкти щодо фінансування таких заходів. Найбільш популярними надавачами банківських продуктів щодо кредитування заходів з енергоефективності в житловій сфері були такі банки як Кредобанк, Банк Львів, Ощадбанк, Укргазбанк та ПриватБанк.

Закон України «Про Фонд енергоефективності»

Наступним суттєвим кроком створення механізму державної фінансової підтримки було затвердження Закону України «Про Фонд енергоефективності». Відповідно до положень цього закону та з метою підтримки ініціатив щодо енергоефективності, впровадження інструментів стимулювання і підтримки здійснення заходів з підвищення рівня енергетичної ефективності будівель та енергозбереження, зокрема в житловому секторі, з урахуванням національного плану щодо енергетичної ефективності, зменшення викидів двоокису вуглецю з метою виконання Паризької угоди, впровадження acquis communautaire Європейського Союзу та Договору про заснування Енергетичного Співтовариства, забезпечення дотримання Україною міжнародних зобов'язань у сфері енергоефективності в 2018 році Урядом України було створено Фонд енергоефективності[5].

Фонд енергоефективності надає підтримку об'єднанням співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) для впровадження заходів з енергоефективності шляхом надання грантів та запровадження комплексних технічних рішень із врахуванням кращих європейських практик з термомодернізації будівель. Діяльність Фонду фінансується за рахунок коштів Держбюджету України, внесків ЄС та уряду Німеччини.

[5] *www. eefund.org.ua/about-us*

Програма Фонду енергоефективності реалізовується у співпраці з Міжнародною фінансовою корпорацією – IFC, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH та Програмою розвитку ООН (ПРООН). Для технічної підтримки роботи Фонду було запроваджено Проєкт «Підтримка національного Фонду енергоефективності та програми екологічних реформ S2I в Україні», який реалізується в Україні Німецьким товариством міжнародного співробітництва Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства довкілля, охорони природи і ядерної безпеки Німеччини (BMU) в рамках Міжнародної Ініціативи з питань зміни Клімату.

Навчання енергетичних аудиторів будівель

Одним із завдань цього Проєкту є підтримка GIZ у створенні загальноукраїнської схеми навчання енергетичних аудиторів будівель, що сприятиме збільшенню кількості кваліфікованих енергетичних аудиторів в Україні. Оскільки енергоаудитори є основними особами, що займаються енергетичним обстеженням багатоквартирних житлових будинків та розробкою проєктів реконструкції цих будинків та підготовкою заявок до Фонду енергоефективності, конкретною метою цього завдання було забезпечення достатньої кількості енергоаудиторів, які можуть підтримати ОСББ по всій країні під час підготовки заявок до Фонду енергоефективності. Отже, енергоаудитори повинні мати поглиблені знання з технічних аспектів проведення енергетичного аудиту житлових будинків, законодавчих аспектів, які слід враховувати при реконструкції багатоквартирних будинків, питань поводження з небезпечними будівельними матеріалами (такими як азбест, що широко використовувався раніше в будівництві), а також глибокі знання щодо особливостей роботи з Фондом енергоефективності та ОСББ.

Тема підготовки енергоаудиторів будівель стала актуальною і, крім GIZ, тренінги енергоаудиторів в Україні почали проводити й інші міжнародні та національні організації. На той час деякі навчальні заклади вже готували та проводили тренінги та тестування для експертів з енергетичної сертифікації щодо підготовки сертифікатів енергоефективності для будівель. Успішна участь у таких тренінгах та тестуваннях була головною передумовою акредитації Державним агентством з енергоефективності України (Держенергоефективності України) експертів з енергетичної сертифікації.

Аналіз змісту тренінгових програм

Під час аналізу змісту тренінгових програм експерти виявили, що вимоги до навичок, які необхідні для видачі енергетичних сертифікатів, є меншими, ніж ті, що потрібні для проведення енергетичного аудиту будівель. Тому акредитовані експерти з енергетичної сертифікації не обов’язково мають стати кваліфікованими енергетичними аудиторами. Зважаючи на це, було рекомендовано, щоб акредитовані експерти з енергетичної сертифікації, які ще не брали участь у спеціальних тренінгах для енергоаудиторів будівель, пройшли повний курс навчання за програмою «Енергетичний аудит будівель».

Крім цього, на той час в Україні вже була певна кількість тренінгових програм для підготовки енергоаудиторів будівель. Однак, аналіз змісту цих програм показав, що більшість з них розроблені за принципом «навчаємо тому, що знаємо», а не з орієнтацією на конкретні потреби енергоаудиторів будівель України.

Базова навчальна концепція для енергоаудиторів житлових будинків

Зважаючи на сказане вище, для забезпечення узгодженості всіх навчальних програм, першим кроком GIZ разом із Проєктом, що фінансувався Національним фондом охорони навколишнього середовища та управління водними ресурсами та реалізовувався Польським національним агентством з енергозбереження (KAPE), була розробка адаптованої базової навчальної концепції для енергоаудиторів житлових будинків. Концепція передбачала проведення 9-денного навчального курсу, що включав також проведення теоретичного іспиту та виконання тестового енергетичного аудиту потенційним енергоаудитором *(див. рис. 1)*.

Рисунок 1

Опис концепції проведення 9-денного навчального курсу для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України

Елементи енергоаудиту	**Модуль A**	**Модуль B**		**Тестування**
Мета навчання	Загальний тренінг для енергоаудиторів	Особливості енергоаудиту будівель в Україні		**Підтвердження успішного завершення одного енергоаудиту**
Тривалість	5 днів	3 дні	1 день	
Зміст	Технічний / фінансовий / економічний аудит	Небезпечні матеріали Сертифікація будівлі, вимірювання та перевірка (верифікація)	Особливості роботи з Фондом енергоефективності України та ОСББ	

Мета тренінгової програми	Спеціальною метою тренінгової програми для підготовки енергоаудиторів будівель є нарощування їх чисельності та якісного складу в Україні. Планується, що за результатами тренінгу енергоаудитори будуть в змозі: **1.** Виконати технічний та економічний аналіз стану будівлі. **2.** Видавати сертифікати енергоефективності будівель відповідно до законодавства України. **3.** Сприяти ОСББ в підготовці необхідних заяв та документів до Фонду енергоефективності. Тренінгова програма складається з двох модулів: модулю А «Загальний тренінг для енергоаудиторів-початківців» та модулю Б «Тренінг для досвідчених енергоаудиторів».
Комплексний тренінг (модулі А+В)	Комплексний тренінг (модулі А+В) охоплює: - Практичні елементи, які стосуються проведення енергоаудиту будівель та впровадження заходів – орієнтовно 1–2 дні. - Практичну роботу в групах та домашні завдання із розрахунками – орієнтовно 1 день. - Проведення тренінгів на спеціальну тематику (архітектура/структура, будівельна фізика, небезпечні матеріали, економіка/фінанси, особливості роботи з Фондом енергоефективності України). - Приклади розрахунків.
Тренінг для досвідчених енергоаудиторів (модуль В)	Тренінг для досвідчених енергоаудиторів (модуль В) охоплює: - Тривалість – 4 дні. - Небезпечні матеріали, енергетичну сертифікацію будівлі, вимірювання та верифікацію – орієнтовно 3 дні. - Особливості роботи з Фондом енергоефективності України та ОСББ – орієнтовно 1 день. - Проведення лекцій на спеціальну тематику (архітектура/структура, будівельна фізика, небезпечні матеріали, економіка/фінанси, особливості Фонду енергоефективності України). - Не передбачено практичних елементів. - Приклади розрахунків.

Рисунок 2

Узагальнена структура навчальних модулів 9-денного навчального курсу для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України

Концепція підготовки енергоаудиторів

Ця концепція підготовки енергоаудиторів будівель затверджена Мінрегіоном.

На основі цієї концепції було розроблено уніфіковану тренінгову програму для енергоаудиторів будівель, яка враховує нагальні потреби енергоаудиторів будівель України в знаннях, а також покращує їх практичні навички у процесі проведення реальних енергоаудитів житлових будівель.

Основні навчальні модулі тренінгової програми для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України показано на рис.2.

Розділи тренінгової програми

Розділи, що позначено червоним, відображають спеціальні питання, що стосуються України. Також, зважаючи на наявність специфіки співпраці з Фондом енергоефективності та ОСББ, виникає потреба включення в програму додаткових тем, що пов’язані з цими питаннями.

Приклад програми 9-денного навчального курсу для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України наведено у Додатку А. Сподіваємося, що цей посібник стане у нагоді викладачам та тренерам, які навчатимуть фахівців з енергоаудиту багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України.

01 Загальні положення

Загальні положення

Цей параграф надає загальне уявлення щодо таких ключових термінів, як: енергетична ефективність будівель, енергоаудит та його мета, об'єкти, принципи. Також показано хто такий енергоаудитор та які його основні завдання. Кваліфікаційні вимоги до енергоаудитора будівель завершують опис цього структурного підрозділу посібника.

Що таке енергетична ефективність будівель

У цьому розділі наведено тлумачення найбільш поширених термінів та понять, що застосовуються під час планування, організації та проведення енергоаудитів багатоквартирних житлових будівель[6]. Питання ефективного використання енергетичних ресурсів в Україні в ситуації підвищення тарифів на енергоносії та динаміки їх подальшого зростання набули загальнодержавного значення. У цьому контексті стає актуальною енергетична ефективність житлових багатоквартирних будівель.

Під енергетичною ефективністю будівлі розуміється «властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі». Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» визначив мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель, задля виконання яких необхідно провести енергетичний аудит будівлі, а також розробити на основі його результатів заходи з енергоефективності.

Експлуатація будівель вимагає надання таких послуг, як: опалення, охолодження, вентиляція, освітлення, побутове гаряче водопостачання, транспортування (наприклад, підіймачі (ліфти), ескалатори) в будівлях. Крім того, енергію використовують прилади, що розташовані в будівлях.

Щоб допомогти керівництву ОСББ визначити можливості для підвищення енергетичної ефективності багатоквартирної житлової будівлі проводиться енергетичний аудит. Енергетичні аудити в будівлях можуть охоплювати всю будівлю або її частини чи певну технічну систему.

[6] Зважаючи на те, що ця тренінгова програма орієнтована на підготовку енергоаудиторів для роботи з Фондом енергоефективності в межах програми «Енергодім» тут і далі основний акцент зроблено саме на проведення енергоаудиту багатоквартирних житлових будівель.

Що таке енергоаудит

Енергоаудит є ефективним засобом енергозбереження, що дозволяє визначити ефективність використання енергоресурсів, встановити місця їх основних втрат і намітити заходи з енергоефективності, що дозволять усунути ці втрати, а також визначити терміни виконання цих заходів та їх економічну ефективність. Професійний підхід до вирішення завдань енергозбереження дозволяє істотно, в деяких випадках в 2-3 рази, знизити витрати на експлуатацію будівель. Такі об'єкти аудиту, як житлові будівлі, є інколи подібними, технічно простими та чисельними.

Споживання енергії в житлових будівлях залежить від[7]:

- Місцевих кліматичних умов.
- Характеристик оболонки будівлі.
- Запроєктованих умов внутрішнього середовища.
- Характеристик і параметрів налаштування технічних систем будівель.
- Робіт і процесів у будівлях.
- Поведінки тих, хто користується будівлею, і режиму експлуатації.

Мета енергоаудиту

В ДСТУ ISO 50002:2016 у загальному випадку під метою енергоаудиту (audit objective) розуміється мета робіт з енергоаудиту, узгоджена між замовником та енергетичним аудитором.

Згідно з п.7.2 ДСТУ Б В.2.2-39:2016 метою енергетичного аудиту може бути:

- Отримання енергетичного сертифіката будівлі.
- Зниження енергоспоживання та витрат на оплату спожитої енергії в будівлі.
- Зниження впливу відходів енергоспоживання на навколишнє середовище.
- Перевірка відповідності чинним нормативним документам в області енергоефективності або добровільним зобов'язанням.

[7] ДСТУ EN 16247-2:2015 Енергетичні аудити. Частина 2. Будівлі (EN 16247-2:2014, IDT)

Відповідно до ДСТУ EN 16247-2:2015 погоджені цілі енергетичного аудиту можуть охоплювати:

- Зниження споживання енергії та витрат;
- Зниження впливу на довкілля;
- Виконання законодавчих вимог або добровільних зобов'язань.

Однак, з практики енергоаудиту будівель доцільно сформулювати мету енергоаудиту, як «визначення, на скільки ефективно енергія використовується на зазначеному об'єкті і які заходи сприяють скороченню витрат енергії або поліпшення її використання».

Основні принципи енергетичного аудиту

1. Компетентність і об'єктивність виконавців ЕА під час здійснення ними енергоаудиторської діяльності.
2. Вірогідність, повнота й конфіденційність енергоаудиторської інформації.
3. Врахування досягнень науково-технічного прогресу, норм і правил технічної та екологічної безпеки, вимог регламентів, стандартів, міжнародних вимог.
4. Незалежність енергоаудиторів під час здійснення ними енергоаудиторської діяльності.
5. Відповідальність суб'єктів ЕА за організацію, проведення та якість ЕА.

Об'єкти енергетичного аудиту

Об'єктами енергетичного аудиту є багатоквартирні житлові будівлі, які здаються в експлуатацію чи експлуатуються і мають на момент проведення енергоаудиту зареєстроване об'єднання співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ).

Відповідно до Закону України «Про особливості здійснення права власності у багатоквартирному будинку»[8] під багатоквартирним будинком розуміється житловий будинок, у якому розташовано три чи більше квартири. У багатоквартирному будинку можуть також бути розташовані нежитлові приміщення, які є самостійними об'єктами нерухомого майна. Це визначення трохи відрізняється від того, що наведено в ДБН В.2.2-15:2019[9], де під багатоквартирним житловим будинком розуміється житловий будинок, до складу якого входить більше ніж одна квартира. При цьому стандарт виділяє будинки зблокованого, секційного, коридорного, галерейного і терасного типів. При цьому багатоквартирний будинок розглядається як система, до якої входять теплоізоляційна оболонка та все інженерне обладнання, що забезпечує нормальне функціонування цього будинку.

[8] *www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/417-19#Text*
[9] ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення

Типи (рівні) енергоаудиту

У практиці енергоаудиту сформувалося декілька типів (рівнів) енергоаудиту, які відрізняються як за рівнем деталізації робіт та часом їх виконання, так і за залученими ресурсами на його проведення.

Найчастіше виділяють три можливі рівні енергоаудиту:

1. Експрес-аудит (оглядовий) – під час такого аудиту визначають можливості для підвищення енергоефективності будівлі, що не потребують залучення коштів, а також мало витратні заходи з енергоефективності та загальний огляд потенційних шляхів заощаджень коштів. Заходи включають оцінку рахунків за енергоносії та короткий огляд будівлі.

2. Комплексний енергоаудит – цей аудит визначає можливості для підвищення енергоефективності будівлі, що не потребують залучення коштів, мало витратні заходи з енергоефективності, а також надає рекомендації щодо підготовки програми з енергоефективності будівлі відповідно до фінансових планів ОСББ та потенційних можливостей капіталомістких заходів з енергоефективності. Аудити цього рівня включають поглиблений аналіз енергетичних витрат, споживання енергії та характеристик будівель, а також більш детальний огляд використання енергії у будівлі.

3. Деталізований енергоаудит або аудит інвестиційного рівня - цей аудит містить детальний аналіз капіталомістких заходів з енергоефективності, що потребують залучення сторонніх інвестицій, і надає вагомі рекомендації та результати фінансового аналізу основних інвестицій в капіталомісткі заходи з енергоефективності. На додаток до діяльності, що проводиться під час перших двох типів аудиту, аудит інвестиційного рівня включає розроблення плану моніторингу, збір даних та інженерний аналіз.

В таблиці 1.1 показано основні відмінності описаних вище рівнів енергоаудиту.

Енергетична сертифікація будівель

Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» під сертифікацією енергетичної ефективності розуміється «вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проєктних характеристик огороджувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, які є технічно та економічно обґрунтованими». Енергетична ефективність будівель визначається відповідно до методики, що розробляється з урахуванням вимог актів законодавства Європейського Союзу, Енергетичного Співтовариства, гармонізованих європейських стандартів у сфері

енергетичної ефективності будівель та затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва.

Під час проведення розрахунку енергетичної ефективності будівель може використовуватися програмне забезпечення для визначення енергетичної ефективності будівель, всі розрахункові елементи якого відповідають вимогам методики визначення енергетичної ефективності будівель та застосовуються у порядку, встановленому центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва.

Таблиця 1.1 Результати порівняння рівнів енергоаудиту будівлі

Елементи енергоаудиту	**Рівень енергоаудиту**		
	1	2	3
Витрати енергоносіїв та питомі характеристики будівлі	+*	+*	+
Попередня оцінка інженерних систем та огороджувальних конструкцій	+	+	+
Ознайомлення з проєктною документацією на будівлю	+	+	+
Опитування обслуговуючого персоналу та мешканців будівлі	-	+	+
Вимірювання: мінімальний рівень	-	+	-
Вимірювання: достатній рівень	-	-	+
Складання балансів споживання енергії	-	+*	+*
Оцінка потенціалу енергозбереження	+	+	+
Спрощена техніко-економічна оцінка можливості для підвищення енергоефективності будівлі	-	+	-
Техніко-економічне обґрунтування заходів з енергоефективності	-	+	+

* Виконання цього елементу аудиту можливе за умови наявності в будівлі лічильників теплової енергії, води та електроенергії.

Хто такий енергоаудитор

В ДСТУ ISO 50002:2016 під енергетичним аудитором (energy auditor) розуміється окрема особа або група осіб, які проводять енергетичний аудит.

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» дає трохи інше визначення цього поняття: «фахівець з аудиту енергетичної ефективності будівель (далі - енергоаудитор) - фізична особа, яка отримала кваліфікаційний атестат та має право на проведення сертифікації енергетичної ефективності».

Права та обов'язки енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем у сфері енергетичної ефективності будівель визначені в Законі України «Про енергетичну ефективність будівель».

Основні завдання енергоаудитора

Згідно з п.4 ДСТУ Б В.2.2-39:2016 проведення енергетичного аудиту включає виконання таких завдань:

- Встановлення складових нераціональних енерговитрат теплоізоляційної оболонки та інженерних систем будівлі.
- Визначення та оцінювання показників енергетичної ефективності.
- Визначення потенціалу енергозбереження.
- Розроблення комплексу технічних рішень з підвищення класу енергоефективності будівлі.
- Надання висновків щодо забезпечення енергозбереження у будівлі

В залежності від того, наскільки деталізовано перелік конкретних завдань, а також об'єктів, на яких вони мають бути виконані, залежить точність оцінки енергоаудиторами вартості робіт з енергоаудиту. Крім того, чим детальніше сформульовані завдання та перелік об'єктів енергоаудиту, тим простіше буде виконавцю здійснювати цю роботу, а замовнику потім - оцінювати відповідність отриманих результатів його очікуванням.

Тому в ДСТУ EN 16247-2:2015 визначено, що до початку проведення робіт енергетичний аудитор повинен ідентифікувати всі сторони/організації та їхню участь у володінні майном, керівництві будівлею, використанні, експлуатації та технічному обслуговуванні будівлі, а також їх відповідний вплив на використання та споживання енергії та їхню користь від цього. У додатку до цього стандарту наведено приклади сторін, що залучаються до енергетичного аудиту в будівлях.

Також стандарт вимагає, що сферу аудиту потрібно погодити так, щоб охопити технічну взаємодію систем у межах будівлі, а також взаємодію систем з будівлею. Оптимізація певного специфічного сектору без урахування інших може призвести до хибних результатів. У цьому випадку у сфері та межах аудиту доцільно встановити:

- Будівлі з переліку будівель або їх частин.
- Енергетичні послуги.
- Технічні системи будівлі.
- Важливі складові та системи поза будівлею.
- Показники енергетичної результативності, які можуть бути використані належним чином під час аудиту.

Ступінь повноти перевірки енергетичного аудиту потрібно погоджувати з урахуванням того, що це може позначитись на:

- Витратах часу на об’єкті.
- Виборі зразків.
- Рівні моделювання.
- Вимогах щодо вимірювання.
- Рівні обліку енергоспоживання, враховуючи індивідуальний облік.
- Рівні визначення можливостей для підвищення енергетичної ефективності.
- Встановленні необхідних навичок аудитора.

У додатку до цього стандарту наведено приклади визначення сфери, цілей та повноти перевірки енергетичних аудитів у будівлях.

Тривалість проведення ЕА залежить від типу (рівня) ЕА, розмірів та кількості будівель. Його можна скоригувати до узгоджених із замовником строків за рахунок збільшення кількості енергоаудиторів або зменшення обсягу робіт.

Кваліфікаційні вимоги до енергоаудитора будівель

Відповідно до п.4.2.1 ДСТУ ISO 50002:2016 енергетичний аудитор повинен мати знання та навички, необхідні для здійснення визначених характеру та обсягу робіт з енергетичного аудиту. Про компетентність енергоаудитора можуть свідчити:

- Відповідний рівень освіти, навичок, досвіду та/або підготовки з урахуванням місцевих або національних керівних принципів і рекомендацій.
- Відповідні технічні навички, специфічні відносно використання енергії, характеру робіт, меж і мети енергоаудит.
- Знання відповідних законодавчих та інших вимог.
- Знання про види енергії, яку використовують та яка підлягає обстеженню.
- Знання вимог стандарту ДСТУ ISO 50002:2016, національних та місцевих стандартів енергоаудиту.
- Наявність (для члена команди, якого призначено провідним енергоаудитором) навичок з управління та керування командою з енергоаудиту: управлінські, професійні та лідерські.

Мова енергоаудитора має бути чіткою, зрозумілою для спілкування з фахівцями та замовником під час робіт з ЕА. Мова юридичних документів є державною, а мову звіту про ЕА визначає замовник.

02

Основні етапи енергетичного аудиту будівель

СТОР. 26
2.1. Загальні вимоги

СТОР. 34
2.2. Планування

СТОР. 36
2.3. Попередня нарада

СТОР. 40
2.4. Візит на об’єкт

СТОР. 46
2.5. Огляд об’єкта

СТОР. 52
2.6. Проведення вимірювань

СТОР. 62
2.7. Аналіз інформації

СТОР. 96
2.8. Розроблення заходів

СТОР. 108
2.9. Представлення звіту

СТОР. 117
2.10. Заключна нарада

2.1. Загальні вимоги

У цьому структурному підрозділі посібника наведено перелік основоположних стандартів енергоаудиту, а також етапів проведення енергоаудиту будівель. Також цей параграф присвячений розгляду наступних методів оцінювання енергетичних характеристик будівель: розрахунковий за проєктними даними, розрахунковий за проєктними даними та результатами технічних обстежень, розрахунково-вимірювальний метод та вимірювальний (експлуатаційний) метод.

Основоположні стандарти

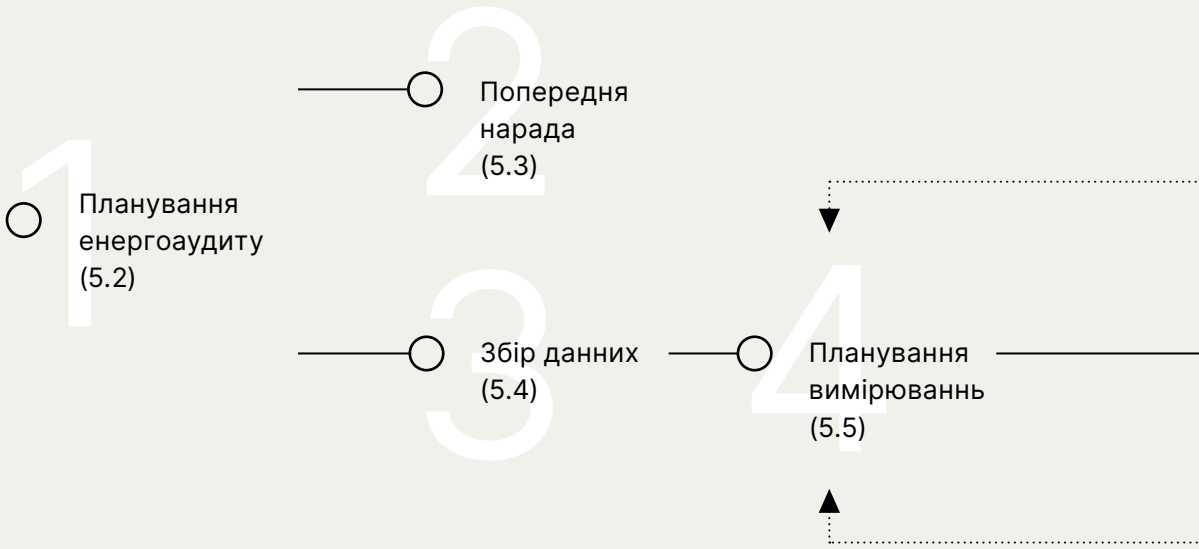
Для ефективного виконання робіт з енергоаудиту енергоаудитор має ознайомитись з основними стандартами, вільно володіти ключовою термінологією, а також знати послідовність виконання робіт відповідно до вказаних вище стандартів.

Основними стандартами, що визначають порядок та основні етапи виконання енергоаудиту, є:

1. ДСТУ ISO 50002:2016
   Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014, IDT).
2. ДСТУ EN 16247-2:2015
   Енергетичні аудити. Частина 2. Будівлі (EN 16247-2:2014, IDT).

Рисунок 2.1.1

Блок-схема процесу енергетичного аудиту відповідно до ДСТУ ISO 50002:2016*



* Нумерація блоків відповідає нумерації, визначеній у ДСТУ ISO 50002:2016

3. ДСТУ Б В.2.2-39:2016
Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель.

Етапи енергоаудиту

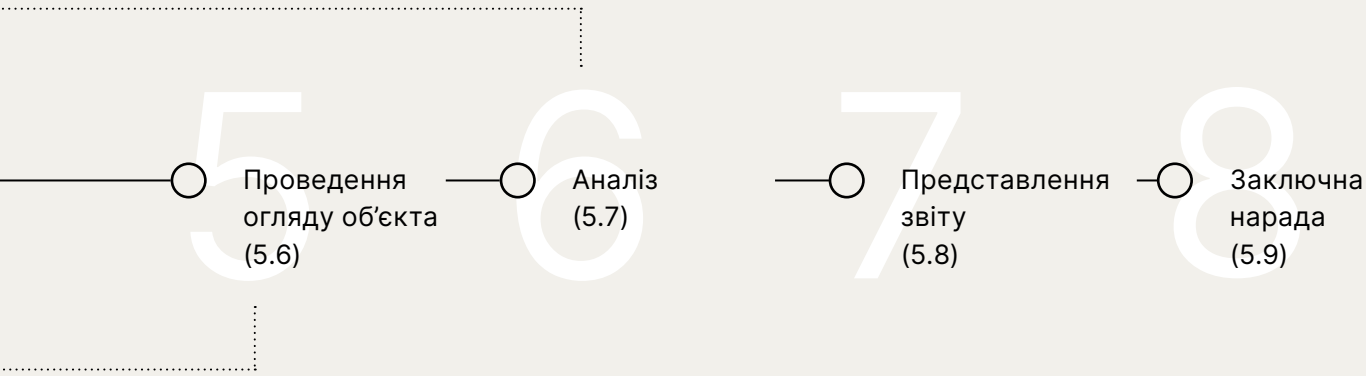
Відповідно до положень стандарту ДСТУ ISO 50002:2016, що регламентує в Україні діяльність у сфері енергоаудиту, процес ЕА складається з наступних етапів, як це показано на *рисунку 2.1.1*:

1. Планування енергоаудиту.
2. Попередня нарада і збір даних.
3. Планування вимірювань.
4. Проведення огляду об'єкта.
5. Аналіз.
6. Представлення звіту за результатами енергоаудиту.
7. Заключна нарада.

Договір на проведення енергоаудиту

До початку виконання робіт з ЕА житлових багатоквартирних будівель треба підготувати договір на проведення ЕА та розробити технічне завдання. Договір між замовником і виконавцем на ЕА — юридична основа для початку робіт щодо ЕА. У договорі має бути відображено такі положення:

1. Основа укладання договору.
2. Призначення договору.
3. Строки проведення ЕА.



4. Загальна вартість робіт згідно з договором.

5. Організаційні питання початку і припинення дії договору.

6. Юридичні адреси замовника та виконавця.

На додаток до договору долучають план проведення ЕА, а також кошторис на ЕА. У кошторисі мають бути відображені основні види робіт, витрата людино-годин на окремі види робіт та їх загальна вартість.

Дані для оцінювання

Відповідно до положень стандарту ДСТУ Б В.2.2-39:2016 проведення енергетичного аудиту включає встановлення складових нераціональних енерговитрат теплоізоляційної оболонки та інженерних систем будівлі, визначення та оцінювання показників енергетичної ефективності, визначення потенціалу енергозбереження, розроблення комплексу технічних рішень з підвищення класу енергоефективності будівлі та надання висновків щодо забезпечення енергозбереження у будівлі.

Під час визначення енергетичної ефективності будівель необхідно враховувати:

- місцеві кліматичні умови;
- функціональне призначення, тип, архітектурно-планувальне і конструктивне рішення будівлі;
- геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники будівлі;
- нормативні санітарно-гігієнічні параметри мікроклімату приміщень будівлі;
- довговічність огороджувальних конструкцій під час експлуатації будівлі;
- показники енергетичних характеристик інженерного обладнання, в тому числі характеристики пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця;
- інформацію про використання відновлюваних джерел енергії.

Енергоспоживання при опаленні, охолодженні, гарячому водопостачанні та освітленні будівлі та ефективність використання енергії оцінюються на підставі даних, що отримані під час енергетичного аудиту, які є основою для складання енергетичного балансу будівлі під час проведення обстежень та за потреби для базового рівня енергоспоживання, що враховує нормативні вимоги до внутрішнього мікроклімату в будівлі та послуги, що мають надаватися будівлею, а також для розроблення енергозберігаючих заходів.

Методи оцінки енергетичних характеристик будівель

Вибір методу оцінки енергетичних характеристик будівель, що застосовується при проведенні енергоаудиту, залежить від технічного завдання на проведення енергоаудиту, складу використовуваного під час обстеження контрольно-вимірювального обладнання.

Методичні основи оцінювання енергетичних характеристик будівлі встановлюються згідно з ДСТУ Б А.2.2-12, ДСТУ-Н Б А.2.2-13.

Енергетичний аудит будівлі здійснюється за двома методологічними принципами — розрахунковим та вимірювальним.

У залежності від мети енергетичного аудиту та сформульованого технічного завдання використовують наступні методи оцінювання енергетичних характеристик будівель:

- Розрахунковий метод за проєктними даними.
- Розрахунковий метод за проєктними даними та результатами технічних обстежень.
- Розрахунково-вимірювальний метод.
- Вимірювальний (експлуатаційний) метод.

Рисунок 2.1.2

Блок-схема процесу енергетичного аудиту відповідно до ДСТУ БВ.2.2-39:2016

Розрахунковий метод за проєктними даними

Цей метод використовується для будівель, що здаються в експлуатацію і які мають документацію з авторського нагляду, яка підтверджує повну відповідність будівельних робіт проєктним рішенням.

Енергетичні характеристики будівлі визначаються згідно з ДСТУ Б А.2.2-12, ДСТУ-НБ А.2.2-13 за розрахунковими параметрами теплового режиму приміщень згідно ДБН В.2.6-31 в залежності від функціонального призначення будівлі, розрахунковими кліматичними параметрами навколишнього середовища згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 та проєктними параметрами конструкцій теплоізоляційної оболонки і інженерних систем на підставі наступних вхідних даних:

- Кліматичних параметрів території експлуатації будівлі.
- Функціонального призначення, енергетичного навантаження та особливостей використання будівлі.
- Техніко-будівельних характеристик теплоізоляційної оболонки та інженерних систем будівлі.
- Розрахункових значень температури повітря у приміщеннях-представниках будівлі.
- Проєктного значення повітрообміну у характерних приміщеннях будівлі.

Розрахунковий метод за проєктними даними та результатами технічних обстежень

Цей метод використовується для будівель, що експлуатуються, і для будівель, що здаються в експлуатацію, які не мають проєктної документації у необхідному обсязі та документації з авторського нагляду, що підтверджує відповідність будівельних робіт проєктним рішенням. Доповнення необхідної для розрахунків інформації здійснюється за результатами технічних обстежень.

Енергетичні характеристики будівлі визначаються згідно з ДСТУ Б А.2.2-12, ДСТУ-Н Б А.2.2-13, ДСТУ Б ЕИ 15603 за розрахунковими кліматичними параметрами навколишнього середовища згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 і даними за результатами вимірювань:

- Фактичних конструктивних параметрів основних елементів теплоізоляційної оболонки і встановлення їх відповідності даним, наведеним у проєкті.
- Наявності всіх типів та марок основних елементів інженерних систем, встановлення їх відповідності даним, наведеним у проєкті, та перевірки їх робочого стану.

- Фактичних значень температури повітря у характерних приміщеннях будівлі.
- Фактичних значень повітрообміну у характерних приміщеннях будівлі.

Розрахунково-вимірювальний метод

Цей метод використовується для будівель, що експлуатуються, і для будівель, що здаються в експлуатацію, для визначення і проведення детального аналізу фактичних енергетичних та теплотехнічних показників будівель, розроблення енергозберігаючих заходів, обґрунтованих результатами інструментальних теплових вимірювань.

Енергетичні характеристики будівлі визначаються згідно з ДСТУ Б А.2.2-12, ДСТУ-Н Б А.2.2-13 за результатами вимірювань:

- Фактичних значень температури повітря у характерних приміщеннях будівлі згідно з ДСТУ Б В.2.6-101.
- Фактичних значень температури зовнішнього повітря згідно з ДСТУ Б В.2.6-101.
- Фактичних значень опору теплопередачі огороджувальних конструкцій згідно з ДСТУ Б В.2.6-101, ДСТУ Б EN 13187.
- Фактичних значень повітрообміну у характерних приміщеннях будівлі та повітропроникності огороджувальних конструкцій згідно з ДСТУ Б В.2.2-19;
- Фактичних витрат теплової та електричної енергії згідно з ДСТУ Б В.2.2-21;
- Вологості матеріалів шарів огороджувальних конструкцій згідно з ДСТУ Б В.2.6-101.

Результати вимірювань перераховують на розрахункові температурні умови зовнішнього повітря згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 та внутрішнього повітря згідно з ДБН В.2.6-31 за умови теплового балансу.

При розрахунково-вимірювальному методі енергетичного аудиту обов’язковою умовою його проведення є наявність температурного напору не менше ніж 15 К.

Рекомендації щодо визначення періоду оцінки енергетичних характеристик будівлі при використанні зазначеного методу наведені в додатку Б ДСТУ-Н Б А.2.2-13.

Вимірювальний (експлуатаційний) метод

Цей метод використовується для визначення фактичного енергоспоживання будівлі, що експлуатується. Вимірювальний метод застосовується при проведенні енергетичного аудиту існуючої будівлі та/або її інженерних систем з використанням енергоаудиторами спеціальних технічних засобів вимірювання поточних та/або інтегральних параметрів, а також з використанням існуючих стаціонарних систем контролю та обліку поточних та інтегральних параметрів будівлі та її інженерних систем. Метод дає можливість отримати найбільш об'єктивну та достовірну інформацію щодо теплоізоляційних показників огороджувальних конструкцій, характеристик інженерного обладнання та рівня енергоспоживання досліджуваної будівлі.

Крім основних стандартів, що перелічені вище, енергоаудиторам доцільно використовувати стандарти, наведені нижче (але не обмежуватися ними):

1. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

2. ДСТУ Б В.2.2-19:2008 Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огороджувальних конструкцій в натурних умовах.

3. ДСТУ Б В.2.2-21:2008 Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків.

4. ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Конструкції будинків і споруд. Методи визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій.

5. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

6. ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель.

7. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.

8. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель.

9. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT).

10. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT).

11. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методика представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT).

12. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель (EN 15459:2007, IDT).

13. ДСТУ 2155-93 Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів енергозбереження.

2.2. Планування енергетичного аудиту

У цьому параграфі розглянуто основні заходи з планування енергетичного аудиту, які мають важливе значення для визначення характеру та обсягу робіт з енергетичного аудиту та його цілі(ей), а також для збору попередньої інформації про будівлю.

Заходи з планування енергетичного аудиту

З метою визначення характеру та обсягу робіт з енергоаудиту та забезпечення проведення ефективного енергоаудиту слід врахувати наступне[10]:

А) Енергетичний аудитор та організація мають домовитися про таке:

- Характер та обсяг робіт, межі та ціль(і) енергетичного аудиту.
- Потреби та очікування для досягнення цілей аудиту.
- Необхідний рівень деталізації.
- Часові межі енергоаудиту.
- Критерії оцінювання та ранжування можливостей для підвищення рівня досягнутої / досяжної енергоефективності.
- Залучення часових та інших ресурсів організації.
- Відповідні дані мають бути доступними до початку енергетичного аудиту.

[10] ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014, IDT)

Приклад. Креслення; схеми установок; дані про споживання енергії за попередні періоди; рахунки за комунальні послуги, які належним чином перевірені; інструкції з експлуатації устаткування та інша технічна документація, у тому числі, заплановане вимірювання та/або перевірки, які мають бути проведені під час енергетичного аудиту.

- Очікувані результати та форма звітування.
- Чи має бути проєкт остаточного звіту представлений організації для обговорення.
- Представник організації, відповідальний за проведення енергетичного аудиту.
- Процедуру узгодження будь-яких змін, що вносяться до характеру робіт з енергетичного аудиту.

B) Енергетичний аудитор повинен запросити інформацію для визначення чинників, що можуть впливати на процес проведення енергетичного аудиту, в тому числі, виходячи з реальної ситуації:

- Нормативні вимоги або інші змінні, що впливають на проведення енергетичного аудиту.
- Нормативні або інші обмеження, що впливають на характер та обсяг робіт з енергетичного аудиту або інші аспекти запропонованого енергетичного аудиту.
- Стратегічні плани, які можуть вплинути на рівень досягнутої / досяжної енергоефективності організації.
- Системи управління, наприклад, довкілля, якості, енергетичного менеджменту або інше.
- Фактори або особливі домовленості, які можуть змінити характер та обсяг робіт, процес і висновки енергоаудиту.
- Будь-які міркування, навіть суб'єктивні, у тому числі існуючі думки, ідеї та обмеження, що стосуються потенційних заходів з підвищення рівня енергетичної ефективності.

C) Енергетичний аудитор повинен проінформувати організацію про:

- Засоби, обладнання та послуги, необхідні для проведення енергетичного аудиту.
- Комерційний чи інший інтерес, який може вплинути на його/її висновки та рекомендації.
- Будь-які інші питання щодо конфлікту інтересів.

2.3. Попередня нарада

У межах цього параграфу розглянуто як загальні організаційні питання щодо проведення попередньої наради та оформлення її результатів, так і питання збору та узагальнення попередніх даних про житлову будівлю.

Загальні питання

Метою проведення попередньої наради є ознайомлення всіх зацікавлених сторін з цілями та межами проведення енергетичного аудиту, визначення обсягу робіт, видів та вимог до інструментальних вимірювань, які планується провести, а також погодження організаційно-практичних аспектів енергетичного аудиту.

Попередня нарада може проводитись у якості зустрічі із замовником енергоаудиту, так і через телефонний дзвінок, проведення телеконференції або застосування інших електронних засобів.

Під час попередньої наради енергоаудитор зазвичай погоджує та уточнює із замовником енергоаудиту наступні питання:

- Час проведення енергоаудиту (робочий або неробочий час).
- Яка будівля(і) або частина будівлі включаються в енергетичний аудит та які системи будівлі(ель) включаються в енергоаудит (для правильного аналізу рекомендується включати всі системи).
- Які площі/об’єкти/системи, що є поза межами обраної будівлі, включають в енергетичний аудит.
- Забезпечення доступу до різних приміщень та частин будівлі, в тому числі приміщення чи частини будівлі з обмеженим доступом. Необхідно забезпечити по можливості доступ до всіх внутрішніх приміщень будівлі, підвалів, горищ/покрівель.
- Доступ до інженерних комунікацій, а саме систем тепло-водопостачання; лічильників тепла, газу, електроенергії та холодної / гарячої води, електрощитовим.
- Рівень залучення персоналу будівлі до проведення енергоаудиту. На об’єкті необхідна присутність осіб, відповідальних за енергогосподарство для уточнення питань щодо параметрів

фактичної експлуатації будівлі, її технічного стану та інженерних систем.

- Підготовку замовником наявної на об'єкті технічної документації: паспортів БТІ, проєктної документації (технічних планів, схем та опису будівлі, якщо є в наявності).

- Підготовку замовником наявної інформації щодо енергоспоживання: журналів обліку споживання тепла, води, електроенергії, газу, інших видів палива (за наявності власних котелень).

- Можливість доступу до приміщень власних котелень (якщо вони встановлені для обігріву досліджуваної будівлі) для фіксації типів, марок та потужності встановлених котлів.

- Забезпечення допомоги у зборі даних щодо переліку електрообладнання та наявного у будівлі освітлення.

- Техніка безпеки, можливі небезпеки та ризики для здоров'я енергоаудитора/енергоаудиторів.

- Узгодження питання нерозголошення конфіденційної інформації.

- Визначення будь-яких незвичних умов, які можуть вплинути на проведення енергоаудиту або рівень досягнутої/ досяжної енергоефективності, а саме: роботи з технічного обслуговування, спеціальні візити (клієнтів, контролюючих органів тощо) та інше.

Збір та узагальнення даних

Енергоаудитор повинен зібрати, узагальнити і записати всі необхідні енергетичні дані для подальшого проведення енергоаудиту, а саме:

- Фактичні параметри мікроклімату в приміщеннях будівлі (температуру, вологість, якість повітрообміну, рівень освітленості, шуму тощо).

- Інформацію щодо раніше проведених енергоаудитів або сертифікації енергетичної ефективності будівлі.

- Інформацію щодо техніко-експлуатаційних характеристик будівлі.

- Інформацію щодо рівня споживання енергетичних ресурсів та холодної води (по можливості помісячно та щонайменше за три останні роки), їх вартості та діючих тарифів на енергоносії.

- Дані щодо наявності приміщень в будівлі із різним призначенням.

- Дані щодо функціонування на об'єкті системи енергетичного менеджменту та наявності програм інформування або мотивування користувачів до ощадливого використання енергетичних ресурсів.

Результати попередньої наради

За результатами проведеної наради необхідно, щоб з боку замовника була призначена відповідальна особа для надання допомоги енергоудитору або відповідні особи, які увійдуть до складу групи з енергоаудиту з цією самою метою. Ці особи повинні бути компетентними та обізнаними у питаннях, пов'язаних із експлуатацією та станом будівлі, інженерних систем, що обстежуються. Крім того, необхідно, щоб персонал та інші зацікавлені сторони на об'єкті були проінформовані про дату та мету проведення енергетичного аудиту.

У випадку, якщо енергетичний аудит виконує не одна особа, а група, необхідно призначити провідного енергоаудитора та проінформувати про це замовника.

2.4. Візит на об’єкт. Збір даних та заповнення опитувальних форм

Ознайомлення з будівлею зазвичай починається з моменту першого візиту на об'єкт. Перш за все доцільно визначитися з переліком необхідної інформації про будівлю, джерелами цієї інформації, а також способами її отримання. Всі ці питання розкрито в цьому підрозділі посібника.

Джерела інформації про об’єкт ЕА

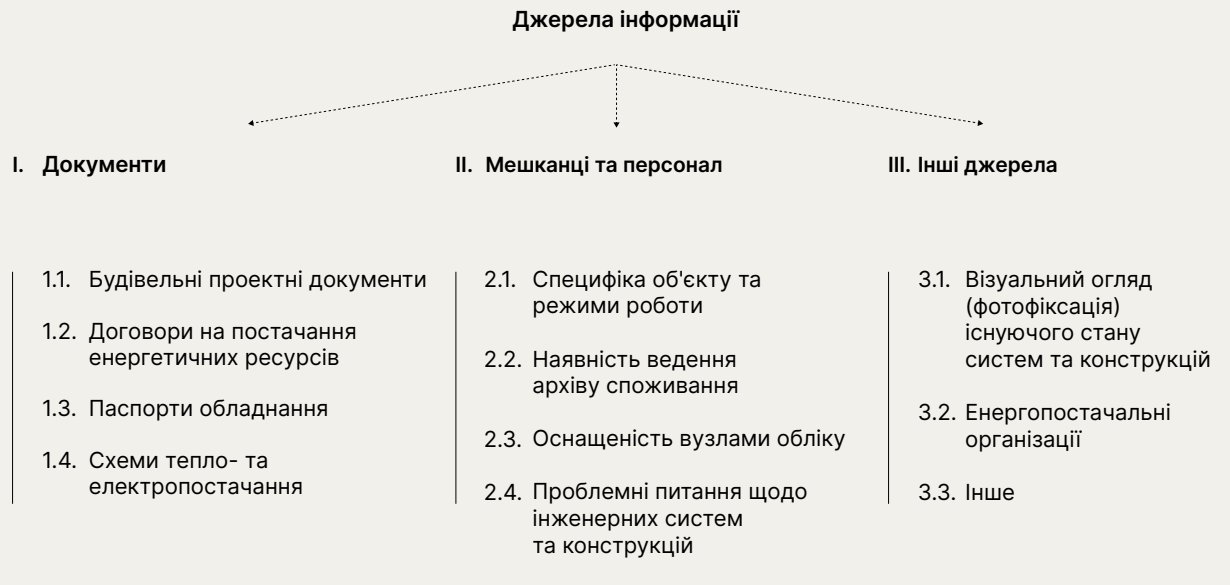
Мета візиту – ознайомитися з будівлею, її станом та станом її інженерних систем, а також зібрати всю необхідну інформацію для досягнення мети енергоаудиту.

Основні джерела інформації про об’єкт енергетичного аудиту показано на *рис. 2.4.1.*

Обсяг документальної інформації мають визначати енергоаудитори залежно від об’єкта ЕА та завдань, виконуваних під час ЕА.

Рисунок 2.4.1

Основні джерела інформації про об’єкт енергетичного аудиту



Опитувальні форми

Для організації збору інформації про об'єкт енергоаудиту рекомендується користуватися заздалегідь підготовленими опитувальними формами. Приклад такої форми наведено у Додатку Б.

Під час використання опитувальних листів доцільно враховувати таке:

1. Опитувальні листи енергоаудитор заповнює власноруч.
2. Обсяг та кількість опитувальних листів визначається енергоаудитором.

Суть інформації в опитувальних листах:

1. Збирається для верифікації (перевірки) та доповнення попередньо отриманої інформації.
2. Отримання даних замірів та складу / матеріалів огороджувальних конструкцій, стану конструкцій (стін, даху, вікон, дверей, підлоги).
3. Отримання опису усіх інженерних мереж, їх стану (опалення, ГВП, електромереж, вентиляції, ХВП, каналізації).
4. Реєстрація результатів проведених замірів параметрів інженерних систем (температури теплоносія та внутрішньої температури в приміщеннях тощо).
5. Отримання даних з системи обліку енергоресурсів.
6. Зазначення попередніх можливих заходів з енергоефективності.

Енергетичні дані

За можливості, енергоаудитор повинен зібрати, узагальнити і записати відповідні енергетичні дані, які забезпечують цілі аудиту. Сюди, згідно рекомендацій ДСТУ Б 6.2.2-39:2016[11] , може входити наступна інформація:

1. Місце будівництва, адреса, рік будівництва, тип будинку, загальна опалювана площа (об'єм), кількість персоналу, наявність проєктної виконавчої документації із внесеними змінами про відхили від проєкту під час будівництва.
2. Дані про наявність енергії, яка отримується з відновлюваних джерел енергії, - теплові насоси, сонячні колектори тощо. Визначені технічні характеристики систем.

[11] ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель

3. Об'ємно-планувальні та геометричні показники будівлі (розташування будинку на плані забудови, плани поверхів, висота поверхів, загальна висота будинку, загальна площа зовнішніх стін та світлових отворів, у тому числі за напрямками сторін світу тощо).

4. Первинні дані про витрату теплової енергії, електричної енергії, води за річний цикл з розбивкою по місяцях за останні 3-5 років (для об'єкта, що вводиться в експлуатацію, - проєктні значення).

5. Енергетичні характеристики будинку, тобто інформацію про замовлену теплову потужність, потребу в теплі, використання енергії, тарифи та оплати.

6. Характеристики опалювальної системи, зокрема і, в першу чергу: складові коефіцієнти корисної дії опалювальної системи, тип трубопроводів, робочі параметри, види радіаторів (нагрівальних пристроїв), а для будинків, в яких проводилась модернізація опалювальної системи, - опис цієї модернізації.

7. Характеристики пристроїв (мережі) гарячого водопостачання, зокрема і, в першу чергу: вид трубопроводів, їх розміри, ізоляція стояків (вертикальних каналів).

8. Характеристики системи вентиляції, зокрема і, в першу чергу: вид, тип вентиляції.

9. Характеристики вузла управління (теплової установки) чи котельної, що знаходиться в будинку.

10. Характеристики пристроїв (мережі) газопостачання, димоходів, якщо вони впливають на вдосконалення чи термомодернізаційний захід.

11. Характеристики мережі електропостачання.

12. Параметри систем тепло-, електро- та водопостачання будинку: джерела та схеми електро-, тепло-, водопостачання, вузли вводів трубопроводів системи опалення, наявність та типи приладів обліку енергоносіїв та витрат теплоносія. За наявності індивідуального теплового пункту (далі - ІТП) надається інформація про схему приготування гарячої води та теплоносія на опалення, оснащення ІТП приладами обліку та регулювання витрат теплової енергії.

Інші документи

Також слід взяти до уваги такі документи:

1. Проєктну документацію на будинок (архітектурна частина), плани від бюро технічної інвентаризації (далі - БТІ).
2. Журнали обліку теплової та електричної енергії і води.
3. Звітну документацію щодо комерційного та технічного обліку енергоносіїв (періодичність визначається узгодженою точністю енергетичного аудиту. Зазвичай, надають помісячні дані).
4. Рахунки від постачальників енергоносіїв.
5. Схеми балансового розмежування теплових і електричних мереж та водовідведення будівлі.
6. Схеми теплового пункту та системи тепло- і електропостачання будівлі.
7. Графіки навантаження (місячні, тижнезі, добові) та системи обліку енергоносіїв.
8. Технічну документацію на обладнання (технологічні схеми, специфікації, паспортні дані тощо).
9. Звітну документацію щодо ремонтних, налагоджувальних, випробувальних, енергозберігаючих заходів.
10. Графіки роботи/перебування людей у будівлі.
11. Відгуки від мешканців або персонал, які експлуатують будівлю, щодо покращення умов мікроклімату приміщень.

Обмірні роботи

Інформацію, отриману під час ЕА, треба задокументувати і перевірити, порівнюючи з інформацією, одержаною з інших джерел інформації. Інформацію, отриману під час ЕА, має характеризувати повнота, достатність, періодичність і вірогідність. У документальній інформації про будівлю мають бути підписи або копії підписів замовника.

З метою виявлення дійсних геометричних розмірів будівлі в цілому і її окремих конструкцій та встановлення їх відповідності проєктним даним проводять обмірні роботи. Також обмірні роботи проводять у випадку відсутності проєктної документації на будівлю і її основних елементів.

Склад і кількість обмірних робіт встановлюються на етапі попереднього обстеження і залежать від завдань обстеження, наявності проєктної документації, проведених раніше реконструкцій будівлі тощо.

Обмірами визначаються конфігурація, розміри, положення в плані і по вертикалі конструкцій і їх елементів.

При проведенні обмірних робіт доцільно дотримуватися вимог ГОСТ 26433.0-85[12]та ГОСТ 26433.2-94[13], що регламентують систему забезпечення точності і правил виконання вимірювань обстежуваних параметрів.

Для обмірів окремих конструкцій та їх елементів використовуються рулетки, дерев'яні складні рейки з нанесеними на них поділками, набори металевих лінійок і косинців різної довжини, штангенциркулі, рівні, схили, а для проведення лінійних вимірювань будівлі - лазерні далекоміри та інші сучасні вимірювачі довжини.

Обмірні креслення виконуються в масштабі 1:100 - 1:200, креслення фрагментів і вузлів - в масштабі від 1:50 до 1:5. У процесі натурних обстежень результати обмірів наносяться на попередньо підготовлені копії робочих креслень проєкту будівлі або на ескізи для подальшого виготовлення обмірних креслень.

Розміри і висотні позначки конструкцій проставляються на обмірних кресленнях відповідно до правил оформлення архітектурно-будівельних робочих креслень.

Виявлення тріщин

Під час обстеження будівельних конструкцій найбільш відповідальним етапом є виявлення тріщин і причин їх виникнення, а також динаміки розвитку. Тріщини можуть бути викликані різними причинами і мати різні наслідки. Тріщини виявляються шляхом огляду поверхонь конструкцій, а також вибіркового видалення з конструкцій захисних або оздоблювальних покриттів. Слід визначити положення, форму, напрямок, поширення по довжині, ширину і глибину розкриття, а також встановити, чи триває або припинилося їх розповсюдження.

Ширину розкриття тріщин рекомендується визначати за допомогою мікроскопа з ціною поділки 0,02 мм, межею вимірювання 6,5 мм (наприклад, мікроскоп МПБ-2) або мікроскопа з межами вимірювань від 0,015 до 0,6 мм (наприклад, мікроскоп МИР-2), а також лупи з масштабним розподілом (лупи Бріннеля) або інших приладів та інструментів, що забезпечують точність вимірювань не нижче 0,1 мм. Глибину тріщин встановлюють, застосовуючи голки і дротяні щупи, а також за допомогою ультразвукових приладів (наприклад, типу УКХ-1М, бетон-3М, УК-10П тощо).

[12] ГОСТ 26433.0-85 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения
[13] ГОСТ 26433.2-94 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений

2.5. Проведення огляду об’єкта та застосування засобів фото- та відеографування під час проведення енергоаудиту будівель

Огляд об’єкта, фото- та відеографування є одними з ключових завдань енергоаудитора під час проведення енергоаудиту будівель. При цьому, доцільно також враховувати рекомендації щодо проведення обстеження огороджувальних конструкцій та інженерних систем будівель, викладені в цьому підрозділі.

Виконання замірів та спостережень

Під час проведення огляду житлової будівлі виконується огляд та оцінка як самої будівлі, так і кожної характерної для неї інженерної системи, встановленого обладнання та устаткування.

Енергоаудитору необхідно отримати можливість безперешкодного доступу до приміщень, в тому числі низки квартир, підвалу, покрівлі/горища, теплового пункту, системи автоматизації та управління будівлі (тільки візуальне ознайомлення), встановлених засобів обліку енергетичних ресурсів. Для цього енергоаудитор повинен домовитися із замовником про визначення однієї або більше осіб, що буде/будуть супроводжувати енергоаудитора під час обстеження будівлі.

Виконання запланованих на об’єкті замірів та спостережень необхідно проводити надійними способами та, по можливості, в репрезентованих умовах при нормальних режимах експлуатації будівлі та її інженерних мереж.

В загальному випадку, під час огляду будівлі енергоаудитор:

1. Проводить фото- та/або відеофіксацію огороджувальних конструкцій, інженерних систем, обладнання та устаткування, що є значними споживачами енергоресурсів. Для високих будівель (>9 поверхів), рекомендовано використовувати фотоапарати з потужним оптичним зумом.

2. Вивчає наявну на об'єкті технічну документацію, проводить її фотофіксацію з метою подальшого використання наявної в ній інформації на етапі підготовки звіту з енергоаудиту.

3. Уточнює загальну інформації щодо будівлі, в тому числі і щодо її технічних та експлуатаційних характеристик. Оцінює сезонні умови експлуатації будівлі в цілому.

4. Визначає відповідність технічних систем їх призначенню, фактичний стан, ефективність та умови експлуатації.

5. Виконує відповідні архітектурні обміри для підготовки звіту щодо енергоаудиту, зокрема, розмірів фасадів, покрівлі, встановлених вікон та дверей, товщини елементу оздоблення і т.д.

6. Визначає конструктивні рішення всіх типів огороджувальних конструкцій будівлі та їх відповідність проєктним рішенням (стінові огороджувальні конструкції, конструкції покриття, конструкції перекриття, вікна, вхідні двері).

7. Перевіряє робочі параметри інженерних систем будівлі (споживання теплоенергії, побутове споживання гарячої води, вентиляції).

8. Проводить опитування мешканців, перевірку скарг щодо теплового комфорту, намагаючись отримати інформацію щодо внутрішньої температури протягом опалювального періоду чи інших проблем, які стосуються будівлі (постачання води, погана вентиляція, сирість, протікання тощо). Для отримання більш достовірної інформації необхідно запланувати візит до декількох квартир.

9. Виконує відповідні вимірювання внутрішньої температури повітря в приміщеннях, поверхонь оздоблення будівель, систем теплопостачання та гарячої води, вологості, рівня освітленості. Вимірювання температури внутрішнього повітря приміщень у житловій будівлі проводиться в характерних (типових) приміщеннях або в приміщеннях, щодо яких є скарги від мешканців будинку. Вимірювання необхідно проводити зі всіх сторін фасадів будівлі.

10. Виконує інші вимірювання, передбачені угодою із замовником енергоаудиту (тепловізійне обстеження будівлі та інженерних систем, оцінку показників якості електричної енергії і т.д.).

11. Визначає відповідність поточного стану будівлі державним санітарним та будівельним нормам щодо показників енергоефективності та експлуатації.

12. Формує попередні рекомендації та перелік можливих до запровадження заходів з енергозбереження.

Обстеження огороджувальних конструкцій

Під час обстеження огороджувальних конструкцій перевіряється їх стан та збираються наступні дані:

Горище/дах (покриття):

- Матеріал, який використовують для підлоги горища та його товщина.
- Протікання даху та/або інші технічні проблеми.
- Температура повітря на горищі.
- Вентиляція горища.
- Стан та матеріал даху.
- Перевірка вентиляційних шахт щодо потоку повітря.
- Стан системи збору дощової води.

Стіни:

- Товщина та матеріал стін.
- Тріщини та дефекти стін.
- Вжиті заходи (наприклад, утеплення стін, в тому числі, часткове).

Балкони/лоджії:

- Загальний стан.
- Наявність чи відсутність скління.

Вікна/вхідні двері:

- Кількість та тип встановлених вікон і зовнішніх дверей.
- Стан вікон та вхідних дверей, ізоляція дверей, пружин замикання дверей.
- Якість замінених вікон та дверей.
- Наявність відкритих вікон.

Підвал (перекриття):

- Стан підвальної плити перекриття.
- Стан стіни підвалу та підлоги.
- Вікна підвалу та/або вентиляційні люки (також варто взяти до уваги, чи запобігають вони потраплянню тварин до підвалу, чи в підвалі вже є тварини).
- Опалюваний чи неопалюваний підвал.
- Температура повітря в підвалі.
- Наявність води в підвалі.

Цоколь:

- Загальний стан цоколю.
- Стан відмостки та тротуару довкола будівлі.

Обстеження системи опалення

Під час обстеження системи опалення перевіряється її стан та збираються наступні дані:

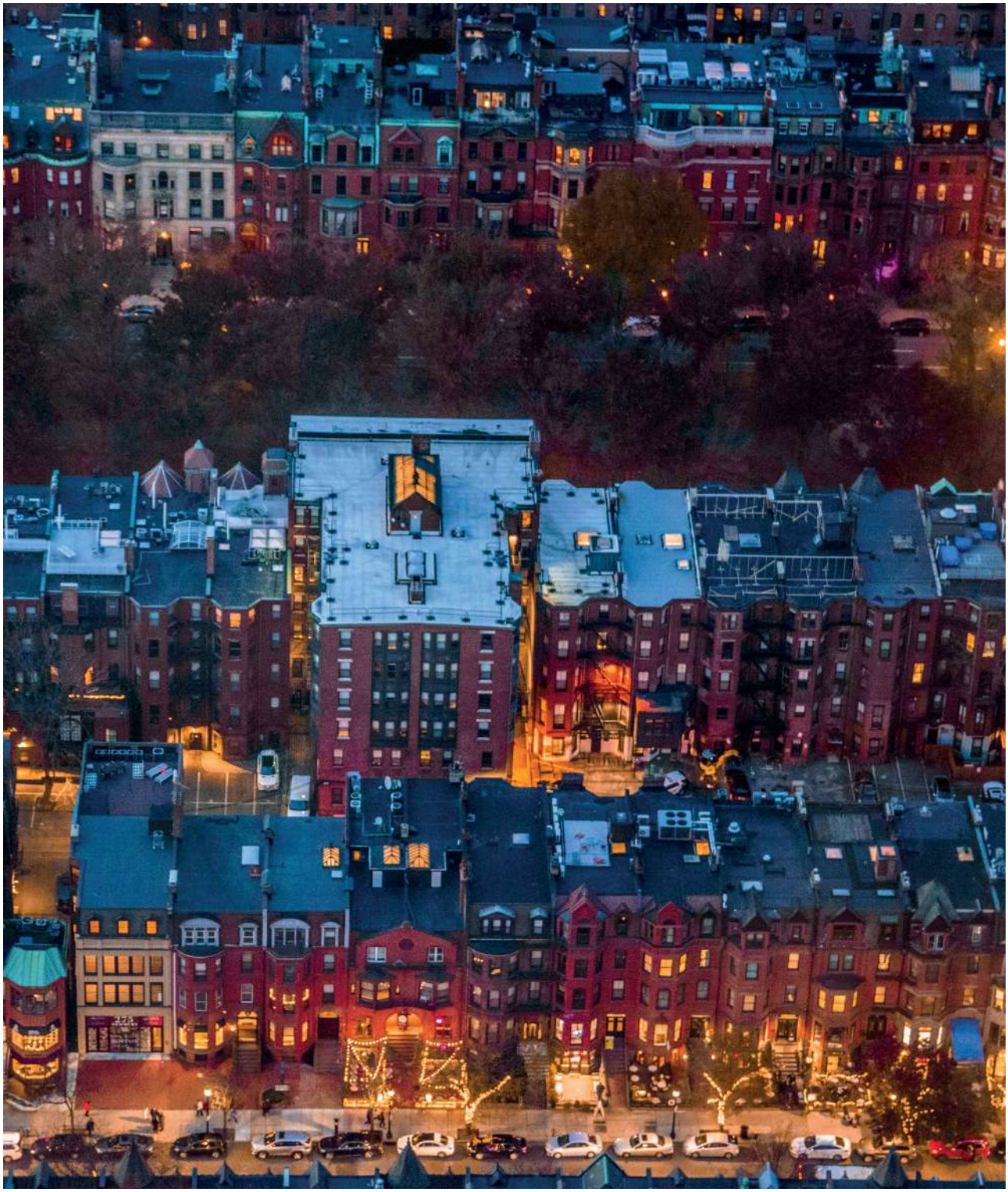
- Загальна інформація щодо системи опалення: термін експлуатації, стан, тип, ККД.
- Наявність теплообмінника: назва, тип, потужність, паспортне значення ККД, термін експлуатації.
- Наявність автоматичного регулювання: стан, назва, тип, наявність балансувальних кранів та термостатів.
- Технічна характеристика індивідуального теплового пункту (котлів), насосів, контрольно-вимірювальної апаратури, регулюючих пристроїв.
- Загальна інформація щодо системи розподілення: тип, потужність, ККД, теплоносій, матеріал труб, наявність ізоляції трубопроводу, матеріал ізоляції, наявні непродуктивні втрати в системі.
- Загальна інформація щодо системи подачі теплоносія: тип нагрівальних елементів, їх кількість та потужність, положення нагрівальних елементів.

Обстеження системи гарячого водопостачання	Під час обстеження системи гарячого водопостачання перевіряється її стан та збираються наступні дані: - Загальна інформація щодо системи ГВП: тип, стан. - Наявність теплообмінника: назва, тип, потужність, паспортне значення ККД, температура гарячої води, термін експлуатації. - Наявність автоматичного регулювання температури: стан, назва, тип. - Загальна інформація щодо системи розподілення: максимальна подача (витрата), ККД, матеріал труб, наявність ізоляції трубопроводу, матеріал ізоляції, наявність встановленого рециркуляційного насоса, наявні непродуктивні втрати в системі. - Інформація щодо розподілення гарячого водопостачання: індивідуальний розподільний трубопровід до водорозбору гарячої води користувача або циркуляційний контур.
Обстеження системи вентиляції будівлі	Під час обстеження системи вентиляції будівлі перевіряється її стан та збираються наступні дані: - Обстеження та перевірка функціонування вентиляційних шахт у будівлях з природною вентиляцією. - Для будівель з механічною вентиляцією обстеження та перевірка технічного стану припливно-витяжних установок (загальна інформація по системі вентиляції: термін експлуатації, стан, тип, ККД, середня кратність повітрообміну і т.д).
Обстеження системи охолодження будівлі	Під час обстеження системи охолодження будівлі перевіряється її стан та збираються наступні дані: - Загальна інформація щодо системи охолодження: наявність, термін експлуатації, назва, стан, встановлена потужність, середній час роботи за рік. - Інформація про постачання/виробництво холоду: тип енергоносія і холодоагента. - Інформація щодо системи розподілення. - Наявність системи автоматичного управління та її тип. - Інформація про окремі системи охолодження: місце знаходження, загальна потужність, час роботи, термін експлуатації.

Обстеження системи освітлення

Під час обстеження системи освітлення будівлі перевіряється її стан та збираються наступні дані:

- Інформація щодо стану та типу розподільної системи електропостачання будівлі.
- Для житлових будівель необхідно визначити орієнтовну кількість освітлювального обладнання, час його роботи та питому потужність із розрахунку на 1 м^2 площі.



2.6. Планування та проведення вимірювань

Вимірювання необхідно проводити, щоб отримати додаткову інформацію, якої не вистачає в документальній інформації або, щоб перевірити вірогідність наявної документальної інформації. У цьому параграфі розглянуті загальні питання щодо планування та проведення вимірювань електричних, теплових та інших фізичних параметрів будівлі.

Види вимірюваннь

Залежно від завдання, виконуваного під час ЕА, вимірювання поділяють на:

1. Одноразові — коли оцінюють рівень енергоефективності окремого об'єкта під час роботи у визначеному режимі;
2. Балансові — коли складають баланс розподілу ПЕР між окремими споживачами чи системами;
3. Реєстраційні — коли виявляють зміни будь-якого параметра режиму споживання ПЕР.

Під час вимірювання треба максимально використовувати наявні в будівлі системи обліку та контролю ПЕР.

Вимірювальні прилади

Вимірювальні прилади – найважливіше джерело інформації для проведення енергоаудиту. Зазвичай у багатоквартирних будинках встановлюють такі вимірювальні прилади:

1. Лічильники електроенергії (для розрахунку споживання електроенергії в місцях загального користування ліфтами, циркуляційними насосами, освітленням тощо).
2. Лічильники теплової енергії будівель, під'єднаних до системи централізованого теплопостачання.
3. Газові лічильники будівель, де для опалення приміщень використовують газові котли.
4. Лічильники води.

Щодо електроенергії, то якщо в будівлі встановлено старі лічильники – дані потрібно дізнаватися в ОСББ на підставі рахунків за комунальні послуги. Здебільшого це інформація за один чи два

місяці. Нові лічильники електроенергії, які також називають «розумними» лічильниками, дають змогу отримувати дані в динаміці. Однак за потреби дані в динаміці можна дізнатися від постачального підприємства через ОСББ. Залежно від того, який лічильник та системи інженерного обладнання використовують, можуть бути доступні дані про споживання електроенергії за годину або навіть 15, 10 або 5 хвилин.

Рисунок 2.6.1

Зовнішній вигляд приладу обліку споживання електроенергії

Лічильники теплової енергії

Лічильники теплової енергії – це «енергетична межа» будівлі. під час енергоаудиту потрібно враховувати все, що впливає на енергоспоживання будівлі після цього пункту (лічильника теплової енергії).

Рисунок 2.6.2

Зовнішній вигляд приладу обліку споживання теплової /енергії

Споживання теплової енергії можна виміряти в кожній квартирі. Це можливо досягнути двома способами:

1. За рахунок встановлення звичайних лічильників теплової енергії в кожній квартирі. Це можна зробити, лише якщо в кожній квартирі є індивідуальна система опалення (двотрубна горизонтальна система). Зазвичай ці системи оснащені системою розподілу на сходових клітинах, а кожна квартира має горизонтальну систему опалення.

2. За рахунок встановлення розподільників тепла на кожному радіаторі в будівлі. Такий спосіб підходить для будь-якого типу систем опалення будівлі. У такому разі на кожному радіаторі встановлюють невеликий прилад. Він вимірює не споживання теплової енергії,

а лише температуру на поверхні кінцевого пристрою. На підставі цих даних, а також даних про кожний радіатор (його тип і розмір), певна кількість теплової енергії розподіляється за алгоритмом розрахунку теплової енергії. Цей спосіб вимірювання споживання тепла менш точний порівняно з традиційним. У разі встановлення розподільників на кожному кінцевому пристрої системи опалення потрібно встановити лічильник теплової енергії в тепловому пункті будівлі. Також, у такому разі загальну оплату за опалення в кожній квартирі будинку розраховують лише частково на підставі показників розподільника (зазвичай показання розподільника дорівнюють приблизно 70% від загального споживання теплової енергії будівлі, а ще 30% розподіляють рівномірно на кожну квартиру, наприклад, на квадратний метр).

Рисунок 2.6.3

Зовнішній вигляд розподільника тепла

Індивідуальний облік тепла в багатоквартирних будинках також може спричинити непорозуміння між орендарями та тим, наскільки температура в будівлі комфортна для них. Основна проблема в тому, що лічильники теплової енергії (або розподільники на кожному радіаторі) вимірюють лише теплову енергію, спожиту у квартирах, що подає система опалення приміщень. Однак до квартир також може надходити частина необхідної теплової енергії від сусідніх квартир через стіни, підлогу та стелю. Наприклад, для опалення квартири з постійною температурою повітря в приміщенні 18°C, оточеної сусідніми квартирами з постійною температурою 22°C, від централізованої системи потрібна незначна кількість теплової енергії.

План вимірювань

Для будь-якого вимірювання та збору даних на об’єкті енергоаудитор і ОСББ мають узгодити план вимірювань. План вимірювань, за необхідності, переглядають на основі результатів, отриманих енергетичним аудитором під час енергоаудиту. Основні елементи, які повинні бути включені в план вимірювання:[14]

1. Перелік відповідних (контрольних) точок вимірювання, пов’язаних із ними процесів і вимірювального обладнання.

[14] ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT) Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення.

2. Виявлення будь-яких додаткових точок вимірювання, відповідного вимірювального обладнання, пов'язаних із ними процесів та можливості встановлення обладнання.

3. Необхідні точність і повторюваність вимірювань, і пов'язана з ними невизначеність вимірювань (нестабільність замірів).

4. Тривалість та періодичність вимірювання, тобто окремі точки даних або безперервний моніторинг.

5. Частота збору даних для кожного виміру.

6. Відповідний період часу, коли діяльність є репрезентативною.

7. Відповідні змінні, що надаються організацією, наприклад, робочі параметри і дані виробництва.

8. Відповідальність за проведення вимірювань, у тому числі, список осіб, які працюють для організації або за її дорученням.

9. Калібрування і простежуваність вимірювального обладнання (якщо це реально або практично можливо).

Під час проведення енергетичного аудиту забезпечується виконання замірів та спостережень надійними способами та в умовах, які є репрезентативними або нормальними режимами експлуатації для об'єкта, а також, по можливості, у відповідних кліматичних умовах. Це не виключає того, що спостереження можуть також проводитися в неробочий час або в періоди невідповідних погодних умов.

Вибирають методи та засоби вимірювання тих чи інших фізичних величин згідно з рекомендаціями МИ 1967-89 ГСИ[15].

Вимірювання температури

Під час енергоаудиту завжди використовують дані про виміряну теплову енергію або вимірювання температури. Інші вимірювання можна використовувати для розв'язання конкретної проблеми, наприклад, вимірювання природної вентиляції приміщень для визначення герметичності або вимірювання вуглекислого газу для розуміння якості повітря в приміщенні.

Вимірювання температури поверхні дуже поширене в енергоаудиті. Вважливо розуміти, як правильно вимірювати температуру, щоб уникнути помилок. Насамперед, потрібно знати час спрацьовування датчика: датчик повинен контактувати з поверхнею протягом достатнього часу для досягнення рівноваги.

[15] МИ 1967-89 ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положення

В енергоаудиті будівель дуже часто використовують безконтактне вимірювання температури. Це здебільшого оптичні методи, коли прилади зчитують кількість електромагнітного випромінювання, яке випромінює тіло.

Оптичний інструмент, який використовують для вимірювання температури, наприклад, інфрачервона теплова камера або пірометр.

Рисунок 2.6.4

Зовнішній вигляд пірометра

Вимірювання повітряних потоків

Рух повітря і повітрообмін будівлі – основні елементи для визначення теплової втрати будівлі. Рух повітря чи повітряних потоків можна вимірювати за допомогою анемометрів. Анемометри поділяють на два основні типи:

1. З турбіною (крильчатками), де швидкість повітряного потоку визначають залежно від частоти обертання турбіни;
2. З ниткою розжарювання, де швидкість повітряного потоку визначають залежно від температури нитки розжарювання, яка зменшується, коли швидкість повітря збільшується.

Найзручнішими є термоанемометри, так як вони мають невеликий розмір та універсальність.

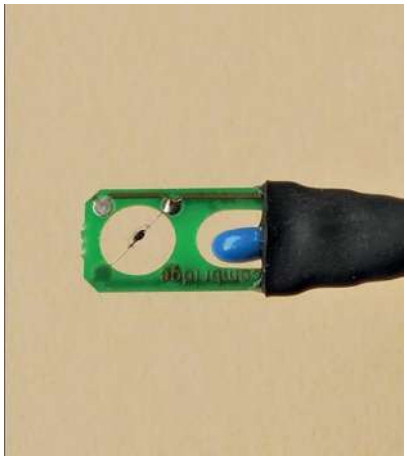


Рисунок 2.6.5

Зовнішній вигляд термоанемометра (з ниткою розжарювання) та анемометр з турбіною

Непряме вимірювання швидкості руху повітряних потоків (витоків) можна виявити за допомогою диму, який візуалізує рух повітря.

Також, щоб побачити, чи є повітряний потік у вентиляційних шахтах або навколо підвіконь, можна використовувати полум'я. Однак використання відкритого полум'я є небезпечним і не рекомендовано.

Для кількісного визначення витоків повітря з оболонки будівлі виконують вимірювання щодо повітропроникності. Результати вимірювання дають приблизну оцінку загальної площі та типу витоків. Тест на повітропроникність проводять під час перепаду тиску 50 Па між повітрям всередині та зовні приміщення. Різниця може бути як від'ємною, так і додатною. Перепад тиску виникає під час роботи одного або декількох вентиляторів залежно від площі будівлі/приміщення, в якому проводять тест. Вентилятор встановлюють у спеціальні дверні рами.

Вимірювання роблять за допомогою обладнання для вимірювання природної вентиляції в приміщеннях. Приблизний повітрообмін будівлі можна визначити відповідно до стандарту ISO 9972 «Теплова продуктивність будівель. Визначення повітропроникності будівель. Метод нагнітання з використанням вентилятора».

Рисунок 2.6.6

Зовнішній вигляд приладу для вимірювання повітропроникності будівлі

Оптимальних результатів цього методу вимірювання можна досягти за мінімального можливого перепаду природного тиску всередині та зовні приміщення. Це означає, що вимірювання потрібно виконувати, коли температура повітря всередині та зовні приміщення однакова або максимально наближена (найімовірніше влітку).
Якщо вимірювання проводиться взимку, то перед цим потрібно відкоригувати природний перепад тиску відповідно до еталонного значення.

Вимірювання показників якості повітря в приміщенні

Потрібно враховувати якість повітря в приміщенні. Важливо розуміти, чи потрібні системи механічної вентиляції або чи достатньо природної вентиляції. Найпоширеніший тип забруднення повітря в багатоквартирних будинках – це забруднення вуглекислим газом (CO_2). Рівень CO_2, який вимірюють у багатоквартирних будинках, є індикатором якості повітря в приміщенні. Рівень CO_2 у зовнішньому повітрі становить приблизно 400 ppm (частин на мільйон).

Якість повітря вважається високою в приміщенні з рівнем CO_2, нижчим за 1000 ppm. Допустимий рівень CO_2 становить до 1600 ppm. Для підтримки рівня CO_2 в діапазоні 1000 ppm, кожній людині в будівлі щогодини потрібно приблизно 28–30 м^3 свіжого зовнішнього повітря.

Рисунок 2.6.7

Зовнішній вигляд приладу для вимірювання якості повітря в приміщенні (CO_2)

Часто кімнати провітрюють через високу температуру повітря в приміщенні, а не через низьку якість повітря. Під час огляду будівлі потрібно враховувати кількість відчинених вікон, як показано на малюнках. Так можна виявити кімнати, де виникає перегрів.

Рисунок 2.6.8

Приклад фотографування вікон під час обстеження будівлі

В енергоаудиті коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі зазвичай розраховують через товщини та теплопровідності матеріалів оболонки будівлі. Товщину зазвичай вимірюють під час огляду будівлі, а значення теплопровідності беруть із таблиць. Однак, є проблема, яка полягає у тому, що реальна теплопровідність може значно відрізнятися від табличних значень. Коефіцієнт теплопередачі можна виміряти в будівлях. Вимірювання виконують відповідно до міжнародних стандартів. Вимірювати коефіцієнт теплопередачі можна як на місці, так і в лабораторії.

У багатьох випадках стіну будівлі або її частину неможливо зняти та відправити в лабораторію. Єдиний варіант – проводити вимірювання на місці. Лабораторні вимірювання зазвичай виконують для нових вікон і дверей, а також нових матеріалів, які ще не встановлено в наявній будівлі. Для вимірювання коефіцієнта теплопередачі елемента оболонки будівлі потрібно виміряти щільність теплового потоку [Вт/м^2]. На фото щільність теплового потоку вимірюють за допомогою круглих датчиків (з одного боку червоного кольору, з іншого боку – синього).

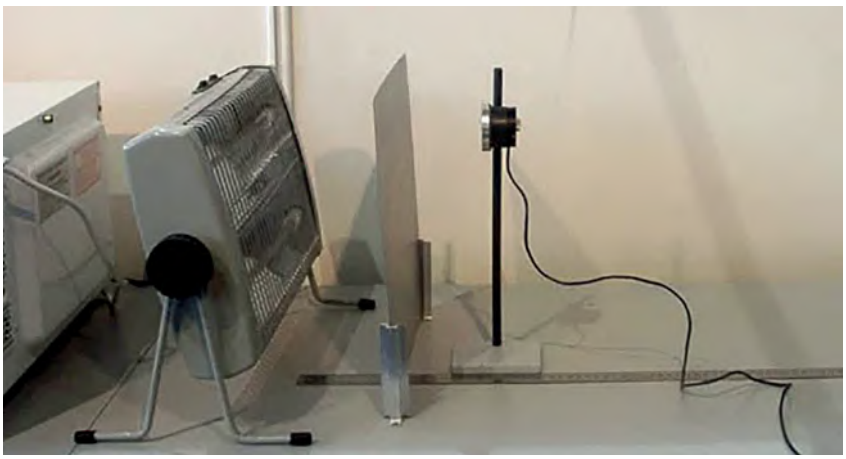


Рисунок 2.6.9

Зовнішній вигляд приладу для вимірювання щільності теплового потоку

В основі конструкції цього датчику застосовано термобатарею. Фактична площа вимірювання становить 5–10 см^2. Температуру повітря в приміщенні та зовнішнього повітря вимірюють за допомогою термопар.

У деяких випадках для вимірювання сонячної радіації на елементі оболонки будівлі, щоб визначити коефіцієнт її теплопередачі, використовують піранометр. Сонячну радіацію вимірюють, щоб визначити вплив сонячної радіації на елементи оболонки будівлі. Ідеально проводити вимірювання за умов, коли на вимірювану оболонку будівлі не потрапляє пряма сонячна радіація (рекомендовано проводити вимірювання на північних фасадах будівель).

Коефіцієнт теплопередачі можна розрахувати, знаючи густину теплового потоку (питомого потоку) та перепад температур. В ідеальних умовах вимірювання можна зробити мінімум за 3 дні. У реальних умовах вимірювання триває приблизно 7 днів. Тривалість вимірювання залежить від теплової інерції елемента оболонки будівлі. Результати вимірювань дійсні для точки вимірювань (площею 5–10 см^2). Коефіцієнти теплопередачі в інших частинах оболонки будівлі можуть відрізнятися.

Детальна інформація про те, як виконувати вимірювання та аналіз даних, викладена в ДСТУ ISO 9869:2007 «Теплоізоляція. Будівельні елементи. Натурні вимірювання теплового опору та коефіцієнта теплопередачі».

Сонячну радіацію вимірюють піранометрами. Проте, під час енергоаудитів такі вимірювання роблять дуже рідко. За допомогою цього приладу можна визначити значення проникної здатності сонячної радіації для вікон.

Рисунок 2.6.10

Зовнішній вигляд піранометра

Рівень освітленості у приміщенні визначають за допомогою люксметрів.

Рисунок 2.6.11

Зовнішній вигляд люксметра

Одним з найважливіших вимірювальних приладів енергоаудитора є лазерна або звичайна рулетка. Рулетки або інші типи вимірювальних пристроїв часто використовують під час енергоаудиту.

Рисунок 2.6.12

Зовнішній вигляд лазерної та звичайної механічної рулетки

2.7. Аналіз інформації. Енергетичний баланс. Алгоритм розрахунку оболонки та інженерного обладнання

Основні рекомендації щодо аналізу інформації про будівлю, а також визначення основних складових для побудови енергетичних балансів наведені в цьому параграфі.

Виміряне споживання теплової енергії (фактичне споживання)

Виміряне споживання енергії може бути визначено лише за наявності вимірюваних даних. Якщо немає теплового та/або паливного лічильника/вимірювача, то неможливо визначити виміряне споживання енергії. У цьому випадку буде доступно лише розрахункове споживання енергії.

Для підвищення вірогідності даних бажано проаналізувати дані принаймні за останніх три роки.

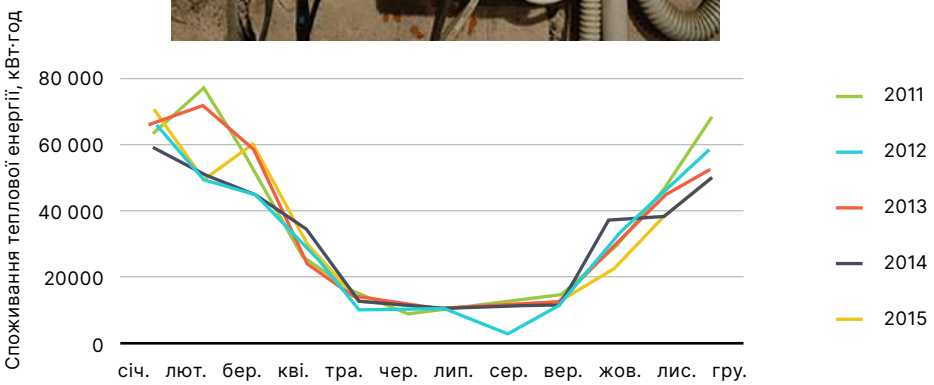


Рисунок 2.7.1

Зовнішній вигляд елементів системи обліку енергоспоживання

Коефіцієнт корекції клімату

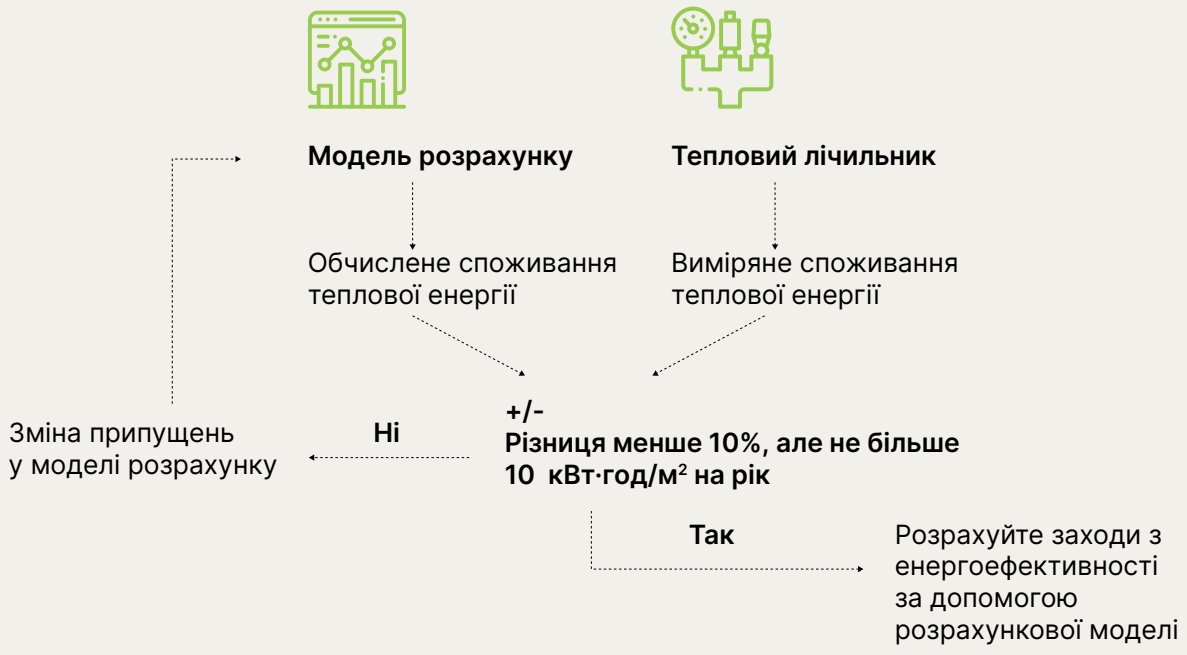
На підставі фактичних температур зовнішнього повітря потрібно визначити коефіцієнт (коефіцієнти) корекції клімату. Коефіцієнт корекції клімату показує, як реальна температура відрізняється від нормованого значення від нормативного клімату. Зміна клімату дає змогу порівняти енергоспоживання будівлі в різні роки, що неможливо зробити без врахування цього показника (2017 рік був значно теплішим, ніж 2018, тому будівлі споживали менше тепла у 2017 році, ніж у 2018 році, але це не означає, що у 2017 році будівлі були кращі, ніж у 2018-му).

Для цього необхідно розрахувати нормоване споживання енергії за кілька років (перерахувати для таких самих кліматичних умов) і визначити середнє значення.

$$\text{Коефіцієнт корекції клімату} = \frac{(\text{дні}_{\text{нормовані}} * (t_{\text{всередині}} - t_{\text{ззовні нормована}})}{(\text{дні}_{\text{виміряні}} * (t_{\text{всередині}} - t_{\text{ззовні виміряна}})}$$

Рисунок 2.7.2

Приклад блок-схеми моделі розрахунку



Розрахункова модель

Для визначення вхідних величин щодо теплоізоляційної оболонки будівлі, умов внутрішнього і зовнішнього середовища, моделі зайнятості (роботи) та інженерних систем для кожної зони вивчається технічна документація, а також визначаються:

1. Конструкція та геометричні розміри елементів огороджувальних конструкцій.
2. Стан інженерних систем.
3. Задана температура зони будівлі для опалення, °C (згідно з таблицею В.2, додатку В, ДБН В.2.6-31:2016).
4. Середньомісячна температура зовнішнього середовища, °C (згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015).
5. Опалювальний період (згідно з таблицею 2, ДСТУ Б.В.1.1-27:2010).
6. Сонячна радіація (згідно з таблицею А4, ДСТУ Б.А.2.2-12:2015).
7. Період присутності мешканців (персоналу) (згідно з таблицею 9, ДСТУ Б А.2.2-12:2015).
8. Рівень освітленості (за ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення, чинними з 28.02.2019 р.).
9. Повітрообмін за ДСТУ Б EN 15251:2011.

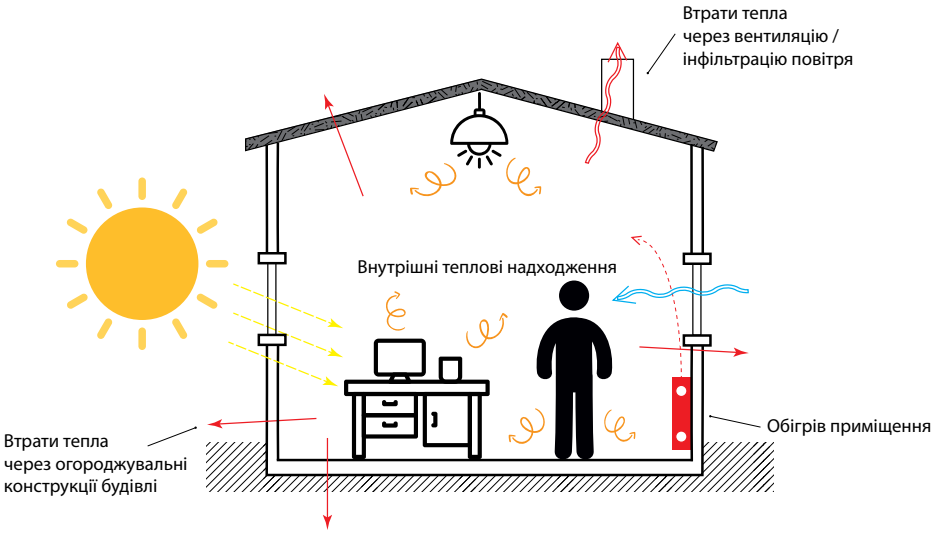


Рисунок 2.7.3

Основні теплонадходження та втрати тепла будинку

Розрахунок теплопередачі трансмісією

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr}, Вт·год, згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами:

$$Q_{tr} = H_{tr,\,adj}\,(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t \text{ - для опалення;} \quad (2.1)$$

$$Q_{tr} = H_{tr,\,adj}\,(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t \text{ - для охолодження;} \quad (2.2)$$

де $H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К,

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С

$\theta_{int,set,C}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С (Таблиця А.2)

t – тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год, (Таблиця А.1 до ДСТУ Б А.2.2-12:2015, кількість діб розрахунковим методом або згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія").

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К, повинно бути розраховане згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad (2.3)$$

де H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A –узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

У загальному випадку H_x, що відображає H_D, H_g, H_U або H_A, складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x}\,\Sigma_i\,A_i U_i \quad (2.4)$$

де A_i – площа і-го елемента оболонки будівлі, м^2;

U_i – коефіцієнт теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, Вт/(м^2·К), що становить Ui = 1/RΣ_i;

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт.

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі вікон

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі вікон слід проводити згідно ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 «Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі».

Приклад Розмір вікна 1480х2000 мм.
Формула склоблоку 4і-10-4-10-4і
Рама металопластикова товщиною 70 мм

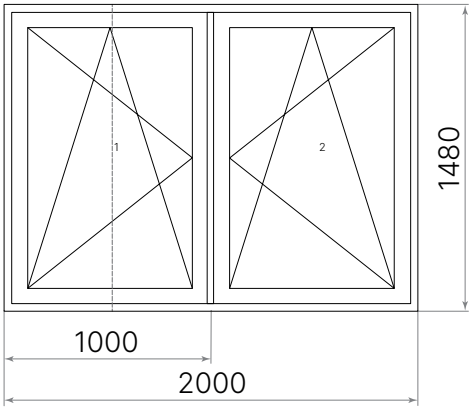


Рисунок 2.7.4
Зовнішній вигляд та габаритні розміри вікна

$$U_w = \frac{\Sigma A_g * U_g + \Sigma A_f * U_f + L_g * \Psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f} \qquad (2.5)$$

де U_w - приведений коефіцієнт теплопередачі;

A_g – загальна площа профільних елементів із ПВХ (рам віконних блоків, стулок, імпостів)- 0,94 м^2;

A_f – загальна площа склопакетів – 2,02 м^2;

L_g - лінійні теплопровідні включення в зоні примикання склопакету до рами із сталі – 8,2 м;

Ψ_g- лінійний коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл.Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016;

U_g – коефіцієнт теплопередачі профільних елементів із ПВХ (рам віконних блоків, стулок, імпостів)- 1,163 Вт/(м^2·К),

U_f – коефіцієнт теплопередачі склопакетів – 1,075 Вт/(м^2·К),

U_w=(0,94*1,163+2,02*1,075+8,2*0,08)/(0,94+2,02)=1,32 Вт/(м²·К)

$R_{пр}$=1/ U_w=1/1,32= 0,76 м²·К/Вт.

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі стін

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції розраховують за формулою (2) згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з} \qquad (2.6)$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м²·К);

Ri – тепловий опір і-го шару конструкції, (м²·К)/Вт;

δ_i – товщина і-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К);

n – кількість шарів огороджувальної конструкції.

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі стін

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції розраховують за формулою (3) згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

$$U_{\Sigma пр}=1/R_{\Sigma пр} \qquad R_{\Sigma пр} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^{I} \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{J} k_j L_j + \sum_{k=1}^{K} \Psi_k N_k} \qquad (2.7)$$

де F_{Σ} – загальна площа конструкції, м²;

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі і-ої термічно однорідної частини конструкції, (м²·К)/Вт, визначають згідно з формулою (2) ДСТУ Б В.2.6-189:2013;

F_i – площа і-ої термічно однорідної частини конструкції, м²;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, j-го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К);

L_j – лінійний розмір (проекція), j-го лінійного теплопровідного включення, м;

ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі, k-го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

N_k – загальна кількість k-их точкових теплопровідних включень, шт.

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі вікон

Для існуючих будівель допускається застосовувати спрощений метод розрахунку - використання значення додаткової складової до коефіцієнту теплопередачі згідно з таблицею 4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015, які враховують вплив теплопровідних включень:

$$U_{op,\,corr} = U_{op,\,mn} + \Delta U_{tb} \qquad (2.8)$$

Таблиця 2.1 Значення додаткової складової до коефіцієнту теплопередачі, які враховують вплив теплопровідних включень

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі непрозорої частини конструкцій, Вт/(м²·К)	**ΔU_{tb},** Вт/(м²·К)
$U_{op,\,mn} \geq 0.8$	0.0
$0.4 \leq U_{op,\,mn} < 0.8$	0.075
$U_{op,\,mn} < 0.4$	0.15

Теплообмін у пласкій багатошаровій стіні

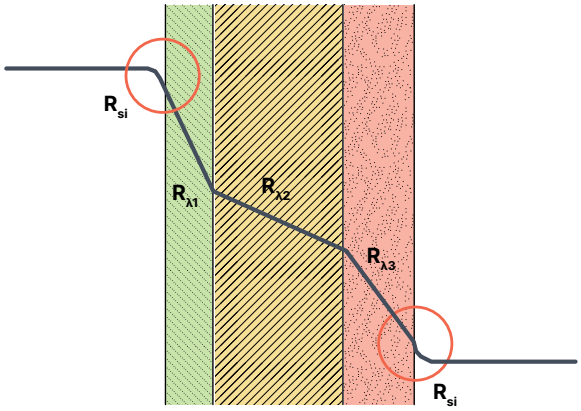


Рисунок 2.7.5
Схематичне зображення процесу теплообміну у пласкій багатошаровій стіні

$U=1/R_T=1/(R_{si}+R_{l1}+R_{l2}+R_{l3}+R_{se})$

Якщо стіну побудовано з більш ніж одного шару, то R_λ для кожного шару слід розраховувати за запропонованою формулою для теплопередачі в одному шарі пласкої стіни. У результаті залишаються дві поверхні теплових опорів (R_{si} і R_{se}). Для кожного шару товщина

стіни і теплопровідність повинні бути відомі.

Для розрахунку коефіцієнта теплопередачі, що виникає в результаті ізоляції стін, до розрахунку теплового опору наявної стіни додають термічний опір теплоізоляційного шару.

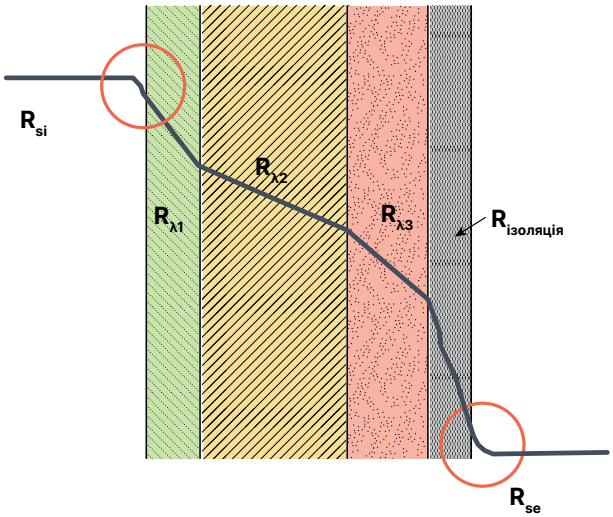


Рисунок 2.7.6

Схематичне зображення процесу теплообміну у пласкій багатошаровій стіні з ізоляцією

Приклад

Таблиця 2.2 Дані щодо складу стінового огородження

Назва і-го шару конструкції	**Товщина, δі,** м	**Теплопровідність,$\lambda_{ір}$,** Вт/(м·К)
Розчин вапняно-піщаний (густиною ρ_0=1600 кг/м³)	0,02	0,81
Керамзитобетон на керамзитовому піску (густиною ρ_0=1200кг/м³)	0,35	0,52
коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² К) ($\alpha_в$=1/ R_{si})		8,7
коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² К) ($\alpha_з$=1/ R_{se})		23

R=1/8,7+1/23+0,02/0,81+0,35/0,52=0,87 (м²·К)/Вт.

R=1/8,7+1/23+0,02/0,81+0,35/0,52=0,87 (м²·К)/Вт.

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю) становитиме $U_{op.mn}$ = 1/R=1/0,87= 1,17 Вт/(м²·К);

Для існуючих будівель використовується коригуюча поправка до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень згідно з таблицею 4 ДСТУБ А.2.2-12:2015

$U_{op.corr} = U_{op.mn} + \Delta U_{td} = 1{,}17 + 0 = 1{,}17$ Вт/(м²·К).

$U_{op.corr} = U_{op.mn} + \Delta U_{td} = 1{,}17 + 0 = 1{,}17$ Вт/(м²·К).

Поправочний коефіцієнт b_U, що враховується при наявності некондиціонованих приміщень

Поправочний коефіцієнт b_U розраховують для кожного місяця за формулою:

$$b_U = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_e} \qquad (2.9)$$

де θ_i – розрахункова (задана) температура кондиціонованого об'єму/зони, °С;

θ_e – розрахункова температура зовнішнього середовища, °С;

θ_u – температура некондиціонованого об'єму/приміщення оранжерейного типу, °С, що розраховують на основі теплового балансу в стаціонарних умовах.

Для існуючих будівель, якщо збір всіх необхідних вхідних даних є занадто трудомістким та економічно недоцільним, а також для цілей сертифікації енергоефективності згідно з нормативними вимогами допускається використовувати значення поправочного коефіцієнта b_U, що наведені в таблиці 3 ДСТУБ А.2.2-12:2015.

Таблиця 2.3 Значення поправочного коефіцієнта b_U

Тип некондиціонованого об'єму	b_U для періоду опалювального	b_U для періоду охолодження
Технічне підпілля	0,3	0,3
Технічне (тепле) горище	0,7	0
Холодне горище багатоповерхових будівель	0,9	0
Холодне горище односімейних будівель	1,0	0
Неопалювана сходова клітка всередині будівлі	0,4	0
Неопалюване приміщення з трьома зовнішніми стінами (наприклад, зовнішні сходи)	0,8	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами та дверима (наприклад, тамбур, хол, гараж)	0,6	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами без дверей	0,5	0

Таблиця 2.3. Закінчення

Тип некондиціонованого об'єму	b_u для періоду опалювального	b_u для періоду охолодження
Неопалюване приміщення з однією зовнішньою стіною	0,4	0
Засклений балкон/лоджія існуючих будівель	0,7	1,0*
Засклений балкон/лоджія для нового проєктування	0,85	1,0*

* - при відкритих стулках

Розрахунок теплопередачі підлоги по ґрунту

Значення Hg розраховують згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 додаток Б та нехтують поправкою на різницю температур (значення $b_{tr,x}$ = 1)

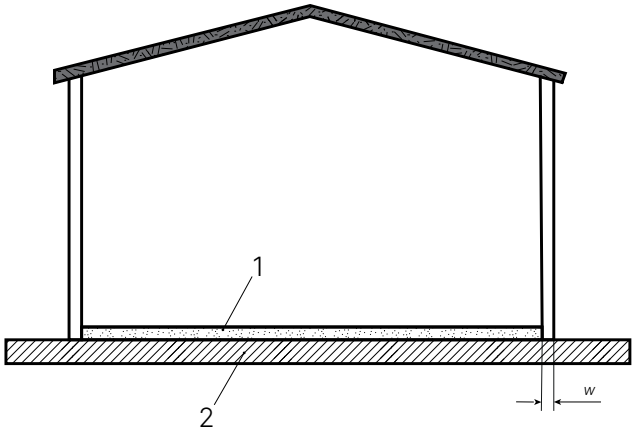


Рисунок 2.7.7

Будинок з підлогою по ґрунту

Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U, Вт/(м²·К)

Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U, Вт/(м²·К) визначають за формулами:

1. Якщо dt ≥ B' (добре ізольована підлога):

$$U = \frac{\lambda}{0{,}457B' + d_t} \qquad (2.10)$$

2. якщо dt < B' (неізольована або посередньо ізольована підлога):

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) \qquad (2.11)$$

$$d_t = w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (2.12)$$

$$U = \frac{A}{0,5P} \quad (2.13)$$

де A – площа підлоги, м²;

B' – характерний розмір підлоги;

λ – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

d_t – еквівалентна товщина підлоги;

P – зовнішній периметр підлоги, м (величина P є відкритим периметром перекриття: загальною довжиною зовнішньої стіни, що відокремлює опалювальну будівлю від зовнішнього навколишнього середовища);

W – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;
R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймають згідно з таблицею Б.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015, м²·К/Вт;

R_f – термічний опір підлоги, включаючи всі шари, м²·К/Вт;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно з таблицею Б.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015, м²·К/Вт

Таблиця 2.4 Теплопровідність ґрунту

Категорія	**Опис**	***λ, Вт/(м·К)***
1	Глина або мул	1,5
2	Пісок або гравій	2,0
3	Скельний або напівскельний	3,5

Таблиця 2.5 Тепловий поверхневий опір

Тип огороджувальної конструкції	**Тепловий поверхневий опір**
Внутрішній, для вертикальних огороджувальних конструкцій	R_{si}= 0,115 м²·К/Вт
Внутрішній, для горизонтальних огороджувальних конструкцій (тепловий потік зверху вниз)	R_{si}= 0,17 м²·К/Вт
Внутрішній, для горизонтальних огороджувальних конструкцій (тепловий потік знизу вверх)	R_{si}= 0,10 м²·К/Вт
Усі зовнішні поверхні	R_{se}=0,043м²·К/Вт

Приклад:

Розміри підлоги 12 м х 60 м. Підлога із залізобетону 100 мм (λ =2 Вт/м·К) і дерев'яний шар товщиною 50 мм (λ=0,2 Вт/м·К)

Розрахунок:

Товщина стіни 0,5 м
*B'=12*60/(12+60)=10 м*

d_t=0,5+2(0,17+0,04+0,1/2+0,05/0,2)=1,344 м*

Оскільки d_t<B', то слід обрати другу формулу

*U=2*2/(3,14*10+1,344)*ln(3,14*10/1,344+1)=0,389 Вт/м²·К*

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К розраховують за формулою:

$$H_g = A_U + P\Psi_g \qquad (2.14)$$

де A – площа підлоги, м²;

P – зовнішній периметр підлоги, м;

Ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкції підлоги по ґрунту із зовнішньою стіною, Вт/(м·К); визначають за результатами розрахунків згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2 або за даними згідно з ДСТУ Б В.2.6-189.

Технічне підпілля

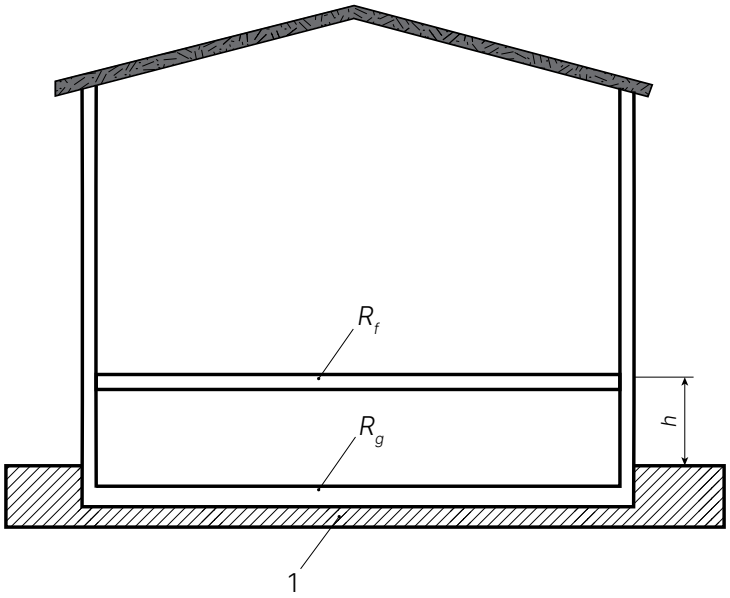


Рисунок 2.7.8

Будинок з технічним підпіллям

Коефіцієнт теплопередачі системи огороджувальних конструкцій технічного підпілля U, Вт/(м²·К)

Коефіцієнт теплопередачі системи огороджувальних конструкцій технічного підпілля U, Вт/(м²·К) визначають за формулою:

$$\frac{1}{U}=\frac{1}{U_f}+\frac{1}{U_g+U_x} \qquad (2.15)$$

де U_f – коефіцієнт теплопередачі перекриття над технічним підпіллям, Вт/(м²·К) (між внутрішнім середовищем та простором технічного підпілля);

$U_g = 1/R_g$ – коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту, Вт/(м²·К);
Ux – еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем, обумовлений тепловим потоком через зовнішні стіни та вентиляцію технічного підпілля, Вт/(м²·К).

Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту

Коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту U_g визначають за формулою:

$$U_g=\frac{2\lambda}{\pi B'+d_g}\ln\left(\frac{\pi B'}{d_g}+1\right) \qquad (2.16)$$

де $d_g = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$,

R_f – термічний опір підлоги технічного підпілля, м²·К/Вт;

B’, w, λ, R_{si}, R_{se} – те саме, що у попередніх формулах.

Еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем U_x

Еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем U_x визначають за формулою:

$$U_x=2\cdot\frac{h\cdot U_w}{B'}+1450\cdot\frac{\varepsilon\cdot v\cdot f_w}{B'} \qquad (2.17)$$

де h – висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, м;

U_w – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, Вт/(м²·К);

ε – площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, м²/м;

ν – середня швидкість вітру, м/с, визначається згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27, як середня швидкість вітру за переважним напрямом у січні;

f_w – коефіцієнт вітрозахисту, що визначається згідно з таблицею Б.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Таблиця 2.6 Значення коефіцієнтів вітрозахисту

Розташування	Приклад	Коефіцієнт вітрозахисту, f_w
Закритий простір	Центр міста	0,02
Середньозахищений простір	Передмістя	0,05
Відкритий простір	Сільська місцевість	0,10

Опалюваний підвал

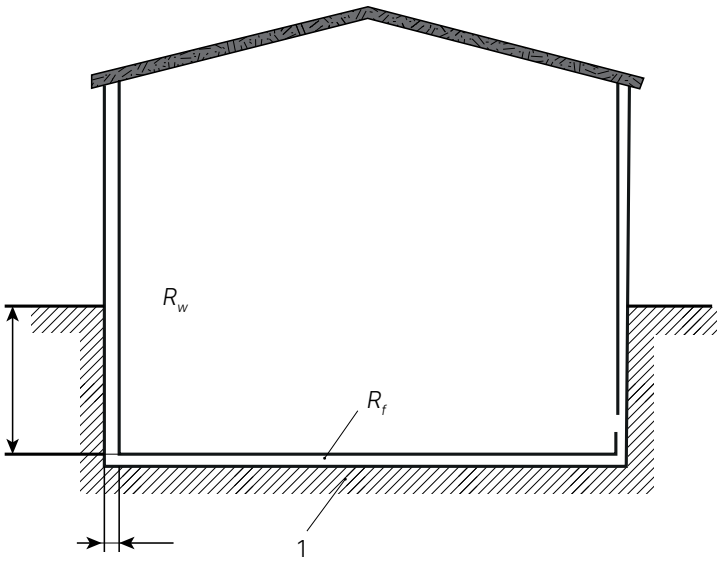


Рисунок 2.7.9

Будинок з опалюваним підвалом (цокольним поверхом)

Коефіцієнт теплопередачі підлоги підвалу (цокольного поверху) по ґрунту U_{bf}, Вт/(м²·К) визначають за формулами:

Якщо $d_t + 0,5z < B'$ (неізольована та посередньо ізольована підлога підвалу):

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0,5z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0,5z} + 1\right) \quad (2.18)$$

Якщо d_t + 0,5z ≥ B’ (добре ізольована підлога підвалу):

$$U_{bf} = \frac{\lambda}{0{,}475B' + d_t + 0{,}5z} \qquad (2.19)$$

де B’ – характерний розмір підлоги (B' = A/0,5P,);

d_t – еквівалентна товщина підлоги, (dt = w + λ(Rsi + Rf+ Rse);

λ – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б А.2.2-12:2015, Вт/(м·К).

z – висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що знаходяться нижче планувальної відмітки землі), м.

Коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом, U_{bw}, Вт/(м²·К)

Коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом, U_{bw}, Вт/(м²·К) визначають за формулою:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z}\left(1 + \frac{0{,}5d_t}{d_t + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) \qquad (2.20)$$

Формула містить обидва значення d_w та d_t та є справедливою для випадку $d_w \geq d_t$. Якщо $d_w < d_t$, тоді d_t замінюють на d_w.

де d_t – еквівалентна товщина підлоги;

λ – теплопровідність ґрунту;

z – висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що знаходяться нижче планувальної відмітки землі), м.;

d_w – еквівалентна сумарна товщина стін, що контактують з ґрунтом, розраховують за формулою:

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) \qquad (2.21)$$

де λ – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б А.2.2-12:2015, Вт/(м·К);

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, м²·К/Вт;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, м²·К/Вт.

R_w – термічний опір стін, що контактують з ґрунтом, включаючи всі шари, м²·К/Вт.

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту H_g, Вт/К розраховують за формулою:

$$H_g = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} + P \cdot \Psi_g \qquad (2.22)$$

де A – площа підлоги, м²;

P – зовнішній периметр підлоги, м;

U_{bf} - коефіцієнт теплопередачі підлоги підвалу (цокольного поверху) по ґрунту;

Z – висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що знаходяться нижче планувальної відмітки землі), м;

U_{bw} – коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом;

Ψ_g – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення вузла сполучення конструкцій, що контактують з ґрунтом, Вт/(м·К); визначають за результатами розрахунків згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2 або за даними згідно з ДСТУ Б В.2.6-189.

Неопалюваний підвал

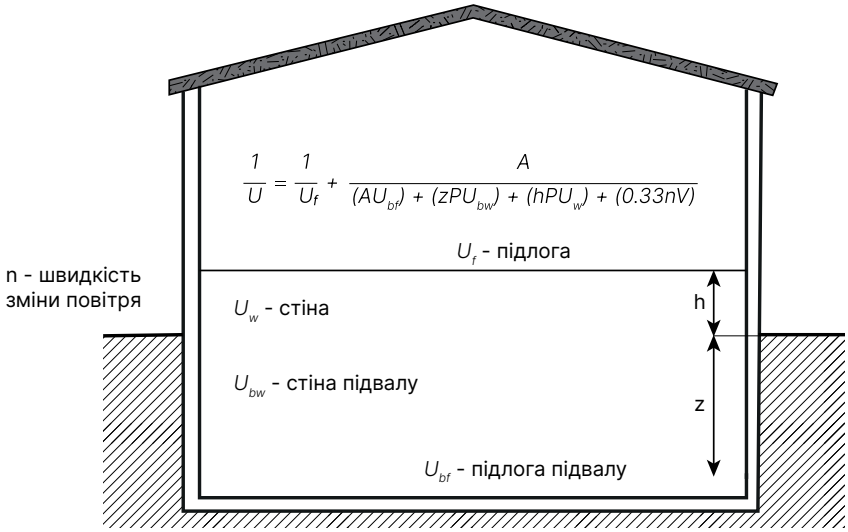


Рисунок 2.7.10

Неопалюваний підвал

Розрахунок окремих складових наведено у параграфі розрахунку опалюваного підвалу.

Розрахунок теплопередачі вентиляцією

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,Hz} - \theta_e)\ t \qquad (2.23)$$

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a (\Sigma_k b_{ve,k} q_{ve,k,mn}) \qquad (2.24)$$

$H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

t – тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год;

$\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м³·К);
$q_{ve,\,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k-го елемента, м³/год;

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k-го елемента повітряного потоку зі значенням $b_{ve,k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ не дорівнює температурі зовнішнього середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти.

Усереднена за часом витрата повітря від k-го елемента визначається за формулою:

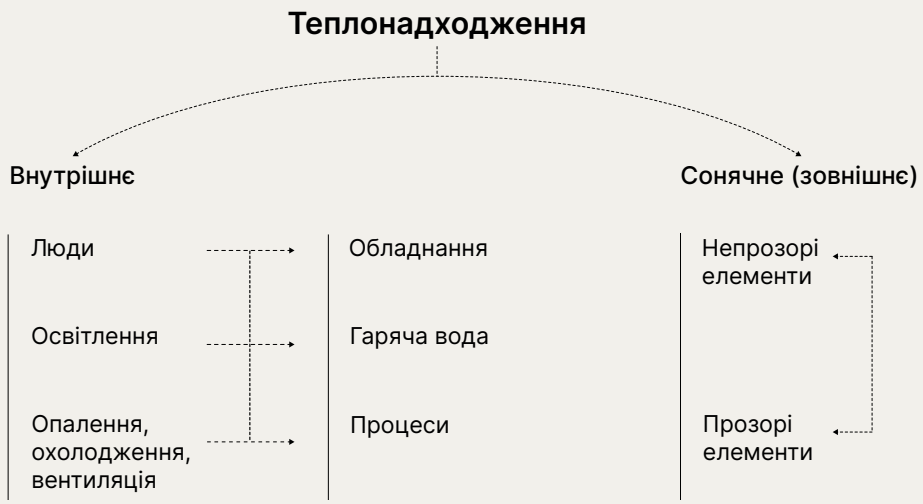
$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k}\ q_{ve,k} \qquad (2.25)$$

де $q_{ve,\,k}$ – витрата повітря k-го елемента повітряного потоку, м³/год;

$f_{ve,\,t,\,k}$ – частка роботи k-го елемента повітряного потоку, розрахована як частка від загальної кількості годин на добу.

Рисунок 2.7.11

Теплонадходження



Розрахунок внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int}, Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = (\Sigma_k \Phi_{int,mn,k} A_f)\ t \qquad (2.26)$$

Ф - усереднений за часом тепловий потік від k-го внутрішнього джерела згідно з таблицею 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015, Вт/м^2;

А - кондиціонована площа зони будівлі, м^2;

t – тривалість періоду використання, год/міс.

Мешканці Обладнання Освітлення

$$\Phi_{int} = \Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A} + \Phi_{int,L}$$

Таблиця 2.7 Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання; значення за замовчуванням

Призначення будівлі	**Графік використання,** *год/тиждень*	**Метаболічна теплота,** $\Phi_{int,Oc}$, *Вт/м²*	**Освітлення,** $\Phi_{int,L}$, *Вт/м²*	**Обладнання,** $\Phi_{int,A}$, *Вт/м²*
Одноквартирні будинки	112	1,2	2,0	2,0
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	50	4,0	7,0	6,0
Будівлі учбових закладів	50	7,0	7,0	6,0
Будівлі дитячих дошкільних закладів	50	7,0	7,0	3,0
Будівлі закладів охорони здоров’я	168	2,7	7,0	6,0
Готелі	168	4,0	8,0	2,0
Ресторани	84	5,0	8,0	4,0
Спортивні заклади	84	5,0	8,0	1,0
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	84	7,0	12,0	2,0
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	56	5,0	8,0	2,0
Інші види будівель	60	3,0	7,0	2,0

Розрахунок сонячних теплонадходжень

Розрахунок теплових надходжень від сонця до будівлі (для кожного місяця), Q_{sol}, Вт·год здійснюється за формулою:

$$Q_{sol} = (\Sigma_k \Phi_{sol,mn,k})\ t \qquad (2.27)$$

Ф - усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт;

t – тривалість місяця, що розглядається, год.

Сонячні теплонадходження через елементи будівлі

Тепловий потік $\Phi_{sol,k}$, Вт, визначають за формулою:

Поглинання Випромінювання

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k} \qquad (2.28)$$

$F_{sh,ob,k}$ - понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k-ої поверхні

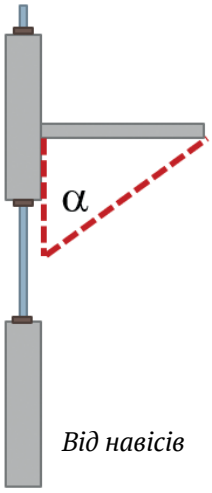
$$F_{sh} = F_{hor} F_{ov} F_{fin} \qquad (2.29)$$

F_{hor} - затінення від горизонту;

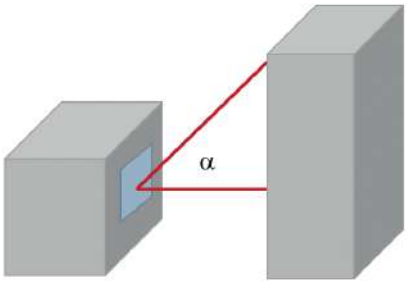
F_{ov} - затінення від навісів;

F_{fin} - затінення від ребер.

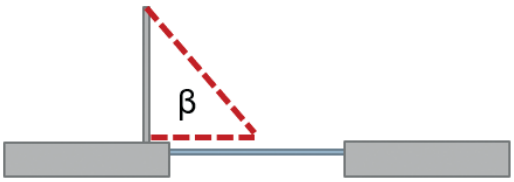
Види затінення перешкодами



Від навісів



Від протилежних будинків та рельєфу



Від ребер

$A_{sol,k}$ - еквівалентна площа інсоляції k-ої поверхні із зазначеною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м^2, визначена згідно з п. 11.3.3 (скління), 11.3.4 (непрозорі елементи), 11.3.5 (особливі елементи) ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

$I_{sol,k}$ - сонячна радіація, Вт/м^2 (таблиця А4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015);

$F_{r,k}$ - коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: 1 - для незатіненого горизонтального даху, 0,5 - для незатіненої вертикальної стіни;

$Ф_{r,k}$ - додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k-го елемента будівлі, Вт.

Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів

Розрахунок еквівалентної площі інсоляції засклених елементів здійснюється за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl}\, g_{gl}\, (1 - F_F)\, Aw,p \qquad (2.30)$$

$F_{sh,gl}$ – коефіцієнт зменшення затінення для рухомих положень затінення;

g_g – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії прозорою частиною елемента;

F_f – частина ділянки рамки, відношення площі проєктованого каркаса до загальної проєктованої ділянки заскленого елемента;

$A_{w,p}$ – загальна проєктована ділянка заскленого елемента (наприклад, ділянка вікна), м^2.

Таблиця 2.8 Типові значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління

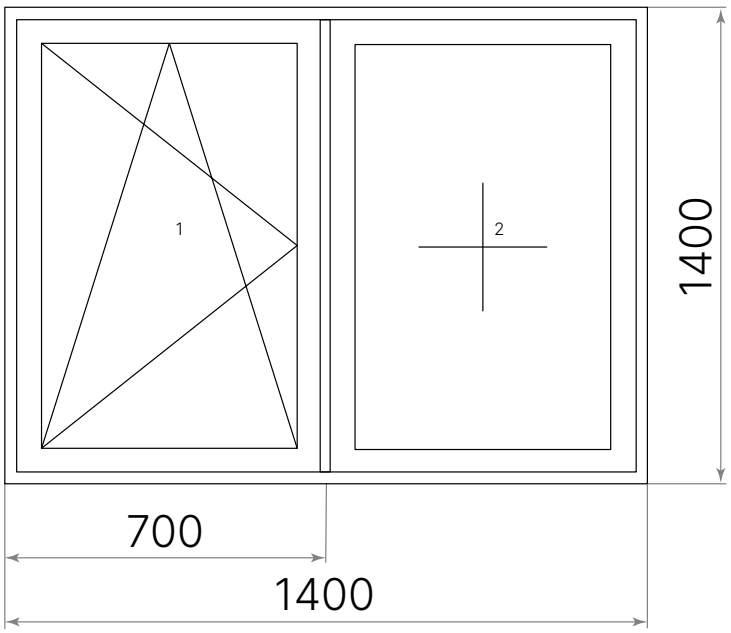
Тип скління	g_n
Одинарне скління	0,85
Подвійне скління	0,75
Подвійне скління із селективним низько-емісійним покриттям	0,67
Потрійне скління	0,70
Потрійне скління з одним селективним низько-емісійним покриттям	0,58
Потрійне скління з двома селективними низько-емісійними покриттями	0,50
Подвійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90
Потрійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,83

Таблиця 2.9 Понижувальні коефіцієнти для деяких типів постійних завіс*

Тип завіси	**Оптичні властивості завіси**		**Понижувальний коефіцієнт з**	
	поглинання	*пропускання*	*завісами всередині*	*завісами ззовні*
Білі венеціанські жалюзі	0,1	0,05	0,25	0,1
		0,1	0,3	0,15
		0,3	0,45	0,35
Білі завіси	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,8	0,75
		0,9	0,95	0,95
Кольорові текстильні	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Текстильні з алюмінієвим покриттям	0,2	0,05	0,20	0,08

*Примітка. У цьому випадку в контексті «постійно» зазвичай значить «діє у денний час».

Приклад



$F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів. За відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl}$ = 1;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, що визначається в залежності від конструкції вікна та наявності елементів затінення:

Світлопрозорі конструкції, використані для засклення будівлі:

1. Віконні блоки з металопластиковими рамами із подвійним склінням (4м-20-4м).
2. Коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії згідно з таблицею 8 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для подвійного скління g_n = 0,75.
3. Поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, F_w = 0,9.
4. Коефіцієнт пропускання сонячної енергії g_{gl} = 0,75·0,9 = 0,68.

Прийнято, що в якості постійних засобів затінення використовуються білі завіси легкі з середини вікон (понижувальний коефіцієнт згідно з таблицею 9 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 дорівнює ε = 0,65).

Загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення:

gl+sh = 0,68·0,65 = 0,439;

F_F– частка обрамлення для вікон 0,34;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заскленого елемента, 1,92 м^2.

Еквівалентна площа інсоляції заскленого елемента оболонки вікна становитиме:

A_{sol} = 1*0,439*(1-0,34)*1,92 = 0,55 м^2

Еквівалентна площа інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol}, м^2

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol}, м^2 розраховують за формулою (40) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \qquad (2.31)$$

де α_{sc} – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають згідно з даними таблиці 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, 0,043 м²·К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м²·К);

A_c – площа проекції непрозорої частини, м².

Коефіцієнт використання теплонадходження

Безрозмірний коефіцієнт використання теплонадходження $\eta_{H,gn}$ — це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, $\gamma_н$ та числового параметра $\alpha_н$, який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах (46) – (49) для опалення та (51а) – (54) для охолодження згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{\alpha_H}}{1 - \gamma_H^{\alpha_H+1}} \qquad (2.32)$$

де τ – часова константа зони будівлі, год, визначається за формулою (56) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \qquad \alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

$Q_{H,gn}$ - загальне теплонадходження, Вт·год;

$Q_{H,ht}$ - загальний теплообмін, Вт·год;

α_{H0} - числовий параметр (приймається 1,0 для щомісячного методу та 0,8 для сезонного методу);

α_H - безрозмірний числовий параметр;

τ - часова константа будівлі (год);

τ_{H0} - еталонна часова константа будівлі (год) (приймається 15 для щомісячного методу та 30 – для сезонного методу).

Розрахунок енергопотреби для опалення

Енергопотреба розраховується згідно з формулою (3) для опалення та (5) для охолодження згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для кожного місяця:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \qquad (2.33)$$

де $Q_{H,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год;

$\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht} \quad (2.34)$$

де $Q_{C,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного охолодження будівлі, Вт·год;

$Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт·год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт·год;

$\eta_{C,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Сумарна теплопередача, $Q_{l,t}$, Вт·год

Сумарну теплопередачу, $Q_{l,t}$, Вт·год, ($Q_{H,ht}$ – для режиму опалення, $Q_{C,ht}$ – для режиму охолодження) визначають за формулою (7) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015):

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \quad (2.35)$$

де Q_{tr} – сумарна теплопередача трансмісією, Вт·год;
Q_{ve} –сумарна теплопередача вентиляцією, Вт·год.

Розрахунок додаткової енергії, теплових втрат систем виділення, розподілення та вироблення енергії

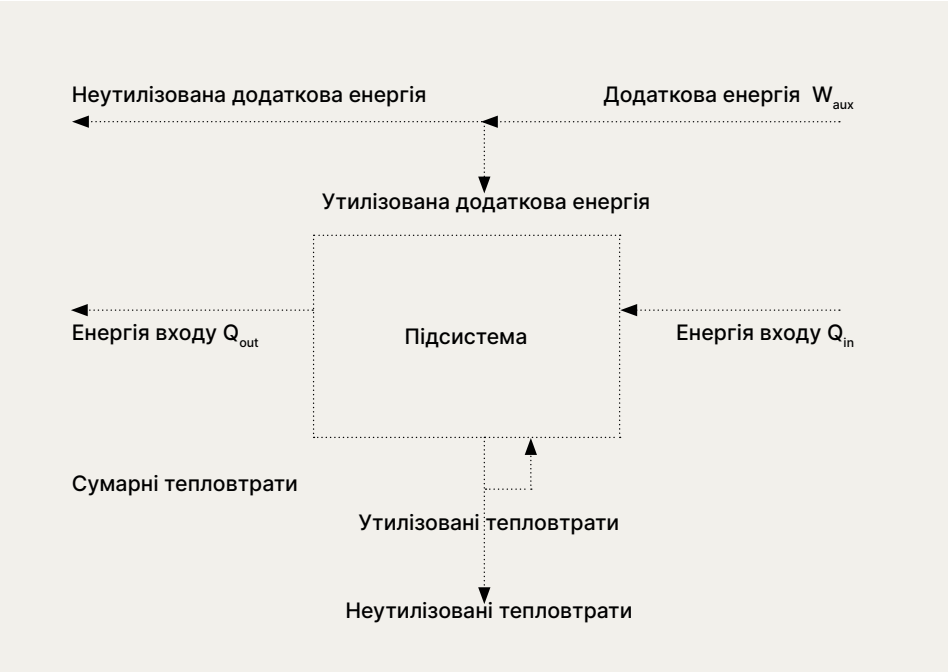


Рисунок 2.7.12

Енергетичні потоки кожної з підсистем будинку

Впливові фактори систем теплопостачання будинків та споруд

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця за формулою (79) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{H,em,ls} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{emission}} - 1 \right) \cdot Q_{em,out} \qquad (2.36)$$

де $Q_{H,em,ls}$ – загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт·год;

$Q_{em,out}$ – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт·год, є енергопотребою для опалення за конкретний місяць $Q_{H,nd}$;

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;

f_{rad} – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку (тільки для променевих систем опалення);

$\eta_{emission}$ – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні, що визначають за формулою:

$$\eta_{emission} = \frac{1}{(4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})} \qquad (2.37)$$

де η_{str} – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення, визначається згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення, визначається згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огороджень (для вбудованих систем), визначається згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Приклад визначення коефіцієнтів впливових факторів для незбалансованої та нерегульованої системи опалення

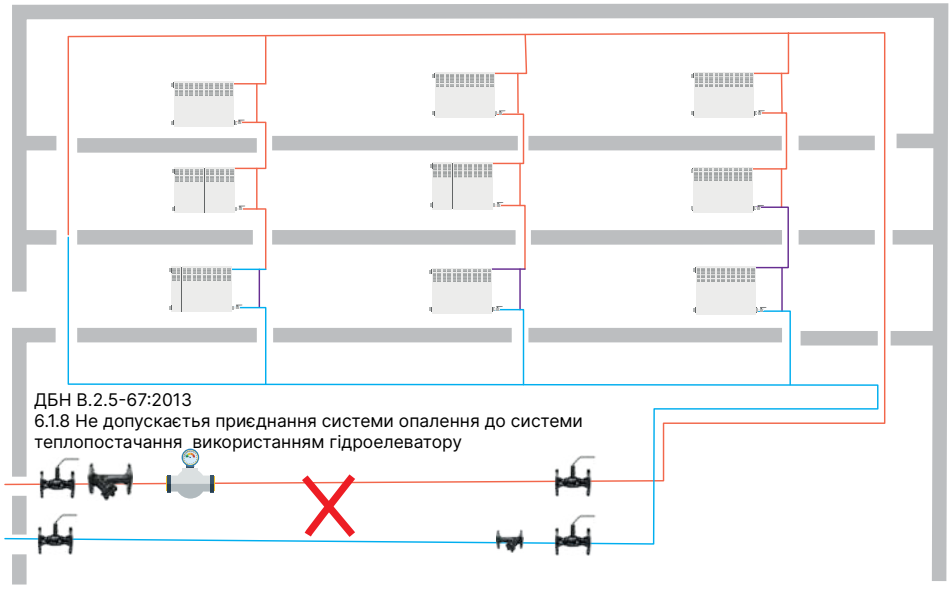


Рисунок 2.7.13

Приклад незбалансованої та нерегульованої системи опалення

Визначаємо коефіцієнти впливових факторів з таблиці 17 та таблиці 18 згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

f_{hydr} = 1,09 - система не налагоджена. Відсутня балансувальна арматура на стояках (горизонтальних вітках) системи;

f_{im} = 1 – для постійного теплового режиму;

f_{rad} = 1 - променева складова відсутня;

η_{ctr} = 0,86 - регулювання температури повітря приміщення відсутнє;

η_{emb} = 1,00 - згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{str1} = 0,88 - температурний напір 90/70;

η_{str2} = 0,83 - вікно без радіаційного захисту;

$$\eta_{str} = (\eta_{str1} + \eta_{str2})/2 = (0{,}83+0{,}88)/2 = 0{,}855$$

Приклад визначення коефіцієнтів впливових факторів для збалансованої та регульованої системи опалення

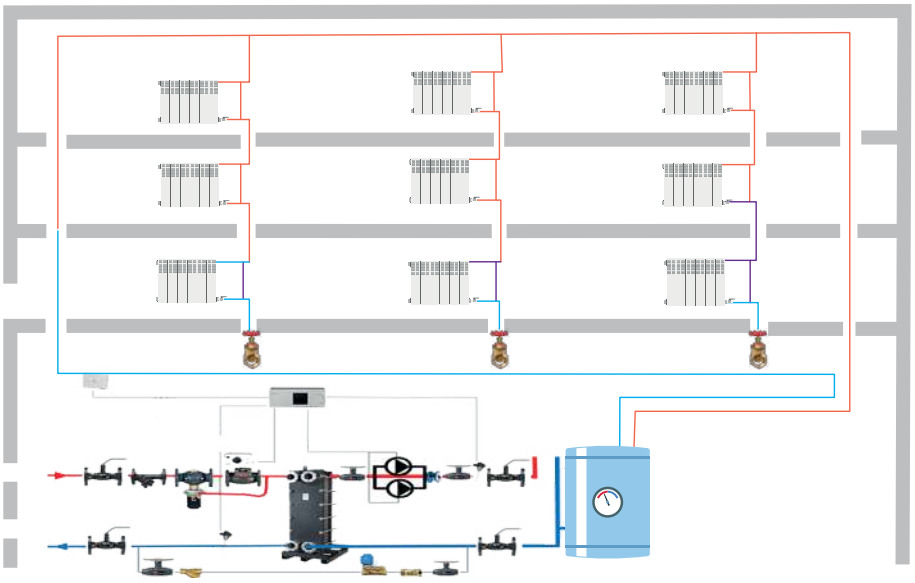


Рисунок 2.7.14

Приклад збалансованої та регульованої системи опалення

Визначаємо коефіцієнти впливових факторів з таблиці 17 та таблиці 18 згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

f_{hydr} = 1,05 - система налагоджена. Наявні автоматичні регулятори (стабілізатори) витрати на стояках (горизонтальних вітках);
f_{im} = 1 – для постійного теплового режиму;

f_{rad} = 1 - променева складова відсутня;

η_{ctr} = 0,97 - ПІ-регулювання температури повітря приміщення;

η_{emb} = 1,00 - згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{str1} = 0,95 - температурний напір 55/45;

η_{str2} = 0,83 - згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

$\eta_{str} = (\eta_{str1} + \eta_{str2})/2 = (0,83+0,95)/2 = 0,89$.

Розрахунок теплових втрат систем розподілення енергії

Тепловтрати підсистем розподілення впродовж і-го місяця, Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \Psi_{L,j} \cdot (\theta_m - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i} \qquad (2.38)$$

де $\Psi_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j-го трубопроводу, Вт/(м·К);

θ_m – середня температура теплоносія в зоні, °С;

θ_i – температура оточуючого середовища, °С;

L – довжина трубопроводу, м;

j – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами;

$t_{op,an,i}$ – тривалість опалення упродовж і-го місяця, год.

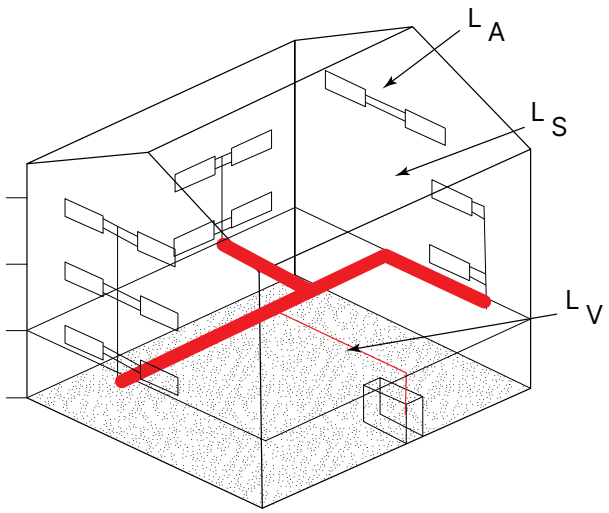


Рисунок 2.7.15

Пояснення до розрахунку теплових втрат систем розподілення енергії

L_V – довжина трубопроводу між джерелом теплової енергії та стояками. Цей (горизонтальний) трубопровід може бути розташований в неопалюваному приміщенні (підвал, горище), або в опалюваному приміщенні;

L_S – довжина вертикальних трубопроводів (стояки). Ці трубопроводи можуть бути прокладені в будь-яких опалюваних приміщеннях, у зовнішніх стінах або всередині будівлі. У них завжди циркулює теплоносій;

L_A – з'єднувальні трубопроводи (вузли обв'язки). У цих трубопроводах витрата теплоносія є регульованою тепловіддавальною складовою системи в опалювальних приміщеннях.

Розрахунок теплових втрат трубопроводу з теплоізоляцією для систем розподілення енергії

Лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу (Ψ_{ins})

Ізольовані трубопроводи

$$\Psi_{ins} = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2\lambda_d} \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a d_a}\right)}$$

Неізольовані трубопроводи

$$\Psi_{non} = h_a \pi d_{p,a}$$

де d_a – зовнішній діаметр трубопроводу з теплоізоляцією, м;

d_i – внутрішній діаметр трубопроводу без теплоізоляції, м;

h_a – загальний коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні (конвекцією та випромінюванням), Вт/(м²·К), приймають h_a = 8 Вт/(м²·К) – для ізольованих трубопроводів та h_a = 14 Вт/(м²·К) – для неізольованих трубопроводів;

λ_D – теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, Вт/(м·К);

$d_{p,i,\ dp,a}$ – внутрішній та зовнішній діаметр трубопроводу відповідно, м.

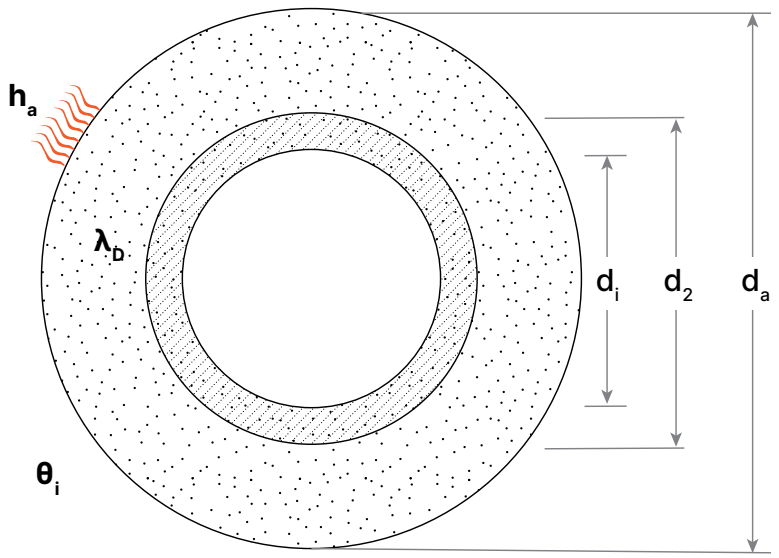


Рисунок 2.7.16

Пояснення до розрахунку теплових втрат трубопроводу з теплоізоляцією для систем розподілення енергії

За відсутності точних даних для енергетичної сертифікації можна використати значення (Ψ_{ins}) та Ψ_{non}, наведені в таблиці 24 з ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

З мінеральної вати чи скловати 0,03-0,04 Вт(м·К)	З пінополіуретану 0,025-0,032 Вт(м·К)	Зі спіненого каучуку 0,035-0,042 Вт(м·К)
Для систем опалення	Для систем опалення та охолодження	Для систем охолодження

Рисунок 2.7.17

Зовнішній вигляд та характеристики теплоізоляції трубопроводів для систем розподілення енергії

Утилізовані тепловтрати

Утилізовані тепловтрати визначаються за формулою:

$$Q_{H,dis,ls.rvd,i} = Q_{H,dis,is,i}\ (0{,}9\ \eta_{H,gn,i}) \qquad (2.39)$$

Тепловтрати підсистеми виробництва/генерування теплоти визначаються для кожного місяця за формулою (95) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015. При цьому, ефективність підсистеми виробництва/генерування теплоти прийнята згідно з таблицею 27 з ДСТУ Б А.2.2-12:2015

Тепловтрати підсистем виробництва/ генерування та акумулювання теплоти

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i}\ (1\ \eta_{H,gen})/\ \eta_{H,gen} \qquad (2.40)$$

де $\eta_{H,gen}$– ефективність підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти;

$Q_{H,gen,out,i}$– енергія виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця, Вт·год.

Загальне енергоспоживання при опаленні

Загальне енергоспоживання при опаленні визначається для кожного місяця згідно з формулою (96) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

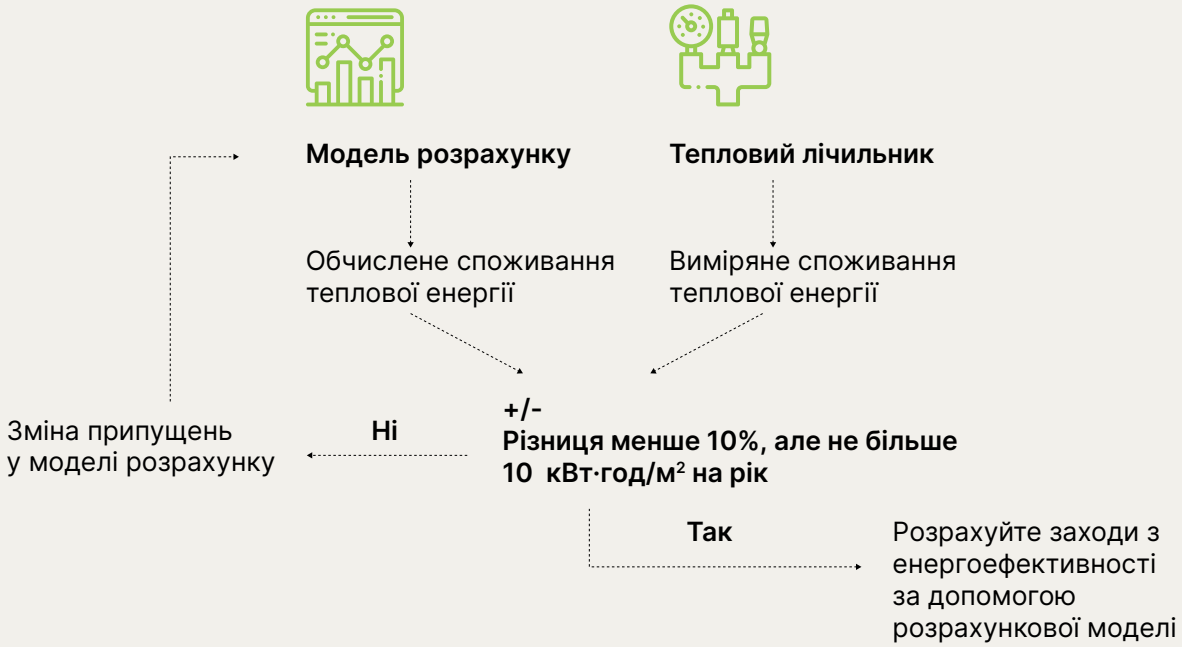
$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i} \qquad (2.41)$$

де $Q_{H,gen,out,i}$– енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця, Вт·год;

$Q_{H,gen,ls,i}$– загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж і-го місяця, Вт·год.

Рисунок 2.7.18

Спрощений вигляд моделі розрахунку



Річне енергоспоживання при охолодженні

Загальну енергію виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні, кВт·год, розраховують за формулою (109) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac}, \text{ кВт·год} \qquad (2.42)$$

де $\eta_{C,ac}$ – ефективність автоматичного управління/регулювання, приймають в залежності від класу ефективності системи управління.

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні, кВт·год, розраховують за формулою (110) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} (1 - \eta_{C,\,gen}) / \eta_{C,\,gen}, \text{ кВт·год} \qquad (2.43)$$

де $\eta_{C,gen}$ – ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні;

$Q_{C,gen,out}$– енергія виходу від підсистем виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні, кВт·год.

Оскільки зазвичай система охолодження в будівлях відсутня, то з метою визначення енергетичної ефективності будівлі рекомендується приймати значення $\eta_{C,ac}$ = 0,93 для ефективності автоматичного управління/регулювання та значення $\eta_{C,\,gen}$ = 2,4 для показника ефективності підсистеми виробництва/генерування (згідно п.4 розділу VI Методики визначення енергетичної ефективності будівель).

Енергоспоживання при охолодженні, кВт·год

Енергоспоживання при охолодженні, кВт·год, розраховують за формулою (111) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls}, \text{ кВт·год} \qquad (2.44)$$

Енергоспоживання при гарячому водопостачанні

Згідно п.4. розділу VII Методики визначення енергетичної ефективності будівель (Наказ Мінрегіону від 11 липня 2018 року № 169) для розрахунку енегопотреби приймаємо фактичний обсяг споживання гарячої води:

$$Q_{DHW,nd} = C_w \cdot V_w \cdot (\theta_{w,del} - \theta_{w,del}) \cdot a_x \qquad (2.45)$$

де C_w – питома теплоємність води, (4,18 кДж/кг×°С);

V_W – річний обсяг споживання води, кг;

$\theta_{w,d}$ – середня температура теплоносія в зоні, °С;

$\theta_{w,o}$ – температура оточуючого середовища, °С;

a_x – коефіцієнт переведення, кДж, в кВт×год, що дорівнює $0{,}278\times10^{-3}$ (кВт×год/кДж).

Тепловтрати розподільчими трубопроводами гарячої води користувача

Тепловтрати розподільчими трубопроводами гарячої води користувача розраховуються за формулою (119) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{W,dis,ls} = \sum\Psi_{W,j} \cdot L_{W,j} \cdot (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \cdot t_w / 1000 \qquad (2.46)$$

де $Q_{W,dis,ls}$ – річні тепловтрати підсистеми розподілення гарячого водопостачання, кВт·год;

$\Psi_{W,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К);

$L_{W,j}$ – довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg,j}$ – середня температура гарячої води у секції трубопроводу;

$\theta_{W,dis,avg}$ = 55 °C;

$\theta_{amb,j}$ – середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °C;

t_w – період користування гарячого водопостачання, год/рік.

Регулярні тепловтрати з секцій трубопроводу, розміщених в опалюваних приміщеннях, утилізуються у вигляді опалення приміщення під час опалювального періоду. Частина таких втрат, що може бути утилізована, і може здійснити внесок у нагрівання приміщення.

Річний обсяг енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання

Річний обсяг енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання визначають за формулою (126) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015, при цьому ефективність підсистеми виробництва/генерування теплоти приймається згідно з таблицею 27 ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{DHW,use} = (Q_{DHW,need} + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,col,m} + Q_{W,em,l}) / \eta_{gen} \quad (2.47)$$

де $Q_{DHW,need}$ – енергопотреби гарячого водопостачання, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls}$ – річні тепловтрати підсистеми розподілення гарячого водопостачання, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls,col,m}$ – річні тепловтрати циркуляційного контуру гарячого водопостачання, кВт·год;

$Q_{W,em,l}$ – тепловтрати використаної води гарячого водопостачання при водорозборі, кВт·год;

η_{gen} – ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти, визначена у таблиці 30 згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Додаткова енергія для системи гарячого водопостачання є енергією для циркуляційних насосів $W_{W,dis,aux}$, і визначається за формулою (126) згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Загальний обсяг енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання

Загальний обсяг енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання визначається за формулою (129) з ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$DHW_{total\ use} = Q_{DHW,use} + W_{W,dis,aux} \quad (2.48)$$

Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі визначається за показником загального питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води (EP), кВт×год/м^2 [кВт×год/м^3].

$$EP = EP_H + EP_C + EP_{DHW} \quad (2.49)$$

$EP_н$ - питоме енергоспоживання при опаленні, кВт·год/м^2 [кВт·год/м^3];

EP_c - питоме енергоспоживання при охолодженні, кВт·год/м^2 [кВт·год/м^3];

EP_{DHW} - питоме енергоспоживання гарячого водопостачання, кВт·год/м^2 [кВт·год/м^3];

Більш детально порядок визначення класів енергетичної ефективності будівель описано в Методиці визначення енергетичної ефективності будівель[16].

Таблиця 2.10 Класифікація житлових будівель за енергетичною ефективністю

Кількість поверхів	**Значення загальних показів питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води (EP),** кВт×год/м^2 [кВт×год/м^3], **для класу енергетичної ефективності житлових будівель**						
	A	B	C	D	E	F	G
1-3	<66	<119	<132	<165	<198	≤231	>231
4 і більше	<44	<79	<87	<109	<131	≤153	>153

[16] *www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text*

2.8. Розроблення заходів з енерго-ефективності

Розроблення заходів з енергоефективності є тим, задля чого, власне, і замовляють енергетичний аудит. І в цьому параграфі наведено загальні рекомендації щодо особливостей розроблення типових заходів з енергозбереження для даху і технічного горища, вікон, дверей, зовнішніх стін, підвалу тощо.

Загальні положення

При цьому завдання енергоаудитора об'єктивно відповісти на наступні питання:

1. Що потрібно зробити для зниження платежів за енергоносії та/чи підвищення комфорту? (визначити можливості з енергоефективності)

2. Яка вартість цих можливостей, економічний ефект від їх реалізації та та термін їх окупності?

3. Які з цих можливостей впроваджувати недоцільно, а які з них є доцільними до впровадження; в якій послідовності слід впроваджувати ці можливості?

Іноді, хоча і рідко, висновком енергоаудиту є «На даний момент економічно доцільних для впровадження заходів на об'єкті не виявлено». При цьому надається інформація як в розширеній формі (по суті, основа для технічного завдання проєктантам та виконавцям робіт), так і в стислій – для швидкого ознайомлення керівництва та представників замовника без інженерної освіти.

Заходи з модернізації можна приблизно поділити на такі категорії:

1. Запобігання тепловтратам через структуру будівлі:
   - 1.1. Нанесення додаткового шару ізоляційного матеріалу на зовнішні стіни.
   - 1.2. Заміна вікон і вхідних дверей.
   - 1.3. Ізоляція горищного та підвального перекриття.
   - 1.4. Зменшення інфільтрації за рахунок герметизації швів та ущільнення віконних та дверних конструкцій.

2. Запобігання втратам у системах опалення та гарячого водопостачання в некондиціонованих зонах будівлі:

2.1. Ізоляція та зменшення довжини і розміру теплової мережі.

2.2. Заміна існуючих систем новими, більш ефективними системами.

3. Запобігання перегріву помешкань. На цей час тепло постачається без жодного коригування на теплонадходження. Через це мешканці часто відкривають вікна, щоб випустити надлишкове тепло. Нижчезазначені заходи дозволять не лише заощадити енергію, а й поліпшити загальний клімат у приміщенні:

3.1. Встановлення погодозалежної автоматики на вводі в будівлю або на котлах.

3.2. Встановлення термостатичних клапанів на всіх радіаторах.

3.3. Встановлення системи контролю температури в приміщенні для коригування теплопостачання на основі реального попиту.

4. Запобігання втратам через вентиляційну систему. Вентиляція будівлі забезпечує надходження свіжого повітря й видалення сторонніх речовин з метою створення здорового клімату в приміщенні. У більшості багатоквартирних будинків вентиляція забезпечується природним шляхом і ніяк не контролюється. Неконтрольована вентиляція – це одне з головних джерел енерговтрат.

Таблиця 2.8.1 Класифікація заходів з енергоефективності

Структура будівлі	**Система опалення**	**Система гарячого водопостачання**	**Вентиляційна система**
Дах і технічне горище	Технічна ізоляція	Технічна ізоляція	Очищення існуючих шахт
Зовнішні стіни	Регулювання теплоспоживання	Контроль	Механічна витяжна система / контрольована система
Вікна і двері	Модернізація системи опалення з використанням існуючої конфігурації	Модернізація системи опалення з використанням існуючої конфігурації	Механічна збалансована система з рекуперацією тепла (централізована або децентралізована)
Підвал / цокольний поверх	Встановлення нової двотрубної системи	Нова система з мінімізацією розміру мережі постачання	

Монтаж теплоізоляції на похилому даху або технічному горищі

Монтаж теплоізоляції на похилому даху або технічному горищі (дах з холодним перекриттям) – один із найбільш економічно ефективних заходів з підвищення енергоефективності структури будівлі. Нещільні ізоляційні матеріали (такі як мінеральна вата або целюлозне волокно) – найпростіші варіанти.

У випадку з призначеним для ходьби технічним горищем ефективним проте дорожчим, рішенням буде використання теплоізоляційних панелей високої щільності, захищених бетонною стяжкою.

Утеплення плаского даху з теплим перекриттям (теплого даху) у будівлях без технічного горища є дорожчим, ніж у випадку з холодним дахом; цей захід підходить для неутепленого даху або випадків заміни покрівлі.

Перш ніж упроваджувати цей захід з підвищення енергоефективності важливо переконатися в тому, що дах перебуває в належному технічному стані. В усіх випадках монтаж теплоізоляції має бути ретельно продуманим і спланованим, щоб уникнути проблем, пов'язаних з тепловими містками (особливо між стійками каркасу стіни та горищними плитами). У випадку з холодним дахом важливо, щоб горищна зона провітрювалася для запобігання утворенню конденсату[17].

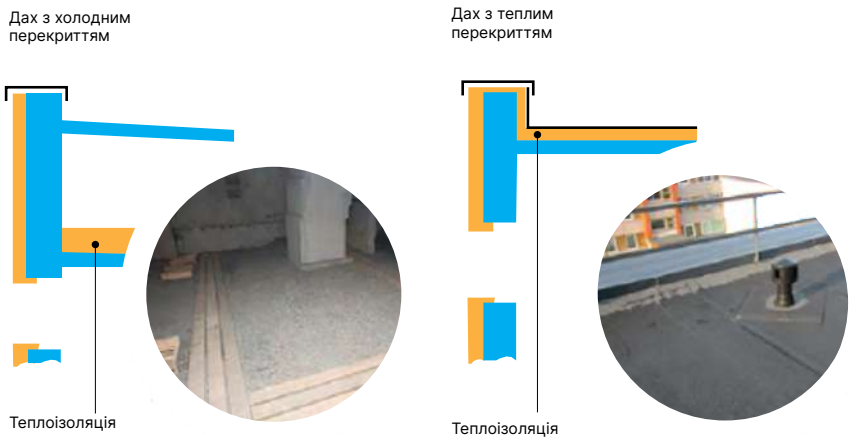


Рисунок 2.8.1

Принципи утеплення перекриттів

Значні енерговтрати відбуваються через конструкції стін. Поліпшення коефіцієнта теплопровідності елементів конструкції будівлі є важливим заходом, який допомагає як заощадити енергію, так і захистити будівлю від подальшого руйнування.

[17] Посібник з глибокої модернізації багатоквартирних житлових будинків на основі контрактів на підвищення енергоефективності, *www.sharex.lv*

Перший крок полягає в підготовці зовнішніх стін – основи. Перед монтажем теплоізоляції важливо переконатися в тому, що основа відповідає необхідним вимогам щодо герметичності та механічної міцності; оцінюється необхідність штукатурення, механічного зміцнення, наприклад, з використанням армувального каркасу (залежно від основи: необхідність використання герметичних мембран, видалення нещільно прилягаючої плитки, проведення спеціальної інспекції будівлі).

Теплоізоляція зовнішніх стін

Для теплоізоляції зовнішніх стін найчастіше використовуються два методи:

1. Зовнішня теплоізоляційна багатошарова система – один із найпоширеніших методів теплоізоляції суцільних зовнішніх стін. Він передбачає використання теплоізоляційних плит, які кріпляться до зовнішньої структури будівлі й покриваються спеціальним облицювальним шаром. Важливе значення має кінцевий облицювальний шар, який повинен бути стійким до атмосферного впливу (дощ, мороз, зміна температури, ультрафіолетове випромінювання).

2. Вентильований фасад – високоефективне рішення, в якому використовуються механічні анкерні елементи. Теплоізоляційні плити кріпляться до зовнішньої структури будівлі й захищаються фасадними панелями, які механічно кріпляться до анкерної системи. Між фасадними панелями та теплоізоляцією наявний повітряний прошарок, призначений для відведення надмірної вологи.

Рисунок 2.8.2

Багатошарова система та вентильований фасад

Хоча економія енергії від теплоізоляції фундаменту та цокольної стіни є меншою, ніж від теплоізоляції наземних стін (з однаковими коефіцієнтами теплопровідності), утеплення неутепленого фундаменту (цоколю) будівлі також має важливе значення. Зокрема, через те, що цей енергоощадний захід виконується паралельно із заходами з гідроізоляції фундаменту. Після земельних робіт довкола будівлі стіни фундаменту очищаються і, в разі потреби, лагодяться. Перед монтажем теплоізоляції проводяться відповідні гідроізоляційні роботи. Якщо підвал опалюється, стіна утеплюється на всю глибину, в інших випадках, як правило, достатньо глибини 50–80 см.

Рисунок 2.8.3

Виконання робіт з утеплення цокольної стіни

Заміна дверей та вікон

Заміна дверей та вікон – важливі заходи, які вимагають особливої уваги та нагляду на етапі монтажу. Необхідно забезпечити ефективну повітряну герметичність підвіконь, одвірків та віконних рам.

Ефективність цих заходів залежить від:

1. Кількості скляних панелей (подвійний або потрійний склопакет).
2. Параметрів скла та рами, що використовуються.
3. Технології монтажу.

Перші два чинники визначають загальний коефіцієнт теплопровідності вікна/дверей. Третій впливає на показники теплового містка та повітряної інфільтрації.

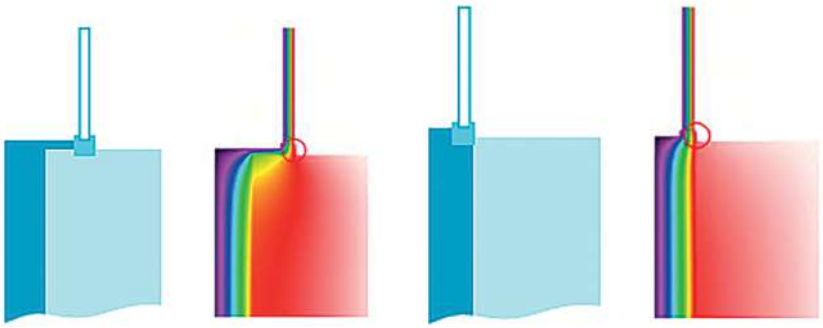


Рисунок 2.8.4

Різні технології монтажу віконних рам та утеплювача

Теплоізоляція цокольного перекриття

Теплоізоляція цокольного перекриття особливо актуальна для холодних неопалюваних цокольних поверхів. Для проведення цього заходу дуже важливо звільнити підвал, щоб забезпечити безперешкодний монтаж теплоізоляційних плит на стелі підвалу. Крім того, монтажу теплоізоляції не повинні заважати електричні кабелі, точки освітлення та труби – їх необхідно або ж перемістити або належним чином вмонтувати в ізоляційний шар.

Для цього заходу найчастіше використовується багатошарова система – теплоізоляційні плити закріплюються на стелі цокольного поверху і покриваються основним шаром, зміцненим скловолоконною армувальною сіткою. При виборі ізоляційного матеріалу слід дотримуватися норм пожежної безпеки.

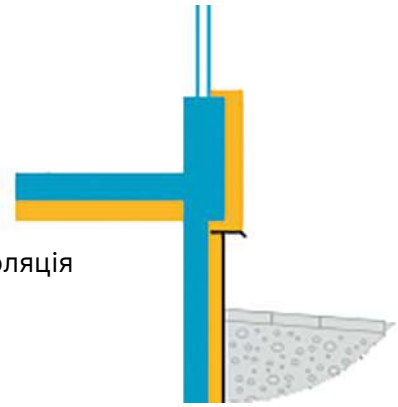


Рисунок 2.8.5

Теплоізоляція перекриття підвалу

Розрахунок заходів з енергоефективності роблять із використанням розрахункової моделі лише після перевірки. Для того, щоб визначити обсяг енергозбереження в результаті заходів з енергоефективності, параметри в моделі розрахунку змінюють із урахуванням запропонованих заходів з енергоефективності.

Обсяг енергоспоживання дорівнює різниці розрахованого енергоспоживання будівлі до заходів і розрахованого енергоспоживання будівлі після заходів.

У більшості існуючих багатоквартирних будинків в Україні встановлено однотрубні системи опалення без обхідних систем (низький рівень контролю). У більшості випадків вони є застарілими й потребують серйозної модернізації. Для модернізації цих систем використовують два основні методи:

1. Модернізація системи опалення з використанням існуючої конфігурації труб;

2. Встановлення двотрубних систем.

Система опалення

Незалежно від конфігурації системи, під час модернізації системи опалення всі головні розподільчі труби на цокольному поверсі та технічному горищі ізолюють з використанням спеціалізованих рішень. Крім того, необхідно передбачити встановлення термостатичних радіаторних клапанів і відповідних балансувальних клапанів для рівномірного розподілу температури в будівлі.

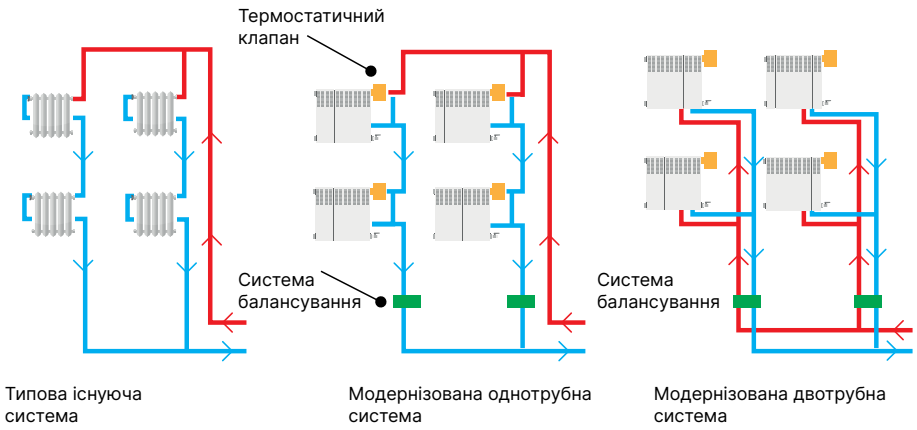


Рисунок 2.8.6
Система опалення

У багатоквартирних будинках, обладнаних централізованими системами гарячого водопостачання, дуже часто циркуляційний контур цих систем також використовується для обігріву ванних кімнат через рушникосушарки. Ці системи часто перебувають у поганому технічному стані й характеризуються значними тепловтратами.

Модернізація цих систем може відбуватися за двома стратегіями:

1. Існуюча система демонтується. Рушникосушарки під'єднуються до системи опалення, встановлюється нова система гарячого водопостачання. У новій системі використовуються труби мінімального діаметру й мінімальна протяжність циркуляційного контуру. Мета цих заходів – мінімізувати енерговтрати.

2. Існуюча система модернізується: замінюються всі розподільчі труби, проте існуюча конфігурація системи зберігається.

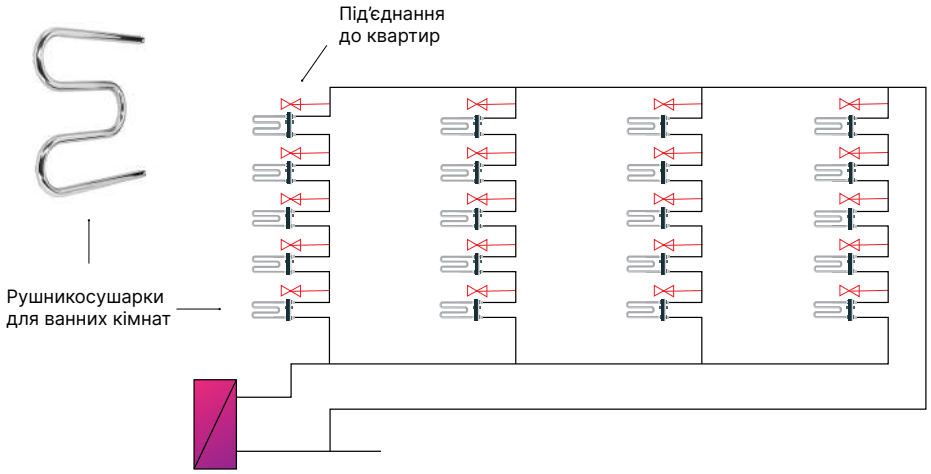


Рисунок 2.8.7

Система гарячого водопостачання

Вентиляційні системи

Вентиляційні системи забезпечують постачання свіжого повітря в приміщення й видалення забрудненого повітря із приміщення. Вентиляційні системи широко різняться за своїм розміром та функціями. Вентиляційна система має важливе значення, оскільки якісна вентиляція дозволяє уникнути проблем зі здоров'ям, конденсації вологи та виникнення плісняви.

Будова та специфікація вентиляційної системи в будівлі значно впливають на енергоспоживання. У деяких випадках найкращим рішенням є природна вентиляція, тоді як у інших доцільно використовувати механічну вентиляцію з рекуперацією тепла. Це залежить від типу, призначення та інтенсивності використання будівлі. Рішення щодо конкретної системи приймається фахівцями з вентиляційних систем під час енергоаудиту та на етапі проєктування; зокрема, розглядаються такі варіанти:

1. Природна вентиляційна система;

2. Механічна витяжна вентиляційна система;

3. Централізована механічна вентиляційна система з рекуперацією тепла;

4. Децентралізована гібридна вентиляційна система з рекуперацією тепла.

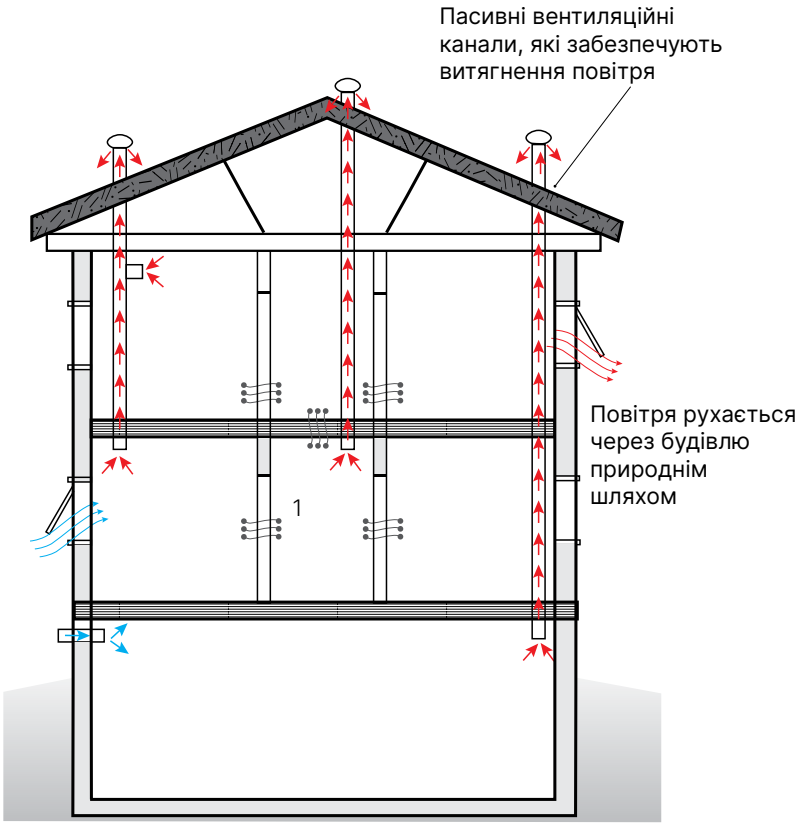


Рисунок 2.8.8

Приклад організації природної вентиляції

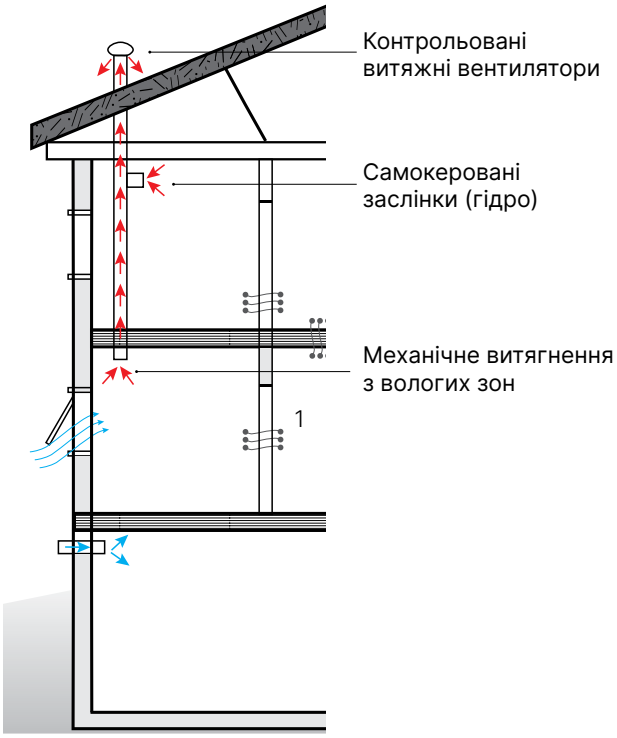


Рисунок 2.8.9

Приклад організації механічної витяжної вентиляційної системи

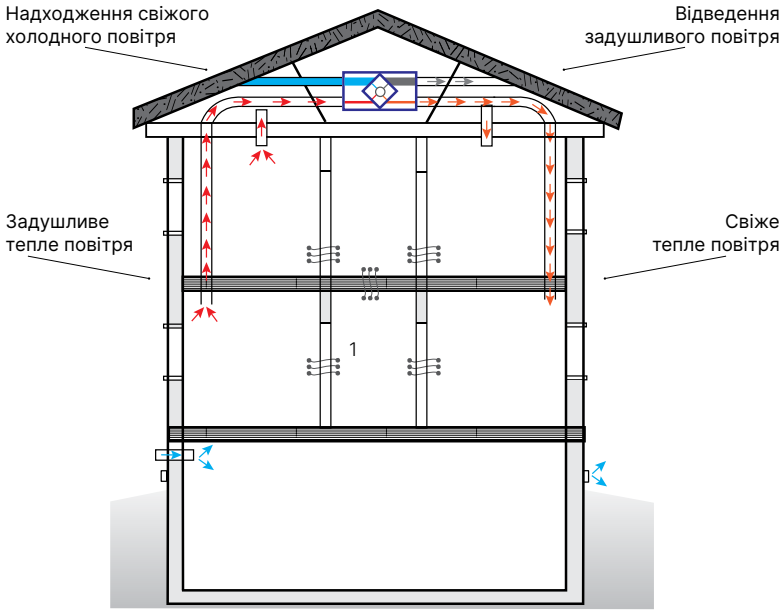


Рисунок 2.8.10

Приклад організації централізованої механічної вентиляційної системи з рекуперацією тепла

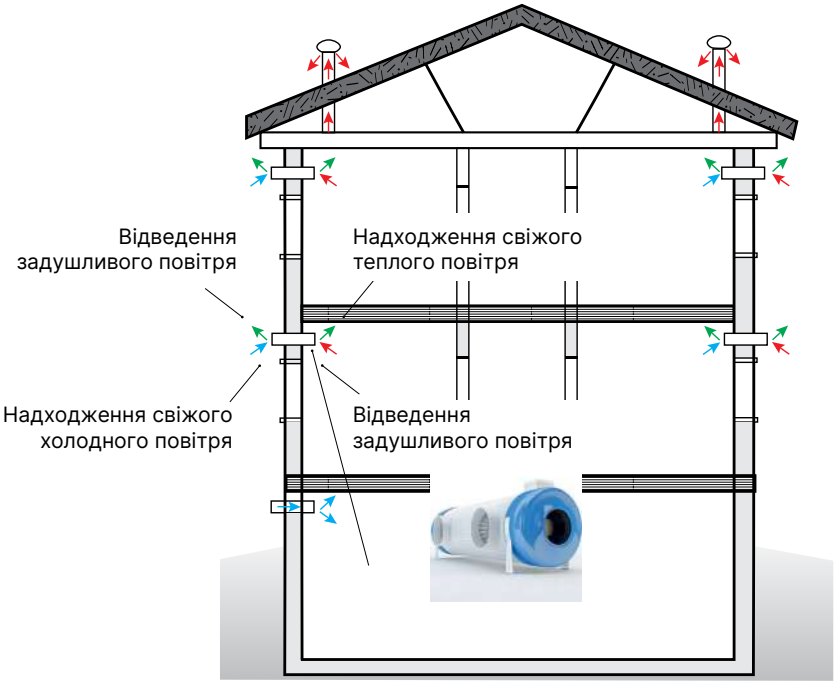


Рисунок 2.8.11

Приклад організації децентралізованої механічної вентиляційної системи з рекуперацією тепла

Вентиляційні системи

Одним із найбільш важливих заходів, що напряму не впливає на енергоспоживання, але дозволяє найбільш ефективно налаштувати встановлені інженерні системи та вчасно виявляти та усувати випадки перевитрат – є впровадження системи енергетичного менеджменту та/або система моніторингу енергоспоживання будинку. Більш детально про впровадження системи енергетичного менеджменту та системи моніторингу енергоспоживання будинку описано в наступних розділах.

Найбільш актуальну інформацію щодо заходів з підвищення ефективності систем опалення можна знайти за посиланнями:

по системам опалення та гарячого водопостачання:

1. *www.devi.rv.ua/ua/docs/books-purkov/*
2. *www.herz.ua/ukr/download/Tehnicheskaja_literatura/*

по системам утеплення:

1. *www.ceresit.ua/ru/documenti/*
2. *www.baumit.ua/servisi/tehnichni-dokumenti*

по вартості заходів:

1. *www.dzo.com.ua/*

2.9. Представлення звіту за результатами енергоаудиту

За результатами проведення енергоаудиту готується звіт, що є основою для прийняття рішення мешканцями будівлі щодо впровадження заходів з енергоефективності. Основні вимоги щодо типової стуктури звіту, а також рекомендації енергоаудиторам під час його підготовки наведено у поточному параграфі.

Загальні положення

Відповідно до погодженого під час попередньої наради графіку виконання робіт енергоаудитор повинен представити замовнику звіт з результатами аудиту.

Результати енергетичного аудиту презентуються замовнику у доступній формі з метою полегшення прийняття рішення щодо впровадження запропонованих в енергоаудиті заходів. Доцільно, щоб формат звітування був адресний, тобто, направлений як на співвласників багатоквартирного житлового будинку, що розуміються в технічних питаннях, так і на тих, хто не має відповідної обізнаності.

За результатами представлення звіту з енергоаудиту замовник повинен отримати наступну інформацію щодо:

1. Фактичного стану та ефективності споживання енергоресурсів в будівлі, що обстежувалась.
2. Основних напрямків економії енергоресурсів.
3. Переліку запропонованих енергоощадних заходів відповідно до пріоритетності їх впровадження та розраховану економію від реалізації в натуральному і грошовому еквіваленті.
4. Оцінки рівня капіталовкладень, як в розрізі окремих заходів з енергоефективності, так і проєкту в цілому.
5. Основних показників рентабельності енергофективних заходів та проєкту в цілому.
6. Орієнтовного плану-графіку реалізації проєкту.

Звіт з енергетичного аудиту, що презентується, повинен складатися з описової, розрахункової та аналітичної частин.

В описовій частині наводиться інформація про будівлю, щодо якої проводиться енергетичний аудит, опис стану її огороджувальних конструкцій, інженерних систем, встановленого енергоспоживаючого обладнання та устаткування.

У розрахунковій частині за інформацією, отриманою під час обстеження, визначається фактичне та базове енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, ГВП та освітленні будівлі.

В аналітичній частині наводиться аналіз ефективності енерговикористання, описуються рекомендації з енергозбереження та порядок їх виконання. Проводиться фінансово-економічна оцінка запропонованих заходів та їх ранжування за розрахованими показниками рентабельності. Зведена таблиця заходів з енергоефективності та їх фінансово-економічна оцінка виноситься на початок або в кінець звіту та оформлюється у вигляді загального резюме (висновків) по енергоаудиту.

Заходи з енергоефективності

Заходи з енергоефективності потрібно подавати в звіті за такими категоріями:

1. Високовитратні заходи, що стосуються стін і даху будівлі, технічного устаткування будівлі тощо.
2. Маловитратні заходи (адаптування експлуатаційного режиму, скорочення втрат постачання тощо).
3. Підготовленість і обізнаність кінцевих користувачів (навчання та мотивація, а також зміна поведінки споживачів).

Структура звіту з енергетичного аудиту

Зміст звіту має відповідати визначеному характеру та обсягу робіт, межам та цілям енергетичного аудиту.

Звіт з енергетичного аудиту рекомендується складати з наступних частин:

1. Резюме:

- Стисла інформація про результати енергоаудиту.
- Короткий опис використання та споживання енергії в будівлі, потенціалу енергозбереження.
- Запропоновані заходи з енергоефективності та програма з реалізації цих заходів, ранжування запропонованих заходів для підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності.

2. Вступ:

- Загальна інформація про проведений енергетичний аудит.

3. Передумови проведення енергоаудиту та організація робіт:

- Короткий опис передумов проведення енергетичного аудиту;
- Опис процесу енергетичного аудиту, визначені характер та обсяг робіт і межі, мета (цілі) аудиту та часові рамки;
- Загальна інформація про організацію та/або енергоаудитора, що проводили енергоаудит (адреса розташування, номери телефонів, ел. пошта і т.д.).
- Загальна інформація про замовника енергоаудиту (адреса розташування, номери телефонів, ел. пошта і т.д.).
- Інформація щодо дотримання конфіденційності (у разі необхідності).

4. Детальна інформація щодо енергоаудиту:

- Інформація щодо збору даних.
- Аналіз рівня досягнутої енергоефективності і будь-якого(-их) показника(-ів) рівня досягнутої/досяжної енергоефективності.
- Підстава для розрахунків, оцінок і припущень та зумовлена цим точність.
- Критерії ранжування можливостей для підвищення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності.
- Інформація щодо вимірювань, що проводились на об’єкті, та перелік задіяного для вимірювань обладнання.

5. Перелік стандартів та нормативно-правових документів:

- Відповідні законодавчі та інші вимоги, що стосуються енергоаудиту.

6. Опис поточного стану будівлі, інженерних систем та режиму її експлуатації:

- Загальні технічні дані: опис огороджувальних конструкцій, інформація щодо загальної площі (об’єму), опалювальної площі (об'єму), середню висоту поверху, коефіцієнт компактності, коефіцієнт скління, орієнтацію по сторонах світу.
- Технічний опис основних елементів будівлі: зовнішніх стін, даху, перекриттів, стін, підвалів, вікон, балконів, лоджій і т.д.

- Інформація щодо режимів експлуатації житлової будівлі, кількість мешканців і т.д.
- Енергетична характеристика будівлі, тобто, інформація про теплову потужність, потребу в теплі, використання енергії, тарифи та фактичну вартість енергоресурсів.
- Характеристика опалювальної системи: складові коефіцієнти корисної дії опалювальної системи, тип трубопроводів, робочі параметри, види радіаторів (нагрівальних пристроїв).
- Характеристика пристроїв (мережі) гарячого водопостачання: вид трубопроводів, їхні розміри, ізоляція стояків (вертикальних каналів).
- Характеристика системи вентиляції: вид, тип вентиляції.
- Характеристика вузла управління (теплової установки) чи котельної, що знаходиться в будинку.
- Характеристика пристроїв (мережі) газопостачання, димоходів у разі, якщо вони впливають на вдосконалення чи термомодернізаційний захід.
- Характеристика системи освітлення та інформація щодо джерел освітлення.
- Характеристика мережі електропостачання у разі, якщо вона впливає на вдосконалення чи термомодернізаційний захід, перелік встановленого електроспоживаючого обладнання.

7. Енергоспоживання:

- Фактичне споживання енергоресурсів за попередні роки;
- Базове енергоспоживання та допущення, відповідно до яких воно розраховано.
- Інформація про різницю запланованої економії (на основі базового енергоспоживання) від реальної економії (що базується на фактичному енергоспоживанні будівлі на час виконання енергоаудиту).
- Енергетичний бюджет до та після реалізації заходів з енергоефективності.

8. Потенціал енергозбереження:

- Аналіз енергетичного стану будівлі та потенціалу енергозбереження об'єкта.
- Зведений перелік запропонованих заходів з енергоефективності, інформація щодо необхідного рівня інвестицій, потенціал енергозбереження та оцінка рентабельності запропонованих заходів.

9. Опис заходів з енергоефективності:

- Детальний опис кожного заходу, включаючи поточну ситуацію, пропоновані заходи, обсяг енергозбереження та необхідні інвестиції.

10. Екологічні переваги від реалізації заходів з енергоефективності:

- Оцінка впливу запропонованих заходів на навколишнє середовище та отримання екологічної переваги від їх впровадження.

11. Орієнтовний план – графік реалізації проєкту з підвищення енергоефективності будівлі:

- Пропозиції з організації робіт щодо реалізації запропонованих заходів з відповідним календарним графіком їх виконання.

12. Фінансування заходів з енергоефективності:

- Оцінка необхідного рівня інвестицій, базові припущення.
- План фінансування із зазначенням джерел фінансування.
- Визначення оптимального варіанту реалізації заходів з енергоефективності за енергетичними та економічними параметрами.

13. Експлуатація та технічне обслуговування:

- Опис процедур з експлуатації та обслуговування будівлі, а також систем, що забезпечують підвищення енергетичної ефективності будівлі.
- Пропозиції щодо інструкцій з експлуатації та технічного обслуговування будівлі після впровадження запропонованих заходів з енергоефективності.
- Пропозиції щодо навчання персоналу, що займається експлуатацією та технічним обслуговуванням будівлі, її інженерних систем, встановленого обладнання та устаткування.

14. Організація системи моніторингу споживання енергоресурсів та впровадження системи енергетичного менеджменту:

- Опис запропонованої системи енергомоніторингу для будівлі.
- Концепція впровадження системи енергетичного менеджменту.

15. Висновки:

- Висновки та загальні рекомендації.

16. Документ з енергетичної оцінки будівлі (якщо передбачено метою енергетичного аудиту):

- Сертифікат енергетичної ефективності будівлі, виготовлений та зареєстрований у національній базі даних відповідно до чинного законодавства.

17. Додатки:

- Наявна технічна документація щодо будівлі (наприклад, технічний паспорт будівлі).
- Результати проведених вимірювань, які були попередньо узгоджені із замовником (тепловізійне обстеження, заміри рівня освітленості, параметрів електричної енергії і т.д.).
- Фотоматеріали щодо будівлі та її інженерних систем, встановленого обладнання та устаткування.
- Комерційні пропозиції щодо вартості робіт та матеріалів, запропонованих у рамках заходів з енергоефективності (за домовленністю із замовником).

Загальні рекомендації щодо підготовки звіту з енергоаудиту:

1. Звіт повинен легко читатися навіть нетехнічними спеціалістами.
2. Таблиці та графіки в звіті мають бути зрозумілими.
3. Інформація у звіті має подаватися в простій та лаконічній формі.
4. Запропоновані технічні рішення та заходи мають бути конкретними і мати прив’язку до об’єкту.

Таблиця 2.9.1 Перелік заходів з енергоефективності

	Заходи з енергоефективності	Інвестиції, грн	Чиста економія, кВт.год/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність, роки	NPVQ*
1	Теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення	232 875	158 730	200 373	1,16	5.80
2	Заміна світильників з люмінісцентними лампами та лампами розжарювання на енергоефективні (світлодіодні)	36 000	9 246	15 533	2,32	2,41
3	Встановлення МІТП (модуль опалення)	800 000	189 025	238 615	3,35	1,36
4	Встановлення балансувальних клапанів та балансування системи опалення	338 400	68 027	85 874	3,94	1,01
5	Утеплення стін та цоколю	13 458 320	775 716	979 223	13,74	-0,42
6	Утеплення даху, що межує з технічним поверхом (горищем)	2 883 400	129 622	163 628	17,62	-0,55
7	Заміна старих вікон на енергозберігаючі	798 280	33 310	42 048	18,98	-0,58
9	Встановлення металопластикових дверей в тамбурах вхідних груп	114 400	4 452	5 620	20,36	-0,61
	РАЗОМ по всім заходам	18 661 675	1 368 128	1 730 915	10,78	-0,27

Базована на 11,11% реальної ставки дисконтування

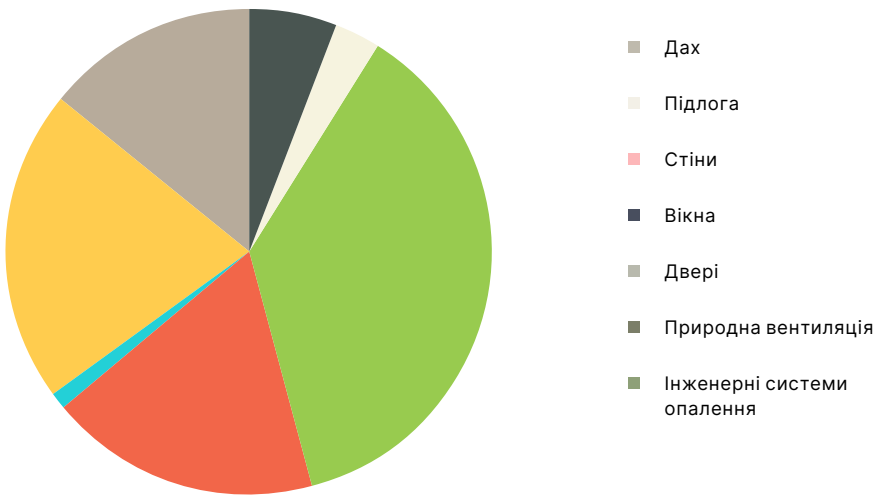


Рисунок 2.9.2

Приклад представлення енергетичного балансу будівлі у вигляді кругової діаграми

Додаткова інформація до звіту

У додатках має міститися технічне завдання для проєктанта та монтажної організації. Дуже важливо гарно знати вимоги діючих стандартів – це значно спрощує обґрунтування пропозицій.

Рекомендовано також у підрозділах вказувати наступну інформацію:

1. Фактичні або проєктні характеристики огороджувальних конструкцій – дані щодо геометричних та теплофізичних характеристик окремих огороджувальних конструкцій, визначені проєктною документацією або за результатами обстеження.
2. Опис технічного стану огороджувальних конструкцій, зокрема, виявлених недоліків конструкцій та характеристика їх технічного стану.
3. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі. Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних, зокрема, дані, які впливають на розбіжність між розрахунковими та фактичними показниками споживання будівлі.

Відомості для систем опалення

Для систем опалення рекомендовано зазначати такі відомості:

1. Опис джерела теплової енергії.
2. Опис розподілу теплової енергії.
3. Опис тепловіддачі.
4. Рівень енергетичної ефективності систем опалення.

Відомості для системи охолодження, кондиціонування, вентиляції

Для системи охолодження, кондиціонування, вентиляції рекомендовано зазначати такі відомості:

1. Опис холодильної машини: потужність компресора; споживана електрична потужність холодильної машини; коефіцієнт перетворення (COP); холодопродуктивність холодильної машини; тип холодоагента; ефективність системи утилізації теплової енергії.
2. Опис системи розподілу охолоджувальної речовини: тип охолоджувальної речовини; трубопроводів системи розподілу; наявність і стан теплової ізоляції.
3. Перелік природних та механічних систем вентиляції з розділенням на припливні та витяжні системи.
4. Опис обладнання для підігріву, осушення, зволоження чи охолодження повітрям тощо.

Відомості для системи гарячого водопостачання	Для системи гарячого водопостачання слід вказати: **1.** Опис джерела генерації та системи доставки теплоти: назва джерела теплової енергії. **2.** Опис системи розподілу гарячої води: тип трубопроводів системи гарячого водопостачання та їх стан; наявність і стан теплової ізоляції трубопроводів системи гарячого водопостачання. **3.** Наявність та функціонування циркуляції системи гарячого водопостачання.
Відомості для системи освітлення	Крім того, слід описати систему освітлення та керування нею. Опис рекомендацій з енергозбереження має містити: **1.** Стислий опис існуючої ситуації: зокрема, опис наявних проблем, які будуть розв’язані після реалізації запропонованого заходу. **2.** Опис заходів: технічні параметри та опис запропонованих заходів (характеристика нового обладнання/матеріалів, основні та додаткові роботи, які необхідно виконати). **3.** Очікувана економія енергії та витрат на оплату житлово-комунальних послуг, підвищення ефективності використання енергії. **4.** Фінансові витрати: проєктування та планування; матеріали, обладнання та монтаж, витрати на техобслуговування; аналіз ефективності витрат.

2.10. Заключна нарада

У цьому параграфі наведено загальні рекомендації щодо проведення заключної наради.

Учасники

Під час заключної наради енергоаудитор повинен відповісти на всі запитання замовника, що виникли під час ознайомлення зі звітом та спрямувати його на подальше впровадження заходів (або відмову від них за умови їх неефективності).

Як правило, на нараді присутні як особи з інженерною освітою, так і менш обізнані в технічних тонкощах представники замовника. Тому важливо одночасно робити акцент не тільки на технічних тонкощах розрахунків та впровадження заходів, а й вміти пояснити основні висновки простими словами.

За необхідності, зі сторони енергоаудиторської компанії в нараді можуть брати участь декілька спеціалістів, які глибоко володіють питаннями у різних напрямках (наприклад, інженерні системи, утеплення, співфінансування тощо).

Гарним результатом і ознакою задоволення замовника звітом з енергоаудиту є готовність у подальшому співпрацювати зі спеціалістами компанії на етапі впровадження заходів, а також рекомендації іншим клієнтам.

03

Загальні питання щодо теплового захисту і теплової модернізації будівель

СТОР. 120

3.1. Будівельна фізика

СТОР. 126

3.2. Аналіз стану огороджувальних конструкцій

СТОР. 134

3.3. Тепловізійне обстеження будівель

3.1. Будівельна фізика

На огороджувальні конструкції будівлі припадає одна з основних часток втрат теплової енергії. Для того, щоб розробити заходи з мінімізації цих втрат спочатку необхідно визначити величини цих втрат. У цьому параграфі розглянуто як загальні теплофізичні властивості будівель, так і основні місця втрат енергії.

Втрати енергії

Оболонка будівлі складається з цоколю (підвалу, техпідпілля), стін, вікон, дверей та даху. На неї припадають основні енергетичні втрати будівлі.

Решта енергії втрачається через отвори та вентиляційні канали, які дозволяють теплому повітрю виходити, а холодному – заходити в приміщення (або ж спеціально – через вентиляцію, або неконтрольовано – через отвори та тріщини). Ця втрачена енергія має компенсуватися системою опалення. Рівень теплонадходження залежить від:

1. Різниці температур між приміщенням і вулицею.
2. Теплоізоляційних властивостей оболонки будівлі.
3. Кількості свіжого повітря, яке надходить до будівлі через контрольовану вентиляцію або нещільні вікна, двері чи стики в стінах.

Тепловитрати стін з різних матеріалів

Часто серед населення існує думка, що чим товстіша стіна, тим менше тепла вона втрачає. Через це товсті цегляні стіни не потрібно утеплювати, оскільки вони є дуже «теплими». Фактично, цегляні стіни є одними з найгірших з точки зору теплових характеристик. На рисунку нижче зображено стіни, які мають еквівалентні тепловтрати, проте зроблені з різних матеріалів:

1. Силікатна цегла – 51 см.
2. Керамзитобетонні панелі – 23,4 см.
3. Газобетонні панелі – 15,8 см.
4. Мінеральна вата / полістирен – 2,3 см.

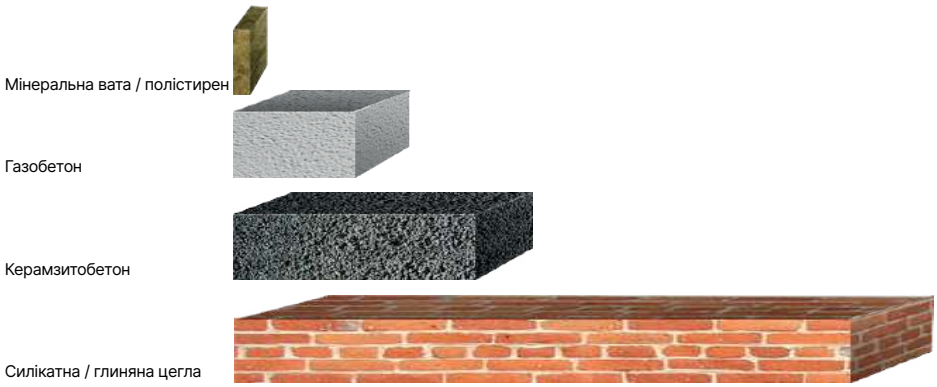


Рисунок 3.1

Порівняння товщин матеріалів з однаковими тепловтратами

Усі ці чотири рішення є еквівалентними за своїми тепловтратами.

Теплопровідність

Теплопровідність – передача тепла внаслідок молекулярного руху (коливань) в речовині/матеріалі. Теплопровідність притаманна твердим тілам, рідинам і газам. Вона також може мати місце під час контактного теплообміну, який відбувається, коли два матеріали з різними температурами прикласти один до одного.

Здатність тіла (матеріалу) проводити тепло характеризується коефіцієнтом теплопровідності λ [Вт/м·К].

Конвекція

Конвекція – передача тепла шляхом переміщення газоподібних або рідиноподібних мас. Нагріта рідина/газ переміщується від джерела нагрівання, забираючи енергію. Наприклад, у випадку з радіатором, конвекція з його гарячої поверхні відбувається через те, що повітря, яке контактує з поверхнею, розширюється, стає менш густим і піднімається вгору.

Як видно з таблиці 3.1, гази характеризуються найнижчим коефіцієнтом теплопровідності. Це означає, що вони є найкращими теплоізоляторами. При цьому, що гази є дуже гарними тепловими конвекторами.

Виготовлення матеріалів, які б використовували позитивну властивість газів (низьку теплопровідність) і обмежували негативну властивість (гарну теплову конвекцію) – загальна ідея, яка лежить у основі застосування теплоізоляційних матеріалів. Це досягається завдяки використанню пористих матеріалів, які містять дрібні порожнини, заповнені газом.

Крім того, теплопровідність значно варіюється, залежно від матеріалу. Так, наприклад, мінеральна вата через теплопровідність втрачає в 10 тисяч разів менше енергії в порівнянні з міддю.

Теплопровідність не є константою для певного матеріалу. На теплопровідність матеріалу впливає багато факторів. Як правило, чим нижча температура, тим менша теплопровідність матеріалу.

Таблиця 3.1 Теплопровідність різних матеріалів

Матеріал	**λ**, Вт/мК
Ксенон	0,0055
Аргон	0,017
Повітря	0,025
Мінеральна вата, спінений полістирен	0,037
Свіжий сніг	0,06
Дерево (150 кг/м3)	0,07
Дерево (500 кг/м3)	0,13
Дерево (1000 кг/м3)	0,24
Пластик	0,20
Гіпсокартон	0,25
Порожниста глиняна цегла	0,52 – 0,64
Силікатна цегла	0,87
Шпаклівка	0,9
Віконне скло	1
Залізобетон	2
Піщаник	2
Граніт/камінь	2,8
Сталь	50
Алюміній	220
Мідь	370

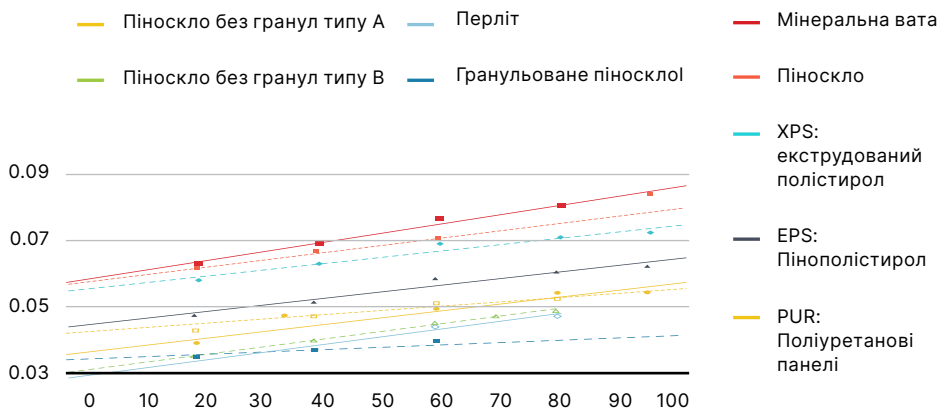


Рисунок 3.2

Залежність теплопровідності матеріалів від температури

На рисунку нижче показано як вміст вологи впливає на теплопровідність мінеральної вати за різних температур.

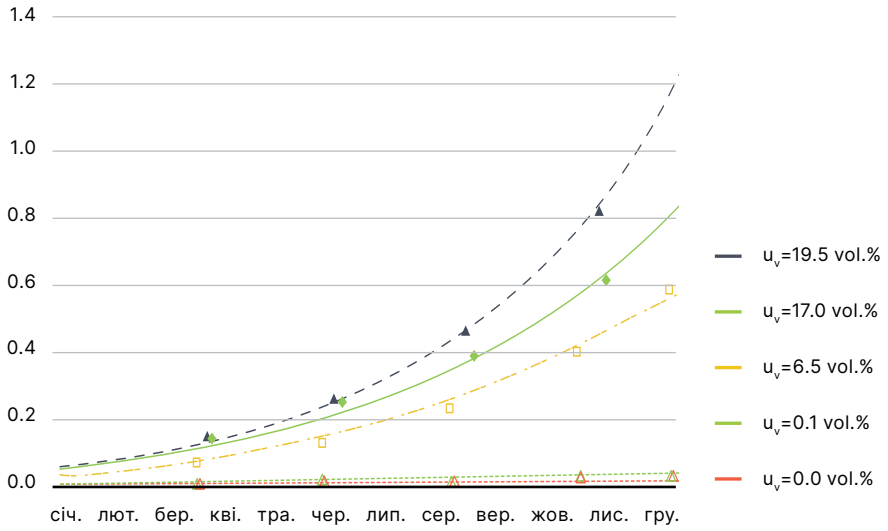


Рисунок 3.3

Залежність теплопровідності від вологості

Вміст вологи та товщина тепло-ізоляційного шару

У випадку з мінеральною ватою, вміст вологи має значний вплив на теплопровідність. Це одна з причин, чому будівельні майданчики необхідно захищати під час модернізації будинків, використовуючи риштування. Якщо під час утеплення будинку йде дощ, який потрапляє на відкриту мінеральну вату, її теплопровідність може збільшитися у 2–3 рази.

Значні тепловтрати відбуваються через структуру стін. Поліпшення ізоляції в цьому місці є важливим заходом, який допомагає як заощадити енергію, так і захистити будівлю від подальшого руйнування. Загалом, ідея, яка лежить у основі визначення оптимальної товщини теплоізоляції полягає в наступному: як правило, кожен наступний доданий сантиметр теплоізоляції призводить до дедалі меншої економії енергії. На рисунку 3.4 нижче наведено приклад розрахунку існуючої стіни з коефіцієнтом теплопровідності на рівні 1 Вт/м²К.

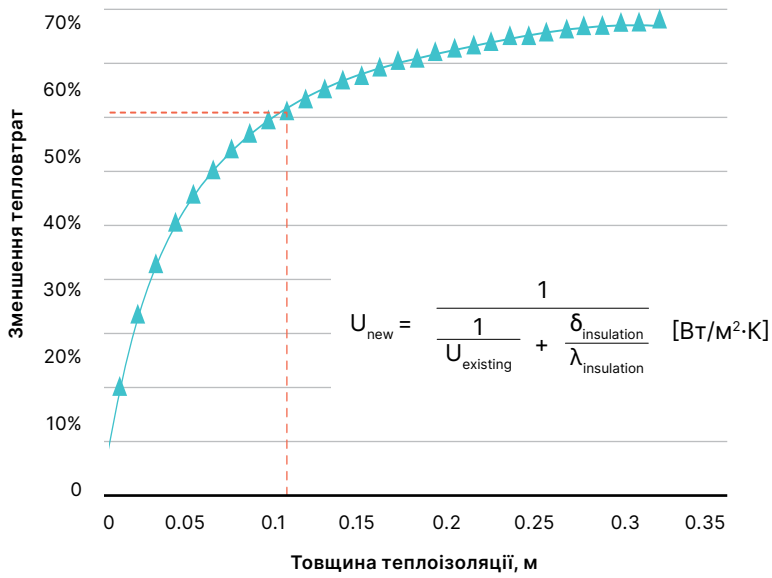


Рисунок 3.4

Визначення оптимальної товщини ізоляції

Перший сантиметр теплоізоляції заощаджує близько 20% від існуючих тепловтрат. Другий сантиметр теплоізоляції – ще 13,33%. Третій сантиметр – ще 9,52%... . Десятий сантиметр заощаджує лише 2,20%.

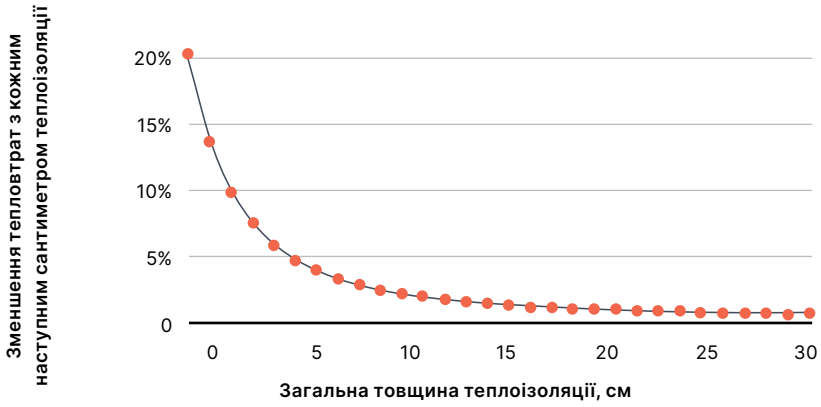


Рисунок 3.5

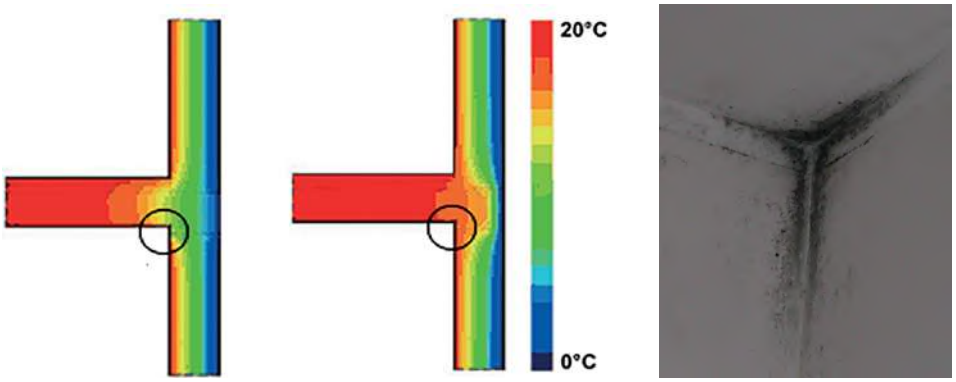
Залежність економії теплової енергії від додаткової товщини ізоляції

«Тепловий місток»

«Тепловий місток» (також називається «містком холоду», «термічним містком») – це зона або елемент, теплопровідність якого є вищою, ніж теплопровідність оточуючих матеріалів/зон, що створює канал з меншим опором теплопередачі. «Теплові містки» спричиняють зменшення загального теплового опору об'єкта. Цей термін часто вживається під час обговорення теплової оболонки будівлі – «теплові містки» призводять до теплопередачі між кондиціонованим простором будівлі та атмосферою.

Негативний вплив «теплових містків»:

1. Збільшені тепловтрати в оболонці будівлі.
2. Знижені температури поверхні.
3. Ризик конденсації вологи.
4. Ризик виникнення плісняви.
5. Нижча якість повітря в приміщенні.



Високий ризик виникнення плісняви

Низький ризик виникнення плісняви

Рисунок 3.6

Можливе виникнення плісняви у «містках холоду»

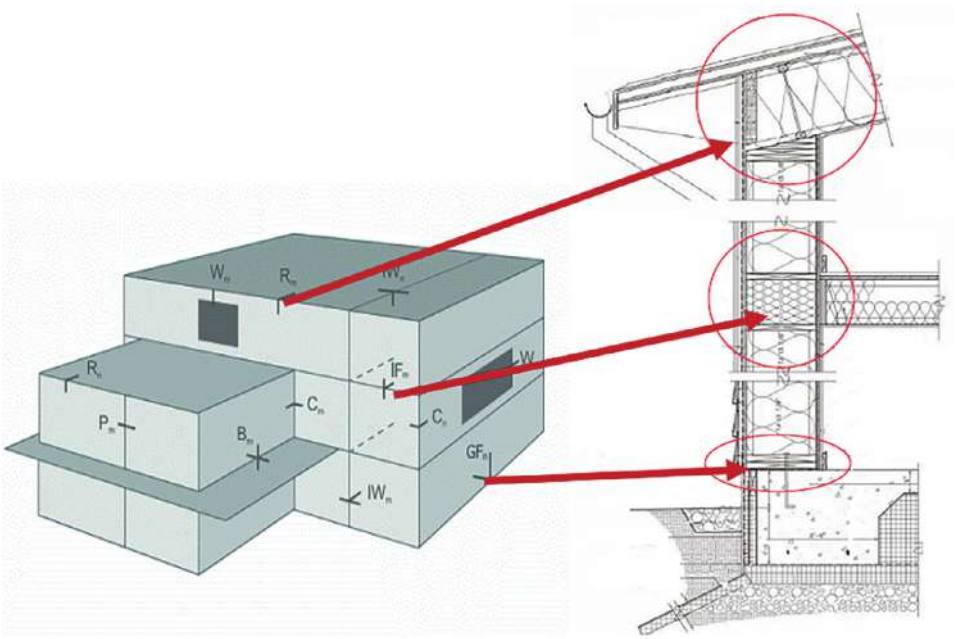


Рисунок 3.7

Типи «містків холоду»

Лінійний коефіцієнт теплопередачі (ψ, Вт/(м·К)) описує додаткові тепловтрати через структуру будівлі внаслідок «теплових містків». Він визначається як різниця між загальним тепловим потоком через структуру будівлі й одновимірними тепловими потоками через окремі елементи будівлі.

При модернізації вікон коефіцієнт теплопровідності зменшується, через що значення ψ збільшується. Це означає, що під час модернізації необхідно приділяти увагу «тепловим місткам». Частково слід утеплити раму, що дозволить зменшити значення ψ й значно мінімізувати ризик утворення конденсату довкола вікон.

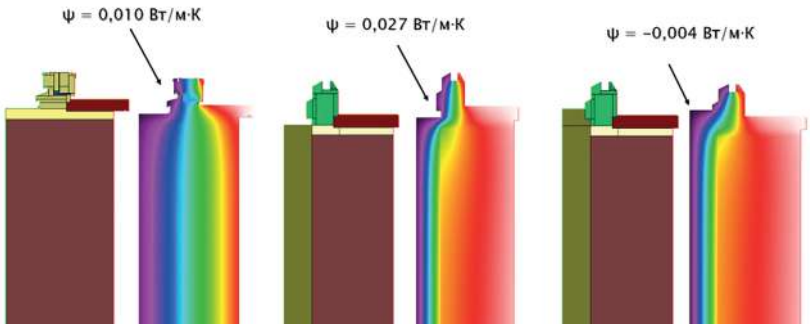


Рисунок 3.8

«Містки холоду» в рамах вікон

Розуміння процесів, що відбуваються в огороджувальних конструкціях, дозволяють енергоаудитору запропонувати найбільш оптимальне рішення з точки зору вирішення проблем (підвищенні тепловтрати, комфорт) та вкладених коштів.

Зважаючи, що заходи, направлені на модернізацію оболонки, зазвичай найбільш витратні та мають довгий термін окупності, вибір оптимальних матеріалів є ключовим.

3.2. Аналіз стану огороджувальних конструкцій

Аналіз технічного стану огороджувальних конструкцій будівель є передумовою для прийняття рішень щодо можливості реалізації заходів з енергоефективності в цих огороджувальних конструкціях. Тому в цьому параграфі наведено класифікацію будівель за рівнем придатності до експлуатації, а також основні етапи обстеження технічного стану будівлі.

Рівень придатності технічного стану об'єкта

Технічний стан об'єкта за рівнем придатності характеризують однією з чотирьох наступних категорій:

1. **Нормальний** – кількісні та якісні значення всіх контрольованих параметрів технічного стану відповідають встановленим у чинних нормах значенням із врахуванням меж їх зміни та проєктній документації (за наявності).

2. **Задовільний** – окремі показники контрольованих параметрів не відповідають вимогам норм та/або проєктній документації (за наявності) і можуть частково порушувати вимоги другої групи граничних станів, але наявні порушення вимог не призводять до порушення експлуатаційних властивостей об'єкта, необхідних для його використання за визначеним призначенням.

3. **Непридатний до нормальної експлуатації** – наявні дефекти і пошкодження, що призвели до значного зниження експлуатаційної придатності об'єкта, порушені вимоги другої групи та окремі вимоги першої групи граничних станів, але небезпека раптового руйнування відсутня, і при контролі (моніторингу) технічного стану можливе використання об'єкта в обмеженому режимі експлуатації.

4. **Аварійний** – наявні дефекти і пошкодження, що порушують вимоги другої та першої груп граничних станів, експлуатаційну придатність об'єкта вичерпано та/або є небезпека його раптового руйнування.

Таблиця 3.2 Характеристики технічного стану

Фізичний знос, %	**Оцінка технічного стану**	**Загальна характеристика технічного стану**
0-20	Добрий	Пошкоджень і деформацій немає. Є окремі несправності, що не впливають на експлуатацію елемента і усуваються під час ремонту
21-40	Задовільний	**Елементи будівлі в цілому придатні для експлуатації, але потребують ремонту, який є найбільш доцільним на цій стадії**
41-60	Незадовільний	**Експлуатація елементів будинку можлива лише за умови проведення їх ремонту**
61-80	Ветхий	Стан несучих конструктивних елементів аварійний, а не несучих – дуже ветхий. Обмежене виконання елементами будинку своїх функцій
81-100	Непридатний	Елементи будинку знаходяться у зруйнованому стані. У випадку, коли фізичний знос досягає 100%, залишки елемента повністю ліквідовані

Аналіз технічного стану будівлі

Аналіз технічного стану будівлі – це невід'ємний елемент впровадження заходів з енергоефективності. Обстеження проводиться кваліфікованими інженерами згідно з відповідними будівельними стандартами та нормами. Ці норми також визначають зміст та предмет обстеження.

Загалом обстеження має на меті провести оцінку механічної міцності та стабільності конструкції будівлі, безпечності використання споруди, а також наявних протипожежних рішень та інженерних мереж задля збереження споруди протягом періоду її експлуатації та попередження небезпек.

Крім того, у випадку проведення обстеження в рамках проєкту реновації, воно повинно включати технічне обґрунтування заходів з підвищення енергоефективності споруд, наприклад, визначення міцності зовнішніх стін, на яких закріплюється теплова ізоляція.

Етапи обстеження

У цілому обстеження будівельних конструкцій здійснюється в три етапи:

1 етап (попереднє обстеження) – збір вихідних даних, аналіз проєктної та виконавчої документації, використаних матеріалів та конструкцій, технологічних рішень та умов будівництва.

2 етап (детальне обстеження) – виконання обмірів обстежуваних частин будівель, встановлення конструктивних схем будівель, фактичних розмірів конструкцій, відхилень конструкцій від проєктних станів, оцінка технічного стану конструкцій та ступеню їх фізичного зносу.

Якщо результатів попередніх і детальних обстежень недостатньо для прийняття обґрунтованого рішення про технічний стан і надійність експлуатації окремих конструкцій у цілому, рекомендується призначити спеціальні обстеження.

3 етап (спеціальні обстеження) – уточнення та аналіз даних інженерно-геологічних, геодезичних, температурно-вологісних та інших досліджень; польові та лабораторні випробування конструкцій; тривалі випробування і вимірювання деформацій, спостереження за роботою будівельних конструкцій (установка маяків, заміри осідання і кренів, визначення вологості).

Звіт про результати обстеження

За результатами проведення технічного обстеження, аналізу дефектів і пошкоджень, а також перевірочних розрахунків визначається технічний стан окремих будівельних конструкцій і споруд у цілому.

Звіт про результати енергетичного аудиту та звіт про результати обстеження технічного стану будівель доповнюють один одного та включаються до складу документації, необхідної для розробки проєктів. Під час проведення енергетичного аудиту рекомендується звертати увагу на основні проблеми, пропущені під час будівельної інспекції, наприклад, ті, що впливають на запропоновані заходи з підвищення енергоефективності. Типовий приклад: звіт про результати енергетичного аудиту в частині теплової ізоляції горищного перекриття з плит повинен, у разі необхідності, також висвітлювати проблеми з даховим покриттям (такі як тріщини в дахових плитах, просочення дощової води тощо).

Ця інформація знадобиться інженеру, який проводитиме обстеження технічного стану будівлі.

Приклади обстежень елементів будівель зображені на фото нижче.

Рисунок 3.9
Фундамент – локальна поверхнева ерозія з видимими слідами просочування води та опалубки

Рисунок 3.10

Пілястр у критичному стані

Рисунок 3.11

Тріщини в сходах
та внутрішніх стінах

Рисунок 3.12

Місця з'єднання віконних
рам та стін не герметичні

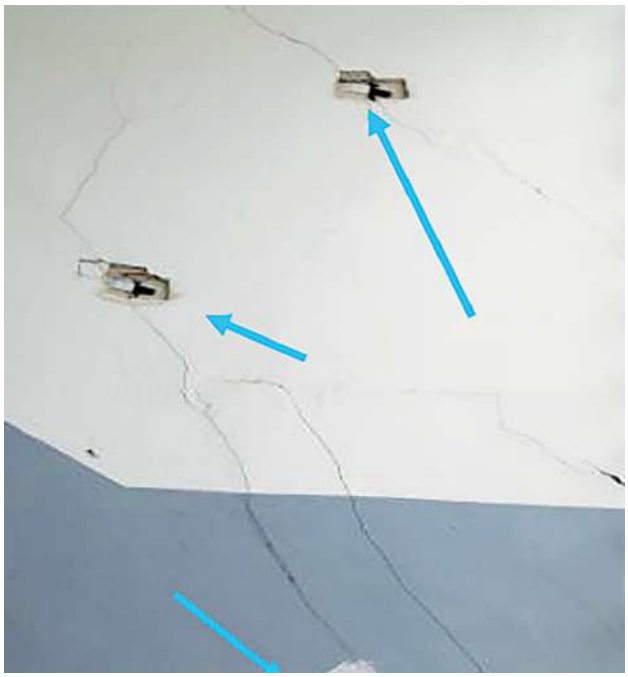


Рисунок 3.13
Приклади моніторингу тріщин

Перевірка фасаду будівлі

Обстеження технічного стану будівлі – це детальна та комплексна оцінка стану будівлі, що охоплює важкодоступні місця, структурні питання та інженерні проблеми. Рівень докладності звіту відіграє важливу роль у впровадженні заходів з підвищення енергоефективності.

У випадку реновації багатоквартирного будинку основне завдання обстеження технічного стану будівлі полягає у виявленні критичних проблем, які необхідно розглядати в контексті впровадження заходів, визначених на основі результатів енергетичного аудиту.

Загалом споруда повинна, в першу чергу, бути безпечною в конструктивному відношенні, а потім енергоефективною.

Перелік питань, які потрібно уважно вивчити під час перевірки фасаду будівлі:

1. Кількість та тип замінених вікон/зовнішніх дверей.
2. Відкриті вікна.
3. Якість замінених вікон та дверей.
4. Тріщини та дефекти стін.
5. Балкони/лоджії.
6. Стан цоколю та тротуару довкола будівлі.
7. Вжиті заходи (утеплення торців).

Енергоаудитор повинен записувати всі проблеми та відповідну інформацію, зробити фото всіх цих елементів. Для високих будівель (>9 поверхів), рекомендовано використовувати фотоапарати з хорошим оптичним «зумом».

Протягом цієї частини перевірки енергоаудитор також оцінює стан цоколю, тротуару та насаджень (дерев і кущів) довкола будівлі. Ця інформація допомагає зрозуміти, які технічні рішення можуть бути необхідними для переоснащення цоколя та фундаменту та для розуміння того, чи можуть насадження бути проблемою для встановлення риштування під час будівельних робіт.

Обстеження підвалу

Під час обстеження підвалу слід звертати увагу на:

1. Стан інженерних мереж (трубопроводи тепло- та водопостачання, стан теплоізоляції).
2. Стан підвальної плити перекриття.
3. Стан стін підвалу та підлоги.
4. Вікна підвалу та/або вентиляційні люки (також варто взяти до уваги, чи запобігають вони потраплянню тварин до підвалу, чи в підвалі вже є тварини).
5. Опалюваний чи неопалюваний підвал.
6. Температура повітря в підвалі.

Обстеження горища

Це перелік питань, які потрібно уважно вивчити протягом перевірки горища будівлі:

1. Матеріал, який використовують для підлоги горища та його товщина.
2. Протікання даху та/або інші технічні проблеми.
3. Стан ізоляції труб.
4. Температура повітря на горищі.
5. Вентиляція горища.

Обстеження даху

Огляд даху передбачає такі обстеження:

1. Стан та матеріал даху.
2. Перевірка вентиляційних шахт щодо потоку повітря.
3. Стан системи збору дощової води.
4. Ідентифікація технічних проблем.

Енергоаудитор повинен записувати всі проблеми та відповідну інформацію й зробити фото.

3.3. Рекомендації щодо проведення тепловізійного обстеження будівель

Цей параграф присвячено плануванню та проведенню тепловізійного обстеження будівель.

Що собою являє термографія

Всі об'єкти, температура яких вище абсолютного нуля випромінюють інфрачервоні хвилі. Термографія – це безконтактний метод вимірювання, завдяки якому ми можемо бачити розподіл температури на поверхні досліджуваного об’єкта. Людське око не сприймає інфрачервоне випромінювання, але завдяки спеціальному пристрою – тепловізійній камері, що працює в інфрачервоному спектрі, ми маємо можливість побачити, як різні зони досліджуваного об`єкта випромінюють у залежності від температури різнокольорову гаму: від яскраво-червоного та жовтого (високі температури) до блакитного, темно-синього і чорного (низькі температури).

Такий метод вимірювання дозволяє визначити місця найбільших втрат тепла в будинку, «містки холоду», конструктивні та інші дефекти у стінах і фундаментах, витоки та пориви інженерних систем, місця скупчення вологи й конденсату. Крім того, він допомагає перевірити якість проведення робіт з утеплення будівель тощо.

Однак, слід пам’ятати, що тепловізійне обстеження не дозволяє отримати кількісні характеристики тепловтрат – для цього потрібно використовувати контактні методи вимірювання.

Випромінювання

Випромінювання може:

1. Передаватись через поверхню (не змінюючи температуру поверхні): Transmitted.
2. Відбиватись від поверхні (не змінюючи температуру поверхні): Reflected.
3. Поглинатися і повторно випромінюватись (те, що вимірюється за допомогою тепловізійної камери) - Absorbed/Re-emitted.

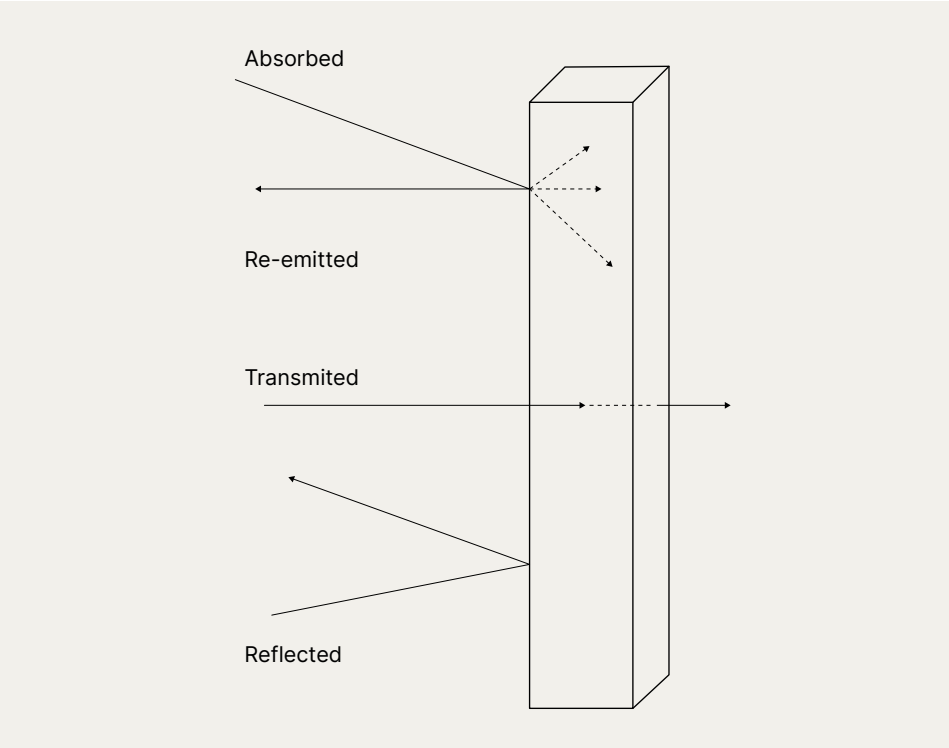


Рисунок 3.14
Передане, відбите та поглинене тепло поверхнею

Закон RAT

Рівняння, відоме як закон RAT (абревіатура від англійських слів Reflected, Absorbed, Transmitted) має вигляд:

$$\text{Reflected} + \text{Absorbed} + \text{Transmitted} = 1$$

Датчик камери виявляє інфрачервоне випромінювання. Тільки за величиною Re-emitted можна визначити температуру поверхні. Різні поверхні поглинають і випромінюють по-різному - це називається «випромінюваністю». Правильне визначення показників Absorbed/Re-emitted та Reflected підвищує точність дослідження.

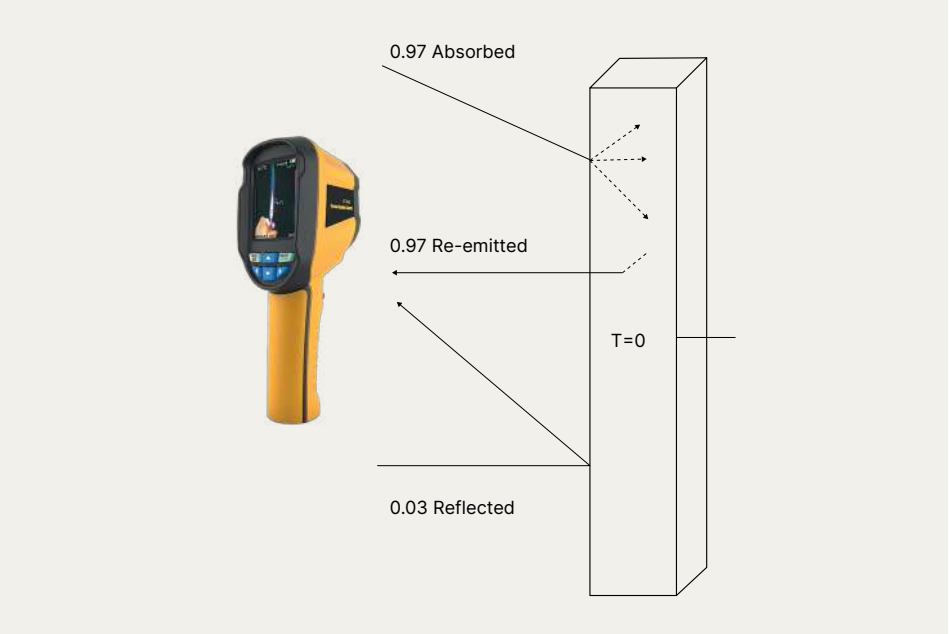


Рисунок 3.15
Теорія термографії

Налаштування тепловізора для роботи

Для врахування всіх трьох складових, що фіксуються тепловізійною камерою, необхідно налаштувати відповідні коефіцієнти:

1. Коефіцієнт випромінювання (ε)
2. Коефіцієнт відбиття (ρ)
3. Коефіцієнт пропускання (τ)

Термографічні камери характеризуються наступними параметрами:

1. Роздільна здатність.
2. Електроніка камери.
3. Оптика/лінзи.
4. Термічна чутливість камери (NETD).

Термографія фасаду ззовні може дати тільки перше наближене уявлення про стан певної будівлі. Для більш детального аналізу необхідним є проведення термографічної зйомки приміщень також зсередини будівлі.

Коефіцієнт опору теплопередачі

Визначити більш менш об’єктивне значення коефіцієнту опору теплопередачі для зовнішньої стіни можна лише за рахунок проведення вимірювання протягом декількох днів.

Оскільки кожен матеріал має певний коефіцієнт випромінювання, при проведенні тепловізійного обстеження слід враховувати матеріал поверхні об’єкта дослідження.

Властивості поверхні вимірюваного об'єкта відіграють вирішальну роль при вимірюванні температури за допомогою тепловізора. Це пов'язано з тим, що коефіцієнт випромінювання змінюється в залежності від структури поверхні, забруднення і наявності снігу, вологи або інію на ній.

Для того, щоб тепловізор правильно розрахував температуру поверхні вимірюваного об'єкта, в налаштуваннях камери необхідно задати як компенсацію відбитої температури (КВТ), так і коефіцієнт випромінювання.

Наявність інших об'єктів з температурою, що значно відрізняється від температури вимірюваного об'єкта, може викривити інфрачервоне випромінювання з причини власного випромінювання. Необхідно по можливості уникати або нейтралізувати джерела таких перешкод.

Предмети нагріваються на сонці в результаті поглинання сонячного світла. Це значною мірою впливає на температуру поверхні - температура може триматися протягом декількох годин після того, як об'єкт був нагрітий сонцем;

Сильна хмарність створює оптимальні умови для проведення інфрачервоних вимірювань на відкритому повітрі. Хмари загороджують об`єкти вимірювання від прямого сонячного світла.

Попередня підготовка місця зйомки

Рівень відносної вологості повітря під час вимірювань повинен бути досить низьким, щоб уникнути конденсації в повітрі (туман), на об'єкті вимірювання та самому об'єктиві тепловізора.

Попередня підготовка місця зйомки:

1. **Узгодження пори року та часу зйомки:**
   - Мінімальна різниця між зовнішньою та внутрішньою температурою у приміщенні має становити 10 -15 °C.
2. **Інформування клієнта (клієнт також інформує сусідів), щодо проведення тепловізійної зйомки.**
3. **Для проведення якісного обстеження клієнт має забезпечити наступні умови:**
   - Необхідну внутрішню температуру приміщення (рівномірне опалення та температуру на рівні 20 °C). Системи автоматичного регулювання, в тому числі, нічні режими та режими вихідних днів повинні бути відключені.
   - При наявності надати план будинку та забезпечити доступ до будинку і його приміщень.
   - Закрити вікна, відкрити жалюзі.
   - Під час зйомки забезпечити необхідні умови для її проведення (не відкривати вікна, відсутність сторонніх людей, що можуть заважати обстеженню і т. д.)

Підготовка інфрачервоної камери

1. **Підготовка інфрачервоної камери до зйомки:**
   - Зарядити акумулятор та взяти в разі наявності запасний.
   - Взяти запасну оптику чи інший об'єктив.
   - Перевірити розмір та наявність місця на карті пам'яті.
   - Взяти термометр, гідрометр, анемометр, дальномір.
2. **Звірка та калібрування камери:**
   - Необхідно 10-15 хв. очікування адаптації камери до температури повітря навколишнього середовища.
   - Для калібрування камери можна застосовувати алюмінієву фольгу, щоб визначити показник рефлексії (для проведення зйомки з вулиці):
     - Встановлюємо E – коефіцієнт випромінювання на - 1.
     - Встановлюємо відстань до фольги – 0 м.
     - Визначаємо відбиту від фольги максимальну та мінімальну температуру – виставляємо в камері між макс. і мін. середню температуру відбитого випромінювання навколишнього середовища.
3. Встановлюємо E – коефіцієнт випромінювання на - 0,95 (для більшості випадків будівельної зйомки).
4. Встановлюємо необхідну відстань до об'єкту.
5. При зйомці переходимо в автоматичний режим та фіксуємо температуру, далі переходимо в ручний режим та проводимо обстеження.

Налаштування

При зміні місця зйомки, наприклад, перехід з обстеження північної сторони будівлі на південну калібрування камери слід провести заново.

Під час зйомки бажано нотувати важливі моменти, щоб потім простіше було аналізувати результати обстеження. Для швидкого налаштування камери та якісного обстеження необхідно, щоб нижня температура шкали відповідала температурі фасаду (бажано цоколю), а верхня була виставлена так, щоб не було білих плям на фасаді. В автоматичному режимі фіксуємо камеру на фасад (цоколь), потім у ручному – коригуємо.

Приклади термограм наведено на рисунках нижче.

Приклади термограм

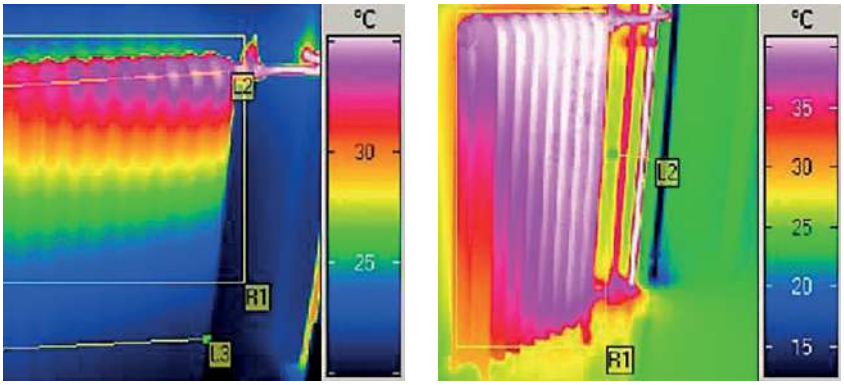


Рисунок 3.16

Неефективний та ефективний опалювальний прилад

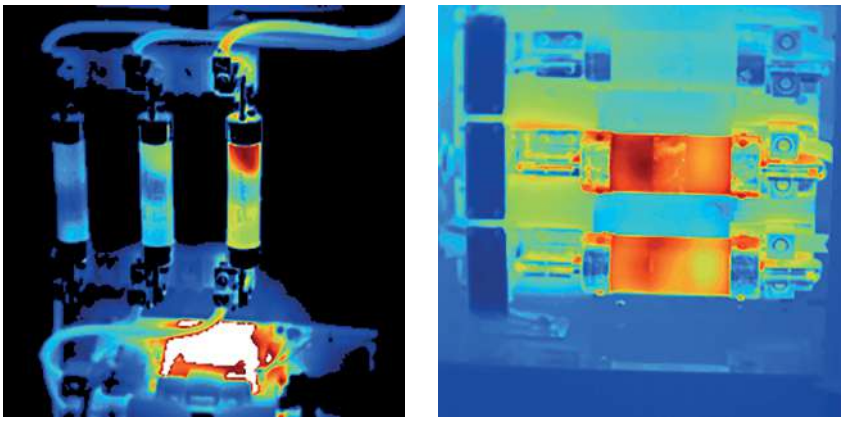


Рисунок 3.17

Перевантаження однієї з фаз

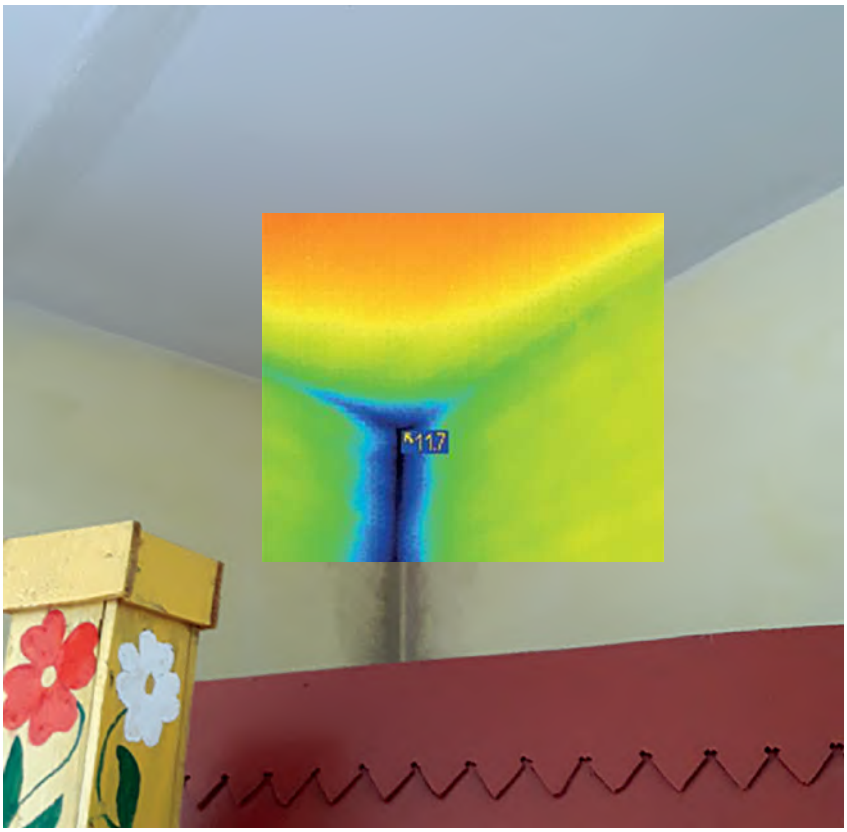


Рисунок 3.18

Виявлення «містків холоду»

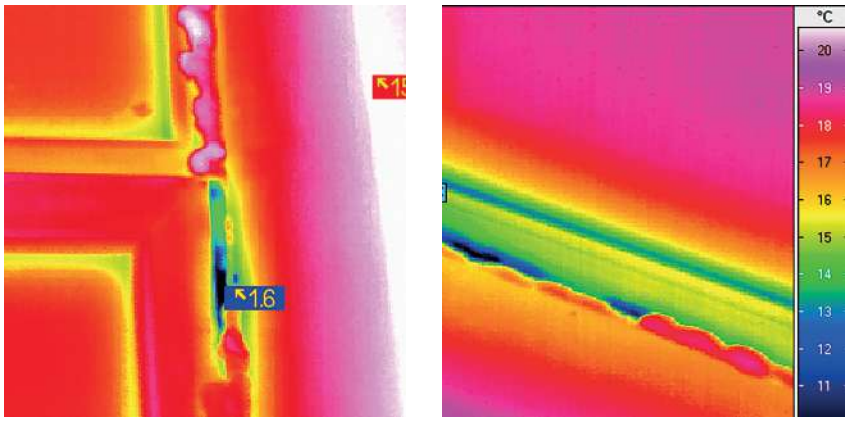


Рисунок 3.19

Виявлення дефектів монтажу віконних конструкцій

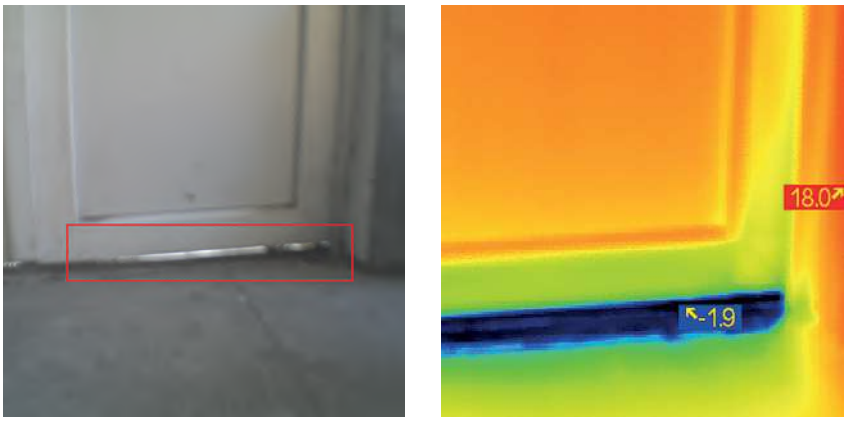


Рисунок 3.20

Виявлення нещільностей дверних конструкцій

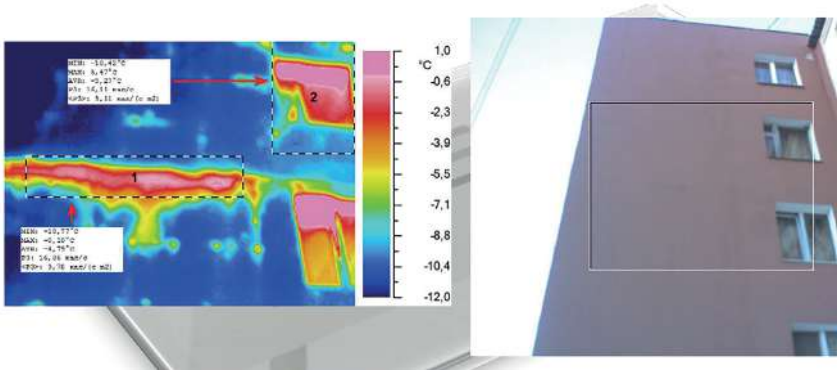


Рисунок 3.21

Виявлення дефектів монтажу систем утеплення

Початкову інформацію щодо проведення термографічного обстеження, як правило, можна знайти на сайтах виробників тепловізорів (наприклад, *www.thermoview.ru/lit/).*

04

Рекомендації з підготовки даних для визначення обсягів енерго-збереження

СТОР. 144
4.1. Вибір періодів часу

СТОР. 145
4.2. Встановлення базового рівня енергоспоживання

СТОР. 146
4.3. Нестандартні коригування

СТОР. 147
4.4. Унормування визначальних змінних

4.1. Вибір періодів часу

Для обчислення обсягів енергозбереження для будівлі необхідно визначитись із тривалістю базового та звітного періодів, для яких буде здійснюватись це обчислення.

Базовий та звітний періоди

Обсяг енергозбереження визначається різницею в споживанні енергії між двома порівнювальними періодами часу (базовий період і наступний звітний період), які є еквівалентними за тривалістю. Між базовим та звітним періодами ОСББ може вжити або не вжити один чи більше ЗЕЕ.

Найбільш поширеним у вжитку для житлових будівель є період часу тривалістю в один рік. Це пов'язано з тим, що споживання енергії для житлових будівель є метеозалежним.

Вибрані періоди часу та причини їх вибору треба задокументувати.

4.2. Встановлення базового рівня енергоспоживання

Щоб розрахувати обсяг енергозбереження будівлі слід спочатку встановити базовий рівень енергоспоживання, по відношенню до якого буде здійснюватися зазначене обчислення.

Базовий рівень енерго-споживання

Під час визначення обсягів енергозбереження на основі цілей ОСББ можна використовувати єдиний базовий рівень енергоспоживання, що вимірює споживання енергії в будівлі. Це дає змогу розглядати сукупні обсяги енергозбереження від всіх ЗЕЕ. Базовий рівень енергоспоживання можна визначити, використовуючи фіксований період (зазвичай репрезентативний рік).

ОСББ може обрати або фіксований базовий період (зазвичай рік, відносно якого будуть вимірювати всі подальші обсяги енергозбереження), або рухливий базовий період (зазвичай попередній рік). Фіксований базовий період зазвичай використовують, якщо ОСББ має довгострокову мету щодо енергозбереження. Рухливий базовий період є більш корисним для спостереження за річними змінами рівня досягнутої/досяжної енергоефективності.

Використаний базовий період та його визначення треба задокументувати.

4.3. Нестандартні (позапланові) коригування

Протягом базового та звітного періодів на споживання енергії можуть впливати визначальні змінні та статичні чинники. Для врахування змін у визначальних змінних застосовують унормування.

Загальні принципи виконання нестандартних (позапланових) коригувань

Нестандартні (позапланові) коригування щодо споживання енергії виконують в базовому та/або звітному періодах, якщо:

1. Між двома періодами змінилися статичні чинники.
2. Визначальні змінні були предметом незвичайних змін принаймні в одному з двох періодів.

Звичайне нестандартне (позапланове) коригування базового рівня енергоспоживання є результатом змін меж, наприклад, внаслідок продажу або здавання в оренду нежитлових приміщень житлової будівлі.

4.4. Унормування визначальних змінних

Для усунення впливу аномальних значень визначальних змінних на обсяг енергоспоживання в базовому та звітному періодах доцільно здійснювати унормування. Опис основних методів унормування наведено у цьому параграфі.

Загальні принципи виконання унормування визначальних змінних

На споживання енергії впливають визначальні змінні. Унормування застосовують так, щоб вплив аномальних значень визначальних змінних можна було вилучити з енергоспоживання для порівняння між базовим та звітним періодами.

Приклад

Для мінливих погодних умов для унормування споживання енергії в будівлях, де значна частка енергії, що споживається в будівлі, використовується на опалення або охолодження помешкань, як визначальну змінну можна використовувати градусо-доби (опалення та/або охолодження).

Під час вирішення питання, які визначальні змінні (якщо такі є) суттєво впливають на споживання енергії і повинні використовуватися для унормування можуть бути корисними статистичні випробування (наприклад, критерій p-значення).

Методи унормування

У залежності від мети визначення обсягів енергозбереження може бути доцільним унормувати:

1. Споживання енергії за базовий період (див. прогнозне унормування);
2. Споживання енергії за звітний період (див. ретроспективне унормування);
3. Споживання енергії за базовий та звітний періоди (див. унормування відповідно до вихідних умов).

	Три різні методи не дадуть однакових результатів. Якщо визначення обсягів енергозбереження з часом повторюється, то метод унормування не повинен змінюватися. Вибраний метод має бути задокументовано, і, якщо він змінюється, то причини мають бути задокументовані. Якщо прийнято рішення не проводити унормування під час визначення обсягів енергозбереження, то це необхідно також задокументувати.
Прогнозне унормування (звітний період)	Метод прогнозного унормування порівнює фактичне енергоспоживання звітного періоду з унормованим енергоспоживанням базового періоду. Унормованим енергоспоживанням базового періоду є розрахункове енергоспоживання з використанням рівнів визначальних змінних звітного періоду так, ніби режими роботи та умови експлуатації обладнання у базовий період все ще залишалися б у силі. Цей метод вимагає розроблення моделі, яка описує споживання енергії як функцію визначальних змінних для базового періоду. Цю модель потім використовують для обчислення розрахункового енергоспоживання за базовий період в умовах звітного періоду.
Ретроспективне унормування (базовий період)	Метод ретроспективного унормування порівнює фактичне енергоспоживання базового періоду з унормованим енергоспоживанням звітного періоду. Унормованим енергоспоживанням звітного періоду є розрахункове енергоспоживання з використанням рівнів визначальних змінних базового періоду так, ніби у базовому періоді використовувались режими роботи та умови експлуатації обладнання звітного періоду. Як і у разі прогнозного унормування, цей метод вимагає розроблення моделі, яка описує споживання енергії як функцію визначальних змінних, але в цьому разі для звітного періоду. Цю модель потім використовують для обчислення розрахункового енергоспоживання за звітний період в умовах базового періоду. Ретроспективне унормування може бути корисним, якщо об'єкт має обмежені дані щодо споживання енергії та відповідних визначальних змінних для базового періоду, але докладні дані щодо споживання енергії та відповідних визначальних змінних для звітного періоду.

Терміни "розрахункове", "очікуване" і "передбачене" часто використовують як взаємозамінні. У цьому посібнику термін "розрахункове енергоспоживання" стосується значення, яке можна очікувати або передбачити.

Приклад 1

Ретроспективне унормування можна застосовувати, якщо є щомісячні або частіші дані, які відповідають даним енергоспоживання за звітний період, але тільки річне енергоспоживання за базовий період.

Приклад 2

Ретроспективне унормування може бути необхідним, якщо базовий період був зафіксований законодавчими або іншими вимогами (наприклад, уряд, який вимагає, щоб складали звіти про всі обсяги енергозбереження, отримані житловими будівлями відносно базового 1990 року).

Унормування відповідно до вихідних умов

Цей метод унормовує споживання енергії як для базового періоду, так і для звітного періоду, використовуючи набір контрольних умов, і порівнює їх.

Для цього методу необхідно встановити вихідні умови, які відображають типові попередні та ймовірні майбутні умови. Вихідні умови, які можна розглянути, охоплюють погодні умови за рахунок використання типового метеорологічного року.

Приклад

Цей підхід корисний, якщо на енергозбереження впливають погодні умови, які можуть бути м'якими, екстремальними або типовими. Прогнозне або ретроспективне унормування дають змогу обчислити обсяги енергозбереження, використовуючи погодні умови у базовому або звітному періоді відповідно. Такої погодної залежності обсягів енергозбереження можна уникнути, використовуючи метод вихідних умов та унормування відповідно до типового метеорологічного року або інших вихідних умов.

Метод вихідних умов є корисним для безперервного відстеження обсягів енергозбереження, оскільки він не залежить від умов базового періоду.

Вибір вихідних умов треба обґрунтувати, задокументувати і представити у звіті.

Стислий виклад методів унормування

У таблиці 4.1 наведено стислий виклад методів унормування[18].

Таблиця 4.1 Стислий виклад методів унормування

	Метод унормування		
Критерії	**Прогнозний**	**Ретроспективний**	**Відповідно до вихідних умов**
Енергоспоживання звітного періоду	Фактичне енергоспоживання звітного періоду	Модель для звітного періоду з урахуванням умов базового періоду	Модель для звітного періоду з урахуванням умов базового періоду
Енергоспоживання базового періоду	Модель для базового періоду з урахуванням умов звітного періоду	Фактичне енергоспоживання базового періоду	Модель для базового періоду з урахуванням вихідних умов
Припущення щодо режимів роботи та умов експлуатації обладнання	Режими та результати роботи обладнання в базовому періоді	Режими та результати роботи обладнання в звітному періоді	Режими та результати роботи обладнання в базовому та звітному періодах з урахуванням вихідних умов

[18] ДСТУ ISO 50047:2020 Енергозбереження. Визначення обсягів енергозбереження в організаціях (ISO 50047:2016, IDT)

05

Рекомендації щодо порядку обчислення обсягів енерго-збереження

5. Рекомендації щодо порядку обчислення обсягів енергозбереження

У цьому параграфі наведено загальні рекомендації щодо порядку обчислення обсягів енергозбереження будівель.

Загальні принципи обчислення обсягів енерго-збереження

Після визначення меж ОСББ, базового та звітного періодів, енергоспоживання для кожного з цих періодів має бути:

1. Виражено в загальноприйнятих одиницях вимірювання енергії.
2. Перетворено у первинну або підведену енергію на вибір ОСББ.
3. Скориговано щодо нестандартних (позапланових) коригувань та унормовано щодо визначальних змінних.

Після їх застосування обсяг енергозбереження ОСББ - це різниця в спожитій енергії в межах між базовим періодом та звітним періодом (якщо ці два періоди еквівалентні за тривалістю), що дозволяє вносити будь-які нестандартні (позапланові) коригування, якщо такі є.

Основні формули для підсумовування обсягів енергозбереження одного і-го виду енергії наведено в таблиці 5.1.

Якщо є декілька видів енергії, то обсяги енергозбереження можна визначити одним із двох способів:

Випадок 1. Визначити обсяг енергозбереження кожного виду енергії після унормування, виразити їх у загальноприйнятих одиницях і підсумувати їх для отримання загальних обсягів енергозбереження;

Випадок 2. Після вираження в загальноприйнятих одиницях об’єднати споживання кожного виду енергії, потім унормувати, щоб визначити обсяги енергозбереження.

У будь-якому разі унормування можна здійснити, використовуючи будь-який з методів, описаних у стандарті ДСТУ ISO 50047:2020.

Таблиця 5.1 Формули для визначення обсягів енергозбереження одного і-го виду енергії

Критерії	Метод унормування		
	Прогнозний	**Ретроспективний**	**Відповідно до вихідних умов**
	$E_{b,i,n}$-$E_{r,i}$	$E_{b,i}$-$E_{r,i,n}$	$E_{b,i,n}$-$E_{r,i,n}$

Умовні познаки:

$E_{b,i}$ - споживання енергії і-го виду в базовому періоді
$E_{r,i}$ - споживання енергії і-го виду в звітному періоді
$E_{b,i,n}$ - унормоване споживання енергії і-го виду в базовому періоді
$E_{r,i,n}$ - унормоване споживання енергії і-го виду в звітному періоді

Примітка 2. Якщо у звітний період використано більше енергії, ніж у період дії базового рівня енергоспоживання, то обчислення покаже від'ємний обсяг енергозбереження.

06

Рекомендації щодо підвищення достовірності результатів обсягів енерго-збереження

6. Рекомендації щодо підвищення достовірності результатів обсягів енергозбереження

Під час енергетичного аудиту практично неможливо точно встановити величину зниження енергоспоживання з огляду на велику кількість чинників, що можуть на неї вплинути. При цьому завдання енергоаудитора отримати результат, який би мав похибку не більше ніж 5-10%. Тому в цьому параграфі наведено загальні рекомендації щодо підвищення достовірності результатів обсягів енергозбереження.

Методи зменшення похибки

Основні методи, що дозволяють зменшити цю похибку:

1. Збір додаткових даних про об'єкт (особливо це стосується достовірної інформації про параметри мікроклімату та стан конструкцій і інженерних систем).
2. Аналіз результатів впровадження заходів на аналогічних проєктах (у тому числі з врахуванням якості обслуговування будівель після реалізації заходів).
3. Використання декількох методів розрахунку економії від впровадження заходів для перевірки припущень.
4. Врахування впливу економії від одних заходів на економію від інших.

У низці випадків енергоаудитор повинен підготувати План вимірювань та верифікації, який дозволить об'єктивно визначити досягнутий рівень економії для запобігання спекуляцій на тему – «зекономили, бо була тепла зима» чи «ми заплатили стільки ж, скільки минулого року» (хоча зовнішня температура була нижча і тариф піднявся.

Вимоги та стандарти щодо вимірювання та верифікації досягнутої економії	Наявні протоколи та стандарти, які описують загальні вимоги і процедури вимірювання та верифікації підвищення енергоефективності в результаті впровадження проєктів з підвищення енергоефективності. При цьому, для кожного об'єкту повинна бути розроблена специфічна методика для вимірювання та верифікації, що враховуватиме особливості будівлі. **1.** Міжнародний протокол вимірювання та верифікації (IPMVP). **2.** ДСТУ ISO 50006:2016 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання та верифікація рівня досягнутої/досяжної енергоефективності організацій. Загальні принципи та настанова (ISO 50015:2014, IDT)». **3.** ДСТУ ISO 50015: 2016 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання та верифікація досягнутого/досяжного рівня ефективності енерговикористання організацій. Загальні принципи». **4.** ДСТУ ISO 50047:2020 «Енергозбереження. Визначення обсягів енергозбереження в організаціях (ISO 50047:2016, IDT)».
Основні впливові фактори для розрахунку	Основні впливові фактори для розрахунку споживання теплової енергії в будівлях: **1.** Зовнішня температура. **2.** Внутрішня температура. **3.** Тривалість опалювального періоду. **4.** Споживання гарячої води. **5.** Повітрообмін. **6.** Температура теплоносія. Як правило, для спрощених розрахунків послуговуються лише зовнішньою температурою та тривалістю опалювального періоду, а за наявності постійних недогрівів – фіксують також внутрішню температуру.

Ключові складові плану вимірювання та верифікації

Всі змінні та впливові фактори повинні бути описані в плані вимірювання та верифікації (ПВіВ):

1. Існуючі лічильники теплової енергії та давачі, що будуть використовуватися для визначення економії.
2. Періодичність вимірювання та верифікації (як правило – раз на місяць).
3. Алгоритм розрахунку базової лінії та досягнутої економії;
4. Особа, відповідальна за енергомоніторинг.

У випадку, коли наявний лише один лічильник теплової енергії на потреби опалення та гарячої води, теплова характеристика по гарячому водопостачанню розраховується за місяці міжопалювального періоду.

Комбінація опалення та гарячого водопостачання дозволяє розрахувати базове споживання для будь-якого періоду шляхом множення характеристики опалення на кількість градусо-діб та характеристики гарячого водопостачання на кількість діб, коли така послуга надавалася.

Методи зменшення похибки

Для оцінки як потенціалу економії, так і досягнутого результату може стати у нагоді наявна система автоматизованого моніторингу, що фіксує та зберігає дані про енергоспоживання та впливові параметри, а в ідеалі, – ще й зрозраховує досягнуту економію.

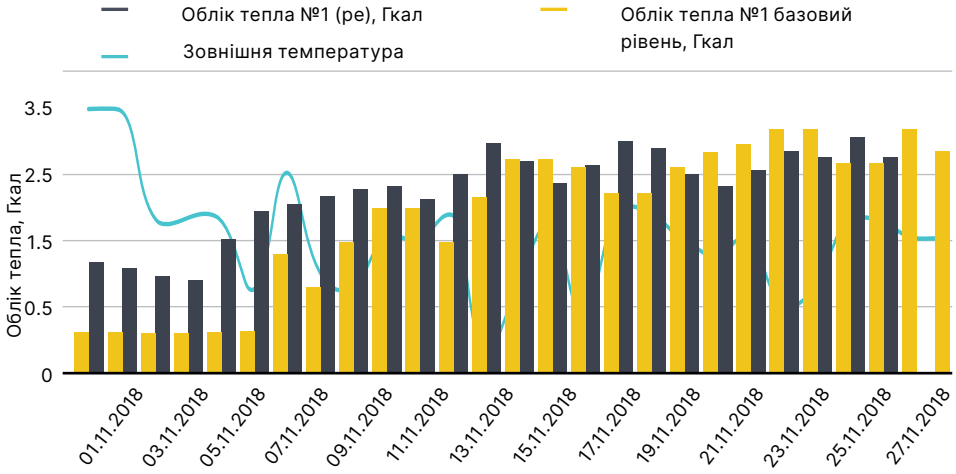


Рисунок 6.1

Подобове енергоспоживання та порівняння його з базовим рівнем енергоспоживання

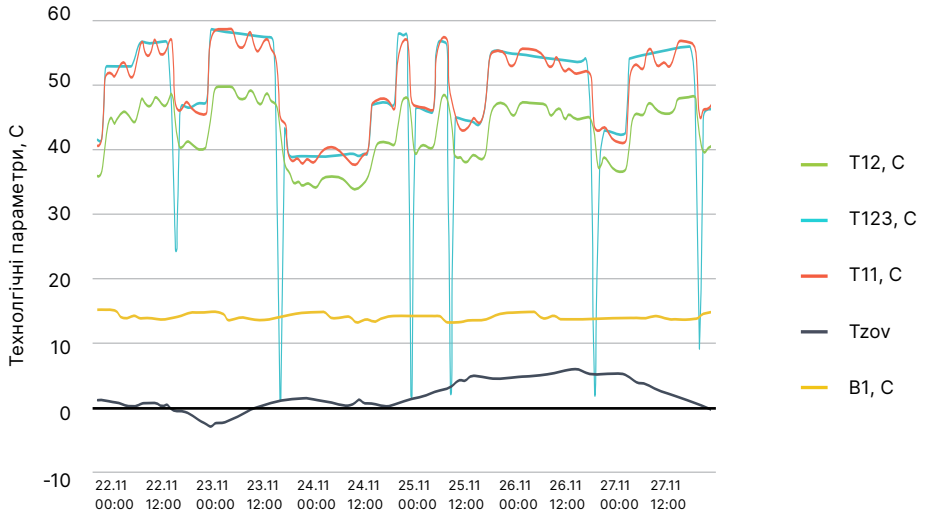


Рисунок 6.2

Моніторинг у реальному часі для аналізу ефективності роботи обладнання. Дозволяє визначити потенціал економії від налаштування систем погодного та погодинного регулювання

Система енерго-моніторингу

Система енергомоніторингу має забезпечувати:

1. Роботу зі встановленими лічильниками (за можливості мінімізувати необхідність заміни).
2. Збір інформації не лише про енергоспоживання, а також про впливові фактори (температури ззовні і всередині, час роботи тощо).
3. Модульність і можливість розширення.
4. Можливість зв’язку з використанням різних каналів (інтернет, GSM, CDMA).
5. Інтегрований модуль верифікації.
6. Можливість обміну з іншими системами.

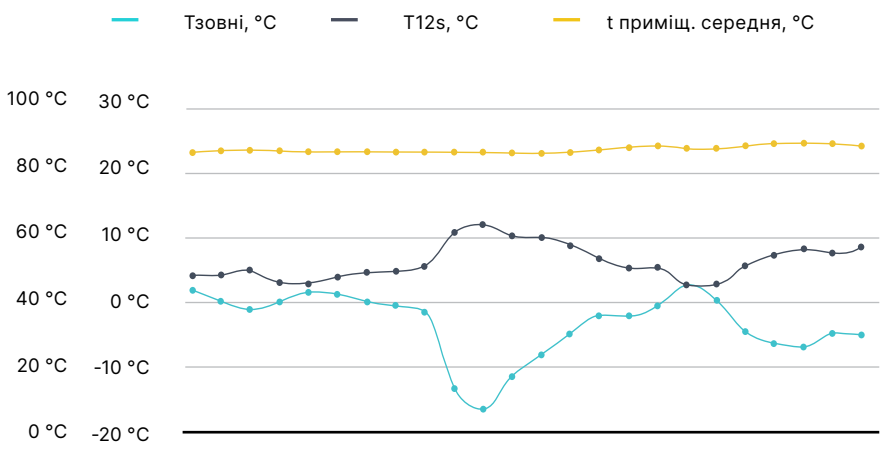


Рисунок 6.3

Результат налаштування погодного регулятора, коли температура в середині не залежить від коливань зовнішньої температури

Зазначений підхід може використовуватись в т. ч. для поточного аналізу теплоспоживання.

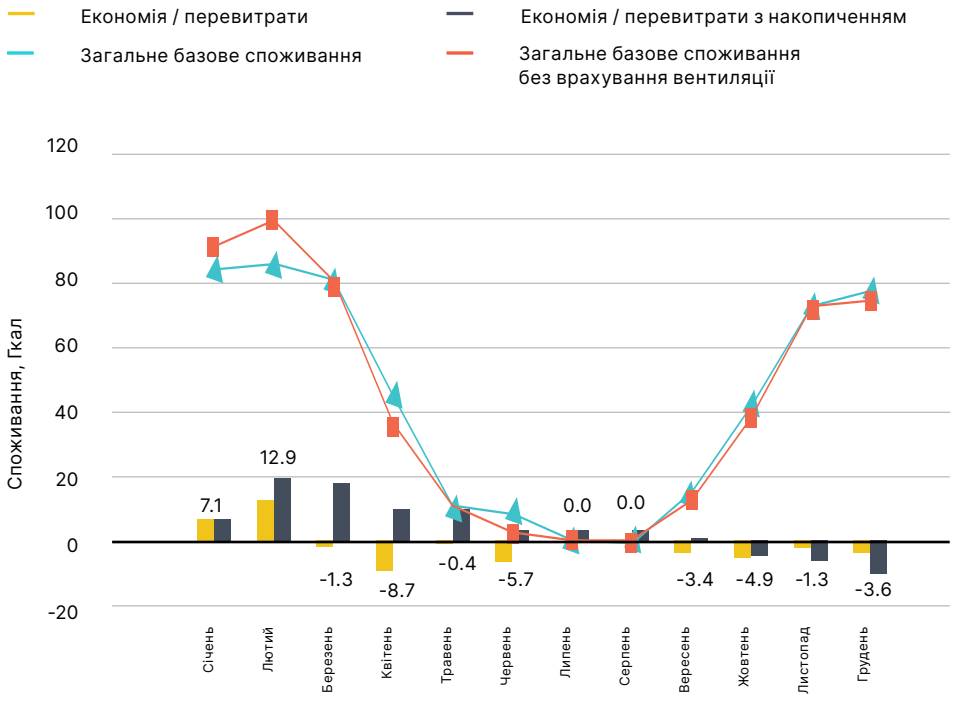


Рисунок 6.4

Моніторинг фактичного енергоспоживання та порівняння з базовим показником

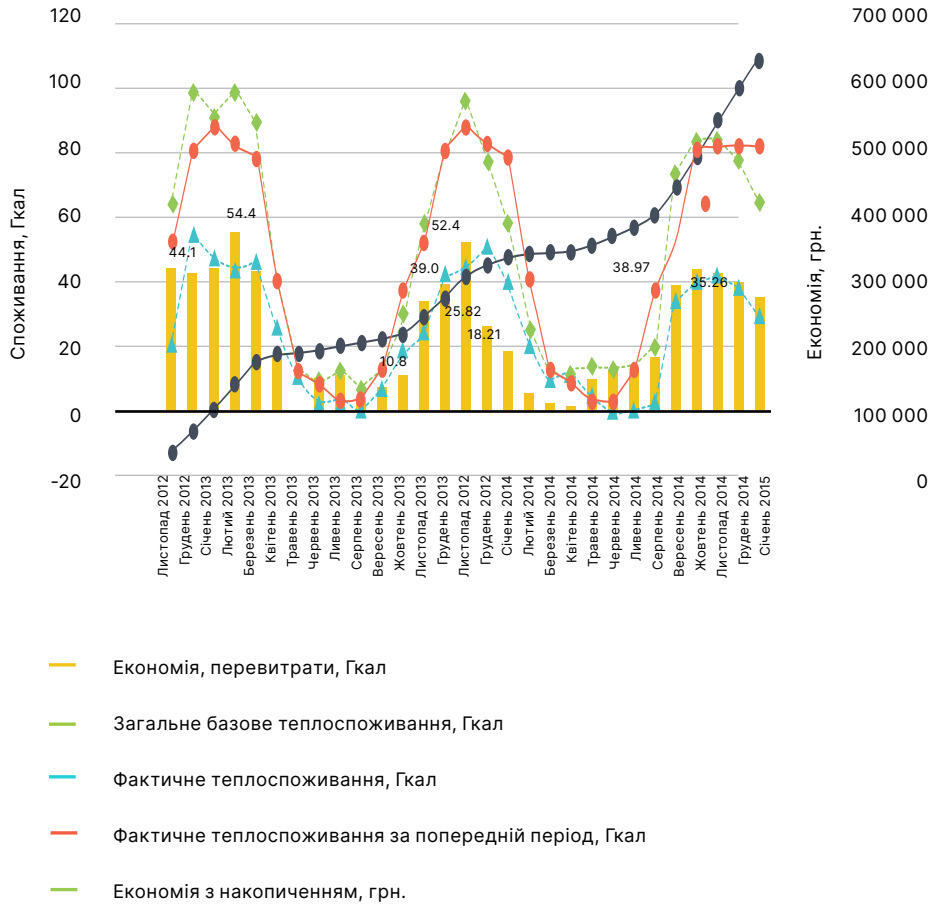


Рисунок 6.5

Приклад вимірювання економії, досягнутої за результатами впровадження заходів

Оцінка вартості впровадження

Окрім детального опису заходів, у якому обов'язковим є посилання на діючі нормативи та рекомендації виробників обладнання та матеріалів, важливим є точна оцінка вартості впровадження та потенціалу економії. Приблизний вигляд таблиці з результатами таких розрахунків можна побачити нижче (див. таблицю 6.1).

Підвищення точності розрахунків за відсутності стаціонарної системи моніторингу

За відсутності стаціонарної системи моніторингу для підвищення точності розрахунків потенціалу економії необхідно використовувати:

1. Архівні дані з лічильників теплової енергії.
2. Дані з тимчасово встановлених логерів внутрішнього мікроклімату.
3. Дані з тимчасово встановлених логерів температури в інженерних системах (подача теплоносія, подача та циркуляція гарячої води, витяжне повітря).

Це дозволить визначити існуючий рівень комфорту та відкалібрувати розрахункову модель будівлі для підвищення її точності, а, отже, і знизити похибки в розрахунках заходів.

Таблиця 6.1 Зведена таблиця представлення результатів енергоаудиту

	Заходи	**Інвестиції**, грн	**Чиста економія**		**Економія**, грн/рік	**Простий період окупності**, рік
			Опалення, кВт·год/рік	**Електро-енергія**, кВт·год/рік		
1	Утеплення трубопроводів	67 200	17 031	0	24 646	2.7
2	Модернізація системи опалення	144 000	15 224	0	22 031	6.5
3	Модернізація ІТП	85 000	6 509	0	9 420	9.0
4	Впровадження системи енергомоніторингу та системи диспетчеризації	100 000	4 340	0	6 280	15.9
5	Утеплення стін	2 481 302	110 182	-8 261	145 644	17.0
6	Заміна дверей	30 989	1 231	-56	1 688	18.4
7	Утеплення підлоги	272 134	6 851	-431	9 190	29.6
	Усі заходи	**3 180 625**	**161 368**	**-8 703**	**218 899**	**14.5**

Опалювальна площа: 2 248 м^2

07

Обстеження стану та оцінка рівня енерго-ефективності інженерних систем

СТОР. 166

7.1. Ефективність систем виробництва та розподілу теплової енергії

СТОР. 176

7.2. Ефективність використання електричної енергії

СТОР. 194

7.3. Ефективність систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря

СТОР. 222

7.4. Ефективність використання води

СТОР. 232

7.5. Реновація та типові заходи з енергоефективності для житлових будівель

СТОР. 242

7.6. Ефективність використання відновлюваної енергії

7.1. Ефективність систем виробництва та розподілу теплової енергії в будівлі. Сучасні котельні технології

Від ефективності систем виробництва та розподілу теплової енергії в будівлі значною мірою залежать комунальні платежі. Тому під час енергоаудиту будівлі доцільно приділити увагу оцінці цих питань, особливо для будівель із власною котельнею. У цьому випадку слід оцінити ефективність роботи котлів, а також обрати оптимальні способи спалювання палива.

Загальна характеристика природного газу

У будівлях, які потребують опалення, найбільш важливим газоподібним видом палива є природний газ. Це вуглеводне паливо, що видобувається з підземної геологічної формації або безпосередньо з покладів нафти, а останнім часом часто видобувається зі сланцевих покладів із гідравлічним розривом. Природний газ є одним із основних видів палива, що використовуються в усій країні. Природний газ складається з метану (зазвичай більше 85%), етану, пропану, бутану та інертних речовин (азоту та вуглекислого газу). Типове значення брутто теплотворної здатності природного газу приблизно варіюється від 9,8 до 10,8 кВт/Нм^3.

Процес горіння газоподібного палива технічно дуже простий – молекули газу змішуються з молекулами кисню. Фази підігріву й запалювання дуже короткі й сушіння не потрібне. Є два основних технологічних рішення для постачання газоподібного палива (також рідкого палива) в камеру згоряння:

1. Газ і окислювач надходять у камеру згоряння окремо і змішуються всередині камери. Цей процес називають дифузійним горінням.

2. Газ і окислювач змішують перед камерою згоряння. Цей процес називають кінетичним спалюванням.

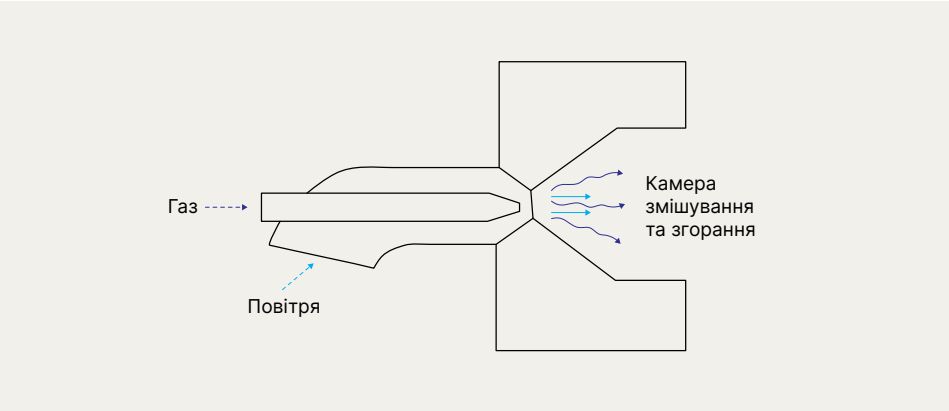


Рисунок 7.1

Дифузійне горіння. Газ та окиснювач змішуються в камері згорання

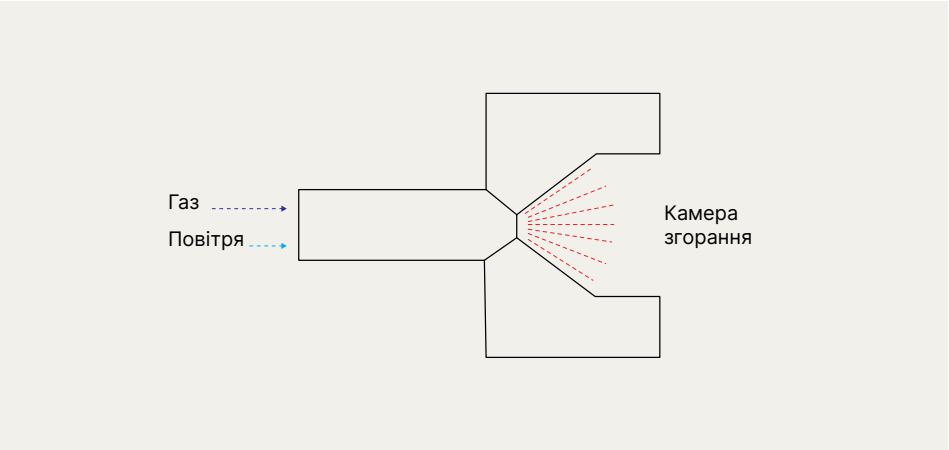


Рисунок 7.2

Кінетичне горіння. Газ та окиснювач змішуються перед камерою згорання

Посилення згорання

Поетапне введення повітря та палива використовується для поліпшення контролю процесу спалювання, повного згорання та низьких викидів. Етап додавання повітря (зазвичай другий етап) широко використовують у всіх приладах спалювання палива. Етап додавання палива іноді використовують для котлів великої потужності (часто для одночасного спалювання різних видів палива).

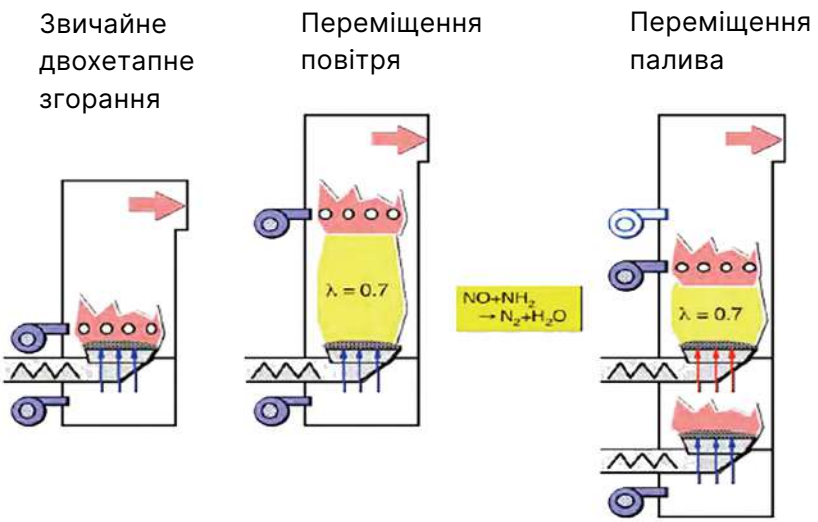


Рисунок 7.3

Поетапне введення повітря та палива для поліпшення контролю процесу спалювання, повного згорання та малих викидів

Газові котли

Газові котли зазвичай є найпопулярнішою технологією, що використовують для малого та середнього масштабів опалення в житловому та комерційному секторах.

Основні переваги газових котлів:

1. Первинні витрати нижчі середнього рівня (можуть суттєво збільшуватися за відсутності газопроводу).
2. Висока ефективність та середні витрати на підтримку функціонування (вартість тепла).
3. Повністю автоматизована робота.
4. Незначні вимоги до підтримки функціонування.
5. Стабільна якість палива.
6. Доступні для всього спектра виробничих потужностей.
7. Дуже компактні.
8. Переважно невідновлювальне паливо.

Рисунок 7.4

Приклад зовнішнього вигляду газового котла

Конденсаційні котли

Втрати тепла з пічними газами охоплюють втрати з фізичним теплом (гарячі гази) і приховане тепло (водяна пара). Конденсація пічних газів дає змогу переносити пару в рідину і відновлювати енергію, витрачену на утворення пари. Слід зазначити, що водяна пара формується не лише з води в паливі, а й внаслідок спалювання водню. Тому конденсацію пічних газів широко використовують для типів палива з низьким вмістом вологи (наприклад, природного газу).

У конденсаційних котлах для розрахунку ефективності слід використовувати вищу теплотворну здатність. Якщо нижча теплотворна здатність буде використана для розрахунків, ефективність котла може бути вище 100%.

Для використання конденсаційних котлів необхідна низька температура повернення (<50°C), яка повинна бути досягнута за допомогою правильно розроблених та регульованих систем опалення та гарячої води.

Наразі конденсаційні рішення інтегровані також у невеликі побутові котли (газові, рідкопаливні та твердопаливні котли).

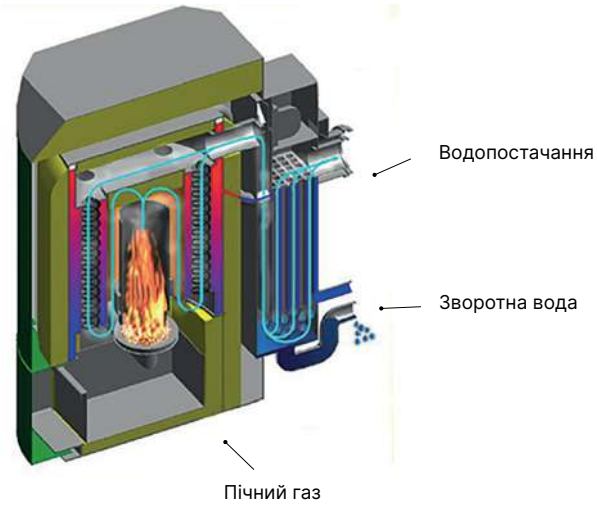


Рисунок 7.5

Схематичне зображення конденсаційного котла

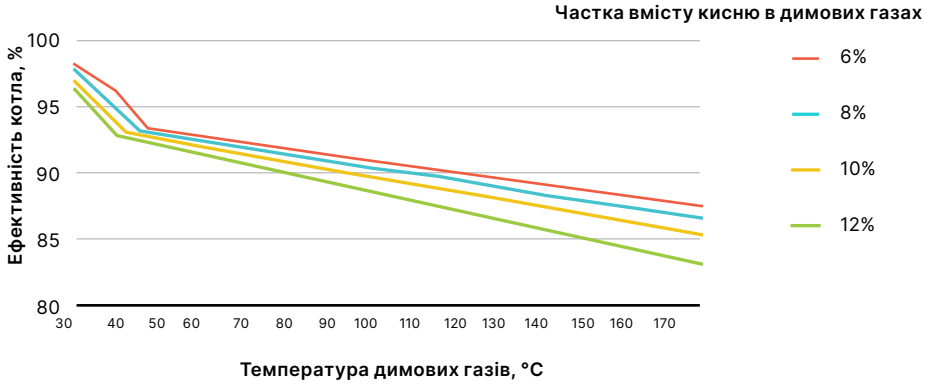


Рисунок 7.6

Графік ефективності конденсаційного котла

Вода у паливі та конденсація

Для того, щоб зрозуміти важливість процесу конденсації, слід звернути увагу на питомі значення тепла і ентальпії для нагрівання/охолодження льоду, води й пари, а також випаровування льоду й води. Ці дані дозволяють визначити, скільки енергії буде витрачено на підвищення температури замороженої води з -10°C до + 180°C.

У розрізі енерговитрат найбільш значущим процесом є випаровування води з палива (понад 70% енерговитрат). Частина цієї енергії буде відновлена тільки в тому разі, якщо відбудеться конденсація димових газів.

Вода у паливі та конденсація

Крім того, охолодження глибоких димових газів і подальша конденсація дають змогу відновити також частину фізичного тепла, що входить до складу димових газів.

Слід зазначити, що використання конденсаційних котлів потребує також встановлення спеціальних димових каналів і димарів, призначених для конденсаційних умов. Використання звичайних рішень, призначених для сухих димових газів, не підходить.

Рисунок 7.7

Звичайні димоходи не підходять для конденсаційних котлів

Ефективність горіння

Ефективність горіння показує, чи ефективно хімічна енергія палива перетворюється в тепло в камері згоряння. Зазвичай враховують тільки втрати димових газів з фізичним нагріванням і монооксидом вуглецю (CO). Методологія, наведена у стандарті ДСТУ EN 15378-3:2017*, враховує лише фізичне тепло димових газів.

Ефективність (ефективність котла)

Поняття «Ефективність (ефективність котла)» зазвичай використовують для представлення частки енергії палива, перетвореної в корисну теплову енергію. Це поняття враховує всі теплові втрати котельної системи під час її експлуатації в заданих умовах (випробувальні умови). Період тестування залежить від системи котла (кілька годин або менше).

Сезонна ефективність

Сезонна ефективність – середня ефективність котла протягом тривалого періоду (опалювальний сезон, рік). Включає втрати в котлі під час фази очікування, пуску, вимикання та зміни навантаження.

* ДСТУ EN 15378-3:2017 Енергоефективність будівель. Системи опалення та гарячого водопостачання будівель. Частина 3. Вимірювана енергетична ефективність, Модулі M3-10, M8-10 (EN 15378-3:2017, IDT)

Прямий метод вимірювання

Прямий метод вимірювання потребує точного вимірювання кількості спожитого палива та виробленої теплової енергії. Зазвичай такий метод використовують для газових та рідкопаливних котлів.

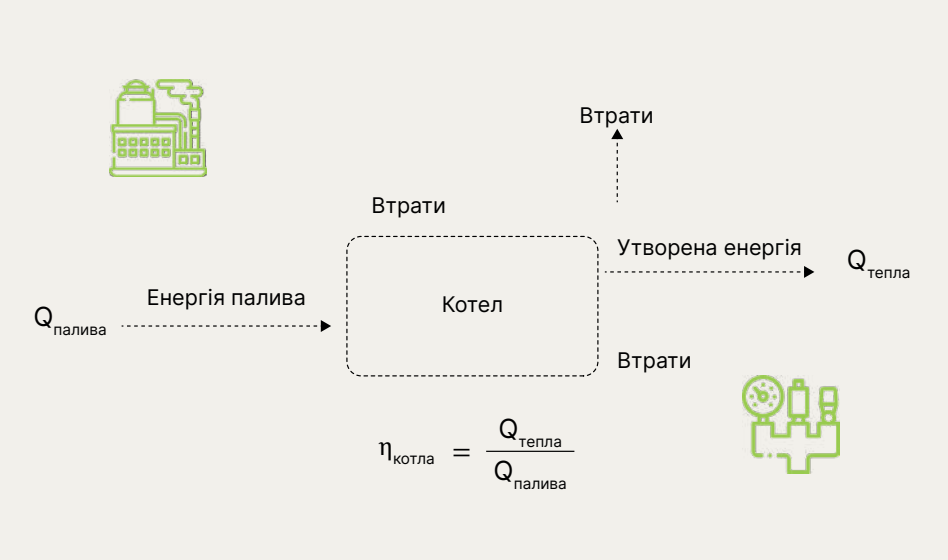


Рисунок 7.8

Прямий метод вимірювання

В аналізаторах відпрацьованих газів застосовують декілька принципів роботи. Портативні аналізатори зазвичай обладнані конденсаторами димових газів, тому вони показують концентрацію газів у сухому димовому газі. Стаціонарне обладнання (наприклад, ламбда-зонди) зазвичай здатне вимірювати концентрацію газів безпосередньо у вологому димовому газі, тому результати цих аналізів стосуються вологого димового газу (нижча концентрація газів порівняно із сухою). Цей аспект також є важливим для розрахунків викидів (норми викидів, як правило, наведені на сухій основі).

Рисунок 7.9

Правильний спосіб оцінки повітря для горіння – точний аналіз димових газів

Індикатори різних типів палива

Як індикатор якості процесу згоряння необхідно використовувати концентрацію O_2/CO_2 та CO в димових газах.

Концентрація газів у димових газах може бути виражена на сухій або вологій основі.

Нижче наведено деякі типові інтервали для оптимального надлишку O_2 у димових газах. Проте найбільш точним способом знайти оптимальний обсяг подачі повітря для горіння є регулювання котла за допомогою вимірювань потоку димових газів. Важливо зазначити, що оптимальна кількість повітря для горіння відрізняється для кожного випадку: котел/піч + паливо + умови.

Деякі типові індикатори/інтервали різних типів палива:

1. Природний газ: 2–4% O_2 у сухому димовому газі (ДСТУ EN 15378-3:2017)*.
2. Рідке паливо: 2–5% O_2 у сухому димовому газі (ДСТУ EN 15378-3:2017).
3. Деревні гранули: 3–6% O_2 у сухому димовому газі.
4. Деревна тріска: 4–8% O_2 у сухому димовому газі.

* ДСТУ EN 15378-3:2017 Енергоефективність будівель. Системи опалення та гарячого водопостачання будівель. Частина 3. Вимірювана енергетична ефективність, Модулі M3-10, M8-10 (EN 15378-3:2017, IDT)

Оптимальна точка подачі повітря

Оптимальна точка подачі повітря для горіння є специфічною для кожного випадку (котел, паливо, умови) й повинна бути практично визначена/виміряна під час регулювання котла.

Слід зазначити, що для котлів без автоматизованого регулювання подачі повітря для спалювання (наприклад, на основі ламбди) потрібно враховувати сезонні коливання щільності повітря.

При цьому, правильно організована подача зовнішнього повітря є обов'язковою.

Рекомендують організувати надходження повітря для згоряння в котел на максимально можливій висоті для використання теплових втрат для підігріву повітря для горіння та зниження ризику перегріву.

Рисунок 7.10

Втягування повітря для горіння

Обладнання котельні

Котельня повинна бути обладнана зовнішнім повітрозабірником, здатним забезпечити повітря для горіння в кількостях, необхідніх для окремих котлів. Дотримуйтеся рекомендацій виробника та/або місцевого законодавства (наприклад, мінімальна необхідна відкрита площа повітрозабірника для газових котлів у Латвії – 8 см^2/кВт).

Завдяки стратифікації гарячого повітря всередині котельні рекомендують організувати забір повітря для котла зверху приміщення. Таке просте рішення сприяє підвищенню ефективності котла та зниженню температури повітря в котельні (у деяких випадках може бути критичним через ризик перегріву електронного обладнання). На обох фотографіях можна побачити приклади втягування повітря з верхньої частини котельні.

Регулювання температури та налаштування

1. Контур рециркуляції слід використовувати лише для того, щоб уникнути зниження температури зворотного потоку нижче мінімального рекомендованого значення. Під час нормальної роботи його слід контролювати/закривати, щоб уникнути непотрібного підвищення температури.

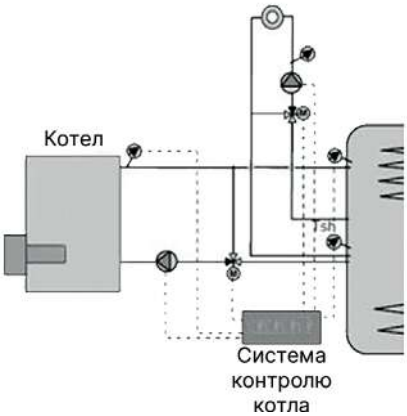


Рисунок 7.11

Контури рециркуляції використовують для контролю зворотної температури

2. Контури рециркуляції використовують для контролю зворотної температури. Це дає змогу уникнути занадто низьких температур і конденсації на котлах під час запуску та періодів малих навантажень. Також рециркуляція і регулювання температури зворотного потоку дає змогу знизити термічну напругу в котлі. Зазвичай за стандартних умов роботи рециркуляція не потрібна і її потрібно контролювати/закривати.

3. Перевірте теплоізоляцію котлів, труб, резервуарів тощо. Якщо ізоляція відсутня, то рекомендують її встановити.

4. Перевірте, чи котел регулярно чистили та обслуговували. Дотримуйтесь рекомендацій виробника про інтервали чищення, а також враховуйте фактичну якість використовуваного палива та умови експлуатації приладу.

5. Перевірте налаштування насосів, зменшіть потужність, якщо це можливо. Необхідно уникати регулювання потоку клапанами.

6. Рекомендують контроль частоти для великих насосів і двигунів.

7. Для декількох котлів: перевірте, чи правильно вони налаштовані – 2-й котел вмикається тільки тоді, коли 1-й не може забезпечити навантаження. Перевірте, чи закриває система контури автоматично, якщо котли не використовують.

8. Використовуйте сезонну ефективність для довгострокових розрахунків.

9. Рекомендуйте відключення та гідравлічне роз'єднання котлів, які не потрібні/занадто великі.

10. Для інших рекомендацій звертайтесь до ДСТУ EN 15378-3:2017* або аналогічних стандартів.

Розмір котла та сезонна ефективність

Оптимальний розмір котла визначають на підставі фактичного теплового навантаження. Уникайте перевищення оптимального розміру котла.

Для належної оцінки необхідно враховувати:

1. Продуктивність/ефективність котла протягом тривалого періоду – визначте сезонну ефективність;

2. Фактичне теплове навантаження та коефіцієнт розмірів котла.

Для цих розрахунків може бути використана методологія, наведена у стандарті ДСТУ EN 15378-3:2017.

* ДСТУ EN 15378-3:2017 Енергоефективність будівель. Системи опалення та гарячого водопостачання будівель. Частина 3. Вимірювана енергетична ефективність, Модулі M3-10, M8-10 (EN 15378-3:2017, IDT)

7.2. Ефективність використання електричної енергії в будівлях

На сьогоднішній день важко уявити собі сучасну житлову будівлю без різноманітних побутових електроприймачів (пральних машин, електроплит, електрочайників, кавоварок, телевізорів, холодильників тощо). Всі вони споживають електричну енергію з різним рівнем ефективності. Тому завдання енергоаудитора оцінити рівень енергоефективності цих приладів і, за потреби, запропонувати економічно доцільні заходи з енергоефективності, найбільш типові з яких розглянуто в цьому параграфі.

Баланс кінцевого споживання енергії

У балансі кінцевого споживання енергії в житловому секторі ЄС–28 у 2015 році на електроенергію припадало 24,9%. Це друга за величиною частка після споживання газу (35,4%)[19].

Хоча в секторах побутової техніки та освітлення було досягнуто значного підвищення енергоефективності, кінцеве споживання електроенергії в країнах ЄС–28 зросло на 10,7% у період між 2000 і 2015 роками. Деякі з причин такого збільшення споживання електроенергії в житловому секторі асоціюють із підвищенням рівня базового комфорту та зручностей, а також із широким використанням порівняно нових видів навантаження. До таких видів навантажень належать персональні комп'ютери, ноутбуки, принтери, ігрові консолі, домашні кінотеатри/DVD з великими екранами, кондиціонери, різні зарядні пристрої (телефони, електроінструменти, аудіосистеми), системи домашньої безпеки, домашні автоматизовані системи тощо. Останнім часом така продукція, як різноманітна дрібна побутова техніка (хлібопічки, кавоварки, чайники) з електронним управлінням також виходить на ринок у все більших кількостях. Це призводить до збільшення втрат та споживання й споживання електроенергії загалом.

Така ж тенденція очікується і в Україні, де детальні статистичні дані щодо споживання електроенергії в житловому секторі відсутні.

[19] Bertoldi P., Diluiso F., Castellazzi L., Labanca N. and Ribeiro Serrenho T., Energy Consumption and Energy Efficiency Trends in the EU-28 2000-2015, EUR 29104 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-79372-1, doi:10.2760/6684, JRC110326.

На рис. 7.12 показано структуру споживання електричної енергії в житловому секторі в 2014 році та прогноз споживання в 2040 році.

У 2014 році «Інші сфери використання» були найбільшим споживачем електроенергії для житла (27%), наступні за ним напрямки використання електроенергії - охолодження приміщень, освітлення, опалення приміщень, нагрівання води та охолодження. До приладів для приготування їжі та прибирання віднесено посудомийні машини, сушарки для білизни та пральні машини.

У 2040 р., за прогнозами, «Інші сфери використання» залишатиметься найбільшим споживачем електроенергії в житловому секторі, за яким слідує охолодження приміщень, підігрів води та охолодження.

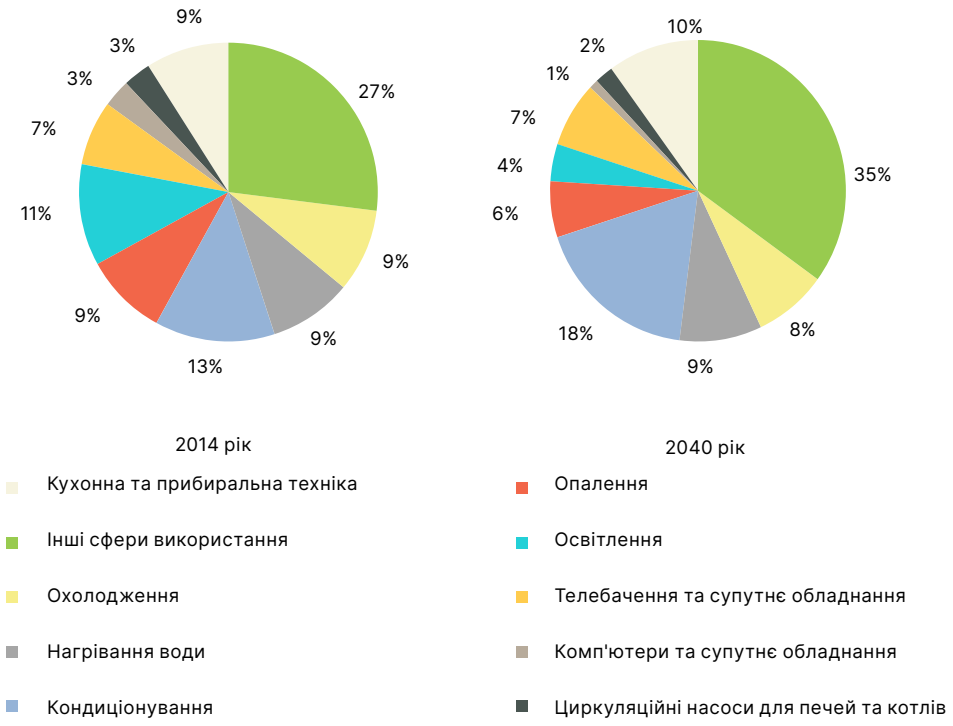


Рисунок 7.12

Структура споживання електричної енергії в житловому секторі[20]

Розрахунок споживання електроенергії

Загалом для розрахунку споживання електроенергії споживачем або групою споживачів потрібно:

1. Визначити спожите електричне навантаження (активну потужність).
2. Помножити активну потужність на час роботи споживача за добу.
3. Помножити результат на кількість днів, коли використовують визначену потужність.

[20] *www.energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/Electricity%20End%20Uses,%20Energy%20Efficiency,%20and%20Distributed%20Energy%20Resources.pdf*

$$W = P \cdot t_{р.д.} \cdot N_{д}. \qquad (7.1)$$

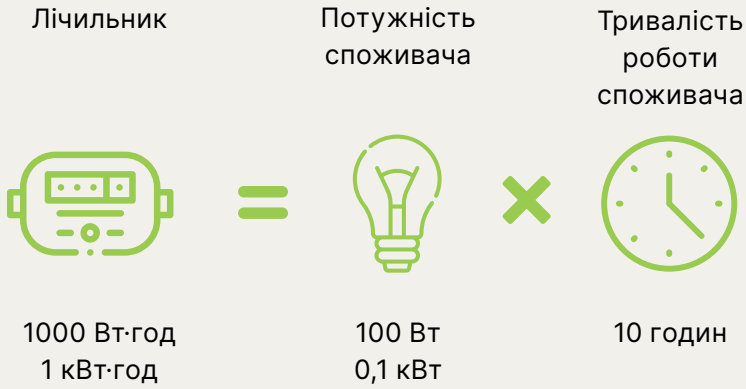
де W - споживання електроенергії, кВт·год.

P - спожита активна потужність, кВт.

$t_{р.д.}$ - час роботи споживача за добу, год/доба.

$N_{д}$ - кількість діб роботи споживача протягом року, діб/рік.

Приклад розрахунку обсягу споживання електроенергії



Більшість приладів мають енергетичне маркування (на задній або нижній частині корпусу приладу), де можна знайти дані щодо потужності. Це зазвичай максимальна потужність, яку може споживати прилад, і здебільшого вона значно перевищує фактичну середню потужність. У разі використання даних із маркування, ця формула дасть змогу здійснити приблизну оцінку споживання електроенергії, але фактичне споживання електроенергії зазвичай буде нижче.

Більш точну оцінку можна здійснити шляхом фактичного вимірювання та моніторингу споживання електроенергії та/або аналізу графіка електричного навантаження.

Час роботи споживача є іншим важливим параметром у формулі. Його оцінюють шляхом проведення опитування користувача на підставі графіків часу або встановлення обладнання для моніторингу й вимірювання.

Основними завданнями енергетичного аудиту щодо використання електроенергії є:

1. Визначення електричного навантаження споживачів.
2. Отримання даних щодо електричного навантаження та часу роботи споживачів.
3. Здійснення попередньої оцінки потенціалу енергозбереження для заходів, які можуть зменшити споживання електроенергії.

Для оцінки споживання електроенергії важливим є збір достовірної інформації. Можливим рішенням є вимірювання даних щодо активної потужності та часу роботи споживача або безпосереднє вимірювання споживання електроенергії. Доступні стратегії охоплюють точкове вимірювання (для зчитування миттєвої потужності електричного навантаження), короткострокове вимірювання (встановлення портативних приладів на короткий час для покриття повного циклу роботи) або довгострокове вимірювання (встановлення портативних приладів протягом тривалого часу для покриття та врахування динамічних змін, що впливають на споживання як, наприклад, погодні умови).

Рисунок 7.13

Рекомендації щодо виконання вимірювань споживання електричної енергії в житловому секторі в залежності від режиму роботи споживача електроенергії

I. Точкове вимірювання

Безперервна робота в стаціонарному стані й системи вмикання/вимикання

II. Короткострокове вимірювання

Циклічні навантаження, наприклад, освітлення

III. Довгострокове вимірювання

Динамічні навантаження, наприклад, кондиціонування повітря

Важливі аспекти вимірювання

Перед початком вимірювання необхідно врахувати важливі аспекти:

1. Слід використовувати вже наявну інформацію, не витрачаючи занадто багато часу для отримання одного показника.

2. Слід починати з наявної документації і лише потім переходити до вимірювання. Точна технічна документація забезпечує більш достовірну інформацію, ніж безсистемні вимірювання.

3. Спочатку слід використовувати прості вимірювання для суттєвих споживачів, не витрачаючи час на складні процедури вимірювання для дуже малих навантажень.

4. Слід пам'ятати, що електрика небезпечна. Вимірювання на електричних щитах повинен робити кваліфікований електрик.

На рис. 7.14 показано приклад профілю (графіку) електричного навантаження системи освітлення, який вимірювали на електричному щиті протягом одного тижня.

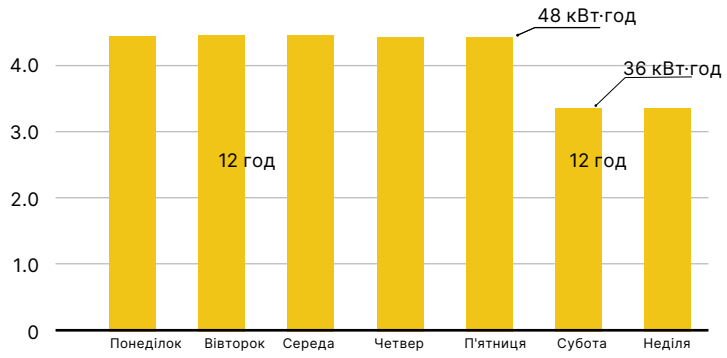


Рисунок 7.14

Приклад тижневого профілю (графіку) електричного навантаження системи освітлення

Розрахунок споживання електроенергії на кожен період роботи системи

Споживання електроенергії на кожен період роботи системи можна розрахувати при незначному відхиленні за раніше наведеною формулою (7.1).

З понеділка по п'ятницю W = 4 кВт x 12 год = 48 кВт·год і суботу та неділю W = 3 кВт x 12 год = 36 кВт·год.

На рисунку 7.15 показано приклад електричного профілю навантаження на кондиціонер, що працює в літній час. Вимірювали спожите електричне навантаження (Вт). У цьому випадку споживання електроенергії дорівнює інтегралу за часом від часу t = 0 (1 січня) до часу t = 8760 (31 грудня), виміряного електричного навантаження (що відповідає площі фігури, обмеженої графіком навантаження та віссю абсцис що вимірюють. Це розширений варіант формули (7.1).

$$W = \int_{t=8760} P\,dt$$

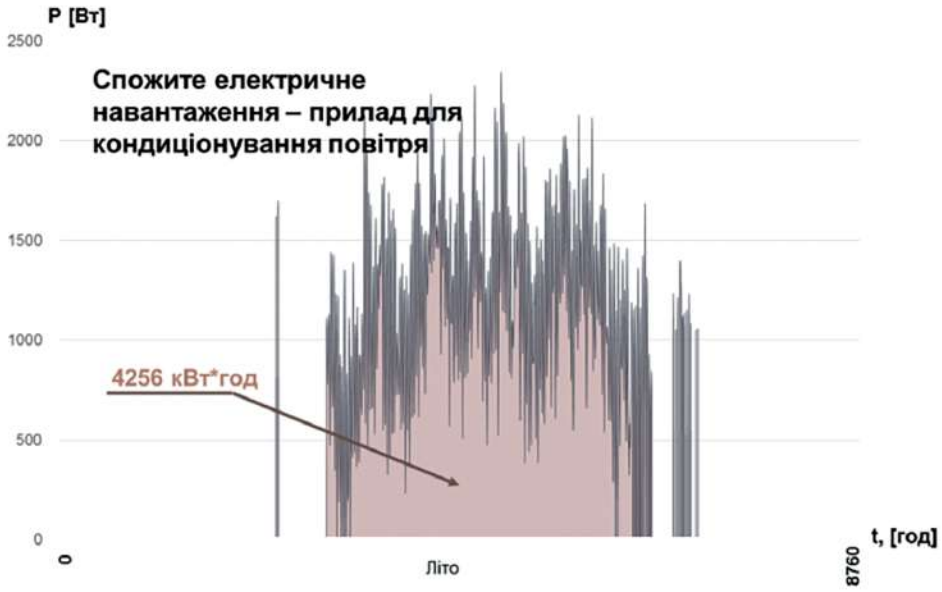


Рисунок 7.15

Приклад тижневого профілю (графіку) електричного навантаження системи кондиціонування

Підвищення рівня енерго-ефективності системи освітлення

У житлових будинках освітлення місць загального користування (наприклад, сходові клітки, під'їзди та підвальні приміщення) може мати значний потенціал для енергозбереження. Так, наприклад, встановлення світлодіодних технологій разом із датчиками руху і денного світла може забезпечити значну економію електроенергії.

При цьому, заміна ламп розжарювання і галогенних ламп на LED може заощадити близько 80% електроенергії.

Для того, щоб уникати вандалізму й крадіжок, рекомендують використовувати світлодіодні світильники на сходових клітках і місцях загального користування, на противагу простому варіанту переходу з ламп розжарювання на світлодіодні лампи. Під час вибору LED-освітлення для сходових кліток допустимою альтернативою є також варіант з інтегрованим датчиком руху. Інтеграція датчиків руху може мати додаткову економію, скорочуючи години роботи системи освітлення.

Рисунок 7.16

Приклад зовнішнього вигляду джерел світла, що можуть застосовуватись у системах освітлення місць загального користування

Традиційні лампи розжарювання дуже неефективні й повинні бути замінені. У Європі їх застосування, як і іншого енергоспоживаючого побутового обладнання з низьким рівнем енергоефективності, обмежується директивою 2009/125/EC*, а також Регламентами Комісії COMMISSION REGULATION (EC) No 244/2009** та COMMISSION REGULATION (EU) No 1194/2012***. Подібні вимоги з екодизайну для ламп вже імплементовані в законодавство України у вигляді декількох постанов Кабінету Міністрів України****. Галогенні лампи (як 230 В, так і 12 В), що використовують у світильниках загального призначення, нижньому підсвічуванні й прожекторах, майже такі ж неефективні, як і лампи розжарювання. Компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) заощаджують близько 65–75% електроенергії порівняно з лампами розжарювання і цикл їх використання значно довший (зазвичай від 6 до 12 разів). КЛЛ доступні в різних тонах світла, від холодного до теплого білого. Найбільшим недоліком КЛЛ є час розігріву для досягнення повної яскравості, який складає декілька секунд. Крім того, КЛЛ мають потенційну загрозу для навколишнього середовища, оскільки містять невелику кількість ртуті. Це передбачає особливу обережність у разі розбиття колби, обережне поводження після завершення використання й утилізацію.

LED (світлодіодне джерело світла) заощаджує більше 80% електроенергії порівняно з лампами розжарювання і цикл їх використання триває від 25 до 50 разів довше. Наразі доступні різні кольори, форми й стилі.

Використання насосів

У багатоквартирних будинках насоси використовують у таких сферах як опалення, системи охолодження та централізовані системи гарячого водопостачання (рециркуляція).

* DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL On establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products

** COMMISSION REGULATION (EC) No 244/2009 On implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps

*** COMMISSION REGULATION (EU) No 1194/2012 On implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for directional lamps, light emitting diode lamps and related equipment

**** Постанова Кабінету Міністрів України від 3 жовтня 2018 р. № 804 "Про затвердження Технічного регламенту щодо встановлення системи для визначення вимог з екодизайну енергоспоживчих продуктів"; постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 734 "Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну для побутових ламп неспрямованого випромінення"; постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 741 "Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну для люмінесцентних ламп без інтегрованого баласту, газорозрядних ламп високої інтенсивності, а також баластів та світильників, призначених для роботи з такими лампами"

Для ефективної роботи насосу необхідно виконати правильний вибір насосу з урахуванням взаємодії між насосом і рештою системи та розрахунком робочої точки насосу. Для вибору насоса першим кроком є розрахунок необхідної подачі (продуктивності) насосу і загального перепаду тиску в контурі, які задовольняють попит. Крива характеристики системи розраховується як втрати тиску контуру під час різних швидкостей потоку.

Продуктивність циркуляційного насоса

Продуктивність циркуляційного насоса визначається за набором кривих, які характеризують його роботу:

1. **Кривою тиску (напору)** насосу, що показує тиск (напір), який насос здатний створювати при заданій подачі (продуктивності) насосу. Тиск зазвичай виражається в метрах [м].

2. **Кривою ККД**, яка показує співвідношення між ККД насоса і втратами в контурі. ККД насоса – це співвідношення між потужністю, що подається до рідини, і потужністю, що подається на вал насоса. Так як ККД залежить від робочої точки, то важливо вибрати насос, який відповідає необхідній продуктивності системи опалення, і водночас гарантує, що насос працює в найбільш ефективній зоні його продуктивності. Занадто велика або мала продуктивність насосу не дозволяє йому працювати на найвищому рівні кривої ефективності.

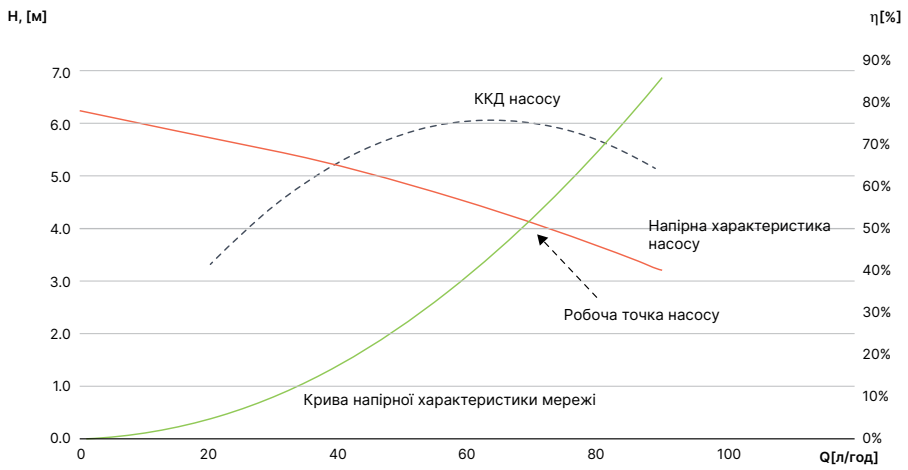


Рисунок 7.17

Приклад графічного визначення робочої точки циркуляційного насосу

Робочу точку насосу визначають на перетині двох кривих - напірної характеристики насосу та напірної характеристики мережі (див. рисунок 7.17). Під час вибору конкретного насосу слід намагатися, щоб ККД насосу в робочій точці мав значення не нижче 95 % від максимального значення ККД, що визначається за кривої ККД насосу (див. рисунок 7.17). Також під час вибору насосу слід звернути увагу на те, щоб насос був придатний для конкретної рідини, температури і тиску в системі. Для циркуляційних насосів, як і для ламп, в Європі та Україні діють вимоги щодо мінімальних показників енергоефективності (екодизайну). Детально з ними можна

	ознайомитись у постанові Кабінету Міністрів України від 27 лютого 2019 р. № 153 "Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну безсальникових автономних циркуляційних насосів та безсальникових циркуляційних насосів, інтегрованих у пристрої".
Побутові електроспоживачі	Велика частка споживання електроенергії в багатоквартирному житловому будинку припадає на побутові електроспоживачі (холодильники, морозильники, пральні машини, кондиціонери тощо). Хоча зазвичай енергоаудитор багатоквартирних житлових будівель не вирішує проблеми енергоефективності побутових приладів, деякі поради можуть бути надані власникам житла й орендарям. Оплачуючи щомісячні рахунки за електроенергію, споживач наочно бачить скільки споживається електроенергії у побуті. Однак дізнатися приблизні майбутні витрати на електроенергію можна і до купівлі електроприладів. Для цього необхідно знати клас енергоефективності електроприладу, який можна знайти на упаковці або на самому приладі. Градація класів енергоефективності побутових електроприладів має 10 рівнів (див. Таблиця 7.2.7.1) і показує як самі економні варіанти (від A до A +++), так і найбільш витратні (G). Будь-який електроприлад має на упаковці кольорове маркування, що інформує про рівень споживання ним електроенергії. Подібне маркування визначено законодавством Європейського Союзу, до якого наразі приводиться у відповідність законодавство України. Маркуванню підлягає така побутова техніка: холодильники, морозильні камери, кондиціонери, монітори та принтери, СВЧ-печі, лампи розжарювання, світлотехніка, пральні машини, посудомийні машини, телевізори, опалювальні електроприлади, бойлери, копіювальна техніка, електричні варильні поверхні і духові шафи. Так, в Україні на законодавчому рівні класи енергоефективності побутових електроспоживачів вже визначені відповідними технічними регламентами, перелік яких затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 702*.

* Постанова Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 702 "Про затвердження технічних регламентів щодо енергетичного маркування"

Таблиця 7.2.7.1 Інформація щодо класів енергоефективності побутових електроприладів

Клас енергоефективності	**Що означає**	**Споживання електроенергії від усередненого показника витрат електроенергії приладом (%)**
A +++, A ++	Найкращі показники енергоефективності	Найвищий рівень збереження електроенергії - на 45% і більше
A +		
A		
B	Показник енергоефективності трохи гірше показників попереднього класу A	Споживання електроенергії коливається в діапазоні 55 - 75% від усередненого рівня
C	Досить економічний показник	Споживання електроенергії коливається в діапазоні 75 - 95% від усередненого рівня
D	Середній показник енергоефективності	Споживання електроенергії коливається в діапазоні 95 - 110% від усередненого рівня
E, F і G	Найменш економічні класи електроприладів	Зустрічаються рідко через великі енерговитрати

Прилади з такими класами енергоефективності як E, F, G через марнотратства електроенергії рідко зустрічаються в сучасних оселях. В той же час, клас A має декілька удосконалених підвидів: A +, A ++ тощо: тобто, чим більше плюсів, тим більше економія енергії. При виборі приладу з таким маркуванням вийде заощадити сімейний бюджет у майбутньому.

Для того, щоб споживання електроенергії побутовими приладами відповідало величині, визначеній у паспорті, необхідно дотримуватись певних умов експлуатації цих приладів. Так, наприклад, холодильник, щоб цей показник відповідав заявленому виробником, повинен бути встановлений відповідно до рекомендацій в інструкції. Техніка повинна бути виставлена за рівнем, а між стіною і холодильником повинен бути невеликий проміжок не менше 5 см для нормальної циркуляції повітря. Холодильник необхідно встановлювати в саме прохолодне місце на кухні, бажано біля зовнішньої стіни, але ні в якому разі не поруч з плитою, а мінімальна відстань до плити має становити не менше 60 см. Якщо ви встановите холодильник у кімнаті, де температура досягає 30 С°, то це призведе до збільшення споживання електроенергії, оскільки компресор буде частіше включатися, щоб підтримувати задану температуру.

Крім цього, виробники холодильників[21] рекомендують, як мінімум, раз на рік розморожувати холодильник і морозильну камеру з крапельною системою охолодження «FRESH». При скупченні шару інею на стінках всередині камери погіршується охолодження продуктів, збільшується час роботи компресора, відповідно, кількість споживаної електроенергії. Також один раз в рік рекомендується вимикати з розетки і мити холодильник або морозильну камеру з системою «NO FROST».

Енергетична ефективність морозилки

На енергетичну ефективність морозилки впливає:

1. Потужність приладу.
2. Об'єм камери.
3. Функціональні можливості.

[21] *www.atlant.ua/ua/press-center/kak-sekonomit-na-elektroenergii-s-bytovoj-texnikoj-atlant.html*

Деякі пристрої, що оснащені системою «NO FROST», споживають більше електроенергії, ніж моделі з крапельним варіантом розморожування. В той же час, агрегати «NO FROST» не вимагають розморожування. Витрата енергетичних ресурсів збільшується відповідно до розміру морозильного приладу.

Енерго-ефективність пральних машин

Від потужності пральної машини і об'єму барабана залежить, скільки електроенергії витрачається машиною. Чим більше білизни можна помістити в пральну машину, тим вище її показник витрат електроенергії.

Маркування, що демонструє класи енергоефективності для пральних машин, несе в собі таку інформацію:

1. Марка і модель пральної машини.
2. Клас енергоефективності.
3. Рівень шуму.
4. Об'єм барабана.
5. Усереднений показник споживання електроенергії за рік.
6. Усереднена витрата води за рік.

У деяких моделях пральних машин є функція «НІЧНИЙ РЕЖИМ». Її доцільно застосовувати, якщо встановлено двохтарифний лічильник електроенергії, то з 23.00 до 07.00 ранку тариф на електроенергію у двічі нижче, ніж у денний час. Також можна скористатися функцією відкладеного старту. З її допомогою можна завантажити пральну машину, вибрати необхідну програму і відкласти початок прання від 1 до 24 годин.

Також у пральних машинах передбачені спеціальні програми швидкого прання: ЕКСПРЕС-ПРАННЯ (30 хвилин) і СУПЕР ШВИДКО (15 хвилин). Ці програми дозволяють швидко і ефективно відіпрати слабозабруднені речі. Це дуже зручно, коли потрібно злегка освіжити білизну, наприклад, після занять спортом. Прискорений цикл прання заощадить не тільки гроші, а й час. Для слабозабруднених речей відмінно підійде додаткова функція ЕКО-ПРАННЯ. Таку білизну часто можна прати при більш низьких температурах без втрати якості прання. При цьому час прання зменшується на 10-15 хвилин і зменшується витрата електроенергії, води і миючих засобів[22].

[22] *www.atlant.ua/ua/press-center/kak-sekonomit-na-elektroenergii-s-bytovoj-texnikoj-atlant.html*

Енерго-ефективність кондиціонерів

Сучасні оселі неможливо уявити без кондиціонерів. Влітку і навесні вони дають прохолоду, охолоджуючи квартири, а взимку і восени обігрівають їх. При купівлі кліматичної техніки, споживачам слід звертати увагу на енергоефективність кондиціонерів, щоб розуміти, як придбання нової техніки вплине на їх оплату за споживання електроенергії.

З метою надання кінцевим споживачам інформації про рівень ефективності споживання енергії, постановою Кабінету Міністрів України від 24 травня 2017 р. № 360 затверджено ТЕХНІЧНИЙ РЕГЛАМЕНТ щодо енергетичного маркування кондиціонерів повітря[23], дія якого поширюється на електричні кондиціонери повітря вітчизняного та іноземного виробництва з номінальною потужністю, яка менше або дорівнює 12 кВт, які використовуються для охолодження та/або обігріву (включаючи реверсивні кондиціонери повітря з номінальною потужністю, яка менше або дорівнює 12 кВт під час використання функції охолодження).

За вимогами Технічного регламенту, кожен кондиціонер повітря повинен мати енергетичну етикетку на лицьовому боці або зверху. На енергетичній етикетці, крім іншого, зазначається:

1. Текст «СКЕЕ» і «СККД» для охолодження та обігріву з позначенням блакитного вентилятора і повітряної хвилі для СКЕЕ та червоного вентилятора і повітряної хвилі для СККД.

2. Клас енергоефективності. Клас енергоефективності має позначатися як для охолодження, так і для обігріву. Для обігріву повинен обов’язково зазначатися клас енергоефективності теплішого та холоднішого сезонів.

3. Для режиму «охолодження» - значення розрахункового навантаження, округлене до одного десяткового знака після коми.

4. Для режиму «обігріву» - значення розрахункового навантаження (максимум для двох сезонів), округлене до одного десяткового знака після коми, кВт. У разі, коли значення розрахункового навантаження не надається для сезонів обігріву, воно позначається як «Х», кВт.

5. Для режиму «охолодження» - середній за сезон коефіцієнт енергоефективності (СКЕЕ), округлений до одного десяткового знака після коми.

6. Для режиму «обігріву» - середній за сезон коефіцієнт корисної дії (СККД) (максимум для двох сезонів обігріву), округлений до одного десяткового знака після коми. У разі, коли значення середнього за сезон коефіцієнта корисної дії не надається для сезонів обігріву, воно позначається як «Х».

[23] *www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/360-2017-%D0%BF#Text*

7. Річний обсяг енергоспоживання - значення для охолодження та обігріву, округлене до найближчого цілого числа. У разі, коли значення річного обсягу енергоспоживання не надається для сезонів обігріву, воно позначається як «X», кВт·год за рік.

Для розрахунку сезонного коефіцієнту енергоефективності (СКЕЕ) та середнього за сезон коефіцієнта корисної дії (СККД) визначається кількість холоду або тепла, виробленого кондиціонером за один сезон, яке ділиться на спожиту за цей же період електроенергію. Для більш точного обліку залежної енергоефективності від температури зовнішнього повітря коефіцієнт СККД розраховують окремо для різних кліматичних зон. На основі сезонних коефіцієнтів розроблена нова шкала енергоефективності кондиціонерів від G до A+++. Не менш важливою інформацію на енергетичній етикетці є значення річного обсягу енергоспоживання. Якщо це число помножити на вартість кВт·год, то ми отримаємо річну вартість споживаної кондиціонером електроенергії. Потрібно тільки враховувати, що методика розрахунку передбачає економне охолодження: температура повітря всередині приміщення встановлюється на рівні +26,7°C (ARI Standart 210/240). Тому на практиці енергоспоживання швидше за все буде більше зазначеного на стікері[24].

Споживання енергії системою гарячого водопостачання

Одним із найбільших споживачів енергії, поряд із системою опалення та охолодження, є система гарячого водопостачання. У багатоквартирних будинках гаряче водопостачання зазвичай забезпечується централізованою системою водяного опалення. Зазвичай гаряча вода для побутового використання нагрівається для усієї будівлі централізовано в теплопункті, розташованому в підвалі. Теплопункт підключено до міської системи теплопостачання. У цьому разі енергетичний аудитор повинен врахувати рекомендації щодо вдосконалення системи у звіті про енергетичний аудит.

Децентралізована система передбачає використання природного газу або електроенергії. Енергетичний аудитор має обмежені можливості для вирішення цієї проблеми, але деякі поради можуть бути надані власникам житла та орендарям.

Зважаючи на існуючі проблеми з централізованим гарячим водопостачанням багатоквартирних житлових будинків, наразі актуальним є застосування одноквартирних електробойлерів для забезпечення гарячою водою.

Під час експлуатації таких бойлерів доцільно враховувати декілька важливих порад для економії електроенергії. Так, зниження температури водонагрівача суттєво впливає на споживання енергії, зокрема, в електричних накопичувальних бойлерах. У цих бойлерах немає необхідності підтримувати температуру 70–80°C.

[24] *www.oblvet.org.ua/novini/yak-obrati-energoekonomichniy-kondicioner/*

Більш низьких температур близько 50°C достатньо. Однак, в них можливе виникнення проблем з легіонелами, що треба враховувати під час застосування періодичного нагрівання води до температури нижче 50°C. Рекомендується розташовувати водонагрівачі якомога ближче до місць використання гарячої води. Чим довша труба подачі, тим більше втрачається тепла. Щоб зменшити втрати тепла труби подачі гарячої води мають бути ізольованими. Під час приймання душу споживається значно менше води та енергії, ніж для приймання ванни. Використання пробок для раковин замість того, щоб використовувати проточну воду під час гоління та миття посуду, економить споживання води та енергії.

На рисунку 7.18 показано як впливає температура води у водонагрівачі на обсяг втрат електроенергії.

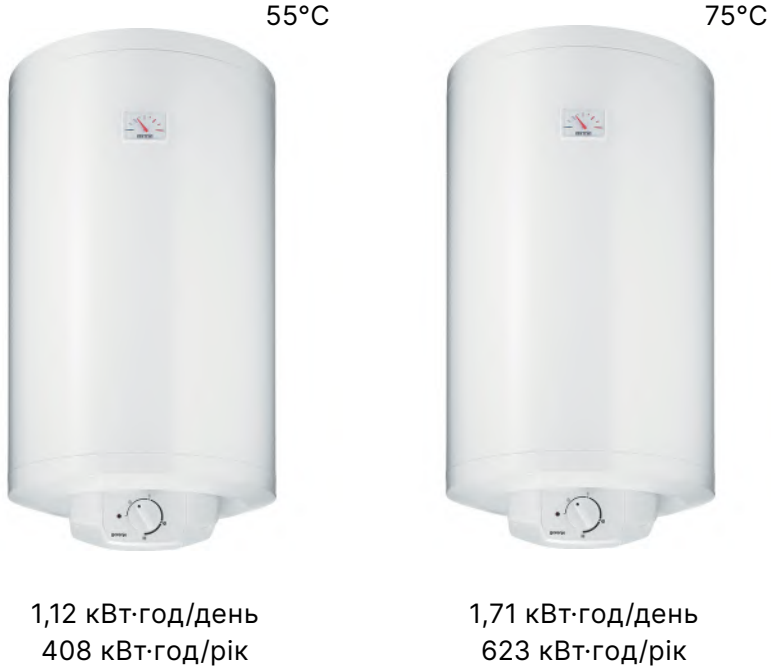


Рисунок 7.18

Вплив температури води у водонагрівачі на обсяг втрат електроенергії (на прикладі водонагрівача об'ємом 100 л)

У цьому прикладі втрати електроенергії водонагрівачем об'ємом 100 л за температури 55°C становлять 1,12 кВт·год/добу або 408 кВт·год/рік. Якщо ж температура нагрівача встановлена на рівні 75°C, то втрати становлять до 1,71 кВт·год/добу. За один рік додатково витрачають близько 215 кВт·год (623 кВт·год–408 кВт·год). Усі ці втрати пов'язані з електроенергією, що використовують для підтримки температури гарячої води в баці.

Домашні електроприлади	Домашні електроприлади, наприклад, комп'ютери, ноутбуки, ігрові консолі й телефони є однією зі сфер домашнього використання електроенергії, яка найбільш швидко зростає. У сучасних приладах враховані витрати не тільки під час роботи, а також в режимі очікування і вимкненому стані зі штекером у розетці. Живлення в режимі очікування – це електроенергія, яку використовують прилади й обладнання, коли вони вимикаються або не виконують свою основну функцію. Цю потужність споживають, наприклад, джерела живлення, електричні ланцюги, датчики, необхідні для прийому віддаленого сигналу, дисплеї, враховуючи індикатори стану.
	У презентації, що стосується ефективності використання електричної енергії в будівлях, наведено приклади зменшення споживання електричної енергії в багатоквартирних будинках, враховуючи «поради» для економії енергії, спеціально адресованої власникам будинків й орендарям. Опалення й охолодження не висвітлено в цьому параграфі, оскільки вже висвітлено в інших модулях цього навчального матеріалу.

7.3. Ефективність систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в будівлях

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в будинках забезпечують тепловий комфорт мешканців, здійснюючи подачу теплової енергії, яка відповідає потребам у теплі. Тому оцінка рівня енергоефективності цих систем, а також розроблення заходів щодо підвищення рівня їх енергоефективності має бути однією із типових завдань енергоаудитора. Що впливає на рівень енергоефективності цих систем та які заходи з енергоефективності є найбільш доцільними описано в цьому параграфі.

Система теплопостачання

Загалом система теплопостачання складається з декількох елементів, основними з яких є:

1. Джерело теплової енергії. Теплова енергія може безпосередньо забезпечуватися мережею централізованого теплопостачання міста або теплогенератором(ами), встановленим(ми) у будинку, що перетворює паливо або електроенергію в тепло.

2. Теплоносій використовують для постачання теплової енергії від джерела до будівлі. Вода є найбільш часто використовуваним теплоносієм у системах опалення в житлових будинках. Повітря також широко використовується, але найчастіше в комерційних і промислових спорудах.

3. Теплова енергія, що подається носієм, доставляється до приміщення будівлі через розподільні мережі. Для води це будуть трубопроводи, для повітря – повітряні канали.

4. Теплова енергія з води та повітря подається до приміщення будівлі за допомогою нагрівальних приладів. Є кілька варіантів: радіатори, конвектори, підігрів підлоги, нагрівальні елементи, інтегровані в стелю чи стіни.

Температуру подачі теплової енергії від джерела тепла зазвичай регулюють відповідно до зовнішньої температури повітря. У сучасних системах температуру в приміщенні контролюють термостати. Залежно від конфігурації системи та типу опалювальної системи до неї можна додати більше компонентів, наприклад, тепловий акумулятор або сонячні колектори.

Вимоги до конструкцій систем опалення

Конструкція систем опалення враховує кілька обмежень і граничних умов:

1. Санітарно-гігієнічні вимоги. Приміщення в будівлі необхідно нагрівати на рівні, потрібному для забезпечення теплового комфорту згідно з відповідними стандартами і нормами, а також задовольняти потреби споживача. Це забезпечується відповідною якістю повітря в приміщенні.

2. Економічні вимоги. Для оцінки всіх складових витрат на монтаж та експлуатацію систем опалення слід враховувати:

   - Інвестиції в систему опалення (для компонентів, обладнання та встановлення).

   - Витрати на обслуговування систем (обслуговування/заміна компонентів системи, наприклад, насоси, фільтри, клапани, технічна ізоляція тощо);

   - Експлуатаційні витрати та ефективність системи з погляду контролю та регулювання.

   - Складність системи для експлуатації та ремонту, вимоги щодо рівня шуму та безпеки.

   - Естетичні потреби у виборі обладнання та матеріалів, що використовують для компонентів системи.

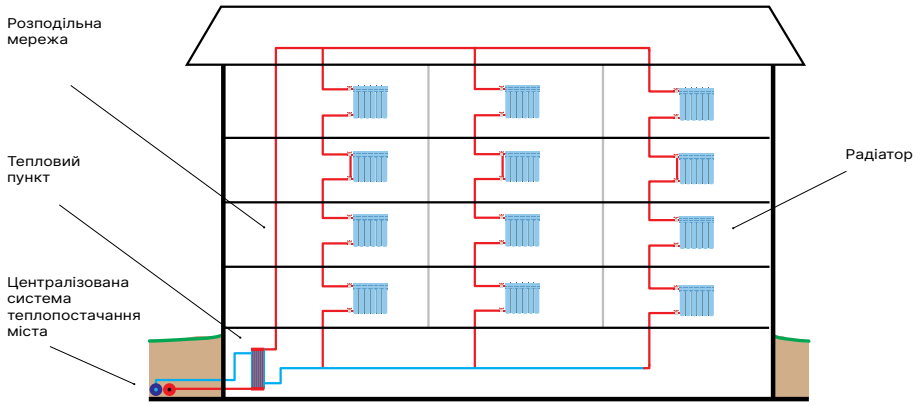


Рисунок 7.19

Схема однотрубної системи опалення будівлі

У більшості існуючих багатоквартирних будинків в Україні встановлено однотрубні системи опалення (див. рисунок 7.19) без обхідних систем (низький рівень контролю). У більшості випадків вони є застарілими й потребують серйозної модернізації. Для модернізації цих систем використовують два основних методи:

1. Модернізація системи опалення із використанням існуючої конфігурації труб.

2. Встановлення двотрубних систем.

Незалежно від конфігурації системи під час модернізації системи опалення всі головні розподільчі труби на цокольному поверсі та технічному горищі ізолюються з використанням спеціалізованих рішень. Крім того, має передбачатися встановлення термостатичних радіаторних клапанів і відповідних балансувальних клапанів для рівномірного розподілу температури в будівлі.

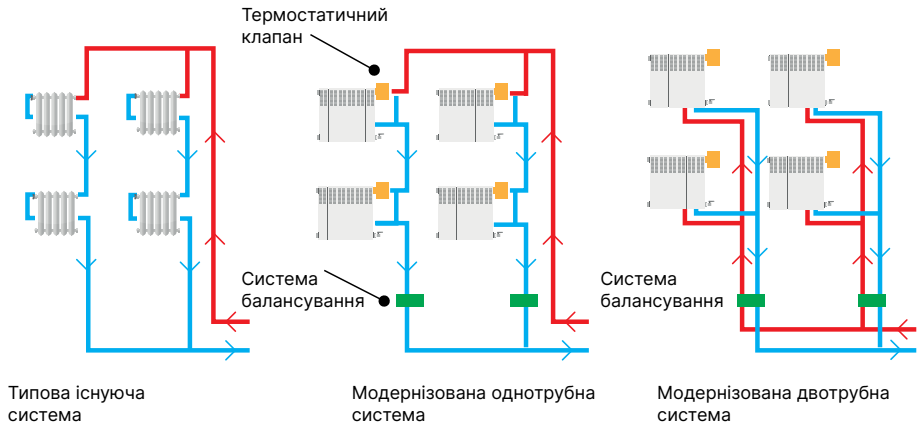


Рисунок 7.20

Варіанти систем опалення в будівлях

Теплові пункти будинків та споруд

Тепловий пункт будинку з'єднує систему опалення будівлі з центральними мережами теплопостачання. **Встановлення погодозалежної автоматики на вводі в будівлю – є першочерговим заходом і повинно проводиться до або під час виконання інших робіт, направлених на зниження теплоспоживання (утеплення, заміна вікон, модернізація внутрішньої системи опалення).**

Кількість тепла, що подають до будинку, регулюють у тепловому пункті.

Є два основних типи теплових пунктів:

1. Зі схемою підключення через теплообмінник (незалежне підключення) – відбувається гідравлічне розділення між системою опалення будинку та централізованою мережею теплопостачання (теплообмінники).

2. Зі схемою прямого підключення (залежне підключення) – у системі опалення будинку циркулює одна й та сама гаряча вода з мережі централізованого теплопостачання (труби й радіатори).

Житловий будинок радянської епохи зазвичай обладнаний тепловим пунктом прямого підключення з гідравлічним елеватором, який під час роботи не регулює кількість тепла, що подають у будинок.

Теплові пункти з підключенням через теплообмінник

У разі планової реконструкції системи опалення та теплового пункту, новий тепловий пункт з підключенням через теплообмінник є найсучаснішим рішенням, але для будівель до 12 поверхів можливе залежне підключення через вузол змішування та встановлені циркуляційні насоси (що дещо дешевше, ніж незалежне підключення). Теплові пункти з підключенням через теплообмінник гідравлічно відокремлені від міської централізованої мережі теплопостачання. Це усуває ризик гідравлічного удару централізованого теплопостачання на систему опалення будинку. Це також краще запобігає ризику накопичення повітря в системі опалення будинку, зокрема, у вищих точках мережі.

Загалом теплові пункти з непрямим підключенням дорожчі через додаткові витрати на теплообмінник, розширювальний бак та систему підживлення. Незалежно від типу підключення, тепловий пункт повинен бути оснащений циркуляційними насосами та автоматичними погодними регуляторами. Недоліком є те, що у разі відключення електроенергії, система теплопостачання будинку також зупиниться (циркуляційні насоси зупиняться).

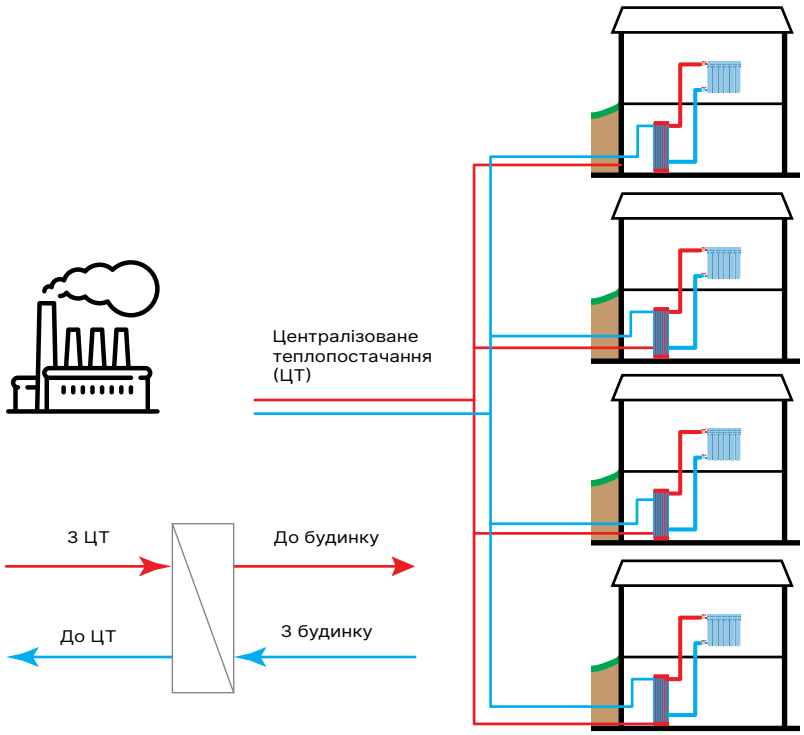


Рисунок 7.21

Підключення через теплообмінник (незалежне)

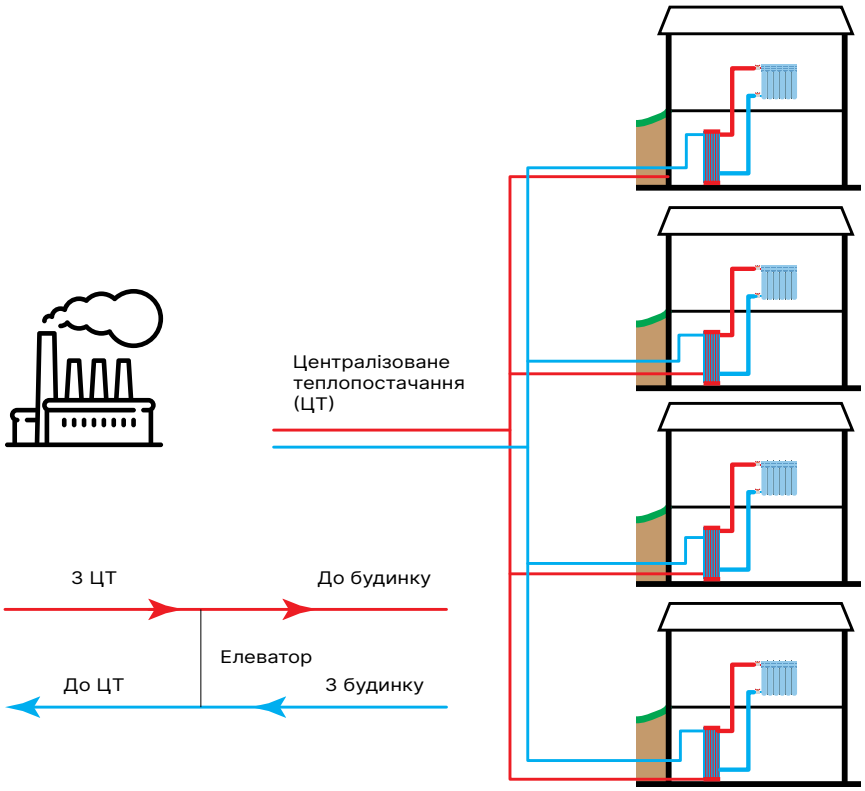


Рисунок 7.22

Залежне підключення теплопостачання через елеватор (нерегульоване).

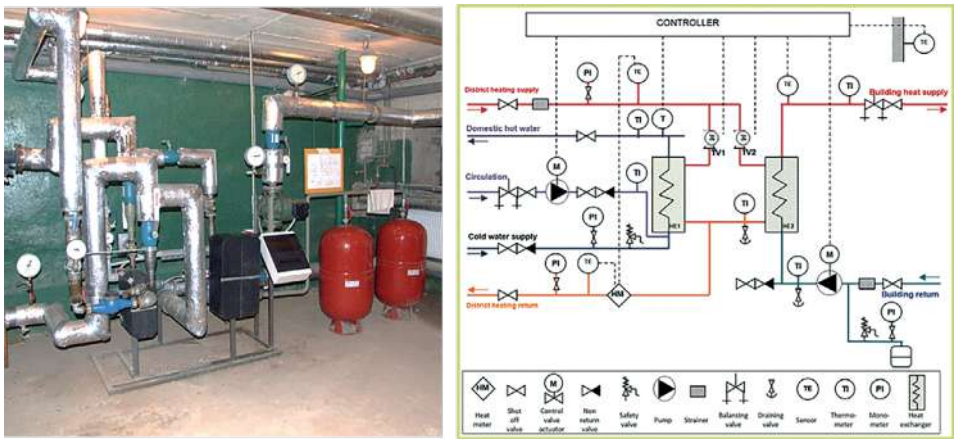


Рисунок 7.23

Схема теплового пункту

Ліва сторона – приклад нового сучасного теплового пункту; права сторона – ескізний проєкт 1-ступінчастого теплового пункту обігріву приміщення та приготування гарячої води (найпоширеніший тип з‘єднання, що використовують у Латвії).

Компоненти теплового пункту

Тепловий пункт складається з декількох компонентів, основними з яких є:

1. Теплообмінники для опалення приміщень та для приготування гарячої води (якщо в будівлі є централізована система розподілу гарячої води).
2. Циркуляційні насоси.
3. Розширювальні баки (у закритій системі для компенсації розширення та стиснення нагрівальної рідини зі змінною температурою).
4. Клапани (від простих кульових кранів до клапанів регулювання з приводами, а також клапанів регулювання тиску).
5. Трубопроводи (з'єднують усі елементи).
6. Термометри та манометри (як індикатори, так і для регулювання).
7. Автоматичний регулятор теплового пункту (як мінімальна вимога – регулятор із залежністю від температури зовнішнього повітря).
8. Датчик температури зовнішнього повітря.
9. Лічильник(и) тепла.

Рисунок 7.24

Елементи теплового пункту

Класифікація систем теплопостачання

Системи теплопостачання та опалення можна класифікувати за різними параметрами:

1. Першою важливою ознакою для класифікації є місце розташування джерела тепла, наприклад, декілька джерел тепла (по одному в кожній квартирі) або одне джерело тепла в підвалі будинку.
2. За типом теплоносія, наприклад, води або повітря.
3. За способом теплопередачі нагрівальних приладів.
4. За способом циркуляції теплоносія (примусова або природна).
5. За схемою з'єднання труб з опалювальними приладами (яку використовують для підключення нагрівальних елементів до джерела тепла).
6. Системи з вертикальною та горизонтальною розводкою.

Додатково системи опалення також можна класифікувати:

1. За розташуванням магістралей.
2. За напрямком руху циркулювального теплоносія в подаючій і зворотній магістралях.

Енергоаудит системи опалення

Під час енергоаудиту в будинку важливо знати, чи є квартири з автономними системами опалення. Є декілька випадків, коли одна або кілька квартир будинків, обладнаних центральним опаленням, відключені від централізованої мережі та у яких встановлено власну автономну систему опалення. Це дуже важливо, тому що енергію, що споживається цією автономною системою опалення, необхідно враховувати під час енергоаудитів. Отримання інформації та даних про споживання енергії з автономних систем опалення – це складний процес, а іноді навіть неможливий (мешканці не відслідковують рівень свого споживання або просто не надають даних). У такому разі енергоаудитору доведеться оцінювати споживання на підставі даних із квартир, підключених до центрального опалення (відповідно до лічильника) та/або даних, які достовірно зібрані з автономних систем опалення. Загальний обчислений рівень споживання енергії в будинку можна скоригувати та обчислити в розрахунку на квадратний метр. У багатьох випадках квартири з автономним опаленням, відключені від системи центрального теплопостачання, все ще містять стояки, які проходять через них. Такі стояки, як правило, не ізолюють і вони постачають теплову енергію до відключених квартир. Цей аспект також має бути врахований під час енергоаудиту.

Зазвичай квартири з автономним опаленням, відключені від системи центрального теплопостачання, отримують 30% енергії від стояків центральної системи опалення та від сусідніх квартир, які мають більш високу температуру в приміщенні. Однак точна кількість залежить від ситуації та потребує розрахунку.

Загалом у межах системи централізованого теплопостачання відключення заборонено.

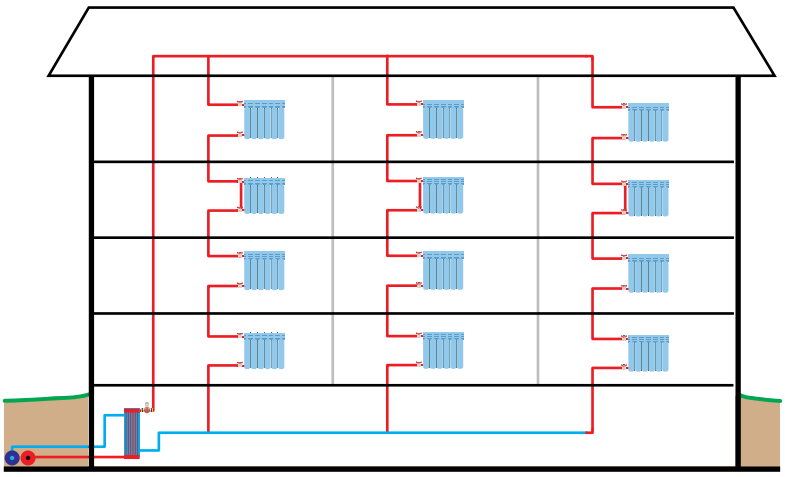


Рисунок 7.25

Централізовані системи теплопостачання (тепло до всіх помешкань надходить із одного центрального джерела)

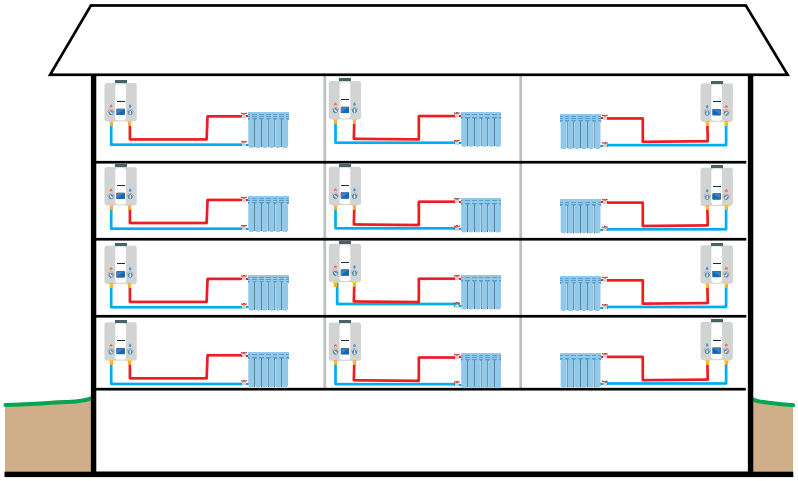


Рисунок 7.26

Місцеві (автономні) системи теплопостачання (кожне помешкання має одне або кілька джерел тепла)

Практично у всіх багатоквартирних будинках вода є теплоносієм у системах опалення. Вода – ідеальний теплоносій, адже вона широко доступна, недорога і має дуже високу теплоємність.

Повітря також є теплоносієм, який знаходить кілька варіантів використання, але здебільшого його використовують у спорудах сфери обслуговування і часто в поєднанні з додатковими системами опалення на водній основі.

Інші види теплоносіїв

Інші види теплоносіїв використовують у більш конкретних випадках і для різних варіантів застосування. Наприклад, пару зазвичай використовують як теплоносій у промислових процесах, але здебільшого не використовують для опалення приміщень; димові гази використовують для сушіння на промислових підприємствах.

Електроенергія також може бути «теплоносієм». На жаль, електроенергію часто використовують у багатоквартирних будинках як додаткове джерело опалення.

Водяні

Найпоширеніший теплоносій

Повітряні

Використовують як теплоносій у багатьох ситуаціях. Не дуже поширені в житловому секторі

Електричні

Використання електроенергії безпосередньо для опалення можливе, але це нерозумно

Парові **Газові**

Типові для промислового використання

Рисунок 7.27

Види систем теплопостачання за типом теплоносія

Інші види теплоносіїв

У житловому будинку два найпоширеніші види нагрівальних приладів – це радіатори та конвектори.

Радіатори передають близько 50% енергії в навколишнє середовище завдяки випромінюванню, решту 50% – конвекцією. У радіаторі вода тече через труби або панелі. Вода нагріває труби або панелі (виготовлені зі сталі, алюмінію або чавуну), які потім нагрівають навколишнє повітря. Тепло, яке генерується в приміщенні, є поєднанням теплового випромінювання і конвекційного тепла.

Конвектори передають енергію в навколишнє середовище переважно конвекцією. Інколи конвектори також оснащені примусовою вентиляцією. У конвектори надходить повітря знизу внаслідок перепаду тиску через різницю в температурі повітря, що активує систему циркуляції гарячого повітря. Гаряча вода тече в невеликі трубки в нижній частині конвектора, оточеній теплообмінними пластинами. Ці пластини (ребра) збільшують поверхню зони контакту з навколишнім повітрям і діють як теплообмінник. Саме тому, загалом, приміщення, обладнані конвекторами, мають більш інтенсивний рух повітря.

Конвекційні

Конвекційна теплопередача

Променисті

Промениста теплопередача (теплове випромінювання)

Рисунок 7.28

Види систем теплопостачання за способом теплопередачі від нагрівальних приладів

Види радіаторів і конвекторів

На ринку є різні види радіаторів і конвекторів:

1. Секційні радіатори (зазвичай зі сталі або чавуну).
2. Панельні радіатори (зазвичай зі сталі або алюмінію).
3. Конвектори.
4. Ребристі/пластинчасті труби опалення.

Призначення нагрівального приладу, встановленого в кімнатах, – доставити тепло в приміщення, щоб підняти й утримувати бажану комфортну температуру. Так, нагрівальні прилади повинні мати розмір, який дасть їм змогу подавати достатню кількість тепла в приміщення, щоб відповідати цьому призначенню.

Панельні радіатори

Секційні радіатори

Конвектори

Ребристі труби

Рисунок 7.29

Приклади нагрівальних приладів для систем опалення

Рух повітря

Чим швидше рухається повітря, тим більше теплової енергії виділяє конвектор до приміщення. Дуже часто мешканці багатоквартирних будинків намагаються підвищити конвекцію, знявши передню панель. Проте це рішення не підвищує ефективність конвектора, натомість повітряний потік між ребрами порушується горизонтальним повітрозабором і конвектор трохи знижує свою теплову потужність. В окремих випадках конвектори також було обладнано рухомими верхніми дефлекторами для кращого контролю та регулювання руху повітря.

Таблиця 7.3 Залежність відносної теплопередачі від конвекторів від швидкості руху повітря

Рух повітря, м/с	0,2	0,5	1,0	2,0
Відносна теплопередача, %	0	57	140	270

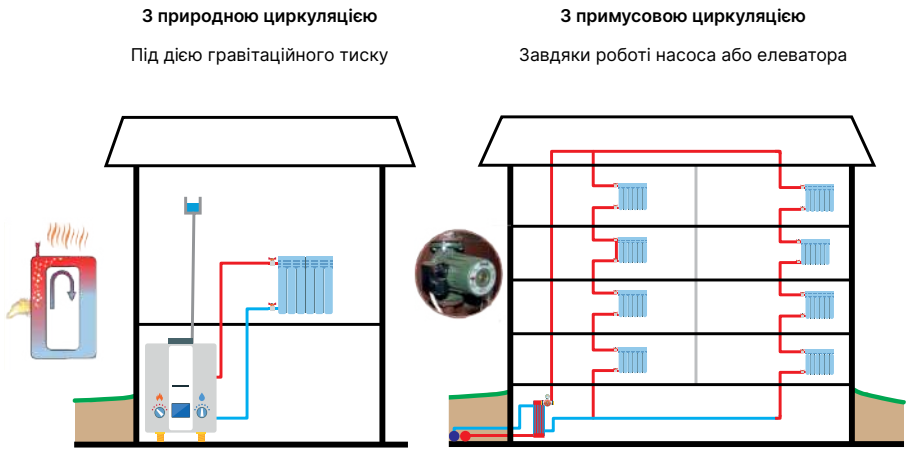


Рисунок 7.30

Види систем теплопостачання за способом переміщення теплоносія

Розташування системи теплопостачання

Розташування системи теплопостачання, тобто спосіб з'єднання джерела тепла та кінцевих приладів, є важливою характеристикою систем опалення приміщень; це також визначає спосіб її роботи та спосіб її регулювання. У багатоквартирному будинку з незалежним тепловим пунктом циркуляційний насос забезпечує належну циркуляцію теплоносія. Для будинку з прямим підключенням до системи централізованого теплопостачання циркуляція теплоносія в системі опалення приміщень забезпечується перепадом тиску в системі централізованого опалення (генерується циркуляційними насосами центрального опалення).

Системи з природною циркуляцією

Системи з природною циркуляцією використовували в малих системах опалення. Цей тип циркуляції застарілий і його можна знайти лише в старих та невеликих за розміром будинках. Він має певну перевагу в сільській місцевості з ненадійним постачанням електроенергії.

Однотрубна система опалення

У більшості багатоквартирних будинків, побудованих до 90-х років, використовували однотрубну систему опалення. У цих системах нагрівальні прилади (радіатори або конвектори) з'єднані послідовно (з байпасом або без байпасу). Інакше кажучи, той самий трубопровід постачає теплоносій до радіатора й повертає його до джерела. Однотрубні системи використовували здебільшого тому, що їх дешевше встановлювати (використовується менше матеріалу), однак їх зазвичай важче регулювати й легко розбалансувати в разі модифікації системи опалення.

Двотрубна система опалення

Двотрубні системи використовують одну трубу для подачі теплоносія до нагрівальних приладів і іншу трубу для відводу теплоносія до джерела тепла. У цих системах нагрівальні прилади з'єднані паралельно. Такі системи легше регулювати й балансувати, але вони потребують більших інвестиційних витрат.

Під час ремонту багатоквартирних будинків старі однотрубні системи зазвичай замінюють двотрубною системою. Часто це відбувається, коли наявна однотрубна система застаріла й просто не підлягає ремонту. Заміна опалювальних систем коштує дорого, а пряме енергозбереження, пов'язане з нею, не виправдовує необхідних інвестицій. Проте, це все ж таки рекомендують зробити, коли наявна система опалення в будинку застаріла і її потрібно реконструювати та замінити. І в такому разі додаткові витрати на двотрубну систему порівняно з однотрубною системою можуть бути виправдані перевагами двотрубних систем над однотрубними.

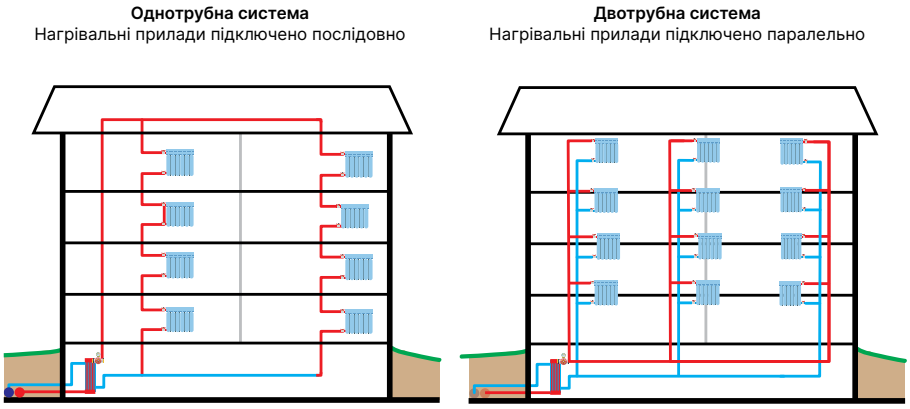


Рисунок 7.31

Види систем теплопостачання за схемою з'єднання труб із опалювальними приладами

Вертикальна система опалення

У типових багатоквартирних будинках (побудованих до 90-х років) використовували вертикальну систему опалення. Вертикальна система опалення має стояки, які проходять через будівлю від підвалу до верхнього поверху/мансарди будинку. Магістральні труби (до яких підключено стояки) розміщують у підвалі та на горищі (рідше вони можуть бути розміщені на першому й верхньому поверхах будинку). Магістральні труби у вертикальних системах опалення встановлено горизонтально. Кожен стояк забезпечує опалення багатьох квартир, розташованих на різних поверхах. Під час ремонту опалювальних систем (наприклад, протікання стояків або заміни радіатора) стояк потрібно перекривати; до того ж усі радіатори, підключені до цього стояка, залишаться без опалення.

Горизонтальна система опалення

Горизонтальні системи опалення зазвичай проєктують так, що головну розподільну систему прокладають вертикально, наприклад, у шахті, де розміщено марші сходів будинку. З цієї головної розподільної системи труби горизонтальної розводки встановлюють горизонтально, здебільшого в кожній квартирі є своя горизонтальна система опалення. Ними можна управляти незалежно від інших горизонтальних систем в інших квартирах.

У горизонтальних системах можуть бути встановлені індивідуальні лічильники тепла в кожній квартирі. Натомість, у системах із вертикальною розводкою індивідуальний облік тепла для кожної квартири неможливий; для вертикальних систем можливе використання тільки розподільників, встановлених на кожному опалювальному приладі (радіатор/конвектор).

У нових житлових будинках зазвичай встановлюються системи опалення з горизонтальною розводкою.

Водночас є вертикальні однотрубні системи й вертикальні двотрубні системи, а також горизонтальні однотрубні системи та горизонтальні двотрубні системи. Горизонтальні системи в новобудовах проєктують із розподільчим колектором із двома трубами для кожного радіатора.

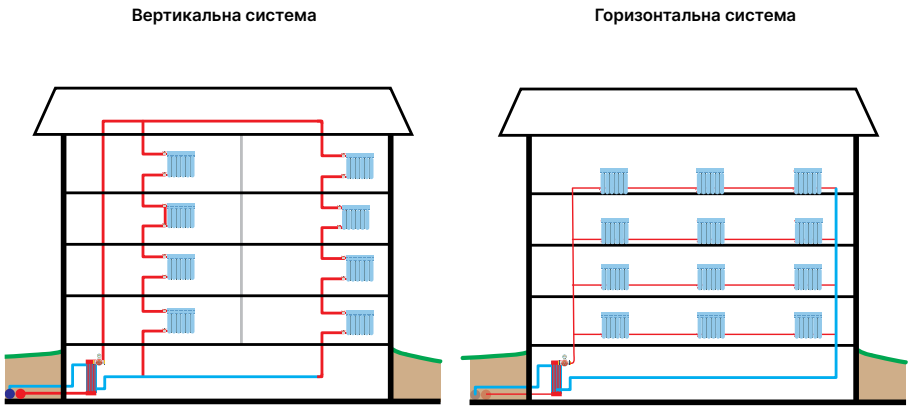


Рисунок 7.32

Системи з вертикальною та горизонтальною розводкою

Розташування магістралей системи теплопостачання

За розташуванням магістралей системи теплопостачання поділяють на системи з верхнім розведенням, нижнім розведенням і системи зворотної циркуляції:

1. При верхньому розведенні магістраль подачі тепла розміщена вище, а зворотна магістраль нижче, ніж нагрівальні прилади (здебільшого магістраль подачі встановлена на горищі, а зворотна магістраль знаходиться в підвалі будинку.

2. При нижньому розведенні магістралі подачі та зворотні магістралі розміщені нижче, ніж нагрівальні прилади (зазвичай подаючий і зворотний трубопроводи розташовані в підвалі будинку);

3. При зворотній циркуляції подаюча магістраль розміщена нижче, а зворотна магістраль – вище, ніж нагрівальні прилади.

Найбільш поширеними є системи з верхнім та нижнім розведенням.

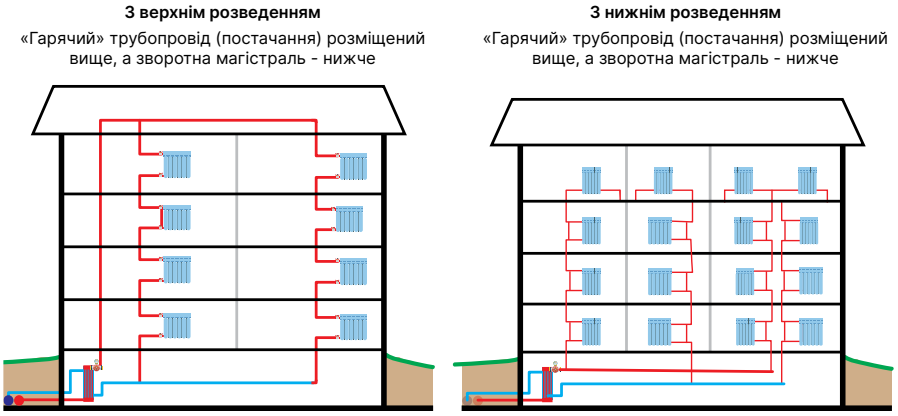


Рисунок 7.33

Види систем теплопостачання за розташуванням магістралей

Тупикові системи

Зазвичай у багатоквартирних будинках використовують тупикові системи. Ці системи легше встановлювати й вони здебільшого дешевші, проте їх також важче регулювати. У тупиковій системі важче досягти рівномірного тиску в усіх стояках, тому що стояки, які ближче до теплового пункту (циркуляційного насоса) мають менші втрати тиску (менше розподільних труб подачі). Це означає, що стояк, який розміщено ближче до теплового пункту отримує більш високі витрати, ніж стояк, що знаходиться подалі від теплової підстанції. Тупикові системи завжди мають бути оснащені балансувальними клапанами, які вирівнюють падіння тиску на всіх стояках.

Системи спільного потоку зазвичай проєктуються так, щоб довжина кожного стояка та довжина розподільних труб разом мали однакові/подібні падіння тиску. Теоретично ці системи можуть бути спроєктовані так, що не потрібні будуть балансувальні клапани.

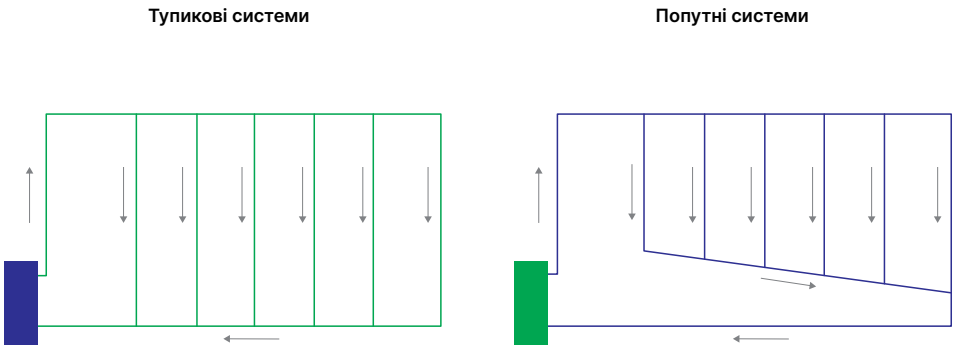


Рисунок 7.34

Види систем теплопостачання за напрямком руху циркулювального теплоносія в подаючій і зворотній магістралях

Характеристики магістралей

Завданням магістралей подачі є постачання тепла (теплоносія) від джерела тепла будинку (теплового пункту, котла) до нагрівальних приладів (радіаторів або конвекторів).

Для виконання цього завдання магістралі подачі повинні мати такі характеристики:

1. Довговічність, термін експлуатації 30 років.
2. Стійкість до тиску й термічного стресу, але все ж такими легкими, як це можливо.
3. Простота установки й можливість заміни та ремонту.
4. Доступність (за ціною).

Труби з вуглецевої сталі

В існуючих багатоквартирних будинках труби з вуглецевої сталі є найбільш поширеним рішенням зі зварними та/або різьбовими з'єднаннями. Цей варіант все ще використовують для модернізації (реконструкції) та встановлення нових систем опалення, однак сьогодні часто віддають перевагу інших опціям, які швидше монтувати, зокрема:

1. Труби з вуглецевої сталі з прес-фітингом.
2. Труби зі зшитого пінополіетилену (з різними фітингами).
3. Мідні труби (з різними фітингами).

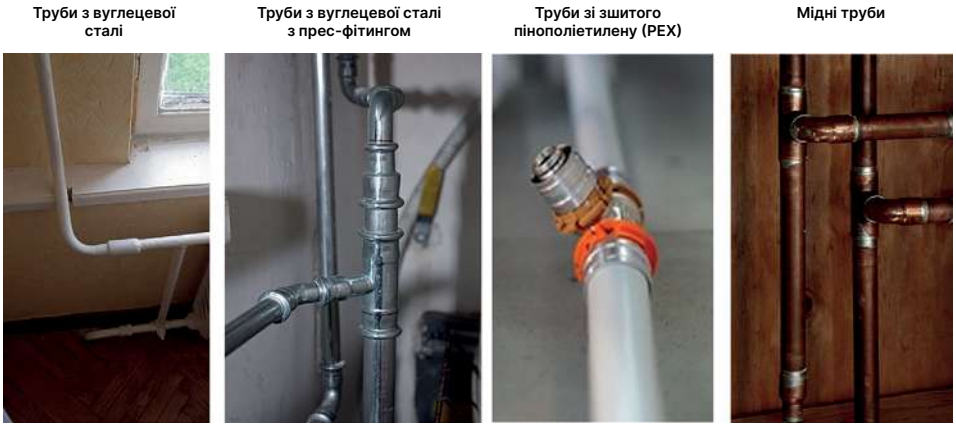


Рисунок 7.35

Магістралі подачі в системах теплопостачання

Вентиляційна система

Вентиляційні системи забезпечують постачання свіжого повітря в приміщення й видалення забрудненого повітря із приміщення. Вентиляційні системи широко різняться за своїм розміром та функціями. Вентиляційна система має важливе значення, оскільки гарна вентиляція дозволяє уникнути проблем зі здоров'ям, конденсації вологи та виникнення плісняви.

Будова та специфікації вентиляційної системи в будівлі значно впливають на енергоспоживання. У деяких випадках найкращим рішенням є природна вентиляція, тоді як у інших доцільно використовувати механічну вентиляцію з рекуперацією тепла. Це залежить від типу, призначення та інтенсивності використання будівлі. Рішення щодо конкретної системи приймається фахівцями з вентиляційних систем під час енергоаудиту та на етапі проєктування.

Зокрема, розглядаються такі варіанти:

1. Природна вентиляційна система.
2. Механічна витяжна вентиляційна система.
3. Централізована механічна вентиляційна система з рекуперацією тепла.

Приклади схем організації різних варіантів вентиляційних систем показано на рис.2.8.8 - 2.8.11.

Природна вентиляція

Наявна природна вентиляція:

1. Уся оболонка будівлі НЕ герметична.
2. Надмірна вентиляція.
3. Високі енергетичні витрати.
4. Дискомфорт.
5. Витяжка через комин.
6. Неможливо контролювати.

У багатьох випадках системи природної вентиляції було змінено. Дуже часто додають системи локальної витяжки з кухонь та санвузлів з електричним приводом.

Рисунок 7.36

Наявна природна вентиляція

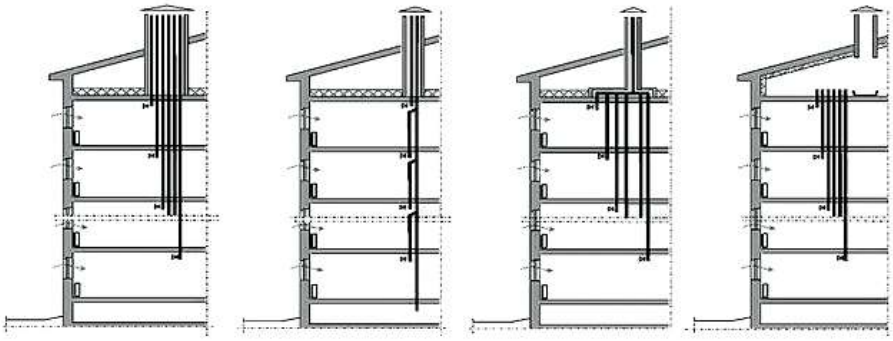


Рисунок 7.37

Різні типи систем природної вентиляції

Гібридна вентиляційна система

Загалом кімнати, які підходять для природної вентиляції – це ті, де максимальна глибина не перевищує корисної висоти у 2,5 рази (для вентиляції ззовні), чи у 5 разів корисної висоти в кімнатах, де вікна розміщено по різні боки для забезпечення перехресної вентиляції (вентиляція з двох боків).

Проникнення вітру та повітряні течії в кімнатах змінюються у відповідь на різницю між середньою температурою (зовнішня температура проти кімнатної температури) та швидкістю потоку зовнішнього повітря.

Для забезпечення належної швидкості циркуляції повітря в кімнатах (квартирах), може використовуватися гібридна вентиляційна система:

1. Витяжний вентилятор.
2. Регулюється тиском.
3. Клапани гідрорегулювання.
4. Внутрішній потік через вікно.
5. Вентиляційні труби.

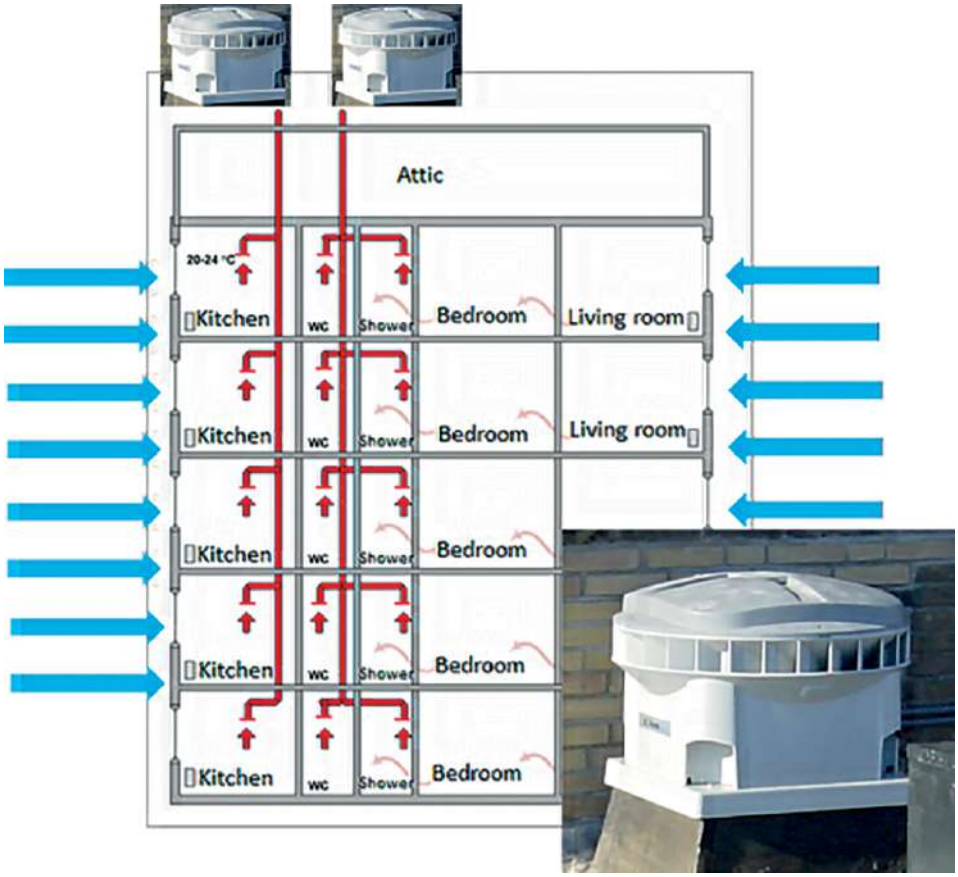


Рисунок 7.38

Гібридна вентиляційна система

Гібридна вентиляційна система:

1. Витяжний вентилятор.
2. Регулюється тиском.
3. Клапани гідрорегулювання.
4. Подача повітря через віконні вентиляційні труби.

Рисунок 7.39

Механічна вентиляційна система

Регенерація тепла у вентиляційній системі з рекуператором

Регенерація тепла у вентиляційній системі з рекуператором:

1. Ротаційний.
2. Пластинчастий.
3. З проміжним теплоносієм.

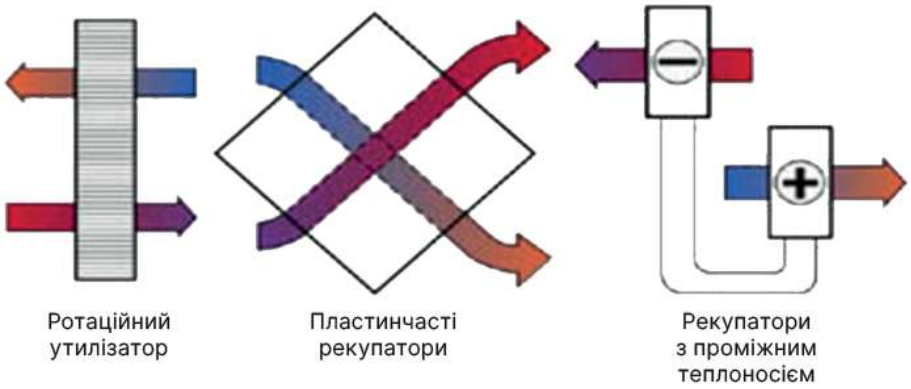
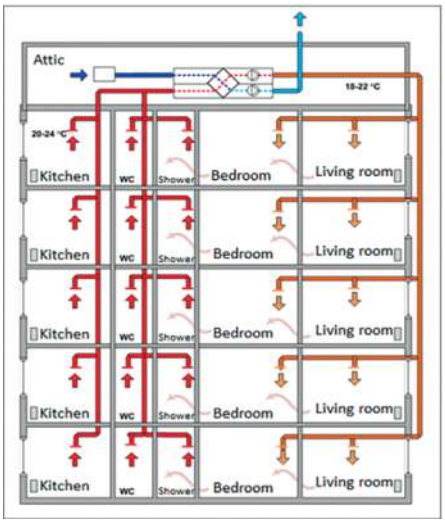


Рисунок 7.40

Регенерація тепла під час вентиляції



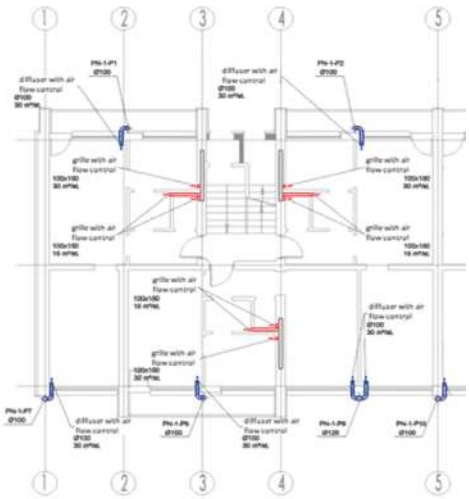


Рисунок 7.41

Зрівноважена вентиляція житлових будівель

Середньозважена ефективність регенерації тепла

Для підрахунку важливо визначити середньозважену ефективність регенерації тепла. У багатоквартирних будівлях, де можуть встановлюватися чисельні вентиляційні системи, для кожної системи ефективність регенерації тепла потрібно розраховувати окремо.

Таблиця 7.2.3 Рекомендований рівень вентиляції житлових приміщень*

Категорія	Швидкість циркуляції повітря		Вітальні та спальні, Потік зовнішнього повітря		Потік вивідних газів, л/с		
	л/с,м²	ach	л/с, люд.	л/с/м	Кухня	Ванна кімната	Туалети
I	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
II	0,42	0,6	7	1,0	20	15	10
III	0,35	0,5	4	0,6	14	10	7

Розрахунок загального рівня вентиляції для житла на підставі площі кухні, колонка (1), кількості осіб, які перебувають у приміщенні, чи кількості кімнат, колонка (2) та (3).

Рекомендований рівень вентиляції житлових приміщень[25]

Необхідну кількість повітря, яку слід забезпечити, визначено в національних стандартах. Рекомендовані значення подані в стандарті ДСТУ Б EN 15251:2011. Швидкість вентиляції може бути максимальною та мінімальною, проте зазначений мінімальний рівень вентиляції слід забезпечувати під час присутності людей. Потік вентиляційного повітря у спальні та вітальні для загальної вентиляції в помешканні виражено у формі циркуляції повітря за годину для кожної кімнати та/або подача зовнішнього повітря для виконання необхідних вимог у головних кімнатах.

Швидкість циркуляції повітря виражено в л/с,м², а одиниці ach відповідають одна одній, якщо висота стелі становить 2,5 м. Якщо значення будь-якої окремої категорії в таблиці відображає різні значення вентиляції залежно від кількості осіб, які перебувають у приміщенні, площі приміщення та об'єму випарів із кухонь, ванних кімнат та туалетів потрібно дотримуватися такого принципу:

Якість внутрішнього повітря виражають як оптимальний рівень вентиляції.

У житлових будівлях вентиляцію забезпечують за допомогою:

1. Витяжок забрудників у кімнатах із підвищеною вологістю (ванні кімнати, кухні, туалети).
2. Загальної вентиляції всіх кімнат у помешканні.
3. Загальної вентиляції всіх кімнат у приміщенні з критерієм свіжого повітря в головній кімнаті (спальні та вітальні).

[25] ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)

Визначення об'єму повітря

Середню подачу свіжого повітря визначають кількістю осіб, що перебувають у приміщенні. Як свідчить практика, повністю достатньо від 20 до 30 м^3/год свіжого повітря на особу. Протягом холодних та сухих зимових днів важливо запобігти інтенсивній циркуляції повітря для підтримання мінімальної вологості повітря в приміщенні та уникнення надмірної втрати вологи. Жителі повинні мати змогу зменшити подачу повітря, контролюючи систему вентиляції.

Іншим важливим чинником, який слід врахувати під час планування вентиляційної системи, є інтенсивність витяжки повітря в кухні, кімнаті, ванні, туалеті та інших кімнатах із витяжкою повітря. Інтенсивність витяжки повітря не повинна перевищувати необхідний об'єм повітря, що поступає на особу. Важливо забезпечити цю умову за допомогою нетривалої вентиляції в режимі високої інтенсивності для повернення у звичайний режим вентиляції приблизно через 30 хвилин.

Метод визначення подачі повітря відповідно до кількості присутніх підтвердив свою надійність та не повинен змінюватися (за винятком мінімальної швидкості циркуляції повітря 0,3 за невеликої кількості присутніх). Підвищення швидкості циркуляції повітря може спричинити надмірну втрату вологи взимку (мінімальна внутрішня відносна вологість не повинна бути нижча 30%). Надходження повітря повинно відповідати інтенсивності витяжки повітря. Для цього слід використовувати лопаті самобалансування постійного потоку.

Вологість повітря

Ризик утворення грибка можна зменшити:

1. За допомогою фіксованої та тривалої швидкості циркуляції повітря;
2. За допомогою кращої ізоляції оболонки будівлі.

Найпоширеніші помилки під час реновації:

1. Швидкість циркуляції повітря та інфільтрація (герметичні вікна і, як наслідок, підвищена внутрішня вологість).
2. Термоізоляція не встановлена рівномірно та належним чином.
3. Конденсат чи пліснява утворюються на ділянках з низькими температурами поверхонь.

Комфортна внутрішня вологість повітря:

1. Швидкість циркуляції повітря відповідає внутрішнім джерелам вологості.
2. Варто бути обережними під час надмірної сухості повітря, що може бути проблематичним при високій швидкості циркуляції повітря.

Повітропровід: типи та матеріали

Матеріали повітропроводів:

1. Листи оцинкованого металу.
2. Нержавіюча сталь, алюміній.
3. Пластмасові повітропроводи (необхідно дотримуватися санітарних вимог!).

Форми повітропроводів:

1. Круглі, увігнуті та з різьбою (дешеве рішення з можливими багатьма конекторами).
2. Овальні, зігнуті та з різьбою (займають мало місця).
3. Круглі, квадратні чи овальні пластмасові труби.
4. Гнучкі повітропроводи (високі втрати тепла через високу стійкість, нелегкі в обслуговуванні очищенні, легко пошкоджуються).
5. Регульовані повітропроводи (пласкі, круглі, овальні).

Конструкції повітропроводів

У конструкції повітропроводів (наприклад, зігнуті труби з різьбою) часто використовують оцинковані сталеві листи. Більші квадратні повітропроводи виготовляють за індивідуальним замовленням.

Для зменшення затрат тиску, зниження рівня шуму, а також для полегшення сервісного обслуговування слід використовувати зносостійкі матеріали з гладкими поверхнями для побудови повітропроводів. Також варто пам'ятати, що вентиляційну систему необхідно очищувати та обслуговувати, хоча, теоретично вона повинна залишатися чистою, оскільки повітря проходить через фільтри.

Під час використання пластикових труб важливо мати антистатичне покриття для уникнення осідання пилу на їх поверхнях.

Не варто використовувати гнучкі труби, оскільки їх нерівна поверхня спричинює втрати тиску та проводить шум. Вони важкі в очищенні та обслуговуванні.

Порівняно із зігнутими трубами з різьбою, труби з пласкими поверхнями не надто жорсткі, тому було розроблено овальні труби з різьбою, які жорсткіші, ніж труби з пласкою поверхнею.

Крім оцинкованих сталевих труб також використовують пластмасові труби.

Стандарти вентиляції будівель

Стандарти вентиляції будівель:

1. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні.
2. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT).
3. ДСТУ Б EN 15241:2015 Вентиляція будівель. Методи розрахунку енерговтрат при вентиляції та інфільтрації повітря у будівлях (EN 15241:2007, IDT+ EN 15241:2007/AC:2011, IDT).
4. ДСТУ Б EN 15242:2015 Вентиляція будівель. Розрахункові методи визначення витрат повітря на вентиляцію будівель з урахуванням інфільтрації (EN 15242:2007, IDT).
5. ДСТУ Б EN 15243:2015 Вентиляція будівель. Розрахунок температури приміщень та методи визначення навантажень і енергопотреб для будівель із системами кондиціонування повітря (EN 15243:2007, IDT)

Витрати вентиляційної системи

Коефіцієнт передачі вентиляційного тепла:

$$Q_{ve} = V \cdot n_v \cdot c_{air} \cdot HDD \qquad (7.2)$$

де Q_{ve} – затрати енергії на вентиляцію, кВт·год/рік;

V – площа вентиляційного простору, м^3;

n_v – швидкість циркуляції повітря 1/год;

c_{air} – 0,34;

HDD – градусо-день опалювального сезону.

Загальний повітрообмін

Загальний повітрообмін у кімнаті залежить від інфільтрації повітря через труби, природного повітрообміну будівлі, робочого часу та відновлення тепла механічної вентиляційної системи, а також продуктивності механічної системи та інфільтрованого повітря.

$$n_{kop} = (n_{dab} + n_{inf.g.k.}) \cdot \left(1 - \frac{T_{m.v.}}{100}\right) + (n_{m.v.} \cdot \left(1 - \frac{r_{m.v.}}{100}\right) + G_{inf} \cdot \frac{T_{m.v.}}{100}, \ h^{-1} \qquad (7.3)$$

де n_{dab} – природний повітрообмін будівлі, де механічна вентиляційна система не працює, h^{-1};

$n_{inf.k.}$ – інфільтрація через повітропровід, якщо механічна вентиляційна система не працює, h^{-1};

$T_{m.v.}$ – відсоток робочого часу для механічної вентиляції, %;

$n_{m.v.}$ – повітрообмін із механічною вентиляційною системою, h-1;

$r_{m.v.}$ – швидкість відновлюваності механічної вентиляційної системи, %.

Охолодження

Для підтримки комфортного внутрішнього клімату використовують технології охолодження. Найчастіше в будівлях загального використання потрібне активне охолодження через інтенсивний сонячний теплопотік. Менше охолодження використовують для житлових будівель, проте, якщо великі фасади будівель розташовані на південь – потрібне охолодження. Прийнятний рівень температур та допустимі межі перевищення встановлюють на національному рівні. Загальні вимоги подано в стандарті ДСТУ Б EN 15251:2011.

Відповідно до ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. «Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні» методи розрахунку енергопопиту будівель поділяють на комплексні та спрощені. Методи розрахунку поведінки системи поділяють на щогодинні, щомісячні, сезонні та річні категорії. Розрахунок енергонавантаження під час охолодження є аналогічним до розрахунків у процесі опалення. Проте, щодо охолодження та розрахунків енергетичних коливань, внутрішній теплопотік, теплопостачання та маса будівлі є дуже важливими і для їх визначення використовують динамічні методи розрахунку. Енергоспоживання для охолодження загалом визначають за допомогою комп'ютерних моделей.

Перш за все, слід спробувати досягти комфортної внутрішньої температури за допомогою стратегій пасивного охолодження (затінення, термальна маса, нічна вентиляція тощо). Якщо це неможливо, потрібно використовувати активні системи охолодження.

Активне охолодження

Активне охолодження (централізоване чи децентралізоване) включає:

1. Механічну систему охолодження.
2. Охолодження поверхні.
3. Роздільні системи (зазвичай використовують у житлових будівлях).

Пасивне охолодження

Пасивне охолодження включає:

1. Попередження зовнішнього та внутрішнього збільшення тепла.
2. Затінення.
3. Термальну масу.
4. Нічну вентиляцію.
5. «Зелену покрівлю».

Роздільні системи

Роздільні системи поділяють на дві частини:

1. Радіатори: використовують, якщо охолоджувальна рідина поглинає тепло та випаровується для переходу в газоподібний стан.
2. Конденсатор: отримує пароподібний охолоджувальний агент із компресора та перетворює його назад у рідину.

Зазвичай роздільні системи працюють за принципом вкл/викл. Блок працює до досягнення певної порогової температури, потім система зупиняється. Роздільні системи запускаються знову після досягнення кімнатної температури.

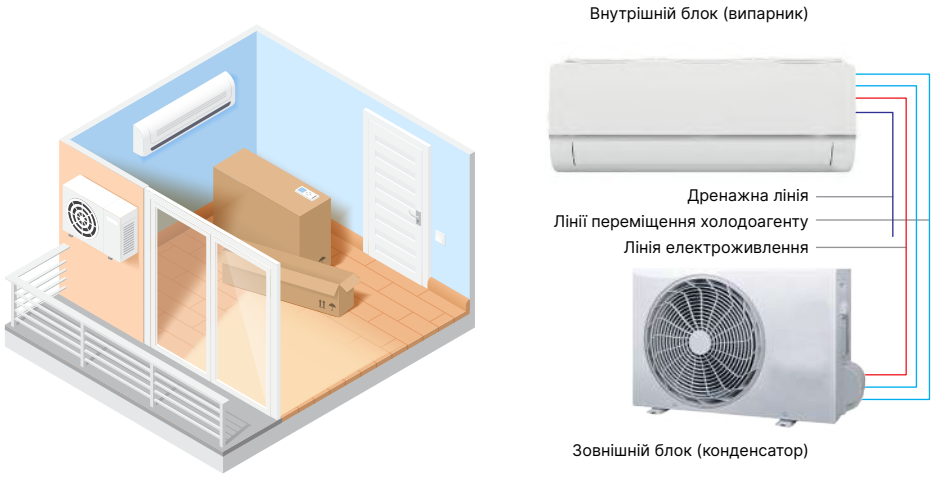


Рисунок 7.42

Роздільні системи охолодження

Компоненти роздільної системи

Роздільна система складається із компонентів циклу парової компресійної охолоджувальної машини (радіатор, конденсатор, компресор та компенсатор), лопастей та механізмів контролю. Типова роздільна система містить зовнішній блок, у якому розміщено конденсатор та компресор, а також блок підготовки повітря з радіатором, компенсатором та лопастями.

Повітря, що надходить у приміщення, охолоджується завдяки проходженню крізь охолоджувач, який містить змієвик охолодження. Охолоджувач циркулює між блоками через ізольований трубопровід. Роздільні системи можуть обслуговувати дві чи три зони за допомогою системи труб.

Головними стандартами розрахунку є ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні» та ДСТУ Б EN 15243:2015 «Вентиляція будівель. Розрахунок температури приміщень та методи визначення навантажень і енергопотреб для будівель з системами кондиціонування повітря» (EN 15243:2007, IDT).

Стандарт ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 описує методи розрахунків енергопотреб щодо нагрівання та охолодження кожного приміщення будівлі, тоді як стандарт ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки» (EN 15603:2008, IDT) стосується загального енергоспоживання та енергоефективності будівель, об'єднуючи результати інших стандартів, включаючи ДСТУ Б EN ISO 13790:2011.

Енергозатрати для охолодження приміщення

Для кожного приміщення будівлі та кожного кроку розрахунку (місяць чи сезон) енергозатрати для охолодження приміщення, Q_C розраховують відповідно до рівняння:

$$Q_C = Q_{C,gn} - \lambda_{c,IS}\, Q_{C,ht} \qquad (7.4)$$

де Q_C – енергозатрати будівлі для тривалого охолодження, виражені в мегаджоулях;

$Q_{C,gn}$ – загальне накопичення тепла для режиму охолодження;

$\lambda_{c,IS}$ – безрозмірний коефіцієнт використання для теплозатрат;

$Q_{C,ht}$ – загальна передача тепла для режиму охолодження.

Розрахунок відповідно до стандарту ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Фіксована тривалість сезону охолодження для розрахунку балансу тепла – це перший та останній день сезону охолодження, оскільки його тривалість та середні метеорологічні умови можуть фіксувати на національному рівні для географічної зони та типових будівель. Сезон використання системи охолодження охоплює всі дні, для яких (позитивна) передача тепла, розрахована за допомогою чинника звичайного використання, не збалансовує теплопотоку.

7.4. Ефективність використання води. Очищення стічних вод. Використання дощової води

У побуті ощадливе та раціональне використання води має велике значення, оскільки на господарсько-питні потреби споживаються мільярди кубометрів води за рік. При цьому майже одна п’ята питної води йде невикористана в каналізацію. Тому цей параграф присвячено питанню ефективності використання води у побуті.

Втрати питної води

Основними причинами втрат води є значний знос водопровідних систем, конструктивні і технологічні недоліки систем холодного і гарячого водопостачання, неощадлива поведінка споживачів тощо.

Вода втрачається при протіканні водопроводів, кранів, змішувачів, змивних бачків. З одного несправного крана за добу витікає від 0,5 до 1,5 куб. м, а з бачка - від 5 до 8 куб. м води. Часто питна вода використовується для миття автомашин, охолодження продуктів, поливу прибудинкових територій тощо. Не можна також забувати і про ощадливе споживання гарячої води, яка обходиться у десятки разів дорожче, ніж холодна водопровідна.

Контроль споживання води

Перед тим як проваджувати заходи з економії води, необхідно визначити її витрати. Аналіз існуючого об'єму використання води та стану водопровідної мережі, встановленого сантехнічного обладнання допоможе визначити які заходи потрібно вживати в першу чергу та допоможе оцінити ефективність цих заходів після їх реалізації. В першу чергу, для ефективного контролю споживання води необхідно забезпечити її облік за рахунок встановлення лічильників, як побудинкових, так і поквартирних. Встановлення лічильників дисциплінують споживачів, тому

1. Облік споживання води кожним окремим споживачем є нагальним заходом.

2. Облік є ключовим елементом для визначення ефективності впровадження будь-якого заходу, направленого на зменшення споживання води та усунення її непродуктивних втрат.

3. Облік передусім робить усіх кінцевих користувачів відповідальними, даючи змогу оплачувати рахунки лише за фактично спожиту воду.

4. Зазвичай впровадження обліку спожитої води зменшує її споживання від 10% до понад 30%.

Для економії води необхідно уважно слідкувати за технічним станом систем холодного та гарячого водопостачання, проводити їх своєчасне технічне обслуговування та ремонти, підтримувати всю водозапірну і регулюючу арматуру в робочому стані, вчасно міняти клапани, сальники, прокладки, трубопроводи тощо.

Слід також розглядати можливість перепроєктування системи водопостачання, що дасть змогу переробляти й повторно використовувати воду, зменшуючи споживання питної води та/або регенеруючи тепло зі стічних побутових вод.

Патогенні бактерії

Крім того, важливим питанням є недопущення наявності патогенних бактерій – легіонел у системі водопостачання, особливо в системі гарячого водопостачання, яка становить особливий ризик. Легіонели – рід патогенних бактерій (на сьогодні відомо біля 40 різновидів легіонел), які викликають два типи захворювань:

1. Хвороба легіонерів або легіонельоз - важка форма пневмонії, смертність при якій при ранньому початку лікування складає 20% і 80% – при відсутності лікування.

2. Лихоманка Понтіак - має симптоми, схожі на синдроми ГРВІ і не вимагає госпіталізації.

Бактерії легіонелли розмножуються в будь-якій системі, що має контур з гарячою або теплою водою, температура якої знаходиться в межах 20-50 °C, і яка створює водяний пил шляхом пульверизації,

кипіння, а також розбризкування внаслідок направлення високого напору води на поверхню. Цій умові відповідає велика кількість інженерних систем, наприклад, таких як: системи ГВП, зволожувачі повітря, душі, джакузі, СПА та ін.

Сприятливі умови для розмноження легіонел наступні:

1. Температура води 20-50 °C і pH 5.0-8.5. Оптимальною умовою для розмноження є температура води від 35 °C до 45 °C.

2. Органічні відкладення в трубопровідних системах: бактерії легіонели всмоктуються в органічні відкладення найпростіших, тобто амеб, і розмножуються на внутрішньоклітинному рівні. Інші мікроорганізми, які живуть в органічних відкладеннях, забезпечують життєво важливі поживні речовини для розвитку легіонел.

3. Вміст поживних речовин, таких як: солі жорсткості (Ca_2 +, Mg_2+), з'єднання заліза (продукти корозії) і органічні речовин (амінокислоти).

Профілактика легіонел

Вплив температур на виживання легіонел:

- 60-70 до 80 °C - миттєва безумовна дезінфекція.
- 66 °C - легіонела гине протягом 2 хвилин.
- 60 °C - легіонела гине протягом 32 хвилин.
- 55 °C - легіонела гине у проміжок від 5 до 6 годин.
- 20 до 45 °C - легіонела розмножується.
- 20 ° C і нижче - легіонела в стані спокою.

Профілактика легіонел:

1. Постійне підтримання температури води для систем холодного водопостачання нижче 20 °C, а для систем гарячого водопостачання - вище 55 ° C, в ідеалі - понад 60 °C (термічна дезинфекція) на всьому шляху від місця водопідготовки і теплових пунктів до споживача.

2. Конструкція систем водопостачання, яка б знизила кількість і довжину тупикових ділянок, де при незначних обсягах водоспоживання холодна вода може застоюватися і нагріватися, а гаряча - застоюватися і остигати.

3. Використання бактеріологічних фільтрів, ультрафіолетова дезінфекція води.

4. Для профілактики бажано контролювати кислотність води. У м'якій підлуженій воді (pH> 7) ймовірність розмноження легіонели значно зменшиться.

5. Періодично необхідно міняти воду і проводити промивку труб і бойлерів.

6. Хлорування: для систем з невеликими проблемами досить вмісту хлору $0,5 \times 10^{-6}$ (одна молекула хлору на 2 мільйони молекул води).

7. Іонізація міддю-сріблом у промислових масштабах: якщо підтримувати потрібний зміст іонів міді і срібла, беручи до уваги використання і ток води, то дезінфекція всіх частин водорозподільної системи займає від 30 до 45 днів.

8. Діоксид хлору - прийнятий Агентством Охорони Навколишнього середовища США в якості головного дезинфікуючого засобу для питної води з 1945 року. Він не дає будь-яких канцерогенних побічних продуктів подібно хлору, і не є, як мідь важким металом, використання якого обмежено.

Класифікація стічних вод

Класифікація стічних вод:

1. Чорна вода
   - Жовта вода (сеча, змивна вода).
   - Коричнева вода (фекалії, змивна вода з туалетним папером).
   - Інші води (миючі засоби, добавки).
2. Сіра вода
   - Очищення продуктів (пральня/пральна машина, кухонна раковина, посудомийка).
   - Особиста гігієна (ванна, душ, раковина).

Усунення непродуктивних втрат у системі холодного та гарячого водопостачання

У першу чергу необхідно провести упорядкування наявного сантехнічного обладнання та устаткування водопостачання, труб щодо усунення в них непродуктивних витоків, адже:

1. Капає з крана - 24 літра в добу, 720 літрів на місяць.
2. Тече з крана - 144 літра в добу, 4000 літрів на місяць.
3. Тече в туалеті - 2000 літрів у добу, 60000 літрів на місяць.

Використання насадок (аераторів)

Запровадження цього заходу зменшує витрати води для душових насадок та змішувачів за рахунок змішування повітря зі струменем води відповідної потужності. Загалом, такий метод також стабілізує швидкість потоку води під час зміни тиску води.

Рекомендовані витрати становлять:

1. Для кранів: 3–5 л/хв.;
2. Для душових насадок: 7–8 л/хв.

Такий захід дозволяє зменшити споживання не лише води, а й електроенергії, що використовують для її нагрівання (у разі застосування електробойлерів).

Запровадження заходу дозволяє досягнути найбільшого ефекту під час побутового споживання гарячої води. Якщо ж вода лише холодна – це рішення доцільно розглядати для випадків із високим рівнем споживанням води.

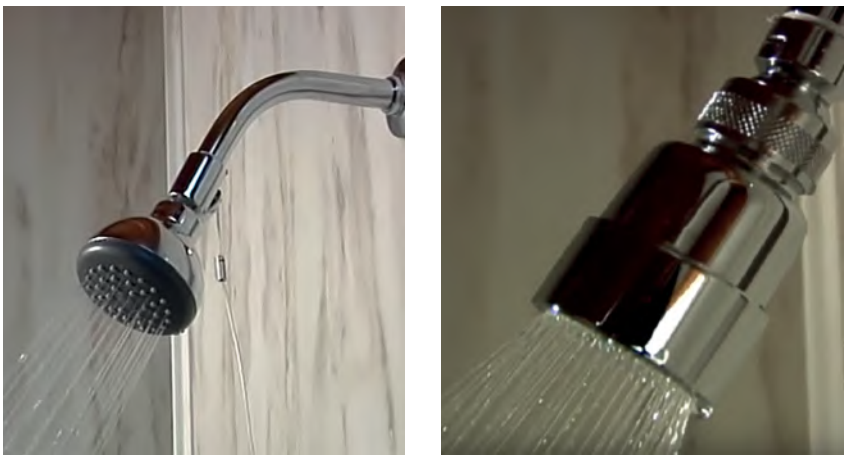


Рисунок 7.43

Встановлення насадок (аераторів)

Заміна змивних бачків

Захід передбачає встановлення змивних бачків у туалетах із регулюванням потоку води:

1. Подвійний змив.
2. Подвійний змив зі змінним тиском води.

Це рішення зменшує кількість води, що використовують для кожного змиву.

Рисунок 7.44

Заміна змивних бачків

Перехід на двотрубну систему теплопостачання та встановлення автоматизованого вузла регулювання теплового потоку (ІТП) з модулем приготування гарячої води

Зазначений захід забезпечує ефективну підготовку гарячої води й зменшення її непродуктивних втрат та включає:

1. Перехід із чотиритрубної системи теплопостачання на двотрубну із локальним приготуванням гарячої води в будівлі. Існуючі трубопроводи ГВП можна вивести з експлуатації.
2. Встановлення модулю приготування гарячої води із теплообмінником із можливістю регулювання заданої температура гарячої води.

Запровадження технології повторного використання (рециркуляції)

Рециркуляція — повторне використання води, що створює великі можливості для збереження значної кількості питної води.

Рисунок 7.45

Схема повторного використання/рециркуляції води для технічних цілей

Повторне використання/рециркуляція води для технічних цілей

I. Сіра вода

1.1. Стоки із раковин і душових

1.2. Зрошення

1.3. Змивання в туалеті

II. Конденсат

2.1. Від кондиціонера повітря

2.2. Декілька застосувань

III. Дощова вода

3.1. Полив

3.2. Змивання в туалеті

Перероблення сірої води

Перероблена сіра вода може бути альтернативою для тих видів застосування, які не потребують якісної питної води. Рециркуляція сірої води не залежить від сезону або мінливості опадів, а тому є безперервним і надійним джерелом води. Рециркуляція сірої води також зменшить навантаження на очисні споруди.

Зазвичай сірі стічні води збирають із душових і раковин у туалетах (менш забруднена вода). Без переробки її не можна зберігати протягом тривалого часу. У разі правильної переробки можна навіть використовувати сіру воду з пральної машини.

Перероблену сіру воду можна використовувати для поливу (поверхневого поливу й зрошення). Для змивання в туалеті сіру воду можна використовувати повторно після процедури фільтрації та знезараження (хлором або ультрафіолетом).

Під час використання сірою води слід врахувати наступне:

1. ***Безпека та гігієна.*** Перероблена сіра вода повинна бути гігієнічно безпечна (відсутність бактерій і вірусів). Вона повинна бути відфільтрована та знезаражена. Сіру воду не можна зберігати більш ніж 24 години.

2. ***Маркування.*** Необхідно провести окреме маркування сантехніки для уникнення перехресного з'єднання між питною і сірою водою.

3. ***Сегрегація.*** Вода з ванн, душових і раковин повинна збиратися окремо від більш забрудненої кухонної води та зливу з пральних машин.

4. ***Пряме повторне використання.*** Сіра вода з низьким рівнем забруднення може застосовуватись відразу для поливу.

5. ***Система водоочищення.*** Переробка сірої води повинна бути простою і дешевою, а сама система – легкою в експлуатації та обслуговуванні.

Збирання конденсату та дощової води

Збирання конденсату з установок кондиціонування повітря є цікавим варіантом, зокрема, для теплого й вологого клімату. Це рішення зазвичай є більш доцільним для централізованих систем кондиціонування повітря.

Збір дощової води додатково допомагає економити питну воду, замінюючи водопровідну воду для таких цілей як змивання в туалеті і полив прибудинкової території. Резервуари для дощової води мають різні конструкції та матеріали. Їх можна встановити над землею або під землею, що захищатиме їх від заморозків. Оцінка доступності та попиту в дощовій воді є першим кроком до розуміння переваг цього рішення.

Основними чинниками, які потрібно враховувати під час планування переробки й повторного використання води є:

- Для чого використовуватимуть рециркуляційну воду?
- Який розмір водозбірних площ для дощової води (дах, двори тощо)?
- Які є джерела сірої води та яка її якість?
- Якою є запланована потреба у воді для будівлі?
- Наскільки велика територія поливу/зрошення? Які потреби у воді для поливу/зрошення? Який графік поливу/зрошення?

На підставі відповідей можна визначити точний розмір системи відповідно до попиту та пропозиції, а також місце розташування резервуара (-ів).

Регенерація тепла зі стічних вод

Для будинків із високим рівнем споживання гарячої води може бути вигідна установка системи регенерації тепла зі стічних вод. Захід може бути впроваджено завдяки встановленню теплообмінника або теплонасосної станції. Зазвичай регенероване тепло використовують для підігріву холодної води, яку, в свою чергу, використовують для приготування гарячої води або змішування.

Таке рішення є особливо доцільним для спільних душових систем, саун або оздоровчих центрів, пралень, їдальнь, та/або барів чи інших об'єктів, де використовують значні об’єми води.

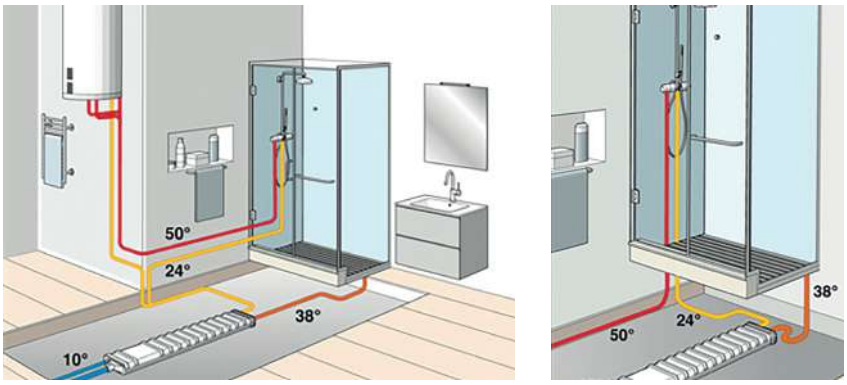


Рисунок 7.46

Приклад теплообмінника регенерації тепла із сірої води з душових

Джерело: *www. redi.it/ecoshower/*

Улаштування подвійної системи водопостачання будівель

В будівлі, що обладнана двома системами водопостачання забезпечується:

1. Окрема система з питною водою для побутового використання, яка задовольняє потреби в питній воді.

2. Окрема система з водою низької якості для поливу зелених насаджень, прибирання дворів, туалетів і т. д.

Систему каналізації та водовідведення будівлі обладнують окремим збором чорної та сірої. Дощову воду можна також збирати й постачати в систему постачання води низької якості.

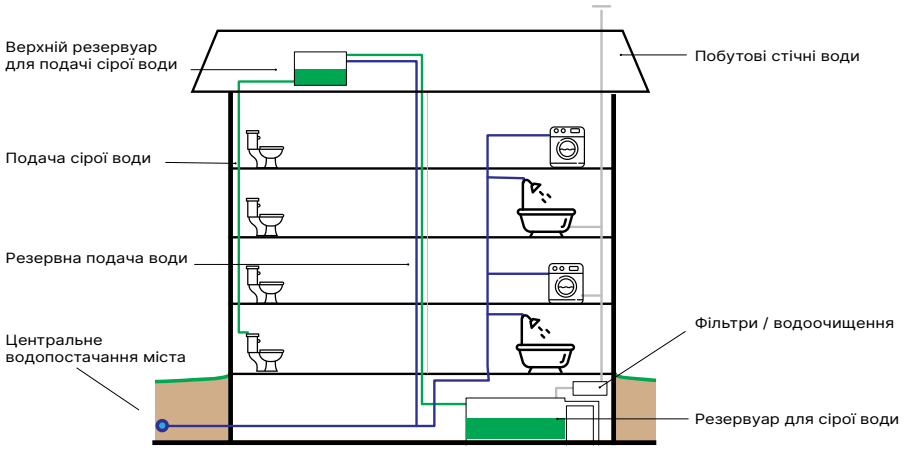


Рисунок 7.47

Приклад подвійної системи водопостачання

Зміна поведінки користувачів

Зміна поведінки користувачів щодо ощадливого споживання холодної та гарячої води

Головним заходом щодо економії води варто вважати зміну поведінки користувачів щодо водокористування. Наприклад, коли людина приймає ванну, то використовує близько 150-200 л води. Під час прийому душу витрачається лише 20-30 л води.

7.5. Реновація та типові заходи з енергоефективності для житлових будівель

Одними із основних завдань реновації будівель є не тільки досягнення зменшення споживання енергоресурсів, і, як наслідок, скорочення видатків на їх оплату, а й створення комфортних умов, забезпечення дотримання санітарно – гігієнічних норм, покращення теплозахисних характеристик будівель та продовження терміну їх експлуатації. Зважаючи на це, в поточному підрозділі посібника розглянуто як основні переваги проведення реновації будівель, так і типові заходи з енергоефективності, які доцільно виконувати під час проведення реновації житлової будівлі.

Загальні положення

Підґрунтям для проведення реновації будівель є їх поступовий фізичний та моральний знос.

З урахуванням поступового фізичного та морального зносу проведення реновації будівель дозволяє досягнути низки важливих цілей щодо продовження життєвого циклу будівель, а саме:

1. Забезпечити сприятливі та безпечні умови для перебування людей у будівлі.
2. Забезпечити раціональні витрати енергії під час експлуатації будівель з урахуванням кліматичних умов.
3. Сприяти підвищенню рівня енергоефективності будівель та мінімальному використанню енергії ними протягом всього життєвого циклу.

Підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів

Загалом основні шляхи підвищення ефективності та ощадливого споживання енергетичних ресурсів у рамках процесу реновації будівель можуть розглядатися за такими напрямками:

1. Зменшення енергопотреби та енергоспоживання будівель шляхом їх комплексної або поступової термомодернізації (утеплення огороджувальних конструкцій, модернізація інженерних систем).

2. Вжиття організаційно-технічних заходів, удосконалення обліку та контролю за витратами енергоресурсів.

3. Впровадження нового енергоефективного обладнання та технологій.

4. Заміщення і вибір найефективніших енергоносіїв, у тому числі із використанням альтернативних джерел енергії.

5. Впровадження заходів щодо скорочення непродуктивних втрат енергоресурсів (наприклад, відновлення аварійних трубопроводів системи опалення або холодної води).

Заходи, що направлені на економію та ощадливе використання енергетичних ресурсів, що можуть бути реалізовані під час реновації будівлі можна умовно розділити на наступні:

1. Високовитратні (наприклад: утеплення стін, даху, заміна вікон в будівлі тощо). Такі заходи зазвичай потребують значних інвестицій та можуть мати великі терміни окупності.

2. Маловитратні (покращення режимів експлуатації та автоматизації котлів, налаштування інженерних систем, обладнання та устаткування). Для таких заходів характерні незначні капіталовкладення та швидка окупність.

3. Заходи направлені на формування свідомої поведінки користувачів щодо споживання енергоресурсів. Значною мірою саме від кінцевого споживача залежить ефективне та раціональне використання енергетичних ресурсів.

4. Інші заходи організаційного характеру (впровадження системи енергетичного менеджменту із запровадженням моніторингу споживання енергії тощо).

Реновація будівель

Зазвичай, під час впровадження всі проєкти з реновації будівель реалізуються у декілька етапів, а саме:

1. Прийняття рішення щодо проведення реновації будівлі за рахунок впровадження енергоефективних та енергозберігаючих заходів;

2. Енергоаудит (та/або сертифікація енергетичної ефективності), підготовка техніко–економічного обґрунтовування, проведення інших техніко–економічних розрахунків тощо із визначенням переліку заходів, їх очікуваної вартості та економії енергоресурсів;

3. Проєктування (приклади завдань на проєктування для житлових будівель наведені у Додатках Г та Д):

   - отримання технічних умов, у разі необхідності;
   - обстеження технічного стану будівлі;
   - розроблення проєктно–кошторисної документації;
   - проведення експертизи проєктно–кошторисної документації;

4. Монтажно-будівельні роботи:

   - забезпечення авторського нагляду;
   - забезпечення технічного нагляду;
   - безпосереднє виконання монтажно–будівельних та пуско-налагоджувальних робіт;
   - введення об’єкта, обладнання та устаткування в експлуатацію.

5. Подальша експлуатація. Навчання та залучення персоналу. Моніторинг та верифікація отриманих результатів.

Складові успішної реалізації реновації

Серед важливих складових успіху реалізації проєктів з реновації будівель можна розглядати наступні:

1. Наявність відповідного рішення, яке є відображенням готовності до змін, наприклад, співвласників багатоквартирного житлового будинку щодо модернізації власного будинку. Таке рішення формує основу для виділення та пошуку необхідних ресурсів: фінансових, людських тощо.

2. Наявність проєктної ідеї (дорожньої карти), що чітко відображає основну концепцію проєкту, необхідні ресурси для його реалізації та зацікавлені сторони, попередню оцінку можливих результатів від реалізації проєкту.

3. Якісно проведений енергоаудит або розроблене техніко–економічне обґрунтування, що містять реалістичні розрахунки та запропоновані до реалізації заходи з інформацією щодо їх очікуваної вартості, економії та термінів окупності.

4. При розробці проєктно-кошторисної документації важливим моментом є її відповідність ДБН та ДСТУ, а також прийняття ефективних проєктних рішень та відповідний рівень деталізації проєкту. Наприклад, з альбомом технічних рішень для проєктів з реновації житлових будівель можна ознайомитися на сайті Фонду енергоефективності за посиланням *www.eefund.org.ua/tekhnichni-materiali.*

5. На етапі підготовки тендерних процедур необхідно забезпечити належний рівень деталізації тендерної документації, особливо її технічної частини.

6. Матеріали та вироби, що використовують при будівництві або улаштуванні обладнання та устаткування повинні відповідати проєктним рішенням, що відображені у діючих ДБН та ДСТУ.

7. Фаховий рівень підрядника відіграє вирішальну роль у забезпеченні якості виконання будівельно–монтажних робіт. Необхідні знання підрядником технологічних карт щодо виконуваних робіт, ДБН та ДСТУ тощо.

8. Необхідно забезпечити дієвий авторський та технічний нагляд для якісного виконання робіт, адже деякі проблеми чи упущення можна буде побачити не одразу, а лише через певний час експлуатації будівлі, інженерної системи, обладнання чи устаткування.

9. Забезпечення подальшої експлуатації будівель, обладнання та устаткування.

У рамках реновації будівель може бути впроваджена низка типових заходів:

Утеплення огороджувальних конструкцій

Найбільші втрати тепла в будівлях відбуваються через огороджувальні конструкції (стіни, перекриття покрівлі/горища, цоколю, перекриття підвалу).

Якщо якісно провести утеплення всіх огороджувальних конструкцій, можна зекономити від 50% споживання теплової енергії в залежності від початкового стану будівлі. Утеплення огороджувальних конструкцій необхідно проводити тільки з урахуванням будівельних норм.

З вимогами до теплозахисних характеристик зовнішніх огороджень будівель можна ознайомитися у ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція

будівель». При проведені реновації будівель слід врахувати, що в Україні існують дві кліматичні зони, для кожної з яких у ДБН В.2.6-31:2016 були затверджені мінімальні вимоги до енергоефективності. Мапа температурних зон України наведена у Додатку Е.

Серед заходів щодо утеплення огороджувальних конструкцій можна розглядати наступні.

Утеплення покрівлі - захід, що полягає у виконанні утеплення горищного (скатна покрівля) або суміщеного (пласка покрівля) перекриття шляхом улаштування додаткового теплоізоляційного прошарку та гідроізоляційного шару.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для суміщеного перекриття (пласка покрівля) становить згідно з ДБН В.2.6-3:2016 «Теплова ізоляція будівель» для І температурної зони – 6,0 $м^{2 \cdot o}К/Вт$, для ІІ температурної зони – 5,5 $м^{2 \cdot o}К/Вт$. Для горищних перекриттів неопалювальних горищ - для І температурної зони – 4,95 $м^{2 \cdot o}К/Вт$, для ІІ температурної зони – 4,5 $м^{2 \cdot o}К/Вт$.

Утеплення зовнішніх стін - захід, який передбачає улаштування додаткового теплоізоляційного шару зовнішніх стін. Найбільш розповсюдженими технологіями утеплення на сьогодні є: утеплення методом скріпленої теплоізоляції та методом вентильованого фасаду. Для утеплення зовнішніх стін в основному використовують мінеральну вату, пінополістирол, піноізол, піноскло. При виборі матеріалу для утеплення необхідно врахувати норми чинного законодавства щодо забезпечення пожежної безпеки будівлі, що підлягає реновації.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для зовнішніх стін становить згідно з ДБН В.2.6-3:2016 «Теплова ізоляція будівель» для І температурної зони – 3,3 $м^{2 \cdot o}К/Вт$, для ІІ температурної зони – 2,8 $м^{2 \cdot o}К/Вт$.

У разі, якщо в будівлі наявний підвал або технічне підпілля, можна виконати утеплення підвального перекриття, тобто знизу плити перекриття підвалу або техпідпілля.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для перекриття над неопалювальними підвалами становить згідно з ДБН В.2.6-3:2016 «Теплова ізоляція будівель» для І температурної зони – 3,75 $м^{2 \cdot o}К/Вт$, для ІІ температурної зони – 3,3 $м^{2 \cdot o}К/Вт$.

Утеплення надземної та/або підземної частини цоколю – захід, що передбачає додаткове утеплення будівлі зовнішньої цокольної частини підвальної стіни, що контактує із землею та/або із заглибленням утеплювача нижче рівня землі в частині фундаментів. Згідно діючих нормативів зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будинках без підвалу необхідно утеплювати на глибину 0,5 м нижче поверхні ґрунту, у будинках із підвалом – на глибину 1 м нижче поверхні ґрунту.

Заміна вікон та дверей на енергоефективні

Захід, що полягає у демонтажі старих вікон та встановленні сучасних металопластикових енергозберігаючих вікон. Профіль вікна рекомендується застосувати із кількістю камер не менше 5-ти та з монтажною глибиною 70 мм, склопакети – двокамерні типу 4і-10-4-10-4і, або із наповненням інертними газами (аргон, криптон). Мінімально допустиме значення опору теплопередачі для І температурної зони повинно бути не менше ніж 0,75 $м^{2 \cdot o}К/Вт$, для ІІ - 0,60 $м^{2 \cdot o}К/Вт$ (згідно із ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»). У разі, якщо в будівлі вже виконано часткову заміну вікон, опір теплопередачі яких не відповідає нормативним показникам, можна розглядати можливість заміни склопакетів у вже встановлених металопластикових вікнах на склопакети із кращими показниками термічного опору.

При заміні вікон для забезпечення роботи існуючої системи самоплинної витяжної вентиляції в них необхідно обов'язково передбачити режим мікропровітрювання, а в окремих випадках – додаткові вентиляційні клапани.

Захід, у межах якого проводиться заміна старих дерев'яних або металевих дверей та встановлення сучасних металопластикових з опором теплопередачі не менш ніж 0,6 $м^{2 \cdot o}К/Вт$ для І температурної зони, та 0,5 $м^{2 \cdot o}К/Вт$ для ІІ температурної зони (згідно з ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»). Також можна розглядати утеплення існуючих дверних полотен без їх заміни у разі, якщо вони мають добрий стан та є можливість та доцільність проведення таких робіт.

На вхідні групи дверей рекомендується встановлення дотягувачів - пристроїв для автоматичного закривання дверей. Встановлення дотягувачів сприяє підтриманню температурного режиму (зменшення інфільтрації через вхідні групи дверей) в приміщеннях і економії енергії, захищає людей від зовнішнього шуму. При налаштуванні швидкості зачинення дотягувачі знижують ударні навантаження на конструкцію вхідної групи дверей і продовжують термін їх експлуатації.

Ще одним із ефективних заходів щодо модернізації вхідних груп дверей з метою зменшення тепловтрат є улаштування тамбуру: другого ряду дверей в зоні вхідної секції, що призводить до утворення буферної зони між зовнішніми та внутрішніми дверима. В цій зоні затримується холодне повітря, що надходить всередину будинку, та тепле повітря, що виходить із будинку.

При експлуатації встановлених вікон та дверей необхідно періодично виконувати регулювання фурнітури та очищення від бруду ущільнювачів.

Слід зазначити, що в Україні діє національний стандарт України ДСТУ Б В.2.6-15: 2011 «Блоки віконні та дверні полівінілхлоридні. Загальні технічні умови», в якому описані вимоги до металопластикових вікон та дверей у частині енергозбереження.

Реконструкція системи опалення із встановленням терморегуляторів	У рамках цього заходу проводиться заміна розподільчих трубопроводів системи опалення, заміна опалювальних приладів із використанням терморегуляторів на кожному з них і обов'язкове використання елементів автоматичного гідравлічного балансування системи. Балансування краще виконувати автоматичними регуляторами перепаду тиску або використовувати терморегулятори з вбудованою функцією гідравлічного балансування.
Гідравлічне балансування системи опалення	Зазвичай балансування системи опалення виконується за рахунок встановлення балансувальних клапанів/вентилів на стояках системи опалення. У разі впровадження цього заходу споживання теплової енергії розподіляється рівномірно по всій будівлі. Захід не дає прямої економії, але дозволяє шляхом рівномірного розподілу теплоносія по системі опалення будівлі запобігти таким негативним явищам як недогрів або перегрів окремих приміщень або цілих поверхів у будівлі. Гідравлічне балансування системи опалення може бути виконано як під час реконструкції системи опалення, так і як окремий захід. Балансування краще виконувати автоматичними балансувальними клапанами, хоча їх вартість значно вища від ручних. Також є можливість використання терморегуляторів на приладах опалення із вбудованою функцією гідравлічного балансування. Якщо впровадження заходу здійснюється не в рамках реконструкції системи опалення, а як окремий захід – рекомендовано попередньо провести гідродинамічну або гідрохімічну промивку діючої системи опалення. Проведення промивки системи опалення та встановлених опалювальних приладів дозволяє покращити їх тепловіддачу, видаливши відкладення та шлам, що накопичилися в системі за роки її експлуатації. Гідродинамічна та гідрохімічна промивка здійснюється шляхом підключення до системи опалення спеціального обладнання, яке водою під високим тиском проводить очищення системи. У разі проведення гідрохімічної промивки додаються відповідні хімічні реагенти після визначення характеру наявних у системі опаленні відкладень.
Встановлення автоматизованого вузла регулювання (ІТП)	У рамках цього заходу на вводах в будівлю проводиться оснащення теплових вузлів модулями підготовки теплоносія, які забезпечують автоматичне обмеження його витрат, автоматичний контроль та управління регулятором теплового потоку та циркуляційними насосами у їх складі згідно з зовнішньою температурою та графіком роботи будівлі. Дозування теплоносія проводиться клапаном з електроприводом. Змінити (понизити) температуру теплоносія можливо за рахунок вузла підмішування зворотної води системи опалення. Для здійснення підмішування, постійної циркуляції теплоносія та подолання гідравлічного опору системи опалення використовуються циркуляційні насоси. Система керування

	автоматично корегує температуру в системі опалення за температурним графіком, керуючись показниками давачів температури. Як і для попереднього заходу, у випадку, якщо цей захід впроваджується окремо, то рекомендовано попередньо провести гідродинамічну або гідрохімічну промивку діючої системи опалення.
Встановлення автоматизованого вузла подачі ГВП	Захід передбачає встановлення модуля гарячого водопостачання з автоматичним регулятором теплового потоку на основі теплообмінника. Автоматика керування гарантує сталу температуру гарячої води у всьому діапазоні її споживання. Підтримання контуру циркуляції насосами забезпечує рівну температуру на всіх приладах водоспоживання у внутрішній мережі.
Улаштування системи вентиляції із встановленням локальних/ централізованих рекуператорів	Організація ефективної роботи вентиляційних систем є важливим чинником для дотримання санітарно-гігієнічних умов перебування людей у приміщеннях будівель. Припливно-витяжна система вентиляції безперервно замінює повітря на свіже у вентильованих кімнатах протягом всього року або за необхідним графіком за рахунок улаштованої системи автоматичного контролю. Для забезпечення належного рівня повітрообміну та підігріву припливного повітря встановлюються системи вентиляції з використанням рекупераційних установок. Установки дозволяють ефективно використовувати енергетичний потенціал витяжного відпрацьованого повітря, який застосовується для попереднього підігріву свіжого припливного повітря. Система вентиляція на основі локальних рекуператорів – це децентралізована, енергозберігаюча припливно–витяжна установка, яка не вимагає монтажу мережі повітроводів. Під час роботи теплообмінника вентиляційної установки можливим є утворення конденсату, який зазвичай збирається у спеціальному піддоні. Також локальні рекуператори комплектуються вбудованими системами захисту від обмерзання та обладнуються панелями та пультом дистанційного керування, за допомогою чого здійснюється керування режимом роботи установки. Вентиляційні системи на основі централізованих рекуператорів являють собою модульні вентиляційні агрегати, що забезпечують фільтрацію, подачу свіжого повітря в приміщення і видалення забрудненого. Для забезпечення їх роботи необхідно улаштування або відновлення вже встановленої мережі повітропроводів. Як і у локальних систем рекуперації, взимку на централізованих рекуператорах на теплообміннику у витяжному потоці можливе утворення конденсату, який збирають і відводять за допомогою похилої ванни з нержавіючої сталі з гідравлічним затвором. Щоб у потік витяжного повітря не потрапляли краплі конденсату при високій швидкості потоку, за теплообмінником ставлять краплевловлювач.

Утеплення магістральних трубопроводів та фасонних елементів системи опалення та гарячого водопостачання	Дуже часто ізоляція магістральних трубопроводів та фасонних елементів (запірної арматури) системи опалення та гарячого водопостачання в неопалювальних приміщеннях відсутня або знаходиться в неналежному стані. Така ситуація призводить до значних втрат тепла та зниження температури теплоносія. Використання спеціальних ізолюючих матеріалів на поверхні трубопроводів та фасонних елементів дозволяє зменшити теплові втрати через їх поверхні, а також захистити їх від зовнішніх небажаних факторів. Щоб уникнути «містків холоду» при такому утепленні, потрібно закрити теплоізоляційними матеріалами арматуру, фланцеві з'єднання трубопроводів опалення та інші фасонні елементи. У якості теплоізолюючих матеріалів використовують спінений каучук, поліетилен, пінополістирол або вироби з базальтового волокна. Утеплювальні матеріали за своїм зовнішнім виглядом і призначенням поділяються на: рулонні, листові або штучні, кожухові (часто застосовуються для утеплення фасонних елементів), заливальні. Часто такі утеплювачі вкриті шаром алюмінієвої фольги або армованої сітки для додаткового захисту. Товщину шару теплоізоляції трубопроводів системи опалення, внутрішнього теплопостачання та гарячого водопостачання слід приймати не менше від мінімального значення згідно з таблицею Б.1, додатку Б, ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
Встановлення гелеоколекторів для підігріву води	Основним завданням геліосистеми є забезпечення будівель гарячою водою від сонячної енергії, що істотно скорочує споживання газу, теплової енергії або електроенергії. Сонячний колектор поглинає енергію сонячного випромінювання і перетворює її в теплову енергію. Зібрана теплова енергія з геліоколектора за допомогою циркулюючого в контурі теплоносія (спеціальна незамерзаюча рідина) віддається холодній воді в баку-акумуляторі через вбудований теплообмінник. Нагріта вода за рахунок природної конвекції піднімається у верхню частину бака, звідки постачається для використання (санвузол, душова, ванна кімната тощо). Геліосистема обладнана автоматикою, яка забезпечує заданий температурний режим роботи.
Заміна або модернізація газових котлів	Зазначений захід передбачає заміну або модернізацію застарілого котла з обов'язковим забезпеченням автоматичного регулювання температури теплоносія.

Модернізація системи освітлення

Встановлення енергоефективної системи освітлення (наприклад, на основі світлодіодних світильників) дозволить при нормованій комфортній освітленості споживати в декілька разів менше електроенергії. Економічний ефект забезпечується за рахунок зниження витрат на оплату електроенергії, що споживається існуючою системою освітлення, та зниження експлуатаційних витрат в окремих випадках. Додатковим ефектом є покращення якості освітлення. У рамках модернізації системи освітлення необхідно також перебачити визначення стану наявної електричної мережі системи освітлення та, у разі потреби, провести її заміну або реконструкцію.

При проведені модернізації системи освітлення слід врахувати вимоги ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Встановлення приладів обліку енергетичних ресурсів

Встановлення приладів обліку енергетичних ресурсів по своїй суті не є заходом з енергозбереження, але наявність приладів обліку надає можливість запровадити систему енергомоніторингу споживання паливно–енергетичних ресурсів у будівлях з метою забезпечення подальшого прийняття енергоефективних рішень щодо зменшення споживання енергії.

Важливим фактором зменшення обсягу енергоспоживання в будівлі та забезпечення подальшого раціонального та ощадливого використання енергетичних ресурсів після впровадження заходів з енергоефективності є також зміна поведінки користувачів.

Після завершення реалізації проєктів з реновації будівель особливу увагу слід звернути на забезпечення подальшої їх експлуатації для того, щоб уникати масштабних та дорогих ремонтів та утримувати будівлю, обладнання та устаткування в належному стані.

7.6. Ефективність використання відновлюваної енергії в будівлях

Останнім часом в Україні нагальним стало питання використання відновлюваних джерел енергії в різних сферах, в тому числі й у житлових будівлях. Цей параграф розкриває основні можливості застосування сонячних систем тепло- та електрозабезпечення, а також використання теплонасосних систем.

Загальні положення

Зазвичай технології відновлюваної енергії презентують, звертаючи увагу на особливості їх застосування в житлових будинках.

Для житлових будівель типовими технологіями відновлюваної енергії є:

1. Сонячні системи теплопостачання.
2. Сонячні системи з фотоелектричними панелями.
3. Теплові насоси.

На рисунку нижче зображено відремонтовані житлові будівлі (Сігулда, Латвія) зі встановленими на даху сонячними системами теплопостачання.

Рисунок 7.48

Відремонтовані житлові будівлі

Карта сонячного випромінювання України

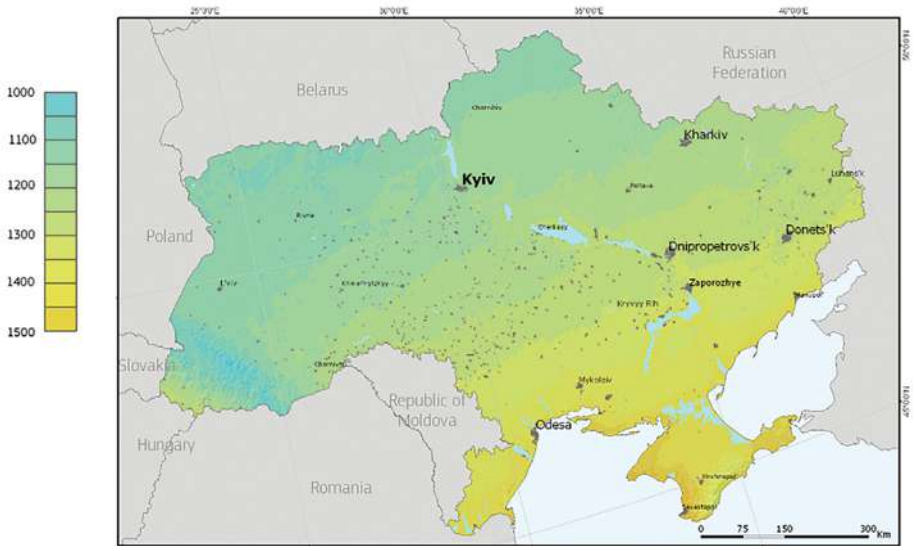


Рисунок 7.49

Річна сума глобального випромінювання на горизонтальній поверхні, кВт·год/м² року[26]

Це карта сонячного випромінювання України. Наприклад, кількість 1000 кВт·год/м² має таке значення:

1. Вт (Ват) – це одиниця вимірювання потужності. Якщо цю величину приводять до одиниці площі, то це називають «випромінюванням», яке вимірюють у Вт/м², тобто потужність сонячного випромінювання на одиницю площі поверхні.

2. Коли сонце світить з потужністю 1000 Вт (1кВт) протягом однієї години, то воно виконує 1 кВт·год роботи. Інсоляція є показником енергії сонячного випромінювання, отриманої на зазначеній площі поверхні в заданий час (кВт·год/м² день, кВт·год/м² тиждень, кВт·год/м² місяць і кВт·год/м² рік).

3. Термін «глобальне випромінювання» позначає суму прямого й дифузного випромінювання. Пряме випромінювання – це сонячне світло, яке безпосередньо досягає поверхні землі. Дифузне випромінювання надходить на землю з інших напрямків завдяки розсіюванню прямого випромінювання молекулами повітря, пилу й частинок.

[26] Джерело: *www.re.jrc.ec.europa.eu/*

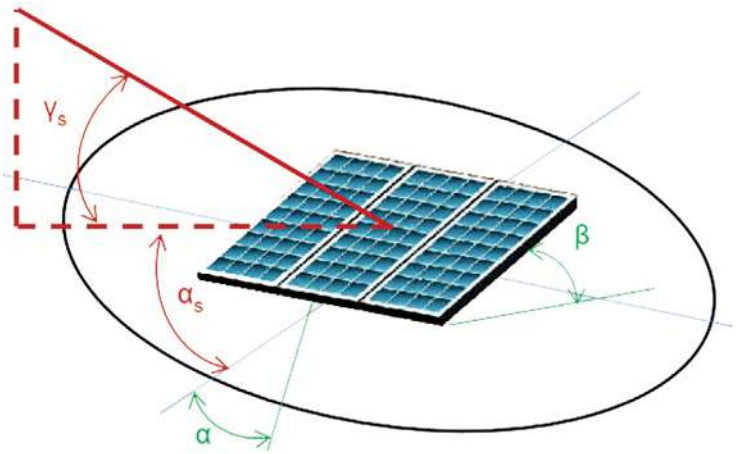


Рисунок 7.50

Кути, що зазвичай використовують у технологіях геліоенергетики

1. Сонячний азимут α_s
2. Висота сонця γ_s
3. Азимут колектора α
4. Кут нахилу β

Кут падіння сонця

Оскільки кут падіння сонця змінюється протягом року максимальне поле випромінювання можна отримати лише в тому разі, якщо колектор-приймач нахилений під кутом до горизонталі. Оптимальний кут нахилу більший узимку (місяці з низьким випромінюванням) через низьку висоту сонця.

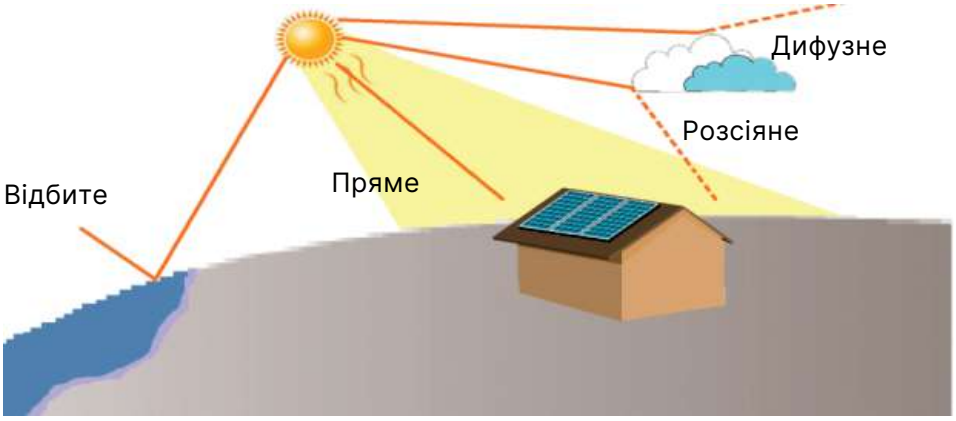


Рисунок 7.51

Сонячне випромінювання

Сонячне теплопостачання

Пасивна конструкція використовує елементи будівлі (наприклад, вікна, лоджії, жалюзі тощо) для зменшення енергетичного профілю будівлі (нагрівання та/або охолодження).

Рисунок 7.52

Пасивні системи

Чимало принципів пасивних систем є найбільш ефективними під час інтеграції в новий проєкт будівництва, хоча деякі з них можуть бути застосовані також у проєктах із реконструкції будівель.

Сонячні системи теплопостачання

Сонячні системи теплопостачання складаються з трьох основних елементів:

1. Енергозабезпечення – сонячний тепловий колектор і додаткове джерело теплоти.
2. Система зберігання.
3. Навантаження (гаряче водопостачання та для великих систем - опалення приміщення).

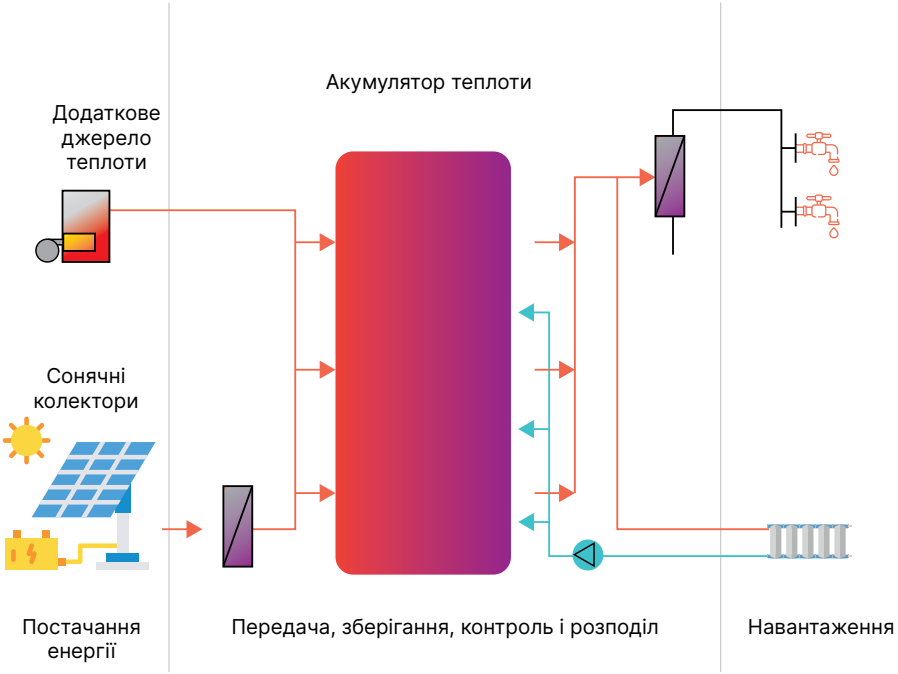


Рисунок 7.53

Активні системи сонячного теплопостачання

Криві ефективності сонячного колектора

Найважливіші характеристики сонячних колекторів демонструють криві ефективності, зокрема, вони показують, що:

1. Ефективність колектора залежить від різниці середньої температури колектора (T_c) і температури навколишнього середовища (T_a);

2. Ефективність колектора залежить від різниці температур сонячного випромінювання (Вт/м²), а саме: за меншого рівня випромінювання сильнішим є вплив різниці температур на ефективність колектора.

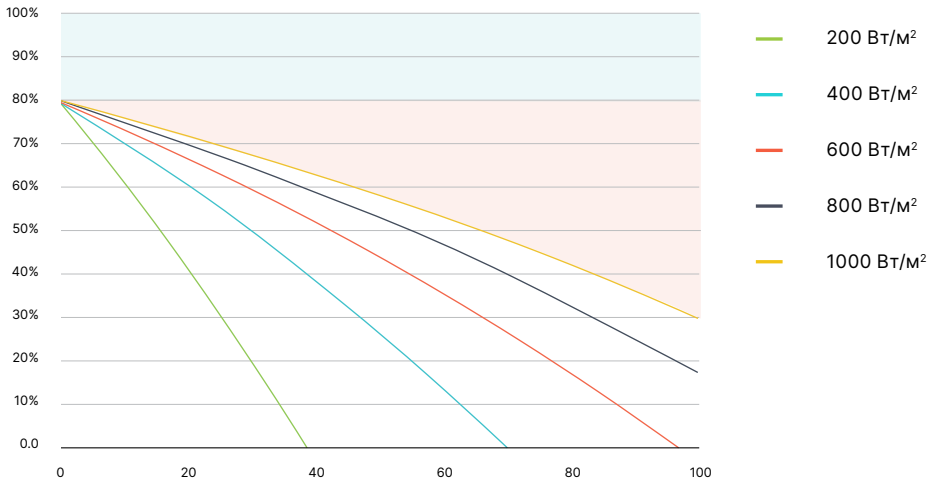


Рисунок 7.54

Криві ефективності сонячного колектора

Отже, розглянувши криві ефективності сонячного колектора можна зробити висновок, що сонячну теплову систему слід розробити так, щоб температура повернення до колектора була найменша. Це дає змогу працювати колектору за більшої ефективності, та означає вищу сонячну енергоємність.

$$\eta_c = \eta_o - \frac{(a_1 \cdot (T_c - T_a)}{G} \qquad (7.5)$$

де η_o – коефіцієнт нульових втрат, пов'язаний із оптичною ефективністю;

a_1 – коефіцієнт лінійних теплових втрат (Вт/м²K);

a_2 – коефіцієнт квадратичних втрат тепла (Вт/м²K²) ;

T_c – середня температура колектора (K);

T_a – середня температура навколишнього середовища (K);

G – інтенсивність опромінення на скляній панелі колектора (Вт/м²).

Акумулювання тепла

На енергію сонця неможливо вплинути, адже у більшості випадків вона не збігається з періодами, коли потрібне тепло. Сонячна система для опалення приміщень та/або нагріву гарячої води є типовим застосуванням, де виникнення попиту на енергію та енергопостачання не завжди збігаються. У цьому разі акумулювання тепла стає суттєвим елементом системи сонячної енергії. Ідеальним варіантом було б акумулювати тепло, отримане влітку, та використовувати його взимку (сезонне акумулювання) для опалення. Однак, відомо лише декілька подібних проєктів в усій Європі, а більшість сонячних теплових систем мають короткочасне акумулювання в нічний період та період погодних змін.

Акумулювання тепла повинне мати такі основні характеристики:

1. Низькі втрати тепла.
2. Здатність до хорошої стратифікації.

На ринку є декілька типів акумулювання, які залежать від:

1. Розмірів – від 100 л до більш ніж 1000 л.
2. Особливостей, зокрема теплообміну, прямих з`єднань, щілинного датчику.
3. Матеріалів – нержавіюча сталь, сталь із покриттям з пластику, сталь із емалі з порцеляни, мідь, вуглецева сталь тощо.

Вибір теплоакумулятора залежить від загального дизайну й розмірів сонячної системи, попиту на енергію та потрібної частки сонячної енергії.

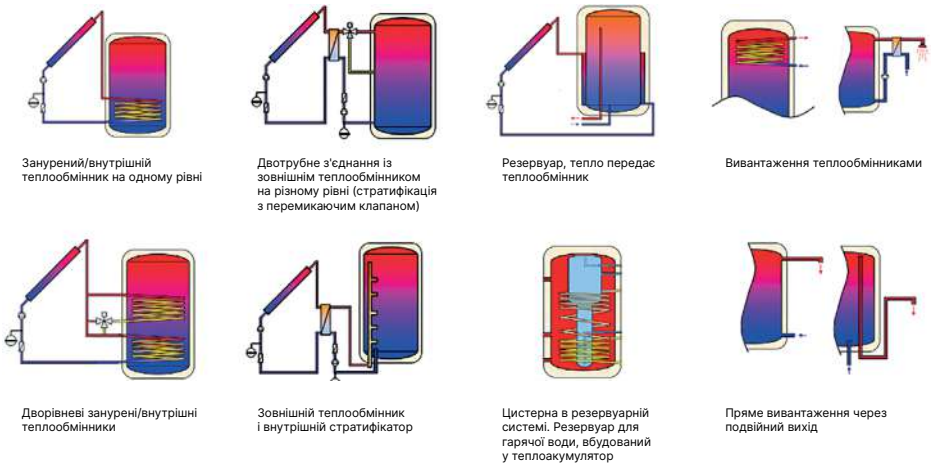


Рисунок 7.55

Ескізи різних рішень, доступних на ринку

Енергозапас резервуара для тепло-акумулювання

Енергозапас резервуара розраховують із урахуванням внутрішньої енергії системи:

$$Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T \qquad (7.6)$$

де Q – тепловміст (Вт·год);

m – маса води/рідини (кг);

c_w – питома теплоємність води (1,16 Вт·год/кг);

ΔT – різниця температур між шарами (K).

Важливість стратифікації

Теплова стратифікація у теплоакумуляторах зумовлена тим, що щільність води пропорційно обернена до її температури (збільшується, якщо вода холодна й зменшується, якщо вода тепла).

Теплова стратифікація є засобом підвищення ефективності сонячних теплових систем, оскільки холодніша вода на дні акумулятора сонячного теплового колектора дає змогу отримати вищу ефективність колектора.

Система резервуара й швидкість потоків у системі повинні бути спроєктовані й оптимізовані для підвищення термічної стратифікації.

Спрощений метод розрахунку потреб у гарячому водопостачанні

Такий спрощений метод розрахунку допомагає енергоаудиторам визначити основні параметри, які потім можуть бути використані для економічного та фінансового аналізу попереднього техніко-економічного обґрунтування сонячної системи гарячого водопостачання. Отже, енергоаудитор може дати власникам будинків індикативну оцінку проєкту. Цей метод особливо придатний для багатоквартирних житлових будинків.

Для визначення розміру системи гарячого водопостачання відправною точкою є розуміння потреб у гарячій воді мешканців житлового будинку:

1. Річне споживання гарячої води (МВт·год/рік та м^3/рік);
2. Добове споживання води (м^3/день);
3. Необхідна частка сонячної енергії.

Споживання гарячої води є дуже важливою змінною для планування системи. Наскільки це можливо – ця кількість повинна ґрунтуватися на попередніх показниках вимірювання.

Розмір системи акумулювання

Розмір системи акумулювання може бути попередньо визначений на підставі щоденного споживання води. Оскільки на ринку представлено не всі типи теплоакумуляторів, вибір слід зробити серед тих, які загалом доступні на ринку, а також для великих систем, які об'єднують більше теплоакумуляторів.

Загалом добре розроблена сонячна теплова система для гарячого водопостачання забезпечує від 380 до 500 кВт·год/м^2 у рік корисної теплової енергії. Ці цифри є досяжними у випадку встановлення південно зорієнтованої установки сонячного колектора й кута нахилу 45-50°.

Якщо розташування будівлі не дозволяє встановити цю оптимальну установку, то цей еталон слід виправити відповідно до коефіцієнта залежно від широти місцевості.

Пам'ятайте, що відповідно до загального правила великого пальця, хороший кут нахилу дорівнює ступеню широти місцевості.

Під час розрахунку системи аудитор повинен врахувати:

1. Наявність простору для установки сонячного колектора (площа даху, поле навколо будівлі).
2. Доступ до даху сходами будівлі або із залученням крану / риштування).
3. Можлива орієнтація сонячних колекторів, зокрема, азимута й кута нахилу.
4. Наявність простору для встановлення теплоакумулятора, а також можливість вносити в будівлю резервуари для теплоакумулювання.
5. Наявність затінення в будь-яку пору року (дерева, будівлі, інша інфраструктура тощо).
6. Наявність централізованої системи гарячого водопостачання в будинку.
7. Можливість інтеграції сонячної системи гарячого водопостачання з існуючою системою.

Приблизна оцінка вартості системи

На підставі цих даних енергоаудитор може зробити приблизну оцінку вартості запропонованої системи, беручи до уваги вартість такого обладнання та робіт щодо його встановлення:

1. Сонячний колектор, враховуючи монтажні рами.
2. Теплоакумулятор.

3. Необхідні трубопроводи для підключення колектора до теплоакумулятора гарячого водопостачання.

4. Теплообмінник, залежно від пропонованого складу та розміру системи.

5. Необхідне гідравлічне обладнання (насоси, змішувальні клапани, розширювальні ємності тощо).

6. Контролер й електричні з'єднання.

7. Монтажні комплекти (клапани, труби, технічна ізоляція, гліколь тощо).

Для більш точної оцінки вартості системи необхідно розробити проєктну документацію на впровадження системи. Для допомоги проєктувальнику, а також для проведення оцінки вартості системи на ринку існує різного роду програмне забезпечення, що дозволяє проводити моделювання роботи системи і вибір оптимальних її параметрів з урахуванням особливостей конкретної будівлі.

Основи фотоелектричних систем

Фотоелектрична енергія – пряме перетворення світла в електричну. Цього досягають за допомогою особливих напівпровідникових матеріалів, наприклад, кремнію, галію, кадмію тощо.

Отже, фотоелектричну технологію використовують для перетворення світлової енергії в електричну. Цю технологію було розроблено на підставі того, що деякі напівпровідникові матеріали, наприклад, кремній, створюють напругу й струм під впливом світла.

Пояснення принципу роботи фотоелектричної панелі проілюстровано на прикладі кремнієвих елементів. У кремнієвому матеріалі «домішки», що називають домінантними атомами, вводять у кристалічну решітку. Ці атоми мають або на один електрон більше або на один електрон менше в порівняннні з кристалом кремнію. Кремній, легуючий додатковим атомом електрону, належить до n-типу; кремній, легуючий відсутнім атомом електрону, належить до p-типу.

У матеріалі n-типу електрон може вільно рухатися в кристалі й так переносити електричний заряд. У матеріалі p-типу утворюється «отвір» для кожного домінантного атома, доданого в матеріал. Цей отвір може бути заповнений іншим електроном, але потім може створити інший отвір в іншому місці.

У фотоелектричних елементах напівпровідники n-типу і p-типу разом утворюють з’єднання. Під час з’єднання відбувається дифузія електрона з n-типу в p-тип, створюючи заряджену область. Якщо панель піддається впливу світла, фотони абсорбують електрони, які порушують електронні зв'язки. Ці вільні електрони належать до n-типу, а сформований отвір мігрує в p-типі. Цей ефект створює напругу в сонячному елементі. Якщо ланцюг замкнутий, то утворюється струм.

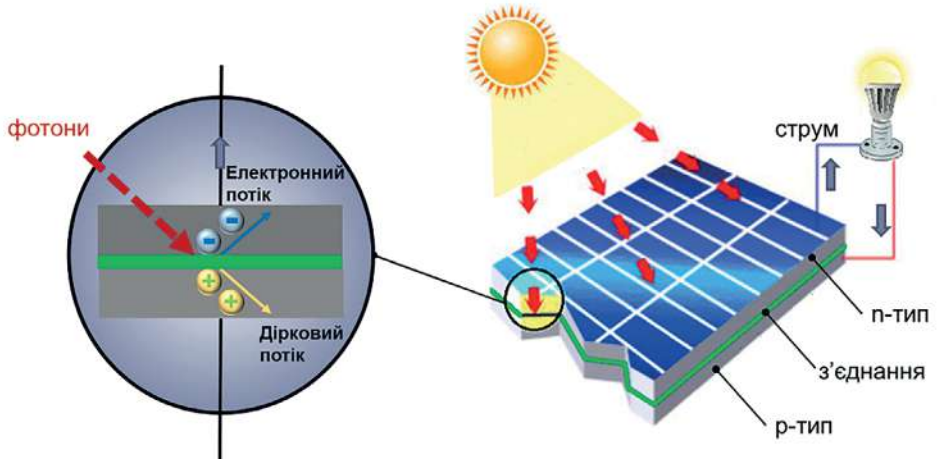


Рисунок 7.56

Фотоелектричний ефект: пряме перетворення сонячного світла в електричну енергію

Фотоелектричні (сонячні) модулі та панелі

Сонячна панель є одиничним блоком сонячного модуля. Об'єднані сонячні панелі утворюють сонячний модуль. Для житлового сектору типовими є фотоелектричні (сонячні) модулі, які складаються з близько 60 сонячних панелей. Під час збільшення кількості панелей у модулі напруга й потужність також зростатимуть.

Фотоелектричні (сонячні) модулі потім об'єднують у фотоелектричні (сонячні) масиви. Під час послідовного підключення напруга збільшується завдяки підключенню позитивного заряду одного сонячного модуля до негативного заряду іншого сонячного модуля. Під час паралельного з'єднання величина вихідного струму збільшується, а напруга залишається постійною. Під час паралельного підключення фотоелектричних модулів всі їх позитивні заряди з'єднані разом і всі негативні заряди тих самих модулів також з'єднані разом.

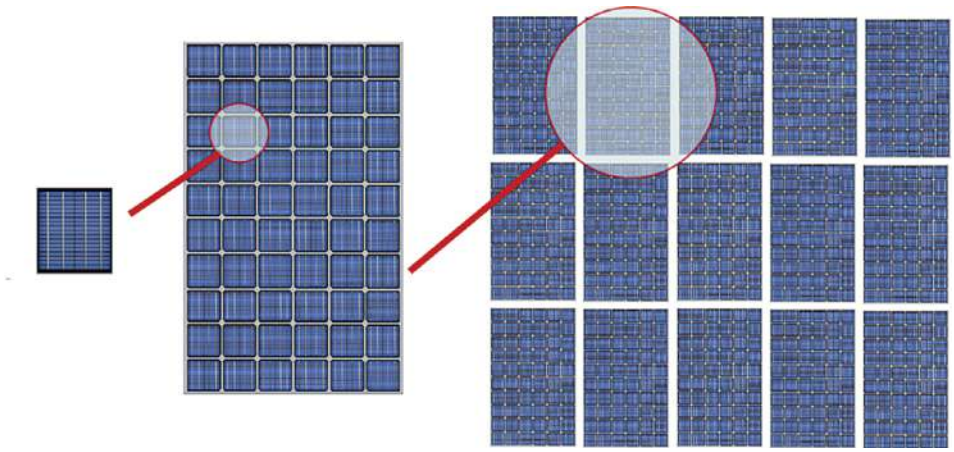


Рисунок 7.57

Принцип утворення масивів фотоелектричних панелей

Основні технології фотоелектричних модулів

На ринку є декілька типів сонячних панелей: від кристалічних кремнієвих панелей (монокристалічних, полікристалічних) до тонкоплівкових панелей. Вони мають різні розміри, зовнішній вигляд, колір та ефективність.

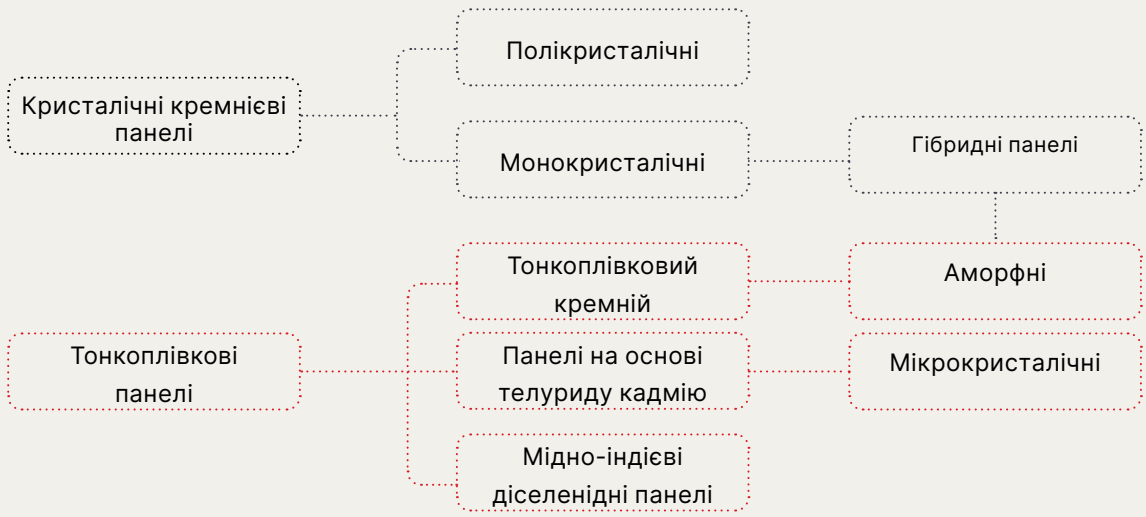
У загальному вигляді кристалічна кремнієва панель у порівнянні з тонкоплівковими ФЕ-модулями, це:

1. Кристалічний кремній, що є найбільш зрілою ФЕ-технологією, що забезпечує високу ефективність і тому здебільшого не потребує високих вимог для розміщення. Це рішення є найкращим у випадку, якщо є потреба у великій потужності, а простір для інсталяції модулів є обмеженим.

2. Тонкоплівкові панелі мають чудові температурні коефіцієнти, але дещо менш ефективні. Однак, вони мають більш високі показники продуктивності за низької освітленості. Загалом, вони потребують більшого простору. Таке рішення є кращим, якщо не має особливих вимог до місця встановлення, тому розташування установки має низькі або дифузні умови освітлення та/або високі температури навколишнього середовища.

Рисунок 7.58

Типи сонячних панелей



Фотоелектричні модулі мають такі характеристики:

P_{max} – максимальна потужність, що означає, що цей модуль ФЕ може забезпечувати певну максимальну електричну потужність. Це досягають у точці максимальної потужності I-V-кривої модуля.

V_{pmax} – максимальна напруга, тобто напруга в точці максимальної потужності I-V-кривої модуля.

I_{pmax} – максимальний струм, тобто вихідний струм у точці максимальної потужності кривої I-V модуля.

V_{oc} – напруга відкритого контуру, яку вимірюють на виході модуля з відкритим контуром (без електричного навантаження).

I_{sc} – струм короткого замикання, який вимірюють під час короткого замикання терміналу модуля через амперметр (прилад, що використовують для вимірювання струму в ланцюзі).

Тоді максимальна напруга системи є максимальною межею, коли модулі і ваги підключаються послідовно.

Загальні налаштування сонячної ФЕ-системи

Фотоелектричні (ФЕ) системи можна згрупувати в автономні й мережеві.

Їх застосування варіюється від невеликих систем, що використовують для електрифікації сільських районів (кілька кВт) до великих масштабів.

Рисунок 7.59
Автономні системи

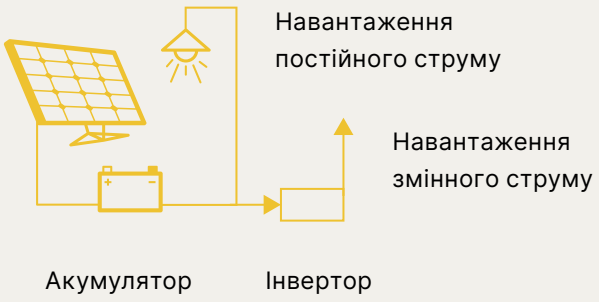
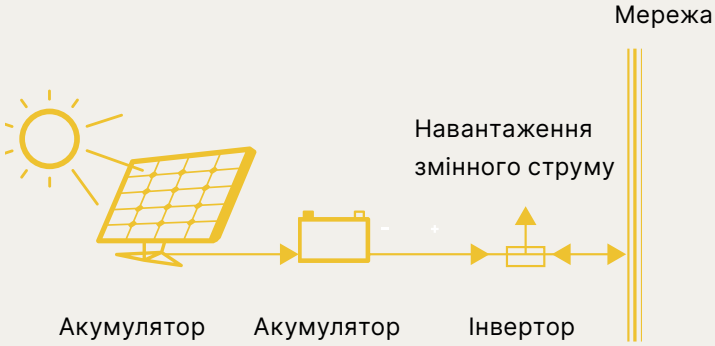


Рисунок 7.60
Мережеві системи



Система мережевого підключення

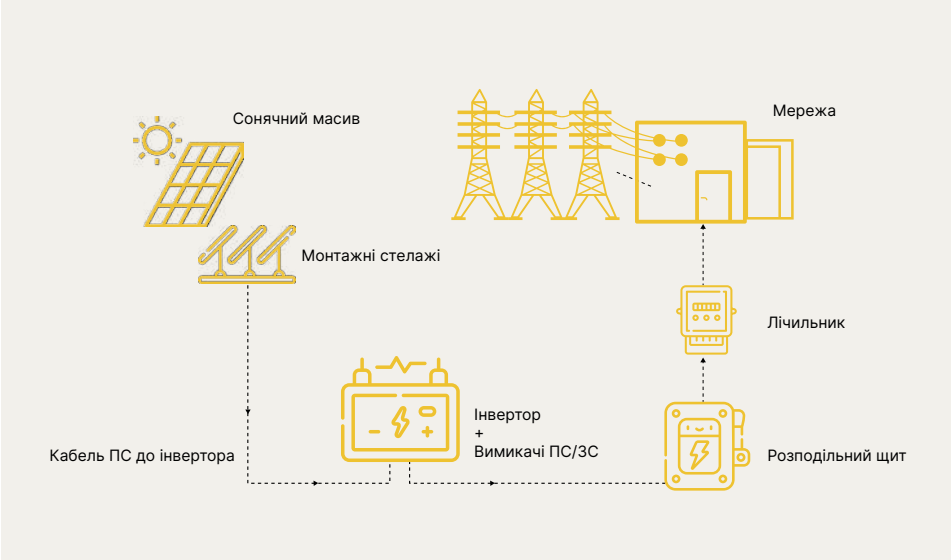


Рисунок 7.61

Мережеве підключення

Система мережевого підключення містить такі основні компоненти (див. рисунок вище):

1. ФЕ-модулі/масиви (кілька фотоелектричних модулів, з'єднаних послідовно та/або паралельно).
2. Кабелі постійного струму (ПС).
3. Вимикачі змінного (ЗС)/ постійного (ПС) струму.
4. Інвертор.
5. Кабель змінного струму (ЗС) та розподільний щит.
6. Лічильник (тип лічильників залежно від вимог оператора системи розподілу).
7. Підключення до мережі.

Початковий дизайн проєкту

Основними вихідними даними для оцінки енергетичного ефекту фотоелектричної системи є:

1. Місце розташування панелей.
2. Нахил, азимут.
3. Узагальнені коефіцієнти втрат.
4. Метеорологічна база даних.

Для початкової оцінки енергетичного ефекту фотоелектричних панелей можна скористатись онлайн-інструментами, які зазвичай представлені на сайтах виробників панелей. Крім того, для узагальненої оцінки можна використовувати онлайн-інструменти, наприклад, ФЕ ГІС

(*www.re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html*, який є в доступі на сайті з інтерфейсами англійською, італійською, французькою, італійською та іспанською мовами). Цей інструмент містить:

1. Загальні властивості компонента.

2. Узагальнені коефіцієнти втрат.

Цей інструмент дає змогу оцінити середньомісячне та річне виробництво енергії фотоелектричної системи, підключеної до електромережі без акумулятора. Розрахунок враховує сонячне випромінювання, температуру, швидкість вітру та тип фотомодуля. Користувач може вибрати спосіб монтажу модулів: або інтегровані в будівлі із заздалегідь визначеними кутами нахилу або орієнтації або у вільному положенні, стоячи, де ці кути можуть бути визначені користувачем або користувач може вимагати від PVGIS обчислення оптимального нахилу та орієнтації, що максимізує річне виробництво енергії. Розрахунки проводяться з повним тимчасовим охопленням вибраної бази даних сонячної радіації.

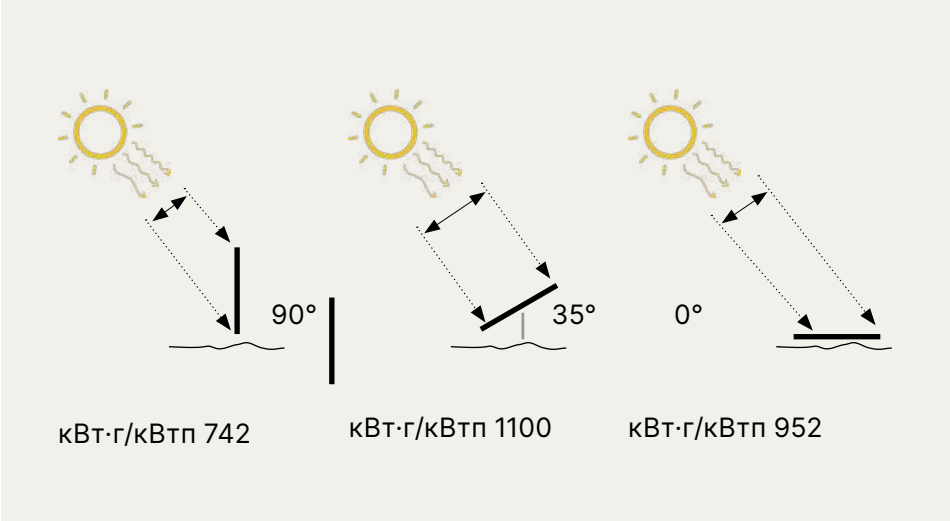


Рисунок 7.62

Приклади співвідношення кута нахилу фотоелектричного модуля та азимута. Приклад для міста Києва з установкою, орієнтованою на південь

Теплові насоси

Теплові насоси належать до обладнання, яке завдяки своїй технології примножує теплову енергію альтернативних джерел (ґрунту, навколишнього повітря, ґрунтових вод) і переносить його в систему опалення.

В основі роботи теплових насосів покладено такі принципи:

1. Тепло передається від теплішого тіла до холоднішого, таким чином збільшуючи ентропію системи. Тому енергія не протікатиме спонтанно від об'єкта з низькою температурою до об'єкта з вищою температурою.

2. Неможливо, щоб тепло надходило від холоднішого тіла до теплішого без застосування впливу для досягнення цього потоку. Отже, необхідна робота для передачі енергії від більш холодного об'єкта до більш теплого об'єкта.

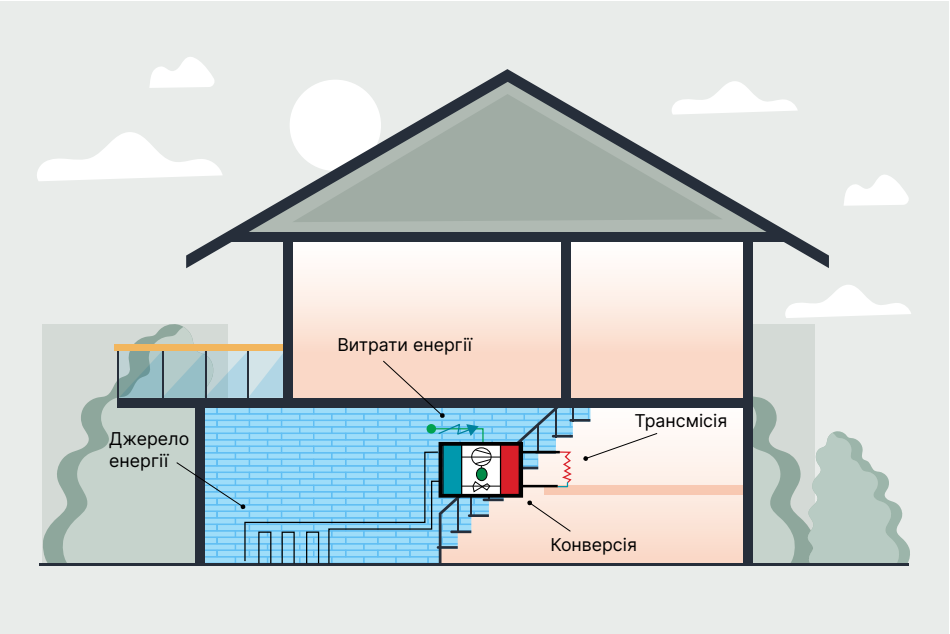


Рисунок 7.63

Схематичне зображення роботи теплового насосу

Теплові насоси передають тепло через циркуляцію охолоджувальної речовини (холодоагенту) в процесі циклу випаровування та конденсації.

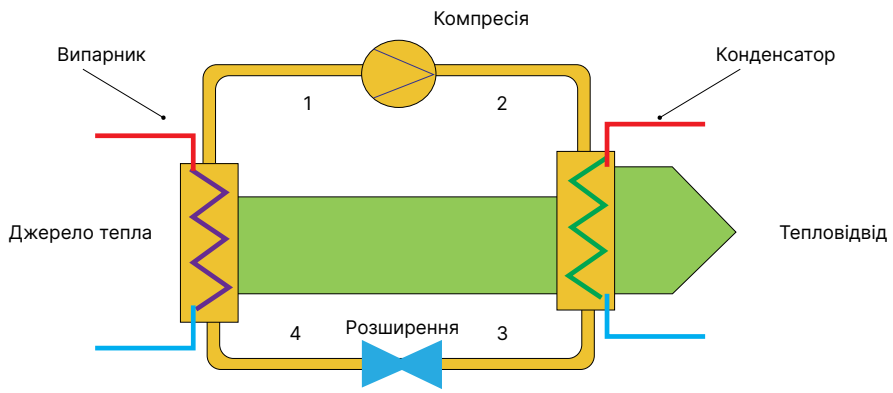


Рисунок 7.64

Схема роботи теплового насосу

Термодинамічний цикл теплового насоса охоплює:

1-2 Компресор: за допомогою нього підвищується тиск газоподібного холодоагента.

2-3 Конденсатор: подає корисну енергію. Стиснений газ охолоджується в конденсаторі.

3-4 Розширення (дросель/детандер): тиск знижується всередині регулюючого клапана (дроселя), а газ розширюється. Внаслідок розширення утворюється газоподібна й рідка суміш. Ця суміш надходить у сепаратор рідини.

4-1 Випарник: рідину перекачують до випарника. Енергія, необхідна для випаровування, подається джерелом тепла.

Теплові насоси характеризуються такими основними показниками:

1. Коефіцієнт корисної дії - ККД
2. Сезонний коефіцієнт продуктивності - СКП
3. Теоретична й реальна ефективність
4. Температурний режим (різниця температур між джерелом тепла й користувачем)

$$ККД = \frac{\text{Вихідна енергія}}{\text{Вхідна електроенергія}}$$

$$СКП = \frac{\text{Сезонне виробництво теплоенергії}}{\text{Сезонне споживання електроенергії}}$$

Рисунок 7.65

Ефективність системи теплового насоса

Коефіцієнт корисної дії (ККД) – показник ефективності теплового насоса. Для визначення ККД необхідно вихідну енергію поділити на вхідну електроенергію, потрібну для роботи теплового насоса за визначеної температури. Чим вище показник ККД, тим ефективніше працює тепловий насос.

Сезонний коефіцієнт продуктивності (СКП) – це показник сумарної теплової потужності теплового насоса в кВт протягом усього опалювального сезону, що ділиться на сумарну кількість енергії у кВт·год, яку він використовує впродовж цього часу.

СКП теплового насоса особливо залежить від різниці температур між джерелом тепла й користувачем. Різниця температур між температурами конденсації та випаровування впливає на ефективність: чим менше різниця, тим вище показник СКП.

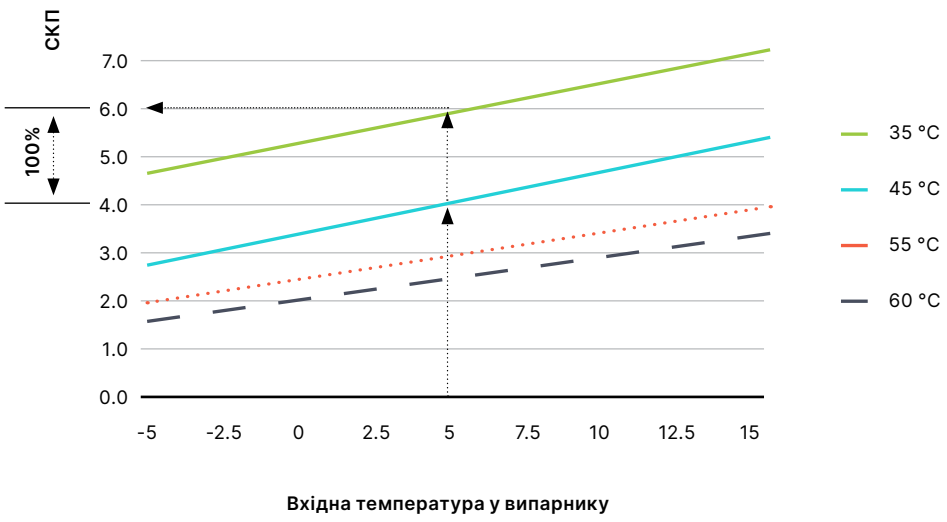


Рисунок 7.66

Залежність СКП теплового насосу від вхідної температури у випарнику

Графік, показаний на рисунку вище, є прикладом впливу цієї різниці температур на СКП. Наприклад, якщо врахувати температуру джерела тепла 5°C із системою опалення, що працює за температури 45°C, то показник СКП дорівнює 4. Однак, якщо опалювальна система могла б працювати за 35°C, то СКП дорівнював би 6, що є 100% поліпшенням!

На підставі цих міркувань можна зробити висновок, що теплові насоси є чудовим рішенням для систем опалення, які можуть працювати за низьких температур.

Електроенергія **28.5%**

100% Теплоенергія

Джерело тепла **71.5%**

Обчислення СКП

$$\text{СКП} = \frac{100\%}{28.5\%} = 3.5$$

Рисунок 7.67

Сезонний коефіцієнт продуктивності теплового насоса

На рисунку вище показано приклад розрахунку СКП опалювального насоса. Протягом повного теплового сезону тепловий насос постачав до будівлі 100 МВт·г теплової енергії. Водночас сумарне споживання електроенергії для роботи теплового насоса (як компресора, так і всіх насосів циклу) становило 28,5 МВт·г. Отримане значення СКП складає 3,5. Це важлива величина, яку потрібно знати для техніко-економічного обґрунтування (оцінки).

Джерела енергії теплових насосів

Теплові насоси можуть працювати з декількома джерелами енергії:

1. Повітря.
2. Вода.
3. Ґрунт.

Загалом, чим вища температура джерела тепла, тим нижча буде робота, необхідна в компресорі, а тому й вищий ККД.

Таблиця 7.6.1 Порівняння джерел енергії для теплових насосів

	Повітря	Вода	Земля
Переваги	Завжди доступне.	Більш стійкі умови протягом року. Дає змогу отримувати найвищий СКП.	Температура стабільна завдяки збільшенню глибини.
Недоліки	Змінне джерело й зовнішня температура нижча зі збільшенням навантаження. Шум лопастей. Споживає енергію на відтанення.	Нелегко доступна всюди. Потребує дозволів, зокрема, для безпосереднього використання водних ресурсів.	Необхідні масштабні роботи копання або буріння. Значні витрати на встановлення порівняно з безпосереднім використанням води або використанням повітря як джерела тепла.

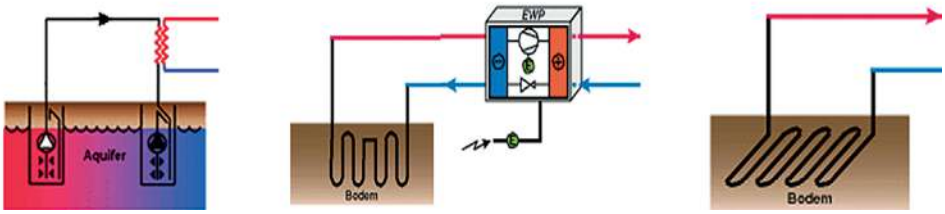


Рисунок 7.68

Первинні геотермальні енергетичні джерела

Розміри системи теплового насоса

Обираючи тепловий насос важливо розуміти, яке навантаження необхідно забезпечити. Перевищення необхідних розмірів системи теплового насоса збільшує як витрати на закупівлю необхідного обладнання, так і на його монтаж та обслуговування.

Зазвичай тепловий насос може працювати на 30–40% необхідного навантаження, що має покривати близько 80–85% потреб у енергоспоживанні будівлі.

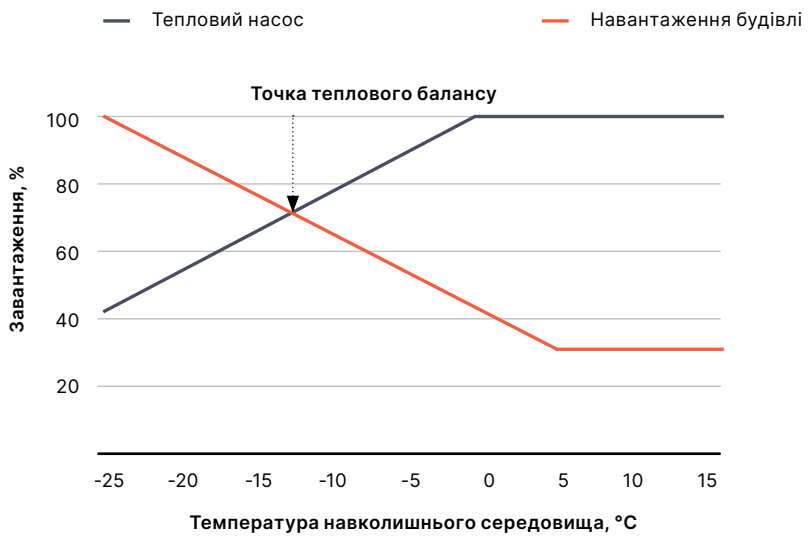


Рисунок 7.69

Визначення точки теплового балансу

Рисунок 7.70

Каскад теплових насосів

ККД теплового насоса залежить також від необхідної температури теплоносія. Чим нижча необхідна температура, тим вищий ККД і СКП системи.

Система теплового насоса краще працює з низькотемпературними системами, наприклад, підігрів підлоги.

Під час планування проєкту реконструкції ці аспекти слід враховувати. Не рекомендують встановлювати тепловий насос у високотемпературні системи.

Рисунок 7.71

Стіни та стелі з підігрівом

Рисунок 7.72

Підігрів підлоги

08

Фінансова / економічна оцінка інвестицій в проєкти з енерго-ефективності

8. Фінансова / економічна оцінка інвестицій в проєкти з енергоефективності

Звіт з енергоаудиту повинен містити детальну інформацію про запропоновані заходи з енергоефективності, а також розрахунок їх рентабельності. Фінансова оцінка заходів з енергоефективності є основою для прийняття рішення об'єднанням співвласників багатоквартирного будинку щодо реалізації проєкту, а тому співвласникам житлового будинку потрібно знати, як впровадження проєкту впливатиме на їхні витрати. У цьому розділі описано основні моменти щодо проведення фінансової та економічної оцінки проєктів з енергоефективності будівель.

Загальні положення

Найбільш поширеними запитаннями співвласників будинку щодо фінансової оцінки заходів з енергоефективності є:

1. Скільки я платитиму за цей проєкт щомісяця?
2. Протягом якого періоду я платитиму за нього?

Якщо потрібне зовнішнє фінансування, звіт із енергоаудиту повинен надавати фінансовій установі економічну й фінансову інформацію про проєкт та, зокрема, щодо його рентабельності і можливості реалізації.

Фінансова установа, яку планується залучити до фінансування проєкту з енергоефективності, потребуватиме економічних показників й інформації для оцінки проєкту та прийняття рішення щодо його фінансування.

Найбільш поширеним запитанням фінансової установи щодо фінансової оцінки заходів з енергоефективності є питання про те, чи зможуть співвласники будинку повернути борг.

Мета й предмет економічного та фінансового аналізу – дати відповіді на всі ці запитання.

Оцінка рентабельності, як окремих заходів з енергоефективності, так і проєкту в цілому, є важливою частиною енергетичного аудита.

Зазвичай розрахунок рентабельності стандартного проєкту передбачає наступні кроки:

1. Визначення основних економічних показників.
2. Розрахунок заощаджень від реалізації заходів з енергоефективності або проєкту в натуральному і грошовому вигляді.
3. Розрахунок показників рентабельності.

Фінансово-економічні розрахунки

Для проведення фінансово-економічних розрахунків необхідно мати наступні вхідні дані:

1. Інвестиція (капітальні витрати), I_0 [грн.] - охоплює всі витрати, пов'язані з проєктом, в тому числі із врахуванням податків (наприклад, ПДВ)
2. Чисті річні заощадження, C [грн./рік] - річні заощадження, отримані завдяки реалізації заходів або проєкту з енергоефективності.
3. Горизонт планування, n [рік] – практичний термін експлуатації для інвестиції/обладнання. Тобто період часу, протягом якого проєкт буде створювати чистий прибуток або граничний термін експлуатації, перш ніж вигідно замінити нове обладнання або провести його капітальний ремонт.
4. Індекс інфляції, i [%] - визначається як середньорічне підвищення цін на всі споживчі товари. Для проєкту з енергоефективності в разі, якщо ціни на енергію змінюються значно швидше, ніж середня інфляція, можуть використовувати відносне значення.
5. Номінальна ставка дисконтування, rn [%] - відсоткова ставка без урахування інфляції.
6. Реальна ставка дисконтування, r [%] - є номінальною відсотковою ставкою, яку коригують з урахуванням індекса інфляції.

Інвестиції (капітальні витрати)

Під час розрахунку інвестиційної складової (капітальних витрат проєкту з енергоефективності) в енергоаудиті важливо враховувати витрати, пов’язані з проєктом, які слід покрити для його реалізації.

Для врахування невизначеності на ринку слід оцінити можливі непередбачувані обставини, такі як інфляція витрат на будівництво або можливі непередбачувані витрати, які можуть збільшити вартість будівництва.

Інвестиції включають в себе всі витрати, пов'язані з реалізацією проєкту, а саме витрати на:

1. Проведення енергоаудиту.
2. Обстеження технічного стану будівлі.
3. Розроблення проєктно–кошторисної документації (ПКД).
4. Проведення державної експертизи ПКД.
5. Банківські збори за оформлення кредитів.
6. Будівництво та монтаж, пуско-налагоджувальні роботи (організація будівельного майданчика, матеріалів, обладнання, роботи тощо).
7. Проведення технічного нагляду.
8. Проведення авторського нагляду.
9. Проведення навчання персоналу.
10. Покриття ризиків та невизначеності.

Чисті річні заощадження

Для проведення фінансової оцінки заходів перед цим мають бути розраховані заощадження енергії у натуральному вигляді (МВт·год/рік) відповідно до запропонованих заходів з енергоефективності.

Після реалізації заходів, які є результатом інвестицій, споживання енергії (МВт·год/рік) знижується порівняно з початковим станом у проєктах з енергоефективності. Якщо реалізований захід/проєкт вимагає додаткового обслуговування (наприклад, встановлено нову установку, що потребує обслуговування) або навпаки веде до зниження витрат на обслуговування, це також слід враховувати під час розрахунку чистих річних заощаджень.

Спрощений розрахунок річних чистих заощаджень [грн./рік] від запропонованого енергоефективного заходу або проєкту в цілому проводиться за формулою:

$$C = S \cdot E \pm \Delta O\&M \qquad (8.1)$$

де C – річні чисті фінансові заощадження, грн./рік;

S - заощадження енергії, МВт·год/рік;

E - тарифи на енергію, грн./ МВт·год;

Δ O&M - зміни у витратах на експлуатацію і обслуговування (+ або -), грн./рік.

Горизонт планування

Горизонт планування може визначатися, виходячи із технічного/економічного терміну служби, або з точки зору фінансової установи, що надає позику, як період часу, протягом якого проєкт буде створювати чистий прибуток і дозволить повернути позичальнику кредитні кошти.

Під технічним терміном служби розуміється фізичний термін служби обладнання, тобто як довго може технічно експлуатуватися обладнання.

Економічний термін служби - практичний термін служби обладнання, тобто термін служби до того моменту, коли заміна обладнання на нове стає рентабельною.

Якщо вузли/вироби замінюються раніше, ніж вони зносяться, оскільки нові і більш ефективні комплектуючі з'явилися на ринку, то економічний термін служби коротше технічного. Зміни в стандартах і нормативах, цінах на енергію, вимоги до комфорту і т.д. також можуть привести до заміни обладнання до закінчення його технічного терміну служби.

Приклад: у нового персонального комп'ютера (ПК) технічний термін служби 7-10 років, але економічний - як правило, 3 роки. Оскільки на ринку з’являються потужні комп’ютери, що дозволяють вирішувати більш складні задачі або використовувати надсучасне програмне забезпечення, для якого потрібні відповідні потужності.

Індекс інфляції

Інфляція визначається як середнє збільшення цін за рік на всі споживчі товари. Інфляцію важко передбачити, вона може змінюватися для різних груп товарів і послуг, а також для тарифів на комунальні послуги (включаючи енергію і воду).

Ставка дисконтування

Ставка дисконтування використовується для розрахунку вартості на даний момент, наприклад, майбутньої економії енергетичних витрат, скоригованої на вартість капіталу. Тобто це коефіцієнт, що застосовується для визначення поточної вартості, виходячи з грошових потоків, які прогнозуються на майбутнє, за умови їх зміни протягом періодів прогнозування.

Вона може розглядатися як мінімальна норма прибутковості, очікувана інвестором від проєкту, а також показує прибутковість альтернативних вкладень коштів і може прийматися на рівні:

1. Облікової ставки НБУ.
2. Банківських відсотків по депозитних рахунках.
3. Рентабельності власних коштів підприємств.
4. Індексу інфляції.
5. Відсоткової ставки, що пропонує інвестор.

У різних інвесторів / клієнтів - різні вимоги і ставка дисконтування, яка використовується для розрахунків рентабельності, може значно відрізнятися від інвестора до інвестора.

Приклади зміни вартості грошей у часі

У першому прикладі показано ідею зміни вартості коштів у часі шляхом збереження грошей на банківському депозиті (перенесення вперед у часі), тобто гроші використовуються для отримання прибутку/користі *(див. табл.8.1)*.

Таблиця 8.1 Гроші, що використовують для отримання прибутку/користі

Показник	Опис показника	Одиниця вимірювання	Значення
I_0	Сума грошей на депозиті сьогодні	грн.	1 000
C_n	Сума грошей після n років	грн.	2 011
r_n	Відсоткова ставка	%	15
n	Час, протягом якого гроші перебувають на депозиті	роки	5

Через 1 рік:

$C_1 = C_0 + C_0 \cdot rn = C_0 \cdot (1 + \cdot r_n) = 1000$ грн $\cdot$ (1+15%) = 1150 грн.

Через 2 роки:

$C_2 = C_1 + C_1 \cdot r_n = C_1 \cdot (1 + \cdot r_n) = C_0 \cdot (1 + \cdot r_n)^2 = 1000$ грн $\cdot$ $(1+15\%)^2$ =
= 1323 грн.

Через n років:

$$C_n = C_0 \cdot (1 + r_n)^n \qquad (8.2)$$

Графічно результати розрахунків представлені на *рис. 8.1.*

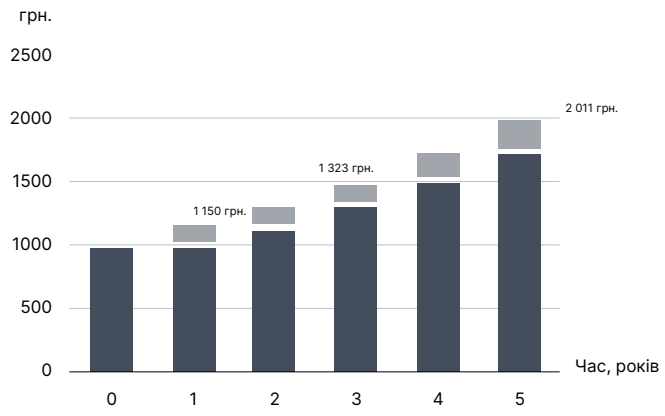


Рисунок 8.1

Розрахунок суми грошей, розміщених на депозиті

Наступний приклад ілюструє застосування концепції дисконтованої вартості, яка відображає зворотний рух у часі (перенесення назад у часі). Це дуже важливо для того, щоб розуміти майбутній дохід сьогодні.

Таблиця 8.1 Гроші, що використовують для отримання прибутку/користі

Показник	Опис показника	Одиниця вимірювання	Значення
C_n	Сума грошей після n років	грн.	2 594
C_0	Нинішня вартість грошей	грн.	1 000
r	Реальна процентна ставка	%	10
n	Час	роки	10

Ставка дисконтування

$$C_o = \frac{C_n}{(1+r)^n} \qquad (8.3)$$

де $\frac{1}{(1+r)^n}$ - коефіцієнт дисконтування

$C_o = \frac{2594}{(1+10\%)^{10}}$ = 1000 грн.

Графічно результати розрахунків представлені на *рис. 8.2*.

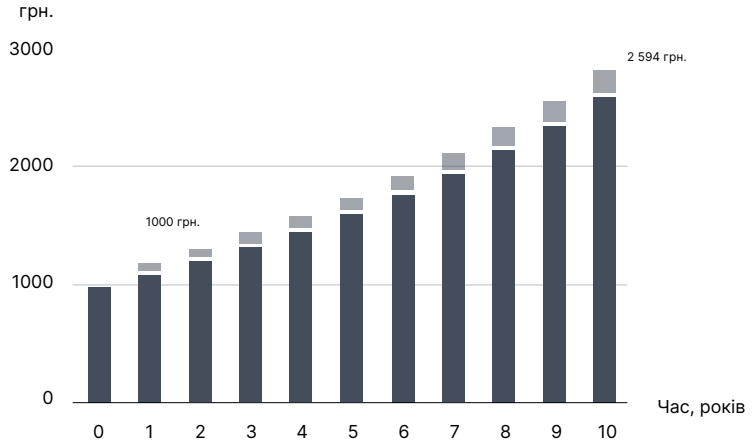


Рисунок 8.2

Розрахунок суми майбутніх грошей сьогодні

Таблиця 8.3 Розрахунок рентабельності проєкту за реальною та номінальною ставками дисконтування

Показник	Одиниця вимірювання	Значення
Реальна ставка, r	%	6,5
Інфляція, i	%	0,0
Номінальна ставка, r_n	%	15,0
Інфляція, i	%	8,0

Ставка дисконтування може виражатися в номінальних або реальних величинах, коли реальна ставка дисконтування скоригована для усунення ефекту очікуваної інфляції.

$$r = \frac{r_n - i}{1 + i} = \frac{0{,}15-0{,}08}{1+0{,}08} = 0{,}064815=0{,}065=6{,}5\% \qquad (8.4)$$

Таблиця 8.4 Приклад грошового потоку з реальною ставкою дисконтування

Грошові потоки проєкту, грн.	**Роки**					
	0	1	2	3	4	5
Інвестиції	100 000					
Чисті щорічні заощадження		60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Чистий грошовий потік	**- 100 000**	**60 000**	**60 000**	**60 000**	**60 000**	**60 000**
Акумульований простий грошовий потік	- 100 000	-40 000	20 000	80 000	140 000	200 000
Коефіцієнт дисконтування (6,5%)	1,000	0,939	0,882	0,828	0,778	0,731
Дисконтований грошовий потік	- 100 000	56 346	52 918	49 697	46 672	43 831
Акумульований дисконтований грошовий потік	- 100 000	-43 652	9 266	58 963	105 634	***149 465***

Таблиця 8.5 Приклад грошового потоку з номінальною ставкою дисконтування

Грошові потоки проєкту, грн.						**Роки**
	0	1	2	3	4	5
Інвестиції	100 000					
Чисті щорічні заощадження		64 800	69 984	75 583	81 629	88 160
Чистий грошовий потік	**- 100 000**	**64 800**	**69 984**	**75 583**	**81 629**	**88 160**
Акумульований простий грошовий потік	- 100 000	-35 200	34 784	110 367	191 996	280 156
Коефіцієнт дисконтування (15%)	1,000	0,870	0,756	0,658	0,572	0,497
Дисконтований грошовий потік	- 100 000	56 346	52 918	49 697	46 672	43 831
Акумульований дисконтований грошовий потік	- 100 000	-43 652	9 266	58 963	105 634	***149 465***

Розрахунок показників рентабельності

У звіті з енергоаудиту має бути наведена інформація для співвласників будинку про фінансові вигоди, які вони отримають від впровадження заходів з підвищення енергоефективності.

Є декілька важливих показників для розрахунку рентабельності інвестицій у заходи з енергоефективності (проєкти). Найбільш поширеними з них є:

1. Простий період окупності (SPP - simple payback period).
2. Чиста поточна/приведена вартість (NPV – net present value).
3. Коефіцієнт чистої приведеної вартості.
4. Дисконтований період окупності (DPP - discounted payback period).
5. Внутрішня норма прибутковості (IRR - internal rate of return).

Розрахунок рентабельності – простий період окупності

Простий період окупності – це час, який потрібен для того, щоб сума заощаджень від реалізації енергоефективного заходу або проєкту в цілому, відшкодувала суму інвестицій на їх впровадження. Чим коротший період окупності проєкту, тим проєкт є більш привабливим і доцільним до впровадження.

Період окупності зазвичай вимірюється в роках або місяцях.

$$SPP = \frac{I_0}{C} \text{ [років]} \qquad (8.5)$$

де I_0 – інвестиції (капітальні витрати), грн.

C - річні чисті заощадження, грн./рік.

Якщо простий період окупності перевищує термін служби заходу, то цей захід є нерентабельним.

Метод розрахунку простого періоду окупності дуже зручний для виконання швидких розрахунків і має як свої переваги, так і недоліки.

До переваг методу можна віднести наступні:

1. Зручний інструмент простих розрахунків.
2. Легко зрозумілий для швидкої оцінки рентабельності енергоефективного заходу або проєкту.

Серед недоліків методу можна зазначити наступні:

1. Метод слід використовувати, коли реальна ставка дисконтування низька.
2. Оцінку рентабельності по простому терміну окупності є сенс проводити для енергоефективних заходів або проєктів з періодом окупності менше 10 років.
3. Метод не враховує величин річної економії по закінченню періоду окупності.

Приклад розрахунку простого періоду окупності

Захід з енергоефективності, що пропонується до реалізації: термоізоляція магістральних трубопроводів

Інвестиції, I_0 – 84 000 грн.

Чисті річні заощадження, C - 21 000 грн./рік.

$$SPP = \frac{I_0}{C} = \frac{84\ 000\ \text{грн.}}{21\ 000\ \text{грн./рік}} = 0{,}064815 = 0{,}065 = 6{,}5\% \qquad (8.6)$$

Розрахунок рентабельності - чиста поточна/ приведена вартість

Англійській еквівалент: Net present value (NPV).

Показник чистої поточної (приведеної) вартості (NPV) енергоефективного заходу або проєкту в цілому є поточною сумою майбутніх річних чистих заощаджень протягом періоду економічної рентабельності інвестиції (горизонту планування), не враховуючи інвестицій.

Він є узагальненим кінцевим результатом інвестиційної діяльності в абсолютному вимірі.

Якщо NPV > 0, то поточна вартість заощаджень від впровадження заходів перевищує поточну вартість витрат і захід або проєкт є вигідним для реалізації.

При NPV < 0 – захід або проєкт є не вигідним для реалізації тому, що отриманий грошовий потік від заощаджень не компенсує капітальні вкладення.

Якщо NPV = 0, то реалізація заходу або проєкту беззбиткова. Горизонт планування проєкту є важливим фактором для оцінки рентабельності методом NPV.

Показник чистої поточної (приведеної) вартості розраховується за формулою:

$$NPV = \left[\frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{C_1}{(1+r)^1} + \dots \frac{C_1}{(1+r)^1} \right] - I_o \text{ або } NPV = \sum_{n=1}^{n} \frac{C_n}{(1+r)^n} - C_o \text{ [грн]} \qquad (8.7)$$

де I_0 – інвестиції (капітальні витрати), грн.

C_n – річні чисті заощадження, грн./рік.

n – горизонт планування, рік.

r – реальна ставка дисконтування, %.

Для однакових заощаджень кожного року: $C_1 = C_2 = \dots C_n$

$$NPV = C \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_o \qquad (8.8)$$

Показник чистої поточної вартості входить до числа найчастіше використовуваних критеріїв оцінки ефективності інвестицій.

До переваг методу можна віднести наступні:

1. Враховують повний період економічної рентабельності інвестицій.
2. Враховується зміна вартості грошей у часі.
3. Враховують інфляцію та процентну ставку.

Серед недоліків методу можна зазначити наступні:

1. У реальності чітку точну оцінку майбутніх грошових потоків від економії впровадження заходів з енергоефективності складно спрогнозувати на досить значний період.
2. Передбачається, що ставка дисконтування незмінна протягом усього періоду проєкту, а отже, реальна ставка дисконтування може в наступні роки значно відрізнятися від розрахункових.

Приклад розрахунку чистої поточної вартості

Захід з енергоефективності, що пропонується до реалізації: термоізоляція магістральних трубопроводів

Інвестиції, I_0 – 84 000 грн.

Чисті річні заощадження, C - 21 000 грн./рік

Горизонт планування – 10 років.

Ставка дисконтування - 7%.

$$NPV = C \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_o = 21\,000 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \cdot \frac{1 - (1 + 7)^{-10}}{7\%} - 84\,000 \text{ грн.} = 63\,504 \text{ грн.} \quad (8.9)$$

Приклад: чисті річні заощадження – 21 000 грн./рік. Значення кожного з цих заощаджень приведено до їх поточної вартості з урахуванням ставки дисконтування – 7%. Від цієї суми відраховують необхідну суму інвестицій для реалізації проєкту – 84 000 грн. Отримані 63 504 грн і є NPV. Зазначена сума більше 0, отже, захід є вигідним до впровадження (рентабельним).

Розрахунок рентабельності – коефіцієнт чистої поточної/ приведеної вартості

Коефіцієнт чистої приведеної вартості, NPVQ, - це відношення чистої приведеної вартості до сумарних інвестицій:

$$NPVQ = \frac{NPV}{I_o} \quad (8.10)$$

де I_0 – інвестиції (капітальні витрати), грн.

NPV – чиста приведена вартість, грн.

Найбільший NPVQ вказує на найбільш прибутковий захід. NPVQ можна застосовувати при ранжуванні заходів з енергоефективності всередині проєкту. При значенні коефіцієнта NPVQ < 0 захід або проєкт не є вигідним для реалізації.

Приклад розрахунку коефіцієнта чистої поточної / приведеної вартості

З попереднього прикладу:

Інвестиції, I0 – 84 000 грн.

NPV – 63 504 грн.

$$NPVQ = \frac{NPV}{I_o} = \frac{63\,504 \text{ грн.}}{84\,000 \text{ грн.}} = 0{,}756 \qquad (8.11)$$

Розрахунок рентабельності – дисконтований період окупності

Англійській еквівалент: Discounted payback period (DPP).

Дисконтований період окупності – це час, за який окупаються інвестиції, враховуючи реальну ставку дисконтування. Це означає ту кількість років, за яку NPV стає рівною 0:

$$NPV = C \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_o \qquad (8.12)$$

де I_0 – інвестиції (капітальні витрати), грн.

C – річні чисті заощадження, грн./рік.

r – реальна ставка дисконтування, %.

Це рівняння може бути вирішено методом ітерацій із використанням коефіцієнта ануїтету чи за допомогою комп'ютерних розрахунків. Із використанням коефіцієнта ануїтету:

$$f = \frac{C}{-I_o} = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} = \text{коефіцієнт ануїтеду} \qquad (8.13)$$

Приклад розрахунку дисконтованого періоду окупності

Якщо відомі коефіцієнт ануїтету (f) і реальна ставка дисконтування (r), то дисконтований період окупності (n) можна знайти у таблиці ануїтету, як показано в наступному прикладі:

Інвестиції, I_0 – 71 500 грн.

Чисті річні заощадження, C - 15 000 грн/рік.

Реальна ставка дисконтування - 7%.

$$f = \frac{C}{-I_o} = \frac{15\,000 \text{ грн.}}{71\,500 \text{ грн.}} = 0{,}2098 \qquad (8.14)$$

Із табличних значень при реальній ставці дисконтування 7 % і коефіцієнті ануїтету 0,2098 дисконтований період окупності складе 6 років.

Розрахунок рентабельності – внутрішня норма прибутковості

Англійській еквівалент: Internal rate of return (IRR).

Внутрішня норма прибутковості - процентна ставка, при якій зрівнюється приведена вартість майбутніх чистих річних заощаджень та сума інвестицій для реалізації енергоефективного заходу (проєкту), тобто відсоткова ставка, при якій чиста поточна (приведена) вартість дорівнює NPV = 0. Економічний зміст даного показника полягає в тому, що він фактично показує усереднену щорічну прибутковість від впровадження заходу (проєкту) з урахуванням прийнятого горизонту планування.

Внутрішня норма прибутковості є другим за важливістю показником ефективності інвестиційних проєктів після чистої поточної (приведеної) вартості.

Показник внутрішньої норми прибутковості розраховується за формулою:

$$IRR \rightarrow NPV = C \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_o = 0 \qquad (8.15)$$

де I_0 – інвестиції (капітальні витрати), грн.

C – річні чисті заощадження, грн/рік.

n – горизонт планування, рік.

r – реальна ставка дисконтування, %.

Для розрахунку IRR рівняння NPV прирівнюють до нуля та розв’язують за функцією відсоткової ставки (r), що є IRR. Тому формулу IRR розраховують експериментальним способом або з використанням спеціального програмного забезпечення (наприклад, функція Excel – IRR).

Приклад розрахунку внутрішньої норми доходності

Захід з енергоефективності, що пропонується до реалізації: термоізоляція магістральних трубопроводів

Інвестиції, I_0 – 84 000 грн.

Чисті річні заощадження, C – 21 000 грн/рік.

Горизонт планування – 10 років.

$$NPV = C \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0 = 21\,000 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \cdot \frac{1 - (1 + 21.406\%)^{-10}}{7\%} - 84\,000 \text{ грн.} = 0{,}0 \text{ грн.} \quad (8.16)$$

IRR = 21,406%.

У цьому прикладі запропонований захід з енергоефективності порахований на горизонт планування в 10 років і внутрішня норма прибутковості становить 21,406%. Це означає, що інвестиції в запропонований захід дадуть у середньому 21,406% річних за 10 років при реальній ставці дисконтування 7%. Загалом, чим вища внутрішня норма доходності від реалізації заходу (проєкту), тим краще.

Графічне представлення розрахунку внутрішньої норми прибутковості наведено на рис. 8.3.

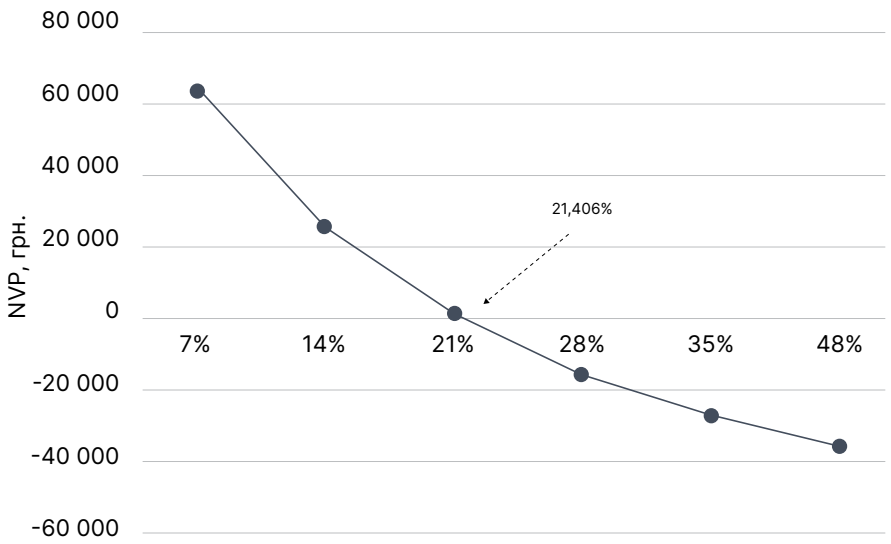


Рисунок 8.3

Графічне представлення розрахунку внутрішньої норми прибутковості

Ставка	7%	14%	21%	21,406%	28%	35%	42%
NPV	63 504	25 536	1 148	0	-15 344	-26 992	-35 504

Для співвласників житлового будинку економічні наслідки від реалізації проєкту також залежатимуть від способу його фінансування, зокрема:

1. Власні кошти співвласників житлового будинку.
2. Позика.
3. Гранти.

Приклад. Покроковий аналіз комплексної реконструкції

Наступний приклад показує покроковий аналіз комплексної реконструкції житлового будинку.

На підставі проведеного енергоаудиту запропонована до реалізації низка заходів з енергоефективності в житловому будинку.

Проєкт потребує інвестицій у розмірі 14 280 000 грн. У цей проєкт співвласникам житлового будинку необхідно інвестувати 5 040 000 грн власних коштів, а також вони беруть позику на суму 2 100 000 грн. у комерційному банку. Інші інвестиційні витрати в сумі 7 140 000 грн покриваються грантом від Фонду ЕЕ за умовами програми «Енергодім». Усі співвласники будинку отримають дохід від зменшення витрат на енергію (енергозбереження), сума якого оцінюється у 702 200 грн/рік. Позика є кредитом з ануїтетною схемою погашення із процентною ставкою 12% та 8-річним графіком погашення. Інфляцію передбачають на рівні 5% на рік. Зведена інформація щодо проєкту з енергоефективності наведена у таблиці 8.6.

Показники рентабельності, зокрема, чисту поточну вартість та внутрішню норму прибутковості розраховують із потоку коштів, згенерованого проєктом на підставі фактичного фінансового плану проєкту. Це дає більш чітку картину співвласникам будинку щодо окупності проєкту.

Із наведених даних щодо проєкту із впровадження заходів з енергоефективності можна розрахувати чисту поточну/приведену вартість грошового потоку. Для кожного чистого потоку коштів поточну/приведену вартість (PV) розраховують із використанням коефіцієнта дисконтування. Інакше кажучи, для кожного потоку коштів, що виникне в майбутньому, розраховується нинішня вартість грошей.

Нинішня вартість у нульовому році відповідає інвестиціям, що зробили співвласники будинку (власні кошти). Сума всіх поточних вартостей дорівнює чистій поточній вартості потоку коштів. Припускаючи, що період горизонту планування проєкту становить 20 років, це відповідає NPV = 1 932 664 грн.

Розрахунок всіх показників рентабельності щодо запропонованого енергоефективного проєкту наведений у таблиці 8.7.

Таблиця 8.6 Зведена інформація щодо проєкту з енергоефективності

Припущення	Одиниця виміру	Значення
Інвестиції	грн.	11 900 000
ПДВ	грн.	2 380 000
Всього інвестиції	грн.	14 280 000
Опалювальна площа	м²	3 800
Споживання енергії до	кВт/м² рік	210
Споживання енергії після	кВт/м² рік	100
Заощадження	кВт/м² рік	110
Заощадження	МВт·год/ рік	418
Тариф	грн./ МВт·год	1 680
Щорічні чисті заощадження	грн./рік	702 200
Інфляція	%	8
Відсоткова ставка	%	12

Таблиця 8.7 Розрахунок показників рентабельності щодо запропонованого енергоефективного проєкту

Інвестиції	**0**	**1**	**2**	**3**
Інвестиції	-14 280 000			
Фінансування				
Позика комерційного банку	2 100 000			
Власні кошти	5 040 000			
Грант Фонду ЕЕ	7 140 000			
Вартість обслуговування боргу		-422 736	-422 736	-422 736
Чисті щорічні заощадження		702 200	758 376	819 046
Чистий грошовий потік	-5 040 000	279 464	335 640	396 310
Акумульований простий грошовий потік	-5 040 000	-4 760 536	-4 424 896	-4 028 586
Коефіцієнт дисконтування	1	0,893	0,797	0.712
Дисконтований грошовий потік	-5 040 000	249 521	267 570	282 086
Акумульований дисконтований грошовий потік	-5 040 000	-4 790 479	-4 522 908	-4 240 823

Коефіцієнт дисконтування → $\frac{1}{(1+r)^n}$ → наприклад, на рік n=3 → $\frac{1}{(1+12\%)^3} = 0.712$

Дисконтований грошовий потік → Чистий грошовий потік × Коефіцієнт дисконтування → на рік 9 → 1 299 723· $\frac{1}{(1+12\%)^9}$ = 468 693 грн.

"Чиста поточна вартість → NPV = $PV_0 + PV_1 + PV_2 + \ldots PV_{20}$ = -5 040 000 + 249 521 + 267 570 + ... 314 161 = 1 932 664 грн.

Внутрішня норма прибутковості → IRR = 15.54%

4	5	6	7	8	9	...	15	...	20
-422 736	-422 736	-422 736	-422 736	-422 736					
884 570	955 335	1 031 762	1 114 303	1 203 447	1 299 723	...	2 062 497	...	3 030 485
461 834	532 599	609 026	691 567	780 711	1 299 723	...	2 062 497	...	3 030 485
-3 566 752	-3 034 153	-2 425 126	-1 733 559	-952 848	346 875	...	10 644 327	...	23 712 164
0,636	0,567	0,507	0,452	0,404	0,361		0,183		0,104
293 504	302 211	308 552	312 830	315 316	468 693		376 811		314 161
-3 947 319	-3 645 108	-3 336 556	-3 023 726	-2 708 410	-2 239 717		241 115		1 932 664

09

Енерго-менеджмент та облік енергії

9. Енергоменеджмент та облік енергії

Енергоменеджмент - діяльність, що спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів і базується на отриманні енергетичної інформації шляхом обліку, проведенні типових енергетичних вимірювань та перевірок, аналізуванні ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та впровадженні заходів з енергоефективності. Зважаючи на важливість цих питань для житлових будівель цей розділ показує роль та місце системи енергетичного менеджменту в загальній системі управління будівлею, а також основні переваги від встановлення систем енергетичного моніторингу в будівлі.

Загальні положення

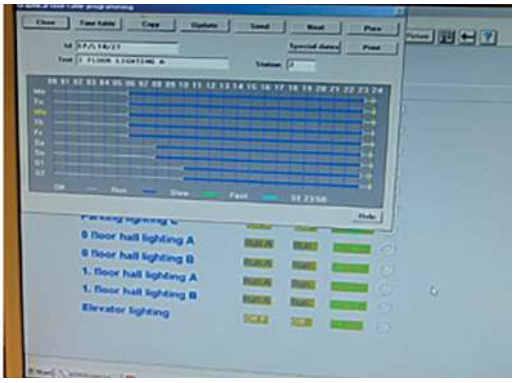
Система енергетичного менеджменту - набір взаємопов'язаних або взаємодійних елементів, що визначають енергетичну політику та енергетичні цілі, а також процеси і процедури для досягнення цієї політики та цих цілей.

Передумови впровадження:

1. Контроль роботи теплової мережі.
2. Зменшення затрат на зняття протоколів з вузлів обліку.
3. Необхідність надання інформації про теплоспоживання споживачу.
4. Вчасне виявлення витоків.
5. Побудова балансів енергоспоживання.
6. Прогнозування попиту.

Системи управління будівлею (BMS)

Системи управління будівлею (BMS) зазвичай встановлюють у громадських та офісних будівлях. Ці системи дають змогу управляти будівлею з комп'ютера. Такі системи зазвичай не встановлювали раніше в багатоквартирних будинках. Однак наразі в найбільш сучасних багатоповерхівках можна зустріти гарно організовану систему управління будівлею.



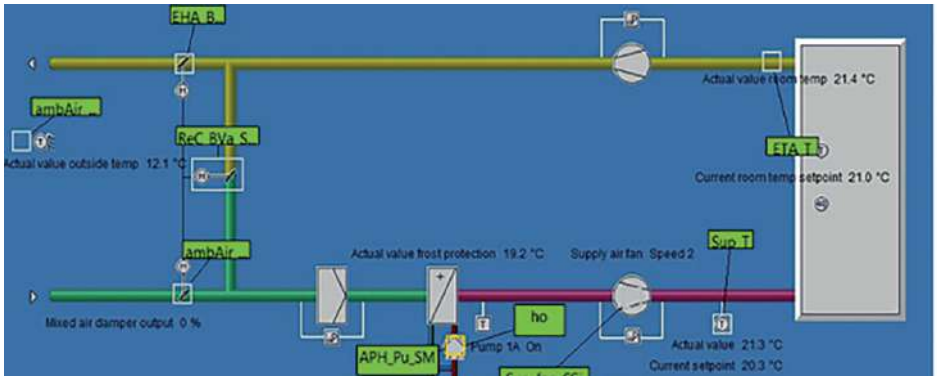


Рисунок 9.1

Системи управління будівлею (BMS)

Системи енергетичного менеджменту

Більш детальну інформацію щодо впровадження систем енергетичного менеджменту в муніципальних об’єктах можна знайти в Посібнику з муніципального енергетичного менеджменту[27].

Інформаційною базою системи енергетичного менеджменту може бути система енергетичного моніторингу. Енергетичний моніторинг може здійснюватись як на місці, так і дистанційно.

Переваги дистанційного моніторингу:

1. Швидке виявлення перевитрат і аварій, мінімізація втрат.
2. Підвищення ефективності налаштування обладнання.
3. Мотивація персоналу до ощадного енерговикористанння.
4. Усунення людського фактору під час збору первинних даних.
5. Оперативність отримання інформації.

[27] Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М.Іншеков, Є.Є.Нікітін, М.В.Тарновский,А.В.Чернявський. – К.: Поліграф плюс, 2014. –238 с. (*www.enefcities.org.ua/upload/files/Publications/Municipal%20energy%20management.pdf*)

Необхідні складові:

1. Лічильники, що мають інтерфейсний чи імпульсний вихід.
2. Сенсори для впливових параметрів (зовнішня та внутрішня температури, тиск у мережі тощо).
3. Програмне забезпечення для збору та аналізу даних.
4. Наявність протоколу обміну даних.
5. Алгоритми допомоги у прийнятті рішень.
6. Навчений персонал та служба експлуатації.

Пристрої обліку електроенергії

а) б)

Рисунок 9.2

Приклад зовнішнього вигляду дисплею індукційного (а) та електронного (б)/ лічильника обліку електроенергії

Покази з індукційних пристроїв обліку електроенергії зазвичай зчитують один раз на місяць (у деяких країнах два рази на місяць); електронні пристрої обліку можуть передавати покази щогодини (або навіть кожні 5, 10 або 15 хв). Електронні пристрої обліку електроенергії замість 12 щомісячних показників можуть передавати 8760 щогодинних показників на рік. Це дає набагато більше інформації та даних для обробки та аналізу. Також можна отримати більш детальну інформацію про споживання електроенергії та поведінку мешканців у будівлі.

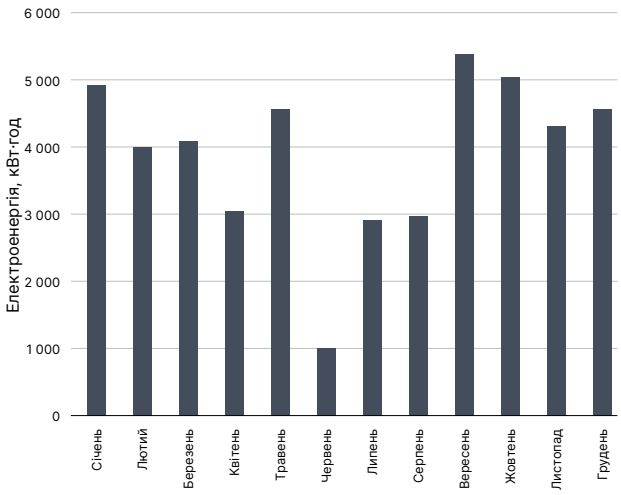


Рисунок 9.3

Щомісячне споживання енергії. Звичайні пристрої обліку електроенергії

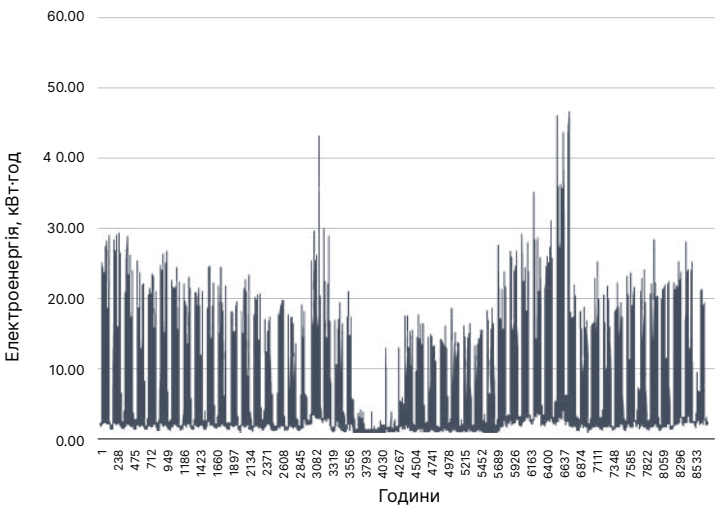


Рисунок 9.4

Щогодинне споживання енергії. Інтелектуальні пристрої обліку електроенергії (можливі значення через кожні 5 хвилин)

Щогодинний збір даних про споживання електроенергії дає змогу проаналізувати споживання електроенергії протягом всієї доби. Цей тип даних показує споживання електроенергії в нічний час, коли більшість будівель майже не споживають електроенергію та показує час пікових електричних навантажень будівлі.

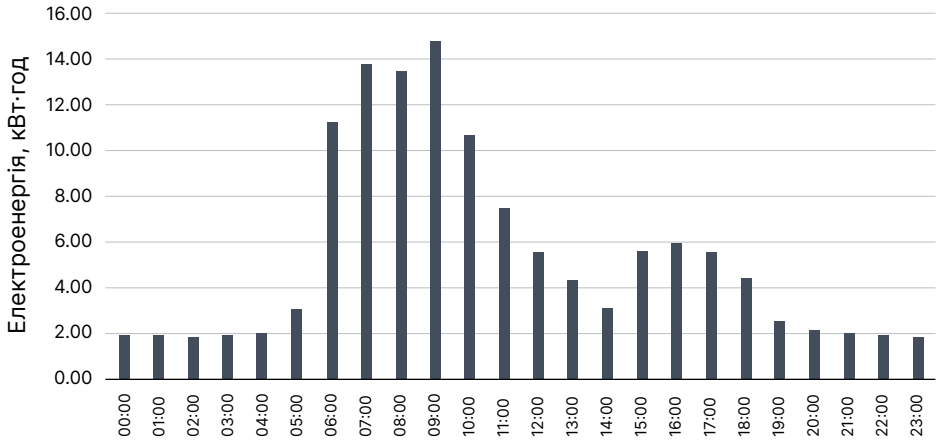


Рисунок 9.5

Середнє споживання електроенергії за день

Такий тип аналізу даних показує дні з найвищим і найнижчим споживанням електроенергії.

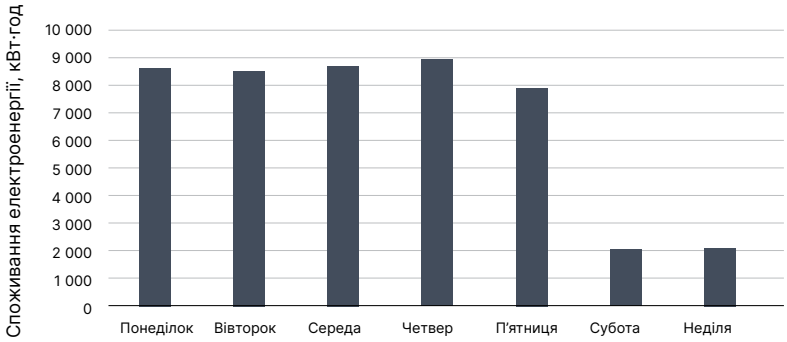


Рисунок 9.6

Споживання електроенергії в будні дні

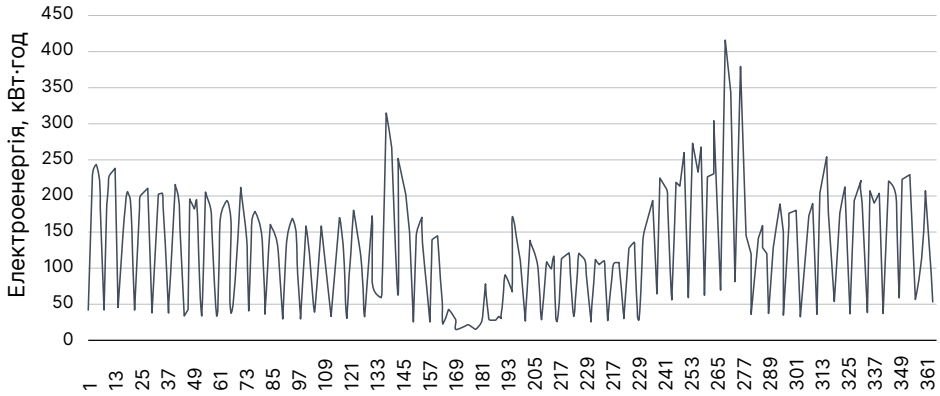


Рисунок 9.7

Щоденне споживання електроенергії

Цей тип аналізу даних дає змогу побачити пору року з найвищим споживанням електроенергії.

Такі дані зазвичай допомагають зрозуміти, який тип споживачів електроенергії присутній у будівлі (освітлення, кондиціонування повітря, електричне опалення тощо).

Контроль споживання енергії

Для проведення контролю споживання енергії слід виконати такі дії:

1. Отримайте дані щодо енергоспоживання перед реконструкцією будівлі.
2. Внесіть дані про залежність від температури зовнішнього повітря (або градусо-доби).
3. На підставі розрахунку показника енергоефективності визначте мету енергозбереження.
4. Після реконструкції будівлі потрібно кожен місяць контролювати споживання енергії та вносити дані у відповідний графік.

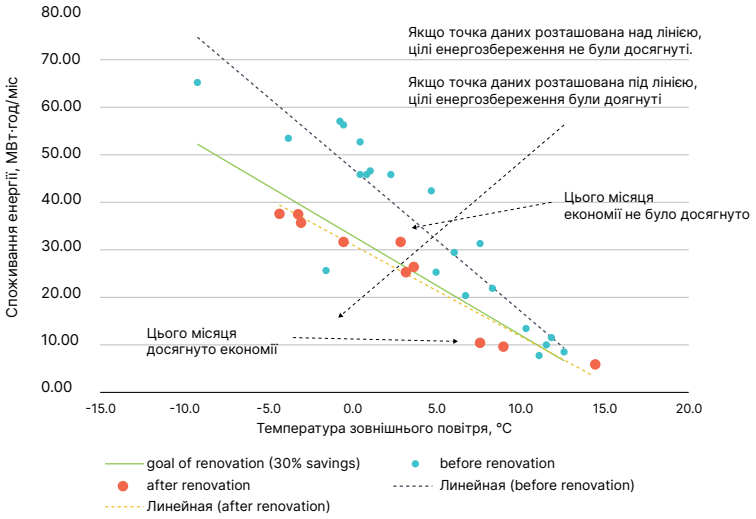


Рисунок 9.8

Приклад проведення контролю споживання енергії в графічному вигляді

Інтелектуальні пристрої обліку тепла. Дистанційно керовані системи

Рисунок 9.9

Відображення показників з інтелектуальних пристроїв обліку

Можливості інтелектуальних пристроїв обліку:

1. Інтелектуальні пристрої обліку зазвичай автоматично передають показники, тому не має потреби особисто йти до теплопункту для отримання даних про спожиту енергію.

2. Інтелектуальні пристрої обліку тепла показують витрати теплоносія, температуру і кількість тепла, що споживає будівля.

3. Крок вимірювання інтелектуальних пристроїв обліку тепла становить від 15 хвилин до 1 години.

4. Інтелектуальні пристрої обліку тепла допомагають уникнути надмірного споживання тепла в будівлі, оскільки дані для аналізу збирають значно частіше, ніж 1 раз на місяць.

Смарт-квартири. Температурний графік

Наприклад, на рівні будівлі зменшення середньої температури повітря на 1°C може економити до 7% енергії, що витрачають на опалення всієї будівлі.

Передусім, регулювати бажану температуру повітря в приміщенні потрібно в теплопункті, встановивши правильний температурний графік (залежність температури теплоносія в системі опалення від температури зовнішнього повітря). Для індивідуального регулювання також можуть використовувати термостатичні клапани. Використання термостатичного клапана може забезпечити додаткову економію енергії. Для цього користувач повинен знати, що зниження температури в приміщенні економить енергію.

Термостатична головка також може бути електронною та програмованою. Нині є також варіант системи, яку можна запрограмувати й контролювати в режимі онлайн, коли користувач за допомогою мережі Wi-Fi може підключитися до центрального контролера або спеціальної онлайн-платформи. Зазначене рішення дає користувачеві додаткові можливості регулювання.

Є також інтелектуальні термостати (наприклад, термостати від компанії Nest), які вивчають поведінку мешканців й автоматично змінюють налаштування.

Рисунок 9.10

Смарт-квартири. Температурний графік

Індивідуальний (змінний) температурний графік можна налаштовувати за допомогою програмованих термостатичних головок. Це дає змогу досягти додаткової економії теплової енергії.

Під час застосування індивідуального температурного графіка економія на опаленні приміщення становить близько 10%.

Рисунок 9.11

Програмовані термостатичні головки

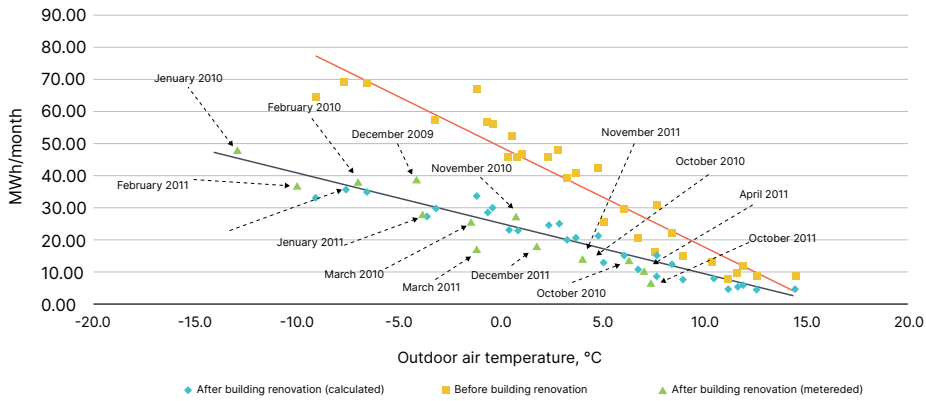


Рисунок 9.12

Енергоспоживання порівняно із запланованим

Вимоги до систем моніторингу та дистанційного управління

Вимоги до систем моніторингу та дистанційного управління:

1. Робота з усім наявним парком лічильників.
2. Можливість розширення системи та довстановлення модулів та давачів. Важливо використовувати лічильники витрат енергоносіїв, що можуть бути підключені до системи моніторингу енергоспоживання (мати імпульсні або інтерфейсні (RS485, RS232, M-bus).
3. Можливість обміну даними з іншими системами.
4. Можливість працювати з різними каналами зв’язку.

Складові автоматизованої системи енергоспоживання:

1. Модулі вводу інформації.
2. Модули передачі даних.
3. Модулі бази даних.
4. Модулі аналізу.

Рисунок 9.13

Апаратна складова АСЕМ

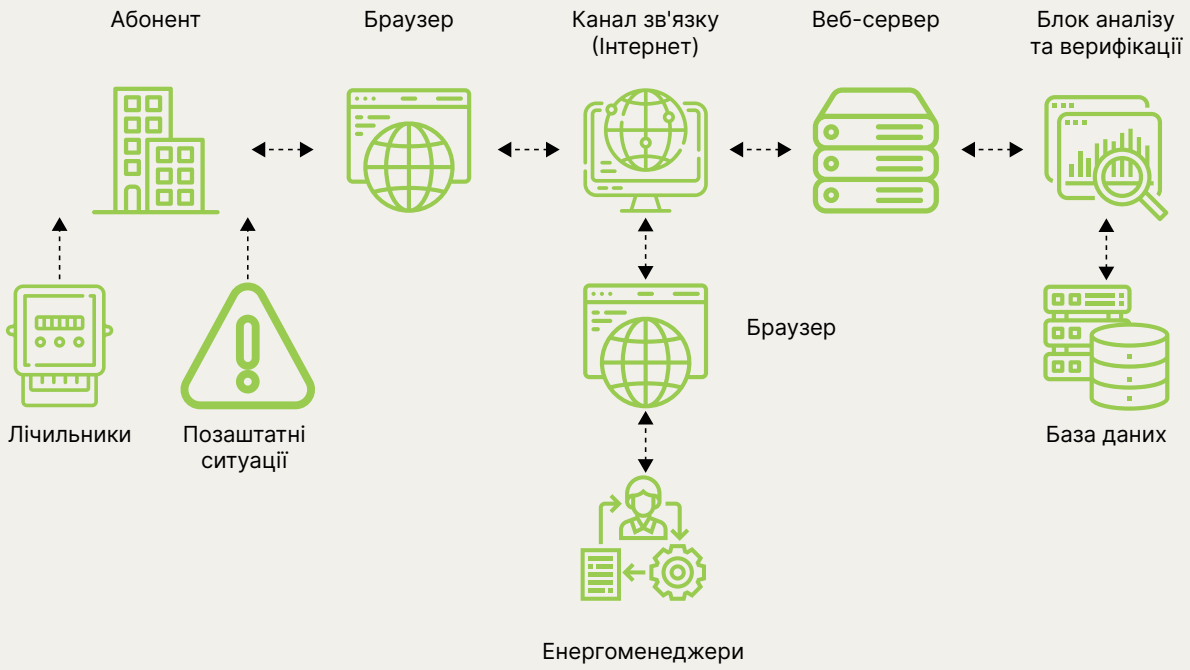
Для автоматизації процесу моніторингу енергоспоживання і досягнутої економії рекомендується використання автоматизованих систем, підключених безпосередньо до лічильників і давачів, які дозволяють відображати результати на будь-якому пристрої, що має вихід в інтернет.

Критерії вибору:

1. Простота у використанні.
2. Гнучкість системи.
3. Можливість використання різних каналів зв’язку.
4. Можливість розширення та інтеграції з іншими системами.

Рисунок 9.14

Автоматизовані системи



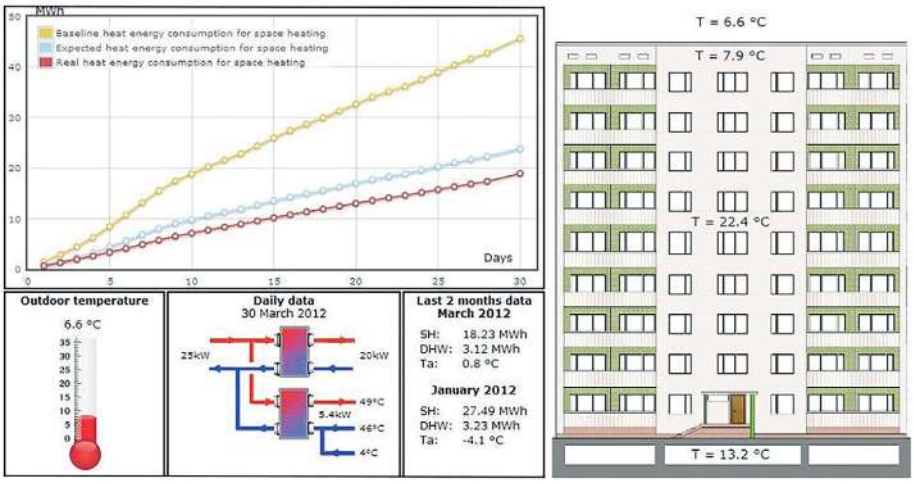


Рисунок 9.15

Приклади інтерфейсів системи контролю енергоспоживання

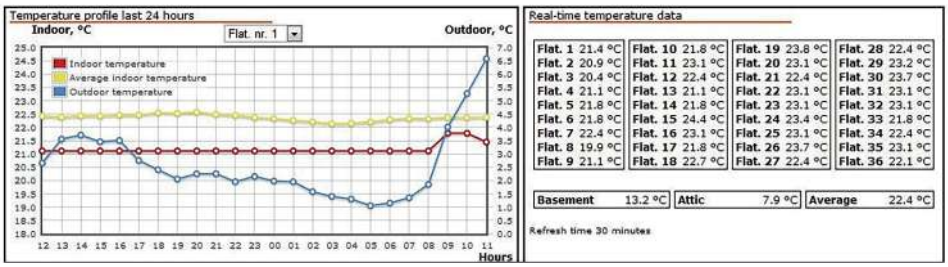


Рисунок 9.16

Інтерфейс системи контролю енергоспоживання

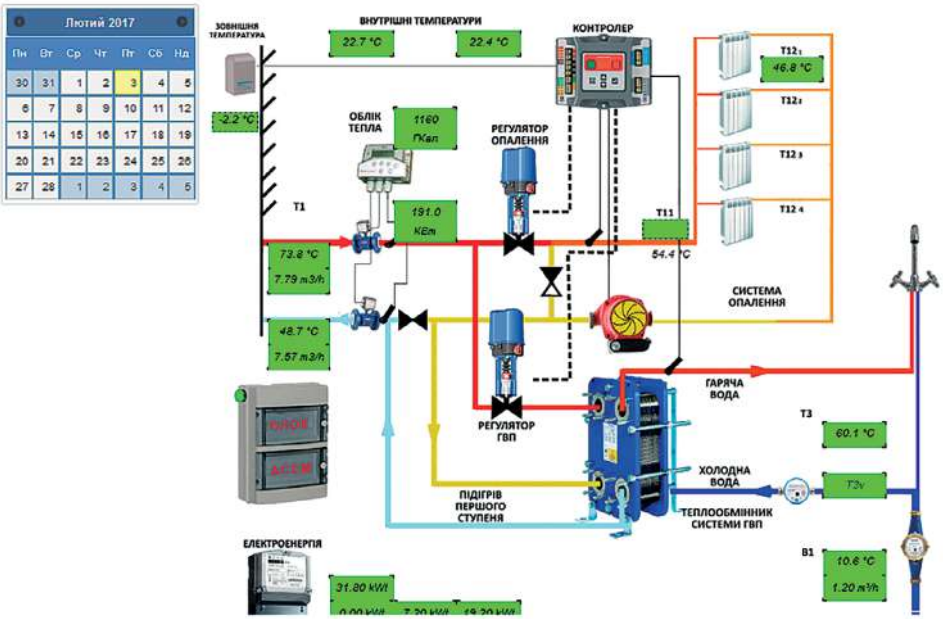


Рисунок 9.17

Інтерфейс системи контролю енергоспоживання

Рисунок 9.18

Результати налаштування автоматики управління кліматом з використанням АСЕМ

Приклад будівлі з удосконаленою системою контролю

Загальні відомості про будівлю:

1. Розташована в Латвії.
2. Побудована в 1980 і відреставрована в 2009 році.
3. 467-й тип будівлі.
4. Дев'ять поверхів із одними сходами.
5. Загальна площа - 2239 м^2.
6. Опалювальна площа приміщення - 1914,6 м^2.
7. 36 квартир.

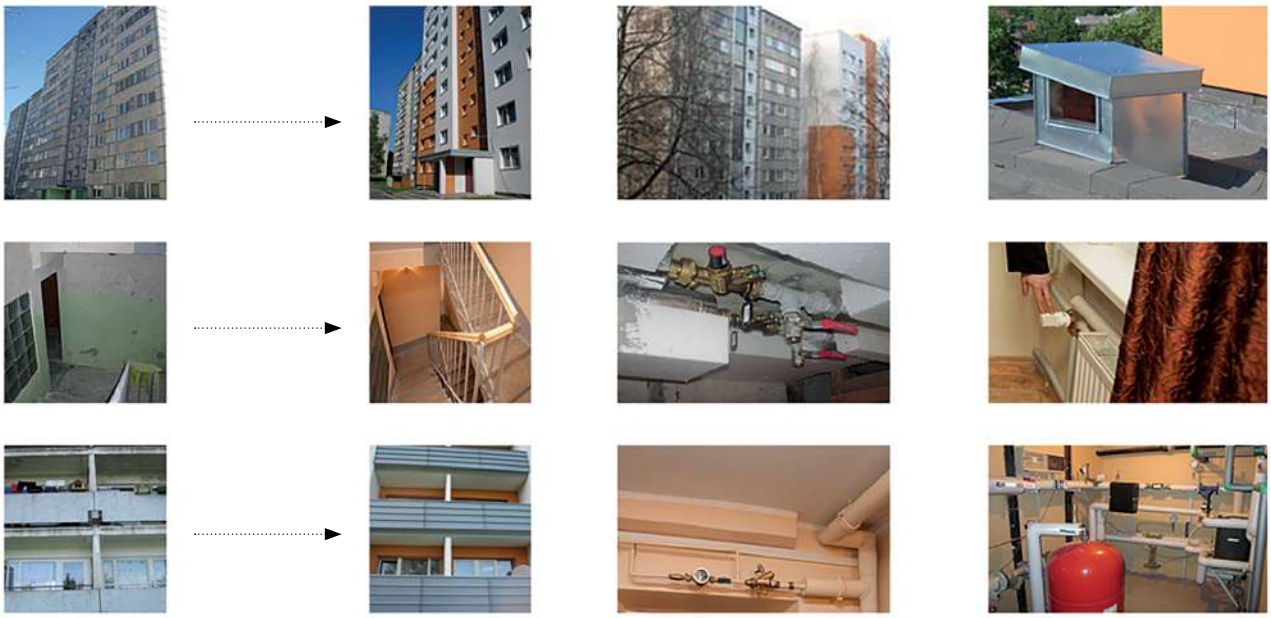


Рисунок 9.19

Вжиті заходи

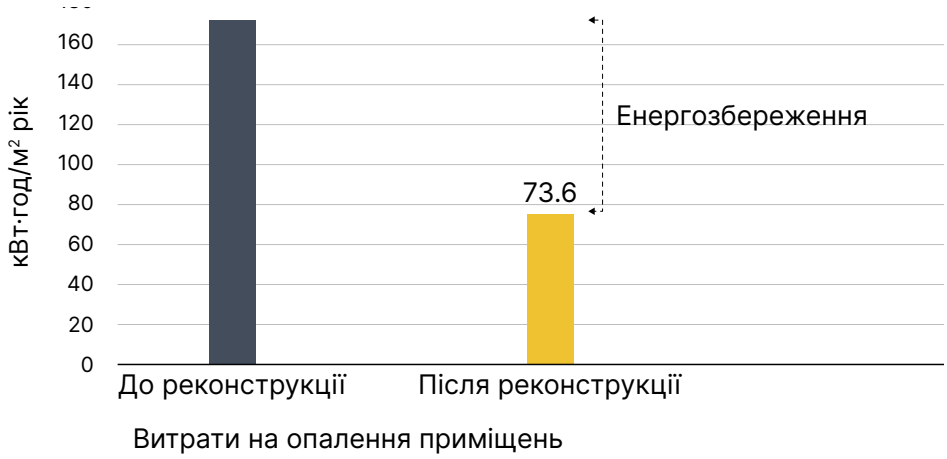


Рисунок 9.20

Енергетичний бенчмаркінг

10 Енергетична сертифікація будівель

10. Енергетична сертифікація будівель

Основні нормативні документи в сфері енергетичної сертифікації будівель, структура сертифікату енергоефективності будівлі та рекомендації щодо його заповнення розглянуто у цьому розділі.

Основні нормативні документи у сфері енергетичної сертифікації будівель

Діяльність у сфері енергетичної сертифікації регламентується нижче наведеними нормативними документами:

Основні:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22 червня 2017 року.
2. Наказ Мінрегіону від 11 липня 2018 року №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель».
3. Наказ Мінрегіону від 11 липня 2018 року № 172 «Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката».
4. Наказ Мінрегіону від 18 жовтня 2018 року №276 «Про затвердження Порядку здійснення незалежного моніторингу енергетичних сертифікатів».

Додатково:

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 11 квітня 2018 року №265 «Про затвердження переліку будівель промислового та сільськогосподарського призначення, об’єктів енергетики, транспорту, зв’язку та оборони, складських приміщень, на які не поширюються мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель та які не підлягають сертифікації енергетичної ефективності будівель».
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 липня 2018 р. №602 «Про затвердження Порядку обміну інформацією між центральними органами виконавчої влади, атестаційними комісіями в процесі проведення незалежного моніторингу, професійної атестації та ведення баз даних сертифікатів, фахівців та звітів».

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 липня 2018 р. №605 «Про затвердження Порядку проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем».

4. Наказ Мінрегіону від 21 березня 2018 року №62 «Про затвердження Порядку ведення баз даних звітів про результати обстеження інженерних систем, атестованих енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем, енергетичних сертифікатів».

5. Наказ Мінрегіону від 11 липня 2018 року №170 «Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель».

6. Наказ Мінрегіону від 11 липня 2018 року №171 «Про затвердження Порядку застосування розрахункових елементів програмного забезпечення для визначення енергетичної ефективності будівель».

7. Наказ Мінрегіону від 11 липня 2018 року №173 «Про затвердження Методики обстеження інженерних систем будівлі».

8. Наказ Мінрегіону від 06 жовтня 2017 року №267 «Про визначення будівель, які часто відвідують громадяни».

9. Наказ Мінрегіону від 18 жовтня 2018 року №274 «Про затвердження Порядку незалежного моніторингу звітів про результати обстеження інженерних систем».

10. Наказ Мінрегіону від 18 жовтня 2018 року №275 «Про затвердження Порядку рецензування звітів про обстеження інженерних систем».

Сертифікація енергетичної ефективності

Сертифікація енергетичної ефективності є обов’язковою для:

1. Об’єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об’єктів із середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, що визначаються відповідно до Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності".

2. Будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади.

3. Будівель з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі здійснення ними термомодернізації таких будівель).

4. Будівель, у яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Сертифікація енергетичної ефективності об’єктів будівництва здійснюється на замовлення та за рахунок замовника.

П.п. 6, п.1 статті 1 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» визначає, що енергетичний сертифікат – це електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, наведено сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості щодо будівлі, її відокремлених частин, енергетичну ефективність яких сертифіковано;

п.п. 14, п.1 статті 1 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» визначає, що сертифікація енергетичної ефективності - це вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проєктних характеристик огороджувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими.

Форми енергетичного сертифіката

Адреса будівлі та функціональне призначення та конструкція будівлі, фото фасаду.

Шкала класів енергетичної ефективності.

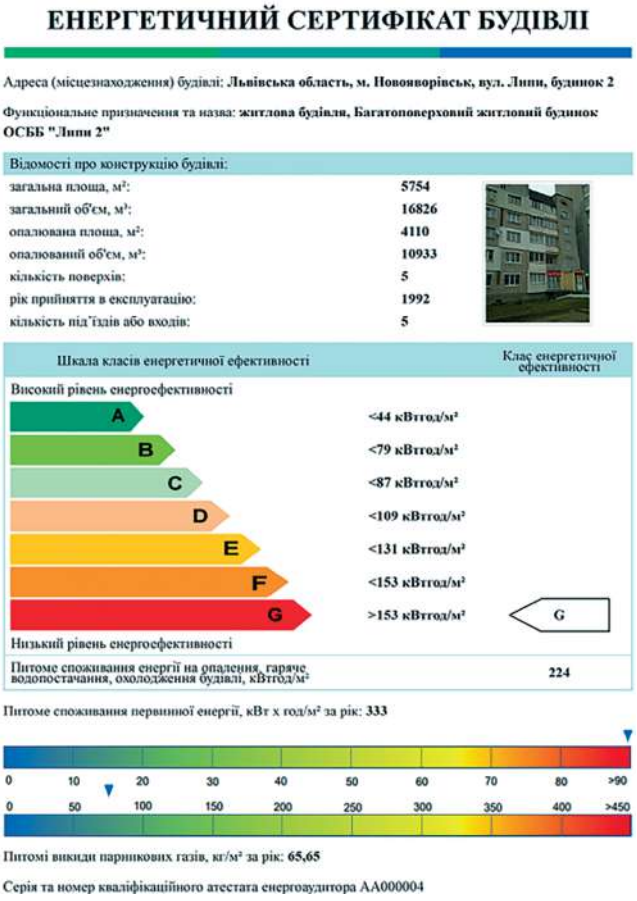
Графічне позначення стрілкою відповідного класу енергетичної ефективності будівлі (літерне позначення міститься всередині стрілки).

Питоме споживання енергії.

Питоме споживання первинної енергії.

Питомі викиди парникових газів.

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора.



ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі: **Львівська область, м. Новояворівськ, вул. Липи, будинок 2**

Функціональне призначення та назва: **житлова будівля, Багатоповерховий житловий будинок ОСББ "Липи 2"**

Відомості про конструкцію будівлі:	
загальна площа, м²:	5754
загальний об'єм, м³:	16826
опалювана площа, м²:	4110
опалюваний об'єм, м³:	10933
кількість поверхів:	5
рік прийняття в експлуатацію:	1992
кількість під'їздів або входів:	5

Шкала класів енергетичної ефективності		Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності		
A	<44 кВттод/м²	
B	<79 кВттод/м²	
C	<87 кВттод/м²	
D	<109 кВттод/м²	
E	<131 кВттод/м²	
F	<153 кВттод/м²	
G	>153 кВттод/м²	G
Низький рівень енергоефективності		
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВттод/м²		224

Питоме споживання первинної енергії, кВт х год/м² за рік: **333**

0 10 20 30 40 50 60 70 80 >90

0 50 100 150 200 250 300 350 400 >450

Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік: **65,65**

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора **АА000004**

Фактичні або проєктні характеристики огороджувальних конструкцій - дані щодо геометричних та теплофізичних характеристик окремих огороджувальних конструкцій, визначені проєктною документацією або за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі

Опис технічного стану огороджувальних конструкцій - опис виявлених при здійсненні сертифікації енергетичної ефективності недоліків конструкцій та характеристика їх технічного стану.

Необхідно надати опис основних характеристик конструкцій.

II. Фактичні або проектні характеристики огороджувальних конструкцій

Вид огороджувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції (м²·К)/Вт		Площа А, м²
	існуюче приведене значення	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	0.9	3.3	2854.71
Суміщені перекриття	-	6.0	-
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	4.95	-
Горищні перекриття неопалюваних горищ	1.51	4.95	890.0
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	2.78	3.75	890.0
Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0.5	0.75	596.64
Зовнішні двері	0.33	0.6	74.08

Мінімальні вимоги 2016 р.

Опис технічного стану огороджувальних конструкцій

Зовнішні стіни:
Стіни будівлі самонесучі виконані з силікатної цегли. Загальна товщина стіни складає - 550 мм. Стан зовнішніх стін будівлі – наявні пошкодження (тріщина на межі ПНСх та ПдСх фасаду).
Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам.
Віконні та балконі блоки:
Загальна площа віконних блоків складає 17% від загальної площі фасаду (коефіцієнт скління фасаду становить 0,17). 96% вікон з подвійним склінням в металопластикових рамах 4% в дерев'яних рамах з подвійним склінням. Більшість балконів та лоджій засклені. Приведений опір теплопередачі віконних конструкцій не відповідає вимогам.
Зовнішні двері:
Вхідні двері – металеві, в місцях загального користування двері дерев'яні без інерційної системи зачинення (дотягувачів), на момент проведення енергетичного обстеження знаходяться у задовільному стані.Приведений опір теплопередачі дверей не відповідає мінімальним вимогам.
Дах:
Дах технічного поверху, плита перекриття залізобетонна покрита шаром руберойду. Перекриття над опалювальними приміщеннями плита перекриття залізобетонна покрита шлаковим гравієм. Стан м'якої покрівлі даху задовільний, на час проведення енергетичного аудиту значних пошкоджень даху не спостерігалося. Накриття парапетів, накриття повітроводів ушкоджено та потребує заміни.
Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімально вимогам.
Підвал:
Під будівлею знаходиться неопалювальний підвал. Фундамент будівлі стрічковий з бетонних блоків. Підлога – лінолеум після бетонної підготовки по пустотілій плиті перекриття. Підвал знаходиться під всією площею будівлі. В підвалі розміщене розведення трубопроводів системи опалення, гарячого та холодного водопостачання, а також системи каналізації. Існуючий стан технічного підвалу – задовільний. Приведений опір теплопередачі невідповідає мінімально вимогам.

Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі - дані про показники енергетичної ефективності будівлі.

Мінімальні вимоги вказуються лише до значення питомої енергопотреби (за ДБН В.2.6-31:2016).

Енергоспоживання будівлі - дані щодо розрахункового та фактичного обсягів споживання енергії будівлею на рік.

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних - дані, визначені під час сертифікації енергетичної ефективності будівлі, які впливають на розбіжність між розрахунковими та фактичними показниками споживання будівлі.

III. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показа	Існуюче значення (кВт год)/м² (кВт год)/м³) за рік	Мінімальні вимоги (кВт год)/м² (кВт год)/м³) за рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	135.16	83
Питоме енергоспоживання при опаленні	190.69	
Питоме енергоспоживання при охолодженні	0.25	
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	32.78	
Питоме енергоспоживання системи вентиляції	0.0	
Питоме енергоспоживання при освітленні	18.15	
Питоме споживання первинної енергії, кВт × год/м² за рік	332.85	
Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік	65.65	

Енергоспоживання будівлі

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис. кВт × год	(кВт год)/м² (кВт год)/м³)	тис. кВт × год	(кВт год)/м² (кВт год)/м³)
Енергоспоживання систем опалення	446.22	108.57	783.74	190.69
Енергоспоживання систем вентиляції	0.0	0.0	0.0	0.0
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	38.12	9.28	134.73	32.78
Енергоспоживання систем охолодження	0.0	0.0	1.04	0.25
Енергоспоживання систем освітлення	44.79	10.9	74.6	18.15
УСЬОГО:	529.13	128.74	994.12	241.88

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

Фактична середньомісячна температура зовнішнього повітря вища температури зазначеної в діючих стандартах. Зменшений рівень провітрювання (природньої вентиляції) в порівнянні з нормативним. Система охолодження в будівлі відсутня. В системі освітлення відсутня система акумуляції енергії. Облік гарячої води відбувається за квартирними вузлами обліку які не враховують втрату теплової енергії розподільними тепловими мережами.

Енергоспоживання будівлі - Річне енергоспоживання будівлі - секторна діаграма річного енергоспоживання будівлі з розподілом на відповідні види річного енергоспоживання будівлі.

Характеристики інженерних мереж.

Для систем опалення зазначаються такі відомості:

- Опис джерела теплової енергії.
- Опис розподілу теплової енергії.
- Опис системи тепловіддачі.
- Рівень енергетичної ефективності систем опалення.

IV. Фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення
Джерело опалення – система централізованого теплопостачання. Теплоносій - вода. Температурний графік 95/70°С. Теплопостачання будівлі здійснюється по одному тепловому вводу. Теплове навантаження системи опалення – 0,3 Гкал/год. Схема підключення – залежна з елеваторним вузлом. Циркуляція теплоносія в будинку відбувається за рахунок перепаду тиску в центральній тепловій мережі. Облік споживання теплової енергії на потреби системи опалення ведеться за показами комерційного вузла обліку теплової енергії з ультразвуковими витратомірами. Тип теплоносія системи опалення - водяний; Температура теплоносія 95/70°С. Проектна потужність системи опалення 0,3 МВт. Обладнання, що здійснює регулювання теплової потужності системи опалення відсутнє. Циркуляція теплоносія в системі опалення будинку відбувається за рахунок перепаду тиску в центральній тепловій мережі. Рік прийняття в експлуатацію – 1992 р. Система розподілу виконана зі сталевих трубопроводів, розміщених в опалювальних та неопалювальних приміщеннях. Система розподілу теплоносія системи опалення в задовільному стані. Теплова ізоляція системи розподілу теплоносія системи опалення в незадовільному стані або відсутня. Тип системи опалення - однотрубна П-подібна з нижнім розведенням подаючого трубопроводу. Система тепловіддачі складається з 270 чавунних радіаторів з без терморегуляторів з боковим підключенням. В разі встановлення терморегуляторів передбачити облаштування байпасної лінії. Клас енергетичної ефективності системи за: - Регулюванням надходження теплової енергії до приміщення – D; - Регулюванням розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі – D; - Регулюванням періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія – D; - Взаємозв'язком між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження – D.

Системи охолодження, кондиціювання, вентиляції
Система охолодження в будівлі відсутня. Вентиляція приміщень будівлі відбувається в природній спосіб за рахунок перепаду тиску в середині та зовні будівлі та повітропроникності огороджувальних конструкцій (через нещільності в віконних конструкціях і відкриті елементи віконних, дверних конструкцій). Видалення повітря відбувається через повітроводи розміщені в санвузлах та кухнях.
Системи постачання гарячої води
Джерело гарячої води – система централізованого теплопостачання. Теплоносій - вода. Температурний графік 55оС. В експлуатації з 1992 р. Гаряча вода готується в центральному тепловому пункті та подається в будинок. Температура гарячої води на вході в будівлю – 55оС. Система автоматизації в будівлі відсутня. Система розподілу виконана з стальних трубопроводів, в неопалювальних приміщеннях трубопроводи неізольовані. Наявна система циркуляції гарячої води. Тип системи циркуляції – за рахунок перепаду тиску в системі централізованого гарячого водопостачання. Облік за спожиту гарячу воду проводиться за квартирними лічильниками гарячої води.
Системи освітлення
Система освітлення місць загального користування представлена світильниками з діодними лампами. Керування системою освітлення в ручному режимі. Облік споживання відбувається за

Для системи охолодження, кондиціонування, вентиляції зазначаються такі відомості:

Опис холодильної машини: потужність компресора; споживана електрична потужність холодильної машини коефіцієнт перетворення (COP); холодопродуктивність холодильної машини; тип холодоагента; ефективність системи утилізації теплової енергії;

Опис системи розподілу охолоджувальної речовини: тип охолоджувальної речовини; трубопроводів системи розподілу; наявність і стан теплової ізоляції; опис системи керування; перелік основних елементів керування обсягів споживання холодильної енергії.

Опис пристроїв споживачів: тип системи (прямоточна, зі змінною витратою повітря, з рециркуляцією, з рекуперацією); витрата повітря; потужність вентиляторів; холодоспоживання.

Перелік природних та механічних систем вентиляції з розділенням на припливні та витяжні системи: опис продуктивності систем вентиляції; опис обладнання для підігріву, осушення, зволоження чи охолодження повітря: тип; модифікація; паспортна потужність.

Для системи постачання гарячої води надають опис типу системи, її характеристики та зазначають наявність рециркуляції та системи обліку.

Рекомендації
з енергозбереження:

Кожен запропонований захід описується окремо. Енергоаудитор повинен, як мінімум, передбачити всі заходи, що забезпечать відповідність діючим будівельним нормам.

Опис рекомендацій з енергозбереження здійснюється відповідно до таких характеристик:

1) Стислий опис існуючої ситуації: опис наявних проблем, які будуть розв'язані після виконання запропонованого заходу.

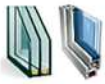
2) Опис заходів: технічні параметри та опис запропонованих заходів (площі утеплення або встановлення нових вікон/дверей, характеристика нового обладнання/матеріалів (товщини, щільність), опис основних та додаткових робіт, що необхідно виконати, включаючи короткий опис технологій виконання робіт).

3) Очікувана економія енергії та витрат на оплату житлово-комунальних послуг, підвищення ефективності використання енергії.

4) Фінансові витрати: проєктування та планування; матеріали, обладнання та монтаж, витрати на техобслуговування; аналіз ефективності витрат.

V. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

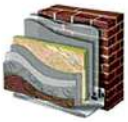
Заміна старих вікон на енергозберігаючі



Вікна в квартирах пропонується виконати роботи з заміни існуючих вікон в дерев'яних рамах (23,92м.кв.) та металопластикових з подвійним склінням незахищені заскленими лоджіями та балконами (184,09 м.кв.) на нові металопластикові товщиною рами 70мм. та потрійним склінням де перше та третє склінням низькоемісійні. Нові вікна дозволять зменшити наднормові втрати тепла та покращити зовнішній вигляд будівлі, проте вони майже не пропускають повітря з вулиці, яке проходить через щілини в старих дерев'яних рамах. Отже, необхідно забезпечити нормативний повітрообмін в приміщенні шляхом відкриванням вікон. Пропонуємо вікна металопластикові двокамерні з паспортними даними на рівні не нижче 0,75м²К / Вт (U=1,33Вт/(м2*К)) При заміні вікон слід винести вікно в рівень стіни під утеплення. У разі неможливості винесення вікна слід передбачити можливість утеплення відкоса. Слід проектувати заміну вікон разом з проектуванням по утепленню фасаду.

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
728049	29823	31908	22.8

Утеплення стін



Додаткова теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через стіни та покращити зовнішній вигляд будівлі. При погодженні заходу з представниками ОСББ, останніми вибрано матеріал утеплювача пінополістірол. Площа стін для утеплення 2855 м.кв. Обираємо конструкцію фасадної теплоізоляції (пінополістірол товщиною 150мм.) з опорядженням штукатуркою при застосуванні теплової ізоляції груп горючості Г1 згідно з класифікацією ДБН В.1.1-7 та штукатурки із негорючих матеріалів. Рекомендуємо виконання поясів через кожні три поверхи та обрамлення віконних та балконних прорізів тепловою ізоляцією із негорючих матеріалів (плити мінераловатні) завширшки не менше двох товщин використаної ізоляції. При утеплені передбачити заміну накриття парапетів з врахуванням зміни товщини стіни з утепленням та заміни відливів на вікнах. При виконанні проектних робіт слід врахувати місце встановлення віконних конструкцій. При встановлення віконної конструкції по середині стіни слід передбачити утеплення відкосу. При проектуванні використовувати системи утеплення які мають протоколи випробувань щодо терміну експлуатації не менше 25 років. Проектування виконати згідно ДБН В.2.6-33:2018 а також ДБН В.2.6-31:2016 . Проектування утеплення фасаді слід проводити з врахування заходу по встановленню вікон.

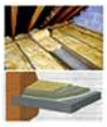
Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
3282919	229114	245132	13.4

Встановлення металопластикових дверей в тамбурах вхідних груп та на сходових клітинах

З метою уникнення понаднормових втрат теплової енергії через вхідні двері та двері на сходових клітинах, а також забезпечення нормативних вимог відносно опору огороджувальних конструкцій будівлі, пропонуємо замінити існуючі дерев'яні двері на сходових клітинах а також встановити додатково в тамбурах вхідної групи металопластикові утеплені з подвійним склопакетом. Опір теплопередачі дверної конструкції згідно діючих норм повинен бути не нижче 0,6м²К / Вт (U=1,67Вт/(м2*К)). Площа дверей, що потрібно встановити 64,12 м.кв.

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
320600	16802	17977	17.8

Утеплення даху що межує з технічним поверхом (горищем)



Пропонуємо провести утеплення 890 м.кв. плити перекриття над опалювальним приміщенням. Додаткова теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через дах будівлі. Конструкція для утеплення: паробар'єр, утеплювач мінераловатні плити товщиною 200мм, гідробар'єр.

Порядок робіт:
- підготувати поверхню;
- влаштування пароізоляції;
- влаштівання два шари ізоляції;
- влаштування гідроізоляції;

Для утеплення використати два шари ізоляції з перекриттям швів.

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
890000	37928	40579	21.9

Утеплення підлоги

Додаткова теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через підлогу будівлі та покращити комфортність мешканцям першого поверху.

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
890000	16214	17348	51.3

Встановлення МІТП (модуля опалення)

Пропонується встановити ІТП з циркуляційним насосом та погодним регулятором та циркуляційним насосом, що дозволить автоматично регулювати кількість тепла, що споживає будівля, в залежності від зовнішньої температури. Це дозволить уникнути понаднормового збільшення температури в приміщеннях у осінньо-весняний період та зменшити втрати тепла за рахунок провітрювання. Окрім цього, ІТП дозволить налаштовувати режими енергоспоживання після впровадження інших енергозберігаючих заходів, оптимізуючи теплоспоживання.

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
370000	37630	40261	9.2

Теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи гарячого водопостачання

Пропонується провести утеплення трубопроводів та арматури системи гарячого водопостачання в підвалах будівлі ізоляційним матеріалом з мінеральної вати. Для виконання роботи пропонуємо використати трубну теплову ізоляцію товщиною в діаметр трубопроводу. Слід відміти, що оскільки розрахунок за спожиту гарячу воду ведеться за квартирними вузлами обліку то утеплення трубопроводів гарчого водопостачання призведе до отримання мешканцями більш якісної гарячої води, що дозволить менше її використовувати. Також економічний ефект отримає і теплопостачаюча організація так як зменшаться втрати в циркуляційному контурі. Утеплення виконати згідно ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування". Перед утепленням теплові мережі слід обробити антикорозійним засобом.

У разі необхідності, під час виконення робіт, замінити пошкоджені ділянки трубопроводу та арматури, зокрема у разі необхідності заміни трубопроводів у підвалі з подальшою їх теплоізоляцією.

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
42000	22995	24603	1.7

Теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення

Пропонується провести утеплення трубопроводів та арматури системи опалення в підвалах будівлі ізоляційним матеріалом з мінеральної вати. Для виконання роботи пропонуємо використати трубну теплову ізоляцію товщиною в діаметр трубопроводу. Утеплення виконати згідно ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування". Перед утепленням теплові мережі слід обробити антикорозійним засобом.

У разі необхідності, під час виконення робіт, замінити пошкоджені ділянки трубопроводу та арматури, зокрема у разі необхідності заміни трубопроводів у підвалі з подальшою їх теплоізоляцією.

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
138000	58315	62392	2.2

Встановлення балансувальних клапанів та балансування системи опалення

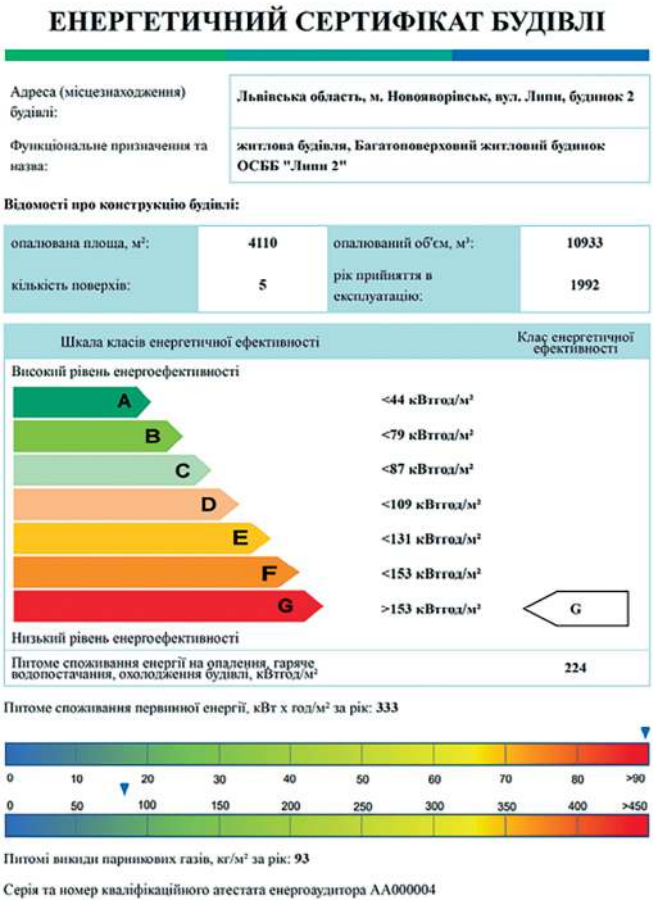
Пропонується виконати наступні роботи:

1. Виконати розрахунки щодо гідравлічного та теплового режиму системи опалення житлового будинку.
2. Встановити на стояках системи опалення будівлі балансувальні клапани.
3. Виконати роботи з балансування системи опалення будинку .

Пропонується встановлення балансувальних клапанів на кожен зі стояків системи опалення..

Інвестиції	Чиста економія, кВтгод/рік	Чиста економія, грн/рік	Окупність
203000	38876	41594	4.9

Витяг з енергетичного сертифіката будівлі



ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:	**Львівська область, м. Новояворівськ, вул. Липи, будинок 2**
Функціональне призначення та назва:	**житлова будівля, Багатоповерховий житловий будинок ОСББ "Липи 2"**

Відомості про конструкцію будівлі:

опалювана площа, м²:	**4110**	опалюваний об'єм, м³:	**10933**
кількість поверхів:	**5**	рік прийняття в експлуатацію:	**1992**

Шкала класів енергетичної ефективності		Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності		
A	<44 кВтгод/м²	
B	<79 кВтгод/м²	
C	<87 кВтгод/м²	
D	<109 кВтгод/м²	
E	<131 кВтгод/м²	
F	<153 кВтгод/м²	
G	>153 кВтгод/м²	G
Низький рівень енергоефективності		
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВтгод/м²		224

Питоме споживання первинної енергії, кВт х год/м² за рік: **333**

0 10 20 30 40 50 60 70 80 >90

0 50 100 150 200 250 300 350 400 >450

Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік: **93**

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора АА000004

Витяг з енергетичного сертифіката будівлі, що містить інформацію про клас та інші показники енергетичної ефективності будівлі, розміщується у доступному для ознайомлення громадян місці у будівлі, яку часто відвідують громадяни. Сертифікація енергетичної ефективності будівлі є обов'язковою відповідно до ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель»

11 Рекомендації щодо організації комунікацій енергоаудитора з ОСББ

11. Рекомендації щодо організації комунікацій енергоаудитора з ОСББ

Основним у роботі енергоаудитора є не тільки якісне виконання енергоаудиту будівлі, а й правильна комунікація з представниками ОСББ. У цьому розділі наведено загальні рекомендації щодо організації комунікацій між аудиторами та ОСББ.

Загальні положення

Багатоквартирні житлові будинки є різними: високі та низькі, одно чи багатоповерхові, довгі або компактні. Але проблеми у всіх будинках в Україні досить споріднені. Виключенням можуть бути лише будинки, які побудовані відносно нещодавно. Однак, навіть вони мають низку проблем, і далеко не всі з них побудовані відповідно до усіх діючих норм та стандартів щодо забезпечення їх належного рівня енергоефективності. Отже, можна говорити за системні та спільні проблеми житлового фонду в Україні. У першу чергу, до таких проблем відносяться питання ефективної експлуатації, а також виконання на належному рівні поточних, капітальних ремонтів або реконструкцій житлових будівель.

Важливим моментом у цьому контексті є необхідність донесення до співвласників багатоквартирних житлових будинків того факту, що саме вони відповідальні за свою власність та її технічний стан.

Спільне майно багатоквартирного будинку

Законодавство, що регулює відносини з реалізації права власності у багатоквартирних будинках, складається з Конституції України та низки законів України та нормативно-правових актів, що регулюють відносини в сфері власності у багатоквартирних будинках.

Власниками квартир та нежитлових приміщень у багатоквартирному будинку можуть бути фізичні та юридичні особи, територіальні громади, держава. Власники квартир та нежитлових приміщень є також співвласниками спільного майна багатоквартирного будинку.

Спільне майно багатоквартирного будинку є спільною сумісною власністю співвласників.

Що відноситься до спільного майна багатоквартирного будинку:

1. Огороджувальні та несучі конструкції - стіни.
2. Світлопрозорі огороджувальні конструкції - вікна.

3. Покрівля будівлі.
4. Технічний поверх / неопалюване горище.
5. Вентиляційні канали та шахти.
6. Сходові клітини та сходи.
7. Загальнобудинкові інженерні мережі.
8. Технічний підвал.
9. Ліфтова шахта та ліфт.
10. Загальнобудинкові прилади обліку.
11. Механічне, електричне та інше обладнання.
12. Прибудинкова територія.

Права співвласників багатоквартирного будинку

Співвласники мають наступні права щодо спільного майна багатоквартирного будинку:

1. Вільно користуватися спільним майном багатоквартирного будинку.
2. Брати участь в управлінні багатоквартирним будинком.
3. Одержувати інформацію про технічний стан спільного майна багатоквартирного будинку, умови його утримання та експлуатації, витрати на утримання та надходження, отримані від його використання.

Обов'язки співвласників багатоквартирного будинку

Кожен співвласник несе зобов’язання щодо належного утримання, експлуатації, реконструкції, реставрації, поточного і капітального ремонтів спільного майна. Серед обов’язків співвласників щодо спільного майна багатоквартирного будинку можна зазначити наступні:

1. Забезпечення поточного огляду і періодичних обстежень будівлі протягом усього життєвого циклу та несення відповідальності за неналежну експлуатацію згідно із законом
2. Забезпечення належного утримання та належного санітарного, протипожежного і технічного станів спільного майна багатоквартирного будинку та прибудинкової території.
3. Забезпечення технічного обслуговування та у разі необхідності – проведення поточного і капітального ремонтів.

багатоквартирного будинку.

4. Додержання вимог та правил утримання багатоквартирного будинку і прибудинкової території, правил пожежної безпеки, санітарних норм.

5. Забезпечення додержання вимог житлового і містобудівного законодавства щодо проведення реконструкції, реставрації, поточного і капітального ремонтів, технічного переоснащення приміщень або їх частин.

6. Відшкодовування збитків, завданих майну інших співвласників та спільному майну багатоквартирного будинку.

7. Дотримання чистоти в місцях загального користування і тиші згідно з вимогами законодавства.

8. Своєчасно сплачувати за спожиті житлово-комунальні послуги.

9. Забезпечення цілісності обладнання приладів (вузлів) обліку комунальних послуг відповідно до умов договору та невтручання в їхню роботу.

10. Забезпечення своєчасної підготовки будинку до експлуатації в осінньо-зимовий період.

Варіант «нічого не робити»

Переважну більшість житлових будівель в Україні побудовано у період з 1950 по 1990 рр. Нині 80 % багатоквартирних будинків потребують ремонту і майже всі – термомодернізації. Крім того, відбувається поступове збільшення вартості енергоносіїв.

У співвласників багатоквартирного будинку є два варіанти дій: нічого не робити або інший, альтернативний варіант, який передбачає активні та відповідальні дії. І цей варіант – проведення термомодернізації будівлі.

Можна констатувати той факт, що приблизно після 50 років фізичний знос будинку починає наростати прискорено, особливо це помітно на будинках, якість експлуатації яких не відповідає нормам, тобто поточні та капітальні ремонти або не проводяться або проводяться несвоєчасно та неналежним чином. Крім того, з просуванням життєвого циклу будівлі можливість впливу на її стан поступово зменшується. Отже, варіант «нічого не робити» у кінцевому результаті обходиться найдорожче:

Натомість, своєчасне проведення регламентних робіт, поточних, капітальних ремонтів або реконструкції житлової будівлі призводить до уповільнення наростання її фізичного зносу та подовження термінів служби.

У контексті вищезазначеного до співвласників багатоквартирного житлового будинку обов’язково треба донести декілька важливих думок, а саме:

1. Спільне майно співвласників - це майно, за яке потрібно нести відповідальність.

2. Ніхто, крім співвласників спільного майна не може прийняти рішення щодо його долі

3. Багатоквартирний будинок утримується виключно на кошти співвласників, тому стежити за тим як і куди витрачаються кошти – в інтересах мешканців багатоквартирного будинку

4. Стан спільного майна безпосередньо позначається на вартості квартир або офісів у багатоквартирному будинку, тому при безгосподарному ставленні до нього день за днем втрачаються гроші

5. Велике значення в долі багатоквартирного будинку має проведення результативних загальних зборів власників

6. Співвласникам необхідно мати хоча б базові знання про сферу ЖКГ, адже це сфера, що стосується найдорожчої частини майна громадян - нерухомості. Ніхто не купує значні по вартості товари, не ознайомившись з характеристиками і документацією на них.

Для прийняття рішення діяти – тобто, термомодернізувати будинок, необхідно дати відповіді на три основні питання:

1. За яких умов співвласники багатоквартирного будинку згодні діяти?

2. Що їм потрібно робити?

3. Де взяти гроші на реалізацію запропонованих енергоаудитором заходів?

Що може стати стимулом

Деяким людям важко робити перші кроки, адже вони просто бояться змін. Або чекають, що за них хтось прийде і щось зробить. А інші просто не знають з чого почати. В той же час, стимулом до активних дій можуть стати такі факти:

1. Фінансова мотивація до запровадження енергозберігаючих заходів виникає якщо мешканцям показати, скільки вони можуть заощадити завдяки їх впровадженню.

2. Основною передумовою для розрахунку реальної економії від впровадження заходів є ведення в кожному будинку обліку споживаної енергоресурсів та води.

3. Вирішальним для мотивації мешканців може бути той факт, що результати будуть зафіксовані технічними вимірювальними приладами і призведуть до зменшення витрат на енергоносії у будинку.

Також для прийняття необхідного рішення для проведення модернізації житлового будинку важливим є поінформованість співвласників щодо стану власного будинку. Енергоаудитор може дати низку рекомендацій щодо підвищення рівня поінформованості серед співвласників:

1. Практичний досвід підтверджує: чим більш поінформованими будуть власники квартир багатоквартирного будинку, тим активніша їх участь у вирішенні питань, які стосуються процесу управління будинком.

2. Необхідне регулярне надання інформації, а також просвіта власників квартир, які, проявляючи інтерес до питань управління будинком, поступово будуть залучатися до цього процесу.

3. Щоб актуальна інформація досягла якомога більшої аудиторії і була доступна для різних категорій мешканців, на сьогодні існує багато засобів:

   - Сучасні технології (мессенджери, соціальні мережі і т.д.).
   - Інформаційні стенди в під'їздах.
   - Тематичні зустрічі, цикли інформативних семінарів
   - Особисте спілкування.

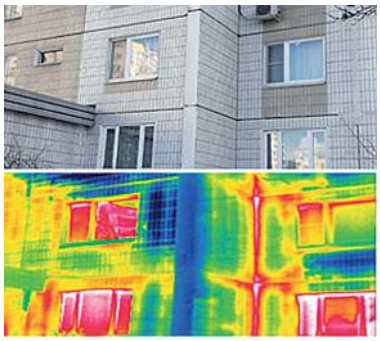
Важлива інформація для співвласників

Яка інформація може бути важлива для співвласників?

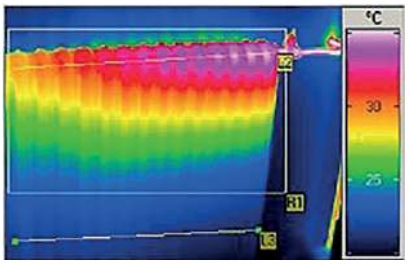
1. Інформація щодо щомісячних витрат на управління і експлуатацію будівлі.
2. Можливість детально ознайомитися з кошторисами і актами виконаних робіт, стежити за використанням коштів.
3. Інформація щодо встановлених у будинку приладів обліку енергоносіїв та води і рівень їх споживання.
4. Інформація про боржників у будинку.
5. Інформація щодо стану будівлі та інженерних систем.
6. Можливість поставити питання та отримати оперативну відповідь.

Тепловізійне обстеження або фотозйомка

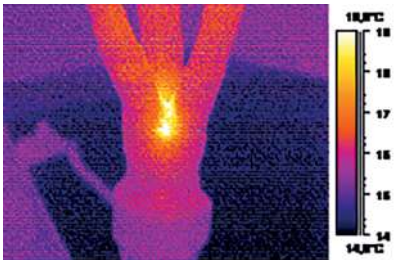
Потужним інструментом інформування та комунікації із співвласниками багатоквартирного будинку щодо результатів проведеного енергоаудиту та прийняття ними рішення про модернізацію будівлі може бути візуалізація, зокрема, проведення тепловізійного обстеження або фотозйомки стану будівлі та інженерних мереж:



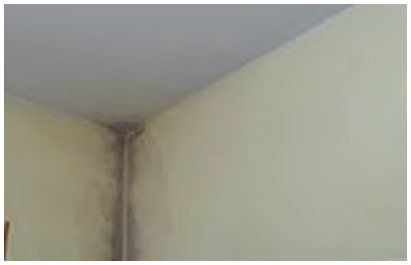
Теплові втрати через міжпанельні стики плит

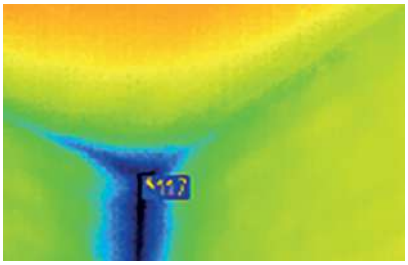


Неефективно працюючий прилад опалення



Неякісний контакт





Втрати тепла в квартирі

А що у нас в підвалі? Наявність води та поганий стан інженерних мереж

Для здійснення якісної термомодернізації будівлі, покращення комфорту та безпеки, зниження витрат на опалення та електропостачання можна рекомендувати співвласникам розглядати наступні можливості:

1. Модернізацію системи опалення будівлі.
2. Модернізацію освітлення.
3. Утеплення огороджувальних конструкцій (стін, даху, перекриття підвалу, цоколю).
4. Заміну вікон і дверей (утеплення вхідної групи).

Слід зазначити, що існує два можливих підходи до здійснення термомодернізації: поетапне впровадження заходів з енергоефективності або комплексна термомодернізація.

Різниця між зазначеними підходами стосується, в першу чергу, часових проміжків. Комплексна термомодернізація передбачає одночасну роботу з усіма системами та елементами (огороджувальними конструкціями) будинку. Тобто, одночасно виконується утеплення будівлі, заміна системи опалення, кондиціонування, освітлення тощо. При поетапній модернізації впровадження заходів відбувається шляхом поліпшення окремих систем чи конструктивних елементів будівлі і у цьому випадку роботи можуть затягнутися на значно довший період.

Схематично проведення комплексної термомодернізації наведено на *рис. 11.1*, поетапної – на *рис. 11.2*.

Рисунок 11.1

Схематичне зображення комплексного підходу до термомодернізації

Рисунок 11.2

Схематичне зображення поетапного підходу до термомодернізації

Часто у співвласників виникає питання, а для чого все це робити? Що це нам дає? Згідно статистичних даних, модернізація тільки системи опалення будівлі може дати мешканцям будинку економію до 30% на опаленні. Комплексне утеплення будинку (дах, підвал, двері, вікна, фасад) – 50-60% економії. Простий розрахунок дозволяє наочно показати зиск від проведення і комплексної і поетапної модернізації *(Таблиця 11.1)*.

Слід зазначити, що за результатами термомодернізації досягається низка ефектів: економічний, екологічний, соціальний та технічний (Рис.11.3). Цю інформацію обов'язково треба доводити до відома співвласників.

Рисунок 11.3

Очікувані результати від впровадження заходів з енергоефективності

Таблиця 11.1 Розрахунок економії після термомодернізації

Плата за тепло	**Квартира 50 м²**	**Будинок 4 000 м²**
Скільки ми платимо без термомодернізації (оплата за опалення 30 грн./м²):		
За місяць	1 500 грн. 50 м² * 30 грн/м²	120 000 грн. 4000 м² * 30 грн/м²
За сезон	9 000 грн. 1500 грн. * 6 міс.	720 000 грн. 120 000 грн. * 6 міс.
Скільки ми платимо після термомодернізації (оплата за опалення 18 грн./м²):		
За місяць	900 50 м² * 18 грн/м²	72 000 4000 м² * 18 грн/м²
За сезон	5 400 900 * 6 міс.	432 000 72 000 * 6 міс.
Отримана економія:		
Економія за міс. (в опал. сезон)	600 грн.	48 000 грн.
Економія за сезон	3 600 грн.	288 000 грн.

Кошти на термо-модернізацію

Де взяти кошти на термомодернізацію?

Зазвичай, на цьому етапі приходить усвідомлення, що термомодернізація важлива та необхідна. Але де ж взяти кошти на неї, адже всі ці роботи та матеріали потребують значних фінансових ресурсів. І саме на цьому етапі співвласники часто звертають з обраного шляху: “Ні, у нас немає стільки грошей”, “У нас живе багато пенсіонерів – це їм не під силу” та інше. А де ж взяти гроші, насправді? Авжеж, головним джерелом фінансування заходів з енергоефективності є власні кошти співвласників багатоквартирного житлового будинку. У той же час, співвласників багатоквартирного будинку необхідно поінформувати про інші можливості, які доступні на сьогодні для фінансування заходів з енергоефективності в житлових будівлях.

Для житлових будівель, особливо у яких створенні ОСББ, є можливість залучення банківських кредитів, участі у міських програмах підтримки житлового фонду (наприклад: програма, що діє у місті Київ – 70/30%, також подібні програми прийняті й у інших містах України), участь у Програмі «ЕНЕРГОДІМ» від Фонду енергоефективності, залучення грантових коштів донорських організацій та проєктів міжнародної технічної допомоги (ПРООН, GIZ та інші), перспективне залучення приватного капіталу шляхом застосування механізму ЕСКО.

12

Рекомендації щодо організації комунікацій енергоаудитора з Фондом енерго-ефективності України

12. Рекомендації щодо організації комунікацій енергоаудитора з Фондом енерго-ефективності України

Зважаючи, що кінцевою метою замовлення енергетичного аудиту є впровадження заходів та зниження витрат на енергоспоживання та/або підвищення ефективності енергоспоживання, надзвичайно важливим є донесення інформації щодо можливих джерел співфінансування, таких як Фонд енергоефективності або місцеві програми співфінансування. Тому цей розділ звіту присвячений питанню організації комунікацій між енергоаудиторами та Фондом енергоефективності України.

Загальні положення

Серед вимог, що повинні виконати співвласники житлових будівель, однією з ключових є якісна підготовка технічної заявки на співфінансування у вигляді звіту, форм встановленого зразка, техніко-економічного обгрунтування.

Окрім того, як правило, наявний обмежений перелік заходів, що можуть бути співфінансовані. Тому завданням енергоаудитора є також підготовка технічної частини заявки на співфінансування за встановленою формою та коректне перенесення інформації до неї зі звіту з енергетичного аудиту.

У контексті роботи з Фондом енергоефективності наразі це:

1. Енергетичний сертифікат будівлі до впровадження заходів.
2. Форма опису проєкту (залежно від типу пакету заходів).

А після завершення робіт:

1. Енергетичний сертифікат будівлі після впровадження заходів.

2. Звіт з обстеження інженерних систем.

Тому за умови проведення енергетичного аудиту для подачі заявки на співфінансування енергоаудитор повинен продумувати і подальші кроки, зокрема, зібрати максимум інформації, що необхідна для заповнення вищенаведених документів.

Детальна інформація про програму «Енергодім» Фонду енергоефективності міститься за посиланням:

www.energodim.org/detalna-informatsiia/

Енергоаудитор, як правило, не спілкується напряму з представниками Фонду (окрім місцевих консультантів) тому для успішної реалізації проєкту та зменшення кількості доопрацювань звіту він має:

1. Узгодити перелік заходів, що будуть подаватися на програму.

2. Проінструктувати замовника в частині якісних та кількісних характеристик робіт, обладнання та матеріалів, що можуть претендувати на компенсацію.

3. Підготувати шаблони для можливості швидкого доопрацювання документів.

Додатки

Додаток А	**326.**	Приклад програми проведення дев’ятиденного тренінгу для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України.
Додаток Б	**330.**	Приклад форми опитувального листа для збору інформації про багатоквартирну житлову будівлю під час проведення енергоаудиту.
Додаток В	**342.**	Приклад розрахунку енергоспоживання на потреби опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання багатоквартирного житлового будинку згідно рекомендацій ДСТУ А.2.2-12:2015.
Додаток Г	**380.**	Приклад завдання на проєктування для житлових будівель (огороджувальні конструкції).
Додаток Д	**387.**	Приклад завдання на проєктування для житлових будівель (інженерні системи).
Додаток Е	**394.**	Мапа кліматичних зон України.

Додаток А. Приклад програми проведення дев’ятиденного тренінгу для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України

Програма проведення дев’ятиденного тренінгу для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті діяльності Фонду енергоефективності України

Модуль А

Час	Тема	Лектор
	День 1	
9:00-9:15	Реєстрація учасників	
9:15-9:30	Вітальне слово	
9:30-10:30	Знайомство з тренерами та учасниками Використання енергії та енергоефективність у будівлях. Короткий огляд джерел фінансування заходів з енергоефективності в будівлях	
10:30-11:00	Загальна інформація про курс: Нормативно-правове забезпечення консультування з енергоефективності в будівлях	
11:00-11:15	Кава-брейк	
11:15-13:15	Енергетичний аудит будівель	
13:15-14:15	Обід	
14:15-16:00	Аналіз стану огороджувальних конструкцій	
16:00-16:15	Кава-брейк	
16:15-17:30	Ефективне використання води. Очищення стічних вод. Використання дощової води	
	День 2	
9:00-11:30	Загальні питання щодо теплового захисту і теплової модернізації будівель, будівельна фізика. Процес реновації будівлі. Заходи з енергоефективності (оболонка). Житлові та громадські будівлі	
11:30-11:45	Кава-брейк	
11:45-13:30	Енергетичний баланс будівель. Алгоритм розрахунку (оболонки)	
13:30-14:30	Обід	
14:30-16:00	Використання електричної енергії в будівлях	
16:00-16:15	Кава-брейк	
16:15-17:30	Алгоритм розрахунку (оболонки). Практична вправа + домашня робота Примітка: Необхідно всім слухачам мати ноутбуки з ПЗ MS Excel!!	

Час	Тема	Лектор
	День 3	
9:00-11:00	Внутрішня система опалення в будівлях	
11:00-11:15	Кава-брейк	
11:15-13:15	Вентиляція та кондиціонування повітря в будівлях	
13:15-14:15	Обід	
14:15-16:00	Алгоритм розрахунку (інженерне обладнання)	
16:00-16:15	Кава-брейк	
16:15-17:30	Моделювання енергоспоживання/ Практична вправа	
	День 4	
9:00-10:45	Сучасні котельні технології	
10:45-11:00	Кава-брейк	
11:15-13:00	Використання енергії - вимірювальні прилади. Методи діагностики будівель	
13:00-14:00	Обід	
14:00-15:00	Використання енергії - вимірювальні прилади. Методи діагностики будівель (продовження)	
15:00-15:15	Кава-брейк	
15:15-16:45	ТЕСТУВАННЯ	
	День 5	
9:00-11:00	Використання відновлюваної енергії в будівлях (сонячні колектори, сонячні батареї, теплові насоси)	
11:00-11:15	Кава-брейк/ Виселення з готелю	
11:15-12:45	Вимірювання та перевірка	
12:45-13:45	Обід	
13:45-16:00	Енергоменеджмент та облік енергії. Інтелектуальні технології вимірювання	
16:00-16:30	Кава-брейк	
16:30	Завершення першого модуля. Запитання, вирішення організаційних питань та обговорення матеріалів першого модуля	

Час	Тема		Лектор
	День 6		
9:00-11:15	Поводження з небезпечними матеріалами		
11:15-11:30	Кава-брейк		
11:30-13:30	Енергетична сертифікація будівель		
13:30-14:30	Обід		
14:30-16:15	Фінансова / економічна оцінка запланованих інвестицій		
16:15-16:45	Кава-брейк		
16:45-17:45	Фінансова / економічна оцінка запланованих інвестицій. Практичні вправи Примітка: Необхідно всім слухачам мати ноутбуки з ПЗ MS Excel!!		
	День 7		
9:00-11:00	Аналіз результатів домашньої роботи Примітка: Необхідно всім слухачам мати ноутбуки з ПЗ MS Excel!!		
11:00-11:15	Кава-брейк		
11:15-13:45	Технічні характеристики. Підготовка технічного завдання для модернізації та технічного обслуговування. Основні помилки у виконанні. Приклади		
13:45-14:45	Обід		
14:45-16:15	Практичний приклад. Підготовка документів (сертифікат, ТЗ, форма)		
16:15-16:30	Кава-брейк		
16:30-18:00	Збір інформації на об’єкті. Заповнення опитувальних форм. Послідовність обстеження будівлі.		
	День 8		
9:00-13:00	Практична робота. Збір інформації на об’єкті	Виїзд на об’єкт	
13:00-14:00	Обід		
14:00-16:15	Аналіз результатів практичної роботи. Примітка: Необхідно всім слухачам мати ноутбуки з ПЗ MS Excel!!	Робота в групах – аналіз зібраної інформації	
16:15-16:30	Кава-брейк		
16:30-18:00	Специфіка Фонду енергоефективності України		

Час	Тема	Лектор
	День 9	
9:00-11:00	Робота з ОСББ. Загальні Збори та стратегія розвитку ОСББ	
11:00-11:30	Кава-брейк / Виселення з готелю	
11:30-12:45	Робота з ОСББ. Комунікативні навички	
12:45-13:45	Обід	
13:45-16:15	Іспит	
16:15	Завершення тренінгу. Вручення сертифікатів	

Додаток Б. Приклад форми опитувального листа для збору інформації про багатоквартирну житлову будівлю під час проведення енергоаудиту[28]

Опитувальний лист

Час	Тема	
Дата заповнення (рік, місяць, число)		
Повна назва об’єкту		
Повна адреса		
Керівник ПІП		
Телефон		
E-mail		
Контактна особа ПІП		
Телефон		
E-mail		
Рік будівництва		
Загальна кількість будівель об’єкту		
Наявність співвласників/орендарів нежитлового призначення (якщо так, то вказати перелік, наявність власних вузлів обліку енергоносіїв та призначення приміщень (офісні, складські, виробничі тощо)	☐ Так	☐ Ні
	Якщо «Так»:	
	Офісні ☐	Складські ☐
	Виробничі ☐	Торгові ☐
	Інші ☐	

[28] Форму надано Асоціацією енергоаудиторів України

Інформація щодо будівлі та систем енергозабезпечення

Загальна площа, м^2	
Площа, що опалюється, м^2	
Загальний об’єм, м^3	
Об’єм, що опалюється, м^3	
Житлова площа, м^2	
Нежитлова площа, м^2	
Кількість поверхів	
Кількість парадних груп	
Висота поверху, м	
Кількість мешканців, чол.	
Кількість квартир, шт.	

Схематичне зображення будівлі (з нумерацією фасадів)

Дані по вузлам обліку та енергоресурсам

Лічильники теплової енергії: ☐ Так ☐ Ні

№ п.п.	Тип	Діаметр	Рік встановлення	Технічний стан	Примітки
1.					
2.					
3.					

Загальнобудинковий лічильник гарячої води: ☐ Так ☐ Ні

№ п.п.	Тип	Діаметр	Рік встановлення	Технічний стан	Примітки
1.					
2.					
3.					

Загальнобудинковий лічильник холодної води: ☐ Так ☐ Ні

№ п.п.	Тип	Діаметр	Рік встановлення	Технічний стан	Примітки
1.					
2.					
3.					

Вузли обліку електричної енергії місць загального користування

№ п.п.	Споживач	Тип	Коефіцієнт трансформації	Рік встановлення	Дата останньої повірки	Примітки
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Лічильники природного газу: ☐ Так ☐ Ні

№ п.п.	Споживач	Тип	Номінальна витрата	Рік встановлення	Примітки
1.					
2.					
3.					

Система опалення

Кількість вводів		
Тип теплопостачання	централізоване, власна котельня, індивідуальне поквартирне	
Тип внутрішньобудинкової системи опалення	одно-, двотрубна, верхня, нижня, горизонтальна розводка	
Кількість стояків		
Наявність балансувальних клапанів		
Наявність насосів опалення (кількість, тип/потужність)		
Кількість та тип опалювальних приладів		
Трубопроводи СО	Дн	
	Стан ізоляції, %	добра
		задовільна
		незадовільна
		відсутня
	Тип ізоляції	
Орієнтовна довжина трубопроводів в неопалюваному приміщенні (підвал/горище)		
Внутрішня температура в опалювальний період, °C		

Стан/особливості: _____

_____

_____

_____

_____

_____

Система ГВП

Кількість вводів		
Тип ГВП	централізоване, власна котельня, індивідуальне поквартирне (електричні ємнісні водонагрівачі)	
Наявність електричних бойлерів, шт.		
Наявність насосів ГВП (кількість, тип/потужність)		
Встановлені душові, шт.		
Встановлені водорозбірні крани, шт.		
Трубопроводи ГВП	Дн	
	Стан ізоляції, %	добра
		задовільна
		незадовільна
		відсутня
	Тип ізоляції	
Орієнтовна довжина трубопроводів в неопалюваному приміщенні (підвал/горище)		

Стан/особливості: _____

Вентиляція

Наявність за проєктом будівлі	Природна, витяжна, припливно-витяжна
Вентилятори (кількість, потужність)	

Стан/особливості: _____

Система електропостачання

Загальна підведена потужність мереж _____

Назва	Кількість, шт	Потужн.одиниці, кВт	Коментарі
Ліфти			
-пасажирський			
-грузовий			
-грузо-пасажирський			

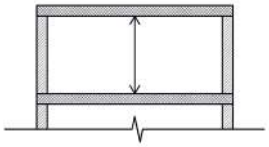
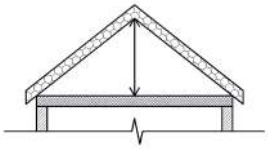
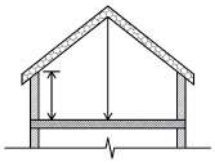
Кількість освітлювальних приладів у місцях загального користування:

Тип ламп	Потужність лампи, Вт	Кількість ламп, шт.

Наявність автоматичного керування системою освітлення МЗК
(сутінковий давач освітленості, давач руху):

Стан/особливості: _____

Дах

Тип даху К1	Горище; Тип даху К2	Горище; Тип даху К3	Горище; Тип даху К4
Дах безпосередньо над опалюваним приміщенням			

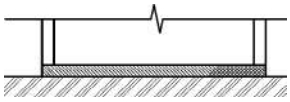
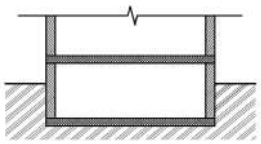
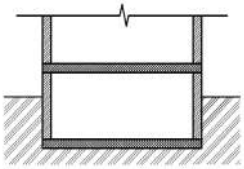
Стан/особливості: _____

_____

_____

_____

Підлога

Тип підлоги Пл1 Плита на землі	Тип підлоги Пл2 Неопалюваний підвал	Тип підлоги Пл3 Опалюваний підвал	Тип підлоги Пл4
			Підлога над проїздами
Висота приміщення підвалу, м			

Стан/особливості: _____

_____

_____

_____

Вікна

Стан/особливості: _____

Двері

Стан/особливості:

Стіни

W1	Матеріал:
	товщина:
W2	Матеріал:
	товщина:
W3	Матеріал:
	товщина:

Стан/особливості:

Фасад, номер	Кон-ція (Ст/В/Дв)	Ширина, м	Висота, м	Матеріал	Кількість, шт.	Примітка

Фасад, номер	Кон-ція (W/B/Дв)	Ширина, м	Висота, м	Матеріал	Кількість, шт.	Примітка

Додаток В. Приклад розрахунку енергоспоживання на потреби опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання багатоквартирного житлового будинку згідно рекомендацій ДСТУ А.2.2-12:2015[29]

1. Загальні дані

1.1. Загальна характеристика будівлі

Об'єкт – багатоквартирний житловий будинок 9-ти поверховий на 3 під'їзди з технічним підвалом та теплим горищем, збудований у 1990 р.

Адреса - м. Львів, вул.

Загальна площа будівлі – 8 254,6 м^2

Загальний об'єм будівлі – 23 938 м^3

Опалювальна площа - 8238 м^2

Опалювальний об'єм - 23890 м^3

Кількість поверхів - 9

Рік введення в експлуатацію - 1990

Кількість під'їздів або входів – 3

Рисунок 1

Розташування будівлі та орієнтація за сторонами світу

[29] ДСТУ А.2.2-12:2015 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні

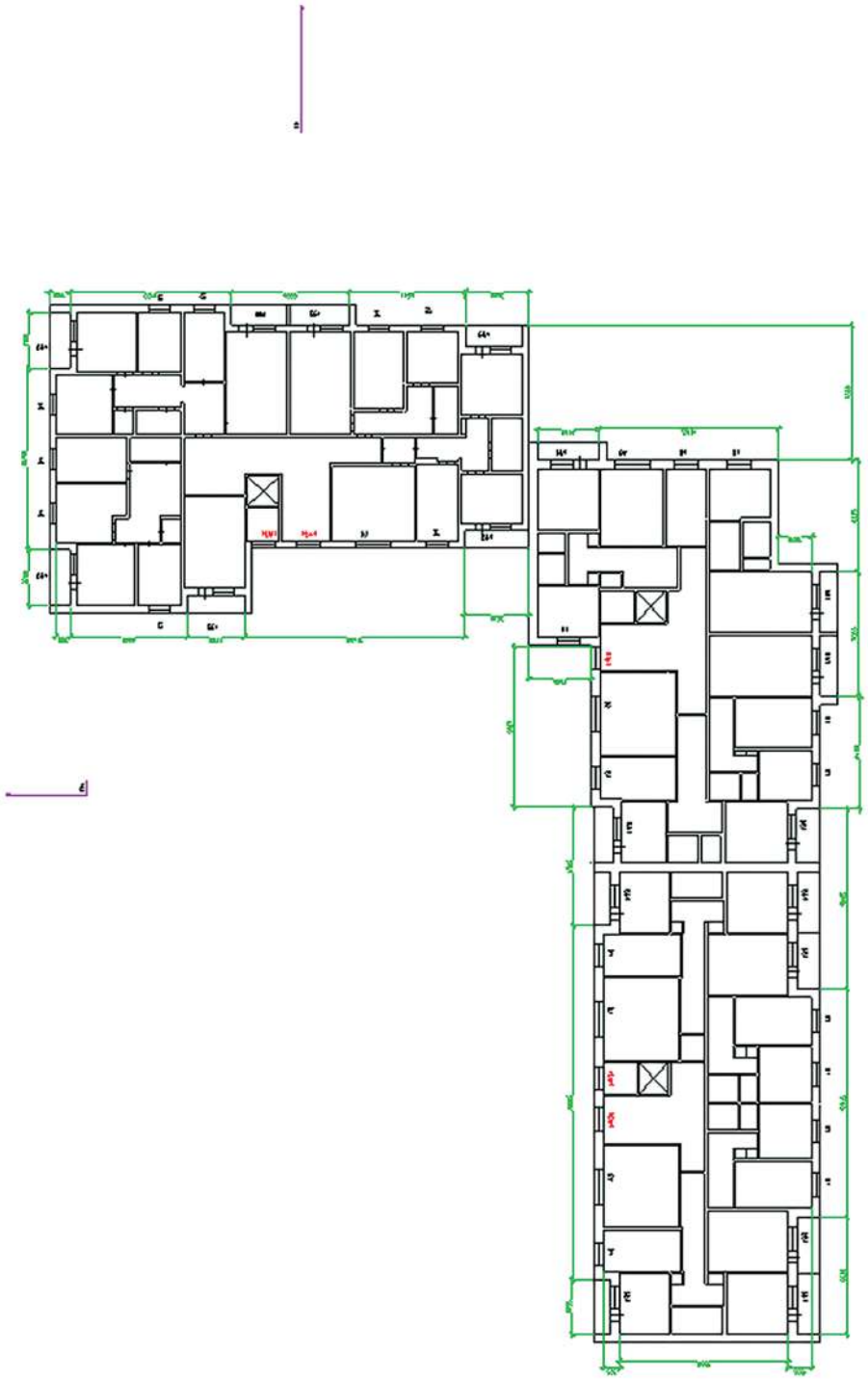


Рисунок 2

Обмірні креслення будівлі

Огороджувальні конструкції	Зовнішні стіни будівлі керамзитобетонні. Стан стін задовільний. Частина стін утеплена плитами пінополістиролу. Частина стін захищена засклениими балконами та лоджіями. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам (3,3 м²·К/Вт).

Склад стінового огородження. Тип 1

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з}$$

R=1/8,7+0,02/0,81+0,35/0,52+1/23=0,87 (м²·К)/Вт

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю) становитиме
$U_{op.mn}$ = 1/R=1/0,87= 1,17 Вт/(м·К);

Для існуючих будівель використовуємо коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень згідно таблиці 4 ДСТУБ А.2.2-12:2015

$U_{op.corr}$ = $U_{op.mn}$ +ΔU_{td}= 1,17 + 0 = 1,17 Вт/(м²·К).

Таблиця 1 Склад стінового огородження
Тип 1 (основні шари)

Назва і-го шару конструкції	**Товщина**, м (δ_i)	**Теплопровідність**, Вт/(м·К) (λ_{ip})
Розчин вапняно-піщаний (густиною ρ_0=1600кг/м³)	0,02	0,81
Керамзитобетон на керамзитовому піску (густиною ρ_0=1200кг/м³)	0,35	0,52
Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² .К) ($\alpha_в$)		8,7
Коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² .К) ($\alpha_з$)		23

Склад стінового огородження, захищеного заскленими балконами та лоджіями. Тип 2

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції:

R=1/8,7+0,02/0,81+0,35/0,52+1/23=0,87 (м²·К)/Вт

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції/ (по основному полю) становитиме
$U_{op.mn}$ = 1/R=1/0,87= 1,17 Вт/(м²·К);

Для існуючих будівель використовуємо коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень згідно таблиці 4 ДСТУБ А.2.2-12:2015

$U_{op.corr}$ = $U_{op.mn}$ +ΔU_{td}= 1,17 + 0 = 1,17 Вт/(м²·К).

Таблиця 2 Склад стінового огородження, захищеного заскленими балконами та лоджіями. Тип 2 (основні шари)

Назва і-го шару конструкції	**Товщина**, м (δі)	**Теплопровідність**, Вт/(м·К) (λір)
Розчин вапняно-піщаний (густиною ρ0=1600 кг/м³)	0,02	0,81
Керамзитобетон на керамзитовому піску (густиною ρ0=1200 кг/м³)	0,35	0,52
Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² .К) (αв)		8,7
Коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² .К) (αз)		23

Склад стінового огородження утеплених плитами пінополістиролу. Тип 3

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції:

R=1/8,7+0,02/0,81+0,35/0,52+0,05/0,055+1/23=1,77 (м²·К)/Вт

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю) становитиме
$U_{op.mn}$ = 1/R=1/1,77= 0,57 Вт/(м²·К)

Для існуючих будівель використовуємо коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень згідно таблиці 4 ДСТУБ А.2.2-12:2015.

$U_{op.corr}$ = $U_{op.mn}$ +ΔU_{td}= 0,57 + 0,075 = 0,65 Вт/(м²·К)

Таблиця 3 Склад стінового огородження, утепленого плитами пінополістиролу. Тип 3 (основні шари)

Назва і-го шару конструкції	**Товщина**, м (δ_i)	**Теплопровідність**, Вт/(м·К) (λ_{ip})
Розчин вапняно-піщаний (густиною ρ_0=1600 кг/м^3)	0,02	0,81
Керамзитобетон на керамзитовому піску (густиною ρ_0=1200кг/м^3)	0,35	0,52
Вироби зі спіненого пінополістиролу (густиною ρ_0=15кг/м^3)	0,05	0,055
Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 .К) ($\alpha_в$)		8,7
Коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 .К) ($\alpha_з$)		23

Склопрозорі конструкції

Загальна площа віконних блоків складає 18% від загальної площі фасаду (коефіцієнт скління фасаду становить 0,18). 85% вікон з подвійним склінням у металопластикових рамах, 15% - у дерев'яних рамах із подвійним склінням. На момент проведення енергетичного обстеження стан дерев’яних віконних блоків незадовільний, конструкції в дерев’яних рамах мають нещільності, які збільшують інфільтрацію повітря в будівлі. Більшість балконів та лоджій засклені. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним вимогам (0,75 м^2·К/Вт).

Склопрозорі конструкції. Тип вікна Вк.1

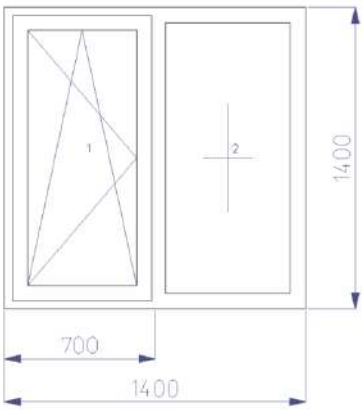


Рисунок 3

Склопрозора конструкція. Тип вікна Вк. 1

Розрахунок проведено згідно ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі.

$$U_w = \frac{\Sigma A_g * U_g + \Sigma A_f * U_f + L_g * \Psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

де U_w - приведений коефіцієнт теплопередачі;

A_g – загальна площа профільних елементів із ПВХ (рам віконних блоків, стулок, імпостів)- 0,63 м^2;

A_f – загальна площа склопакетів – 1,33 м^2;

L_g - лінійні теплопровідні включення в зоні примикання склопакету до рами із сталі – 7 м;

Ψ_g- лінійний коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл.Е1
ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016.10077-1:2016.

U_g – коефіцієнт теплопередачі профільних елементів із ПВХ монтажною шириною 60мм. (рам віконних блоків, стулок, імпостів)- 1,56 Вт/(м^2·К)

U_f – коефіцієнт теплопередачі склопакетів (4м-20-4м) – 2,7 Вт/(м^2·К)

U_w=(0,63*1,56+1,33*2,7+7*0,08)/(0,63+1,33)=2,62 Вт/(м^2·К)

$R_{пр}$=1/ U_w=1/2,62= 0,38 м^2·К/Вт

Перевірка умови (1): $R_{\Sigma пр} < R_{q\ min}$, 0,38<0,75, отже, умова не виконується.

Склопрозорі конструкції. Тип вікна Вк.2

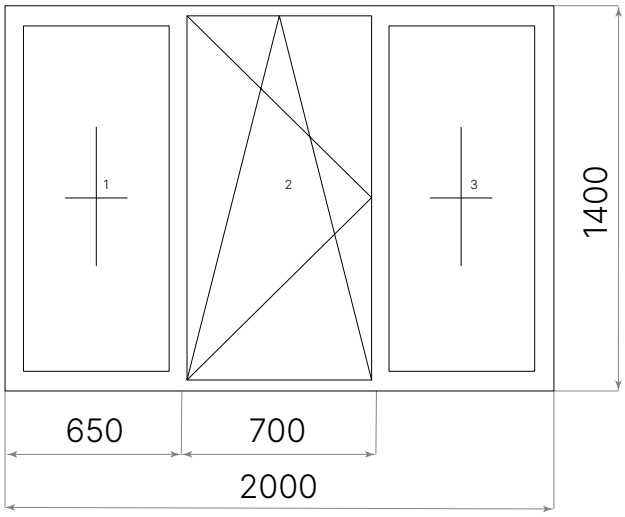


Рисунок 4
Склопрозора конструкція. Тип вікна Вк. 2

Розрахунок проведено згідно ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі.

$$U_w = \frac{\Sigma A_g * U_g + \Sigma A_f * U_f + L_g * \Psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

	де U_w - приведений коефіцієнт теплопередачі; A_g – загальна площа профільних елементів із ПВХ (рам віконних блоків, стулок, імпостів)- 0,96 м^2; A_f – загальна площа склопакетів – 1,84 м^2; L_g - лінійні теплопровідні включення в зоні примикання склопакету до рами із сталі – 10 м; Ψ_g - лінійний коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл.Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016.10077-1:2016. U_g – коефіцієнт теплопередачі профільних елементів із ПВХ монтажною шириною 60мм. (рам віконних блоків, стулок, імпостів)- 1,56 Вт/(м^2·К) U_f – коефіцієнт теплопередачі склопакетів (4м-20-4м) – 2,7 Вт/(м^2·К) U_w=(0,96*1,56+1,84*2,7+10*0,08)/(0,96+1,84)=2,59 Вт/(м2·К) $R_{пр}$=1/ U_w=1/2,59= 0,39 м^2·К/Вт Перевірка умови (1): $R_{\Sigma пр} < R_{q\ min}$, 0,39<0,75, отже, умова не виконується. Інші склопрозорі конструкції розраховуються аналогічно. Склопрозорі конструкції з дерев'яними рамами з простим склінням (без сучасних склопакетів) розраховуються без коефіцієнту теплопередачі лінійного теплопровідного включення.
Зовнішні двері	Вхідні двері – металеві без утеплення з інерційною системою зачинення, на момент проведення енергетичного обстеження знаходяться у задовільному стані. Існуючий опір теплопередачі прийнятий на рівні 0,33 м^2·К/Вт. Приведений опір теплопередачі дверей не відповідає мінімальним вимогам (0,6 м^2·К/Вт).
Технічне (тепле) горище	Дах теплого горища, обігрів якого здійснюється теплим повітрям, що надходить із витяжної вентиляції будинку; плита перекриття залізобетонна, утеплена шаром керамзиту та покрита стяжкою та шаром руберойду. Перекриття над опалювальними приміщеннями: плита перекриття залізобетонна. У приміщені теплого горища розміщене розведення теплових мереж системи опалення. Стан м'якої покрівлі даху задовільний. Накриття парапетів ушкоджено та потребує заміни. Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімально вимогам.

Рисунок 5

Шахти витяжної вентиляції будинку в приміщені технічного (теплого) горища

Рисунок 6

Теплові мережі в приміщені технічного (теплого) горища

Рисунок 8

Стан м'якої покрівлі даху

Рисунок 7

Накриття парапетів ушкоджено

Склопрозорі конструкції

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції:

R=1/10+0,22/2,04+0,1/0,13+0,05/0,93+0,02/0,17+1/23=1,19 (м²·К)/Вт

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю) становитиме
$U_{op.mn}$ = 1/R=1/1,19= 0,83 Вт/(м²·К);

Для існуючих будівель використовуємо коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень згідно таблиці 4 ДСТУБ А.2.2-12:2015

$U_{op.corr} = U_{op.mn} + \Delta U_{td}$= 0,83 + 0 = 0,83 Вт/(м²·К).

Таблиця 4 Склад плити покриття (основні шари)

Назва і-го шару конструкції	**Товщина**, м (δ_i)	**Теплопровідність**, Вт/(м·К) (λ_{ip})
Залізобетон (густиною ρ_0=2500 кг/м³)	0,22	2,04
Гравій керамзитовий (густиною ρ_0=300 кг/м³)	0,1	0,13
Розчин цементно-піщаний (густиною ρ_0=1800 кг/м³)	0,05	0,93
Руберойд, пергамін (густиною ρ_0=1000 кг/м³)	0,02	0,17
Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² ·К) ($\alpha_в$) ($\alpha_в$ = 1/ R_{si}= 1/0,10)		10
Коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² ·К) ($\alpha_з$)		23

Плита перекриття теплого даху над житловим поверхом

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції:

R=1/10+1/12+0,22/2,04+0,1/0,13+0,05/0,93=1,07 (м²·К)/Вт

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю) становитиме
$U_{op.mn}$ = 1/R=1/1,07= 0,93 Вт/(м²·К);

Для існуючих будівель використовуємо коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень згідно таблиці 4 ДСТУБ А.2.2-12:2015

$U_{op.corr} = U_{op.mn} + \Delta U_{td}$= 0,93 + 0 = 0,93 Вт/(м²·К).

Таблиця 5 Склад плити покриття (основні шари)

Назва і-го шару конструкції	**Товщина**, м (δ_i)	**Теплопровідність**, Вт/(м·К) (λ_{ip})
Залізобетон (густиною ρ_0=2500 кг/м^3)	0,22	2,04
Гравій керамзитовий (густиною ρ_0=300 кг/м^3)	0,1	0,13
Розчин цементно-піщаний (густиною ρ_0=1800 кг/м^3)	0,05	0,93
коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м^2·К) ($\alpha_в$ = 1/ R_{si}= 1/0,10)		10
коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м^2·К) ($\alpha_з$)		12

Технічний підвал

Під всією будівлею знаходиться технічний підвал. Фундамент будівлі стрічковий із бетонних блоків. Підлога першого поверху – лінолеум після бетонної підготовки по плиті перекриття. У підвалі розміщене розведення теплових мереж системи опалення, трубопроводів гарячого та холодного водопостачання, а також системи каналізації. Існуючий стан технічного підвалу – задовільний.

Рисунок 9

Розведення теплових мереж системи гарячого водопостачання

Рисунок 10

Розведення теплових мереж системи опалення

Плита перекриття між технічним підвалом та житловим поверхом

Розраховуємо опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції:

R=1/5,88+1/12+0,06/0,21+0,045/0,93+0,08/0,2+0,22/2,04=1,04 (м²·К)/Вт

Коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю) становитиме
$U_{op.mn}$ = 1/R=1/1,04= 0,96 Вт/(м²·К).

Для існуючих будівель використовуємо коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень згідно таблиці 4 ДСТУБ А.2.2-12:2015

$U_{op.corr}$ = $U_{op.mn}$ +ΔU_{td}= 0,96 + 0 = 0,96 Вт/(м²·К)

Таблиця 6 Склад плити покриття (основні шари)

Назва і-го шару конструкції	**Товщина**, м (δ_i)	**Теплопровідність**, Вт/(м·К) (λ_{ip})
Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий та одношаровий без підоснови (густиною ρ_0=1200 кг/м³)	0,06	0,21
Розчин цементно-піщаний (густиною ρ_0=1800 кг/м³)	0,045	0,93
Гравій керамзитовий (густиною ρ_0=600 кг/м³)	0,08	0,2
Залізобетон (густиною ρ0=2500 кг/м³)	0,22	2,04
Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м²К) ($\alpha_в$ = 1/ R_{si}= 1/0,17)		5,88
Коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² .К) ($\alpha_з$)		12

Визначення енергопотреби

Енергопотреба розраховується за формулою (3) для опалення та (5) для охолодження згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для кожного місяця

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

де $Q_{H,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год;

$\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

де $Q_{C,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного охолодження будівлі, Вт·год;

$Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт·год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт·год;

$\eta_{C,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Сумарна теплопередача

Сумарну теплопередачу, Q_{ht}, Вт·год, ($Q_{H,ht}$– для режиму опалення, $Q_{C,ht}$– для режиму охолодження) визначають за формулою (7) згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015):

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

де Q_{tr} – сумарна теплопередача трансмісією, Вт·год;

Q_{ve} –сумарна теплопередача вентиляцією, Вт·год.

Теплопередача трансмісією

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована за формулою (9) згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для кожного місяця і приведена для режиму опалення:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t;$$

де $H_{tr,adj}$– загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$– задану температуру зони будівлі для опалення приймаємо 20°С, для охолодження – 26°С;

θ_e– середньомісячна температура зовнішнього середовища, °C, визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

t– тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Визначення узагальненого коефіцієнту теплопередачі трансмісією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К, повинно бути розраховане за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

У загальному випадку H_x, що відображає H_D,H_g,H_U або H_A, складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} [\Sigma_i A_i \cdot U_k + \Sigma_k l_k \cdot \Psi_k + \Sigma_j x_j]$$

У спрощеному

$$H_x = b_{tr,x} \Sigma_i (A_i U_i + \Delta U)$$

Таблиця 7 Проміжні та результативні значення теплопередачі трансмісії для опалення будівлі

№ п/п	Вид огороджувальної конструкції	Напрямок за сторонами світу	Загальна площа (A_i), м²	Термічний опір (R_Σ), м²К/Вт	U, Вт/(м²К)	ΔU, Вт/(м²К)	b_u	$H_{x,heating}$ Вт/К
1.	Зовнішні стіни (тип 1)	Пн	833,994	0,86	1,17	0	1	974,1
2.	Зовнішні стіни (тип 1)	Сх	694,656	0,86	1,17	0	1	811,3
3.	Зовнішні стіни (тип 1)	Пд	851,85	0,86	1,17	0	1	994,9
4.	Зовнішні стіни (тип 1)	З	561,69	0,86	1,17	0	1	656,0
5.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	Пн	454,815	0,86	1,17	0	0,7	371,8
6.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	Сх	441,693	0,86	1,17	0	0,7	361,1
7.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	Пд	756,99	0,86	1,17	0	0,7	618,9
8.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	З	334,26	0,86	1,17	0	0,7	273,3
9.	Зовнішні стіни (тип 3)	Пн	287,37	1,77	0,57	0,075	1	184,3

Таблиця 7. Продовження

№ п/п	**Вид огороджувальної конструкції**	**Напрямок за сторонами світу**	Загальна площа (A_i), м^2	Термічний опір (R_Σ), м^{2}К/Вт	U, Вт/(м^{2}К)	ΔU, Вт/(м^{2}К)	b_u	$H_{x,heating}$ Вт/К
10.	Зовнішні стіни (тип 3)	З	279	1,77	0,57	0,075	1	179,0
11.	Тепле горище	Горизонт.	910	1,06	0,94	0	0,7	601,38
12.	Вхідні двері	З	2,97	0,33	3,00	0	1	8,9
13.	Вхідні двері	Пн	5,94	0,33	3,00	0	1	17,8
14.	Технічний підвал	Горизонт.	910	1,10	0,91	0	0,3	249,25
15.	Вікно тип ВБ3	Пд	117,6	0,38	2,62	0	0,7	215,3
16.	Вікно тип ДБ4	Пд	92,4	0,49	2,03	0	0,7	131,3
17.	Вікно тип ВБ3	Пд	5,88	0,38	2,64	0	0,7	10,9
18.	Вікно тип ДБ4	Пд	4,62	0,38	2,64	0	0,7	8,5
19.	Вікно тип ВК1	Пд	101,92	0,38	2,62	0	1	266,6
20.	Вікно тип ВК1	Пд	3,92	0,38	2,64	0	1	10,3
21.	Вікно тип МЗК5	З	32,76	0,38	2,64	0	1	86,5
22.	Вікно тип ВК1	З	49	0,38	2,62	0	1	128,2
23.	Вікно тип ВК1	З	3,92	0,38	2,64	0	1	10,3
24.	Вікно тип ВК2	З	19,6	0,39	2,58	0	1	50,5
25.	Вікно тип ВК2	З	5,6	0,38	2,64	0	1	14,8
26.	Вікно тип ВБ3	З	31,36	0,38	2,62	0	0,7	57,4
27.	Вікно тип ДБ4	З	24,64	0,49	2,03	0	0,7	35,0
28.	Вікно тип ВБ3	З	3,92	0,38	2,64	0	0,7	7,2
29.	Вікно тип ДБ4	З	3,08	0,38	2,64	0	0,7	5,7
30.	Вікно тип МЗК5	З	32,76	0,38	2,64	0	1	86,5
31.	Вікно тип ВК1	Пн	113,68	0,38	2,62	0	1	297,4
32.	Вікно тип ВК1	Пн	9,8	0,38	2,64	0	1	25,9
33.	Вікно тип ВК2	Пн	44,8	0,39	2,58	0	1	115,5
34.	Вікно тип ВК2	Пн	5,6	0,38	2,64	0	1	14,8
35.	Вікно тип ВБ3	Пн	82,32	0,38	2,62	0	0,7	150,7
36.	Вікно тип ДБ4	Пн	64,68	0,49	2,03	0	0,7	91,9
37.	Вікно тип ВБ3	Пн	5,88	0,38	2,64	0	0,7	10,9
38.	Вікно тип ДБ4	Пн	4,62	0,38	2,64	0	0,7	8,5
39.	Вікно тип ВК1	Сх	99,96	0,38	2,62	0	1	261,5
40.	Вікно тип ВК1	Сх	5,88	0,38	2,64	0	1	15,5
41.	Вікно тип ВК2	Сх	19,6	0,39	2,58	0	1	50,5
42.	Вікно тип ВК2	Сх	5,6	0,38	2,64	0	1	14,8

Таблиця 7. Продовження

№ п/п	Вид огороджувальної конструкції	Напрямок за сторонами світу	Загальна площа (A_i), м²	Термічний опір (R_Σ), м²К/Вт	U, Вт/(м²К)	ΔU, Вт/(м²К)	b_u	$H_{x,heating}$ Вт/К
43.	Вікно тип ВБЗ	Сх	64,68	0,38	2,62	0	0,7	118,4
44.	Вікно тип ДБ4	Сх	50,82	0,49	2,03	0	0,7	72,2
45.	Вікно тип ВБЗ	Сх	5,88	0,38	2,64	0	0,7	10,9
46.	Вікно тип ДБ4	Сх	4,62	0,38	2,64	0	0,7	8,5
47.	Вікно тип М3К5	Пн	32,76	0,38	2,64	0	1	86,5
48.	Вікно тип М3К5	Пн	16,38	0,38	2,63	0	1	43,0
			$H_{tr,adj,H}$					8824,8

Таблиця 8 Характеристики теплопередачі трансмісії для охолодження будівлі

№ п/п	Вид огороджувальної конструкції	Напрямок за сторонами світу	Загальна площа (A_i), м²	Термічний опір (R_Σ), м²К/Вт	U, Вт/(м²К)	ΔU, Вт/(м²К)	b_u	$H_{x,heating}$ Вт/К
1.	Зовнішні стіни (тип 1)	Пн	833,994	0,86	1,17	0	1	975,8
2.	Зовнішні стіни (тип 1)	Сх	694,656	0,86	1,17	0	1	812,7
3.	Зовнішні стіни (тип 1)	Пд	851,85	0,86	1,17	0	1	996,7
4.	Зовнішні стіни (тип 1)	З	561,69	0,86	1,17	0	1	657,2
5.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	Пн	454,815	0,86	1,17	0	1	532,1
6.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	Сх	441,693	0,86	1,17	0	1	516,8
7.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	Пд	756,99	0,86	1,17	0	1	885,7
8.	Стіни захищені засклениими балконами / лоджіями (тип 2)	З	334,26	0,86	1,17	0	1	391,1
9.	Зовнішні стіни (тип 3)	Пн	287,37	1,77	0,57	0,075	1	184,3
10.	Зовнішні стіни (тип 3)	З	279	1,77	0,57	0,075	1	179,0
11.	Тепле горище	Горизонт.	910	1,06	0,94	0	0	0
12.	Вхідні двері	З	2,97	0,33	3,00	0	1	8,9
13.	Вхідні двері	Пн	5,94	0,33	3,00	0	1	17,8
14.	Технічний підвал	Горизонт.	910	1,10	0,91	0	0,3	249,25
15.	Вікно тип ВБЗ	Пд	117,6	0,38	2,62	0	0,7	215,3
16.	Вікно тип ДБ4	Пд	92,4	0,49	2,03	0	0,7	131,3

Таблиця 8. Продовження

№ п/п	**Вид огороджувальної конструкції**	**Напрямок за сторонами світу**	Загальна площа (A_i), м²	Термічний опір (R_Σ), м²К/Вт	U, Вт/(м²К)	ΔU, Вт/(м²К)	b_u	$H_{x,heating}$ Вт/К
17.	Вікно тип ВБ3	Пд	5,88	0,38	2,64	0	0,7	10,9
18.	Вікно тип ДБ4	Пд	4,62	0,38	2,64	0	0,7	8,5
19.	Вікно тип ВК1	Пд	101,92	0,38	2,62	0	1	266,6
20.	Вікно тип ВК1	Пд	3,92	0,38	2,64	0	1	10,3
21.	Вікно тип М3К5	З	32,76	0,38	2,64	0	1	86,5
22.	Вікно тип ВК1	З	49	0,38	2,62	0	1	128,2
23.	Вікно тип ВК1	З	3,92	0,38	2,64	0	1	10,3
24.	Вікно тип ВК2	З	19,6	0,39	2,58	0	1	50,5
25.	Вікно тип ВК2	З	5,6	0,38	2,64	0	1	14,8
26.	Вікно тип ВБ3	З	31,36	0,38	2,62	0	0,7	57,4
27.	Вікно тип ДБ4	З	24,64	0,49	2,03	0	0,7	35,0
28.	Вікно тип ВБ3	З	3,92	0,38	2,64	0	0,7	7,2
29.	Вікно тип ДБ4	З	3,08	0,38	2,64	0	0,7	5,7
30.	Вікно тип М3К5	З	32,76	0,38	2,64	0	1	86,5
31.	Вікно тип ВК1	Пн	113,68	0,38	2,62	0	1	297,4
32.	Вікно тип ВК1	Пн	9,8	0,38	2,64	0	1	25,9
33.	Вікно тип ВК2	Пн	44,8	0,39	2,58	0	1	115,5
34.	Вікно тип ВК2	Пн	5,6	0,38	2,64	0	1	14,8
35.	Вікно тип ВБ3	Пн	82,32	0,38	2,62	0	0,7	150,7
36.	Вікно тип ДБ4	Пн	64,68	0,49	2,03	0	0,7	91,9
37.	Вікно тип ВБ3	Пн	5,88	0,38	2,64	0	0,7	10,9
38.	Вікно тип ДБ4	Пн	4,62	0,38	2,64	0	0,7	8,5
39.	Вікно тип ВК1	Сх	99,96	0,38	2,62	0	1	261,5
40.	Вікно тип ВК1	Сх	5,88	0,38	2,64	0	1	15,5
41.	Вікно тип ВК2	Сх	19,6	0,39	2,58	0	1	50,5
42.	Вікно тип ВК2	Сх	5,6	0,38	2,64	0	1	14,8
43.	Вікно тип ВБ3	Сх	64,68	0,38	2,62	0	0,7	118,4
44.	Вікно тип ДБ4	Сх	50,82	0,49	2,03	0	0,7	72,2
45.	Вікно тип ВБ3	Сх	5,88	0,38	2,64	0	0,7	10,9
46.	Вікно тип ДБ4	Сх	4,62	0,38	2,64	0	0,7	8,5
47.	Вікно тип М3К5	Пн	32,76	0,38	2,64	0	1	86,5
48.	Вікно тип М3К5	Пн	16,38	0,38	2,63	0	1	43,0
			$H_{tr,adj,H}$					8919,9

Теплопередача вентиляцією

Вентиляція приміщень будівлі відбувається природним способом за рахунок перепаду тиску всередині та ззовні будівлі та повітропроникності огороджувальних конструкцій (через нещільності у віконних конструкціях і відкритих елементів віконних, дверних конструкцій).

Видалення повітря відбувається через повітроводи, розміщені в санвузлах та кухнях.

Кратність повітрообміну (природньої вентиляції) в період присутності прийнята на рівні: 0,5 год-1.

Кратність повітрообміну (інфільтрації) в період відсутності розрахована з урахуванням гравітаційних впливів, вітрового навантаження та повітропроникності огороджувальних конструкцій.

Наявність теплоутилізаційних установок у системі вентиляції будівлі не передбачено.

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована за формулами (22) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для кожного місяця

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e)t$$

$H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$– задану температуру зони будівлі, для опалення приймаємо 20°С, для охолодження – 26°С;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

t – тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год

Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією становить (формули (24) та (25) ДСТУ Б А.2.2 -12:2015):

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a (\Sigma_k b_{ve,k} q_{ve,k,mn})$$

де $\rho_a c_a$– теплоємність повітря одиниці об’єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м^3·К);

$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k-го елемента, м^3/год,

$b_{ve,k}$– температурний поправочний коефіцієнт для k-го елемента повітряного потоку зі значенням bve,k ≠ 1, якщо температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ не дорівнює температурі зовнішнього

середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти;

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k}\, q_{ve,k}$$

де $q_{ve,k,mn}$– витрата повітря k-го елемента повітряного потоку, м3/год,

$f_{ve,t,k}$ – частка роботи k-го елемента повітряного потоку, розрахована як частка від загальної кількості годин на добу.

- для січня місяця загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією $H_{ve,adj}$ становитеме:

H_{ve}=0,33*0,5*23890,49*0,67*1+0,33*0,14*23890,49*0,33*1=3005 Вт/К

Аналогічно розраховано для інших місяців та наведено в табл.9.

Таблиця 9 Проміжні та результативні значення теплопередачі вентиляції для опалення будівлі

Місяці	Складові Hve (природньої вентиляції) у період присутності				Складові Hve (інфільтрації) у період відсутності				Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією Hve, Вт/К
	n год-1 кратність повітрообміну	V м³ вентильований об'єм	fve - частка роботи	be - коефіцієнт утилізації	n год-1 кратність повітрообміну	V м³ вентильований об'єм	fve - частка роботи	be - коефіцієнт утилізації	
1	0,5	23890	0,67	1	0,14	23 890	0,33	1	3005
2	0,5	23890	0,67	1	0,13	23 890	0,33	1	2979
3	0,5	23890	0,67	1	0,12	23 890	0,33	1	2953
4	0,5	23890	0,67	1	0,10	23 890	0,33	1	2901
5	0,5	23890	0,67	1	0,09	23 890	0,33	1	2875
6	0,5	23890	0,67	1	0,08	23 890	0,33	1	2849
7	0,5	23890	0,67	1	0,07	23 890	0,33	1	2823
8	0,5	23890	0,67	1	0,07	23 890	0,33	1	2823
9	0,5	23890	0,67	1	0,09	23 890	0,33	1	2875
10	0,5	23890	0,67	1	0,10	23 890	0,33	1	2901
11	0,5	23890	0,67	1	0,12	23 890	0,33	1	2953
12	0,5	23890	0,67	1	0,13	23 890	0,33	1	2979

Теплові надходження

Сумарні теплові надходження, Q_{gn}, Вт·год, ($Q_{H,gn}$ – для режиму опалення, $Q_{C,gn}$ – для режиму охолодження) для кожної зони будівлі для кожного місяця визначають за формулою (8) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol},$$

де Q_{int} – сума внутрішніх теплонадходжень протягом зазначеного періоду, Вт·год;

Q_{sol} – сума сонячних теплонадходжень протягом зазначеного періоду, Вт·год.

Внутрішні теплові надходження

Згідно з методикою ДСТУ Б А.2.2-12:2015 до уваги прийняті наступні теплонадходження: внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення. Відповідно, загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається згідно з таблицею 6 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 на рівні 5.2. Значення внутрішніх теплонадходжень для кожного місяця містяться у п.6. Наведені значення розраховані за формулою (35) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 з урахуванням графіку використання згідно з таблицею 6 ДСТУ Б А.2.2-12:2015

$$Q_{int} = (\Sigma_k \Phi_{int,mn,k} A_f)\ t$$

де $\Phi_{int,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік, 1,8+2+2= 5,8 Вт/м^2;

A_f – кондиціонована площа зони будівлі, 8238 м^2;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць (для січня -112/168*744 = 496 год).

Внутрішні теплові надходження для січня:

Q_{int} = 5,8*8238*496/1000 = 23 699 кВт·год.

Результати розрахунків наведено в таблиці 10.

Таблиця 10 Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота, Вт/м²	Освітлення, Вт/м²	Обладнання, Вт/м²
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2	2

Сонячні теплові надходження

Теплові надходження від сонця до будівлі, що розраховуються для кожного місяця Q_{sol}, Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{sol} = (\Sigma_k \Phi_{sol,mn,k})\ t$$

де $\Phi_{sol,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт, визначений згідно з 11.3;

t– тривалість місяця, що розглядається, виражену у годинах, приймають згідно з додатком А.

Тепловий потік $\Phi_{sol,k}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k-ої поверхні;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції k-ої поверхні із зазначеною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об’ємі, м², визначена окремо для скління та окремо для непрозорих елементів;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k-ої поверхні із зазначеною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: F_r =1 — для незатіненого горизонтального даху, F_r = 0,5 — для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k-го елемента будівлі, Вт.

Розрахунок сонячного теплового потоку через засклений елемент оболонки

Розрахунок сонячного теплового потоку через засклений елемент оболонки (Тип вікна Вк.1 Рис 3), розміщений на північ будівлі для січня:

$Ф_{sol,k}$ = 0,95*0,55*13= 6,79 Вт.

$F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами 0,95 при куті затінення 30°;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції для вікна типу Вк.1 *Рис.3* становить 0,55 м^2, визначена в п.3.2.2.1;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація у січні з північного боку, 13 Вт/м^2, визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

Для інших місяців розрахунок проводимо аналогічно. Для інших склопрозорих конструкцій розрахунок проводимо аналогічно.

Розрахунок сонячного теплового потоку через стінове огородження

Розрахунок сонячного теплового потоку через стінове огородження (Тип 1 п.2.2.1), розміщене на північ для січня:

$Ф_{sol,k}$ = 0,95*5,78*13 – 0,5*747 = - 302 Вт.

$F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами 0,95 при куті затінення 30°;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції для стінового огородження Тип 1 становить 5,78 м^2, визначена у п.3.2.2.2;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація у січні з північного боку, 13 Вт/м^2, визначена згідно з додатком А ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

F_r = 0,5 — для незатіненої вертикальної стіни;

$Ф_{r,k}$ - додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу становить 747 Вт, визначений у п.3.2.2.3.

Для інших місяців розрахунок проводимо аналогічно. Для інших непрозорих конструкцій розрахунок проводимо аналогічно.

Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів

Еквівалентну площу інсоляції заскленого елемента оболонки для вікна Вк.1 (*Рис 3*) A_{sol}, м^2, розраховують за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl}\, g_{gl}\, (1 - F_F)\, Aw,p$$

де $F_{sh,gl}$– понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів. За відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl}$ = 1;

ggl – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента: визначаємо в залежності від конструкції вікна та наявності елементів затінення:

Світлопрозорі конструкції, використані для засклення будівлі:

1. Віконні блоки (Тип вікна Вк.2 Рис 4) з металопластиковими рамами із подвійним склінням (4м-20-4м).

2. Коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії згідно таблиці 8 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для подвійного скління gn = 0,75.

3. Поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, F_w = 0,9.

4. Коефіцієнт пропускання сонячної енергії g_{gl} = 0,75·0,9 = 0,68.

В якості постійних засобів затінення прийнято, що використовуються білі завіси легкі з середини вікон (понижувальний коефіцієнт згідно з таблицею 9 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 дорівнює ε = 0,65).

Загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення:

gl+sh = 0,68·0,65 = 0,439;

F_F – частка обрамлення для вікон 0,34;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заскленого елемента, 1,92 м^2.

Еквівалентна площа інсоляції заскленого елемента оболонки Вк.2 становитеме:

A_{sol} = 1*0,439*(1-0,34)*1,92 = 0,55 м^2

Для інших склопрозорих конструкцій розрахунки проводимо аналогічно.

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol}, м^2, розраховують за формулою (40) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_C \cdot A_C$$

α_{sc} – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають згідно з даними таблиці 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

R_{se}– тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, 0,043 м^2·К/Вт;

U_c– коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м^2·К);

A_c– площа проекції непрозорої частини, м^2.

Еквівалентна площа інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі (стінового огородження Тип 1 визначеного в п.2.2.1), розміщеної на північ становитиме:

A_{sol} = 0,4*0,043*1,17*287,37= 5,78 м^2

Де α_{sc} – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, для штукатурки цементно кремової згідно з даними таблиці 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 прийнято 0,4;

R_{se}– тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, 0,043 м^2·К/Вт;

U_c– коефіцієнт теплопередачі стінового огородження Тип 1 визначеного у п.2.2.1, та становить U_c = 1,17 Вт/(м^2·К);

Ас– площа проекції непрозорої частини з північної сторони стінового огородження Тип 1, 287,37 м^2.

Для інших непрозорих конструкцій розрахунки проводимо аналогічно.

Теплове випромінювання в атмосферу

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі $Ф_r$, Вт, визначають за формулою:

$$Ф_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}$$

Де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м^2·К/Вт, приймають 0,043 м^2·К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м^2·К);

A_c – площа проекції елемента, м^2;

h_r– коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні приймаємо рівним 5ε Вт/(м^2·К);

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С для помірних широт, приймають $\Delta\theta_{er}$ = 11 К.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для стінового огородження Тип 1 становитиме:

$Ф_r$ = 0,043*1,17*287,37*4,7*11=747 Вт.

Де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м²·К/Вт, приймають 0,043 м²·К/Вт;

U_c– коефіцієнт теплопередачі стінового огородження Тип 1 визначеного у п.2.2.1, становить U_c =1,17 Вт/(м²·К);

A_c– площа проекції непрозорої частини з північної сторони стінового огородження Тип 1, 287,37 м².

h_r– коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні приймаємо рівним 5ε Вт/(м²·К), ε згідно з даними таблиці 10 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 прийнято 0,93, h_r=5*0,93=4,7 Вт/(м²·К);

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er}$ = 11 К.

Таблиця 11 Елементи сонячних теплових надходжень до будівлі

Місяць	Поглинання, A_{sol}, $w \cdot F_{sh} \cdot Is_{ol}$, Вт	Метаболічна теплота, $\Phi_r \cdot F_r$, Вт	Освітлення, Φ_{sol},Вт
Січень	15167	8514	6653
Лютий	24646	8514	16133
Березень	35451	8514	26938
Квітень	39692	8514	31178
Травень	48421	8514	39908
Червень	41349	8514	32835
Липень	37512	8514	28998
Серпень	35007	8514	26493
Вересень	34533	8514	26019
Жовтень	25941	8514	17427
Листопад	12988	8514	4475
Грудень	10172	8514	1658

Таблиця 12 Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплових надходжень до будівлі

Місяць	Параметри								
	θ_e, °C	Кількість годин в місяць	$I_{пн}$, Вт/м²	$I_{сх}$, Вт/м²	$I_{пд}$, Вт/м²	$I_{зх}$, Вт/м²	$I_{гор}$, Вт/м²	Q_{sol}, кВт·год	Q_{int}, кВт·год
Січень	-4	744	13	19	43	21	30,00	4950	23 699
Лютий	-2,7	672	22	34	65	36	57,00	10841	21 406
Березень	1,4	744	34	54	83	57	97,00	20042	23 699
Квітень	7,9	720	38	70	83	67	136,00	22448	22 935
Травень	13,4	744	52	91	87	86	184,00	29691	23 699
Червень	16,3	720	59	95	83	90	196,00	23642	22 935
Липень	17,7	744	55	89	81	87	183,00	21575	23 699
Серпень	17,2	744	43	82	91	79	165,00	19711	23 699
Вересень	13	720	29	58	81	56	111,00	18734	22 935
Жовтень	8	744	18	38	74	36	69,00	12966	23 699
Листопад	2,5	720	11	17	37	17	31,00	3222	22 935
Грудень	-2,2	744	9	13	29	13	21,00	1234	23 699

Динамічні параметри

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень $\eta_{H,gn}$ — це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, $\gamma_н$ та числового параметра $\alpha_н$, який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах (46) – (49) для опалення та (51а) – (54) для охолодження згідно з ДСТУ ДСТУ Б А.2.2-12:2015

Розрахуємо для січня місяця (період опалення) безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення за формулою (49) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$\gamma н = Q_{H,gn} / Q_{H,ht}$=28 650/211233=0,14

Оскільки $\gamma_н > 0$ та $\gamma_н \neq 1$, то безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення η H,gn для січня місяця визначаємо за формулою (46) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$\eta_{H,gn}$= (1-0,14 4,71)/ (1-0,14 1+4,71) = 1

де $\gamma_Н$ – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год, наведена в таблиці 13;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год, наведені в таблиці 13;

a_H – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі,

τ_H, визначений за формулою (50) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та становить:

α_H = 1 + 55,71/15 = 4,71;

де $a_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

τ– часова константа зони будівлі, год, визначається за формулою (56) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та становить:

τ =659048/(3005+8824,79) = 55,71 год;

Згідно з таблицею 15 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить С = 80 Вт·год/(м²·К).

Внутрішня теплоємність будівлі розрахована за формулою (58) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 і становить: C_m = 80·8238,1 = 659048 Вт·год/К.

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

Аналогічні розрахунки проводимо і для інших місяців, результати наведені в таблиці 13

Результати розрахунків для періоду охолодження наведені в таблиці 14.

Таблиця 13 Проміжні та результативні дані при розрахунку енергопотреби для опалення будівлі

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,tr}$, кВт·год	$Q_{H,ve}$, кВт·год	$Q_{H,ht}$, кВт·год	$Q_{H,sol}$, кВт·год	$Q_{H,int}$, кВт·год	$Q_{H,gn}$, кВт·год	γ_H,	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год
Січень	157 575	53 657	211 233	4 950	23 699	28 650	0,14	1,00	182 585
Лютий	134 617	45 443	180 060	10 841	21 406	32 247	0,18	1,00	147 821
Березень	122 121	40 865	162 986	20 042	23 699	43 741	0,27	1,00	119 310
Квітень	33 315	10 952	44 267	9 728	9 938	19 666	0,44	0,99	24 842
Травень	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0

Таблиця 13. Продовження

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,tr}$, кВт·год	$Q_{H,ve}$, кВт·год	$Q_{H,ht}$, кВт·год	$Q_{H,sol}$, кВт·год	$Q_{H,int}$, кВт·год	$Q_{H,gn}$, кВт·год	γ_H,	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$, кВт·год
Вересень	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0
Жовтень	38 123	12 532	50 655	6 274	11 467	17 741	0,35	1,00	32 996
Листопад	111 192	37 208	148 400	3 222	22 935	26 157	0,18	1,00	122 250
Грудень	145 757	49 204	194 961	1 234	23 699	24 933	0,13	1,00	170 029
Всього за рік	**742 701**	**249 860**	**992 562**	**56 290**	**136 845**	**193 135**	**0,00**	**0,00**	**799 833**

Таблиця 14 Розрахунок енергопотреби для охолодження будівлі

Місяць року	Параметр								
	$Q_{C,tr}$, кВт·год	$Q_{C,ve}$, кВт·год	$Q_{C,ht}$, кВт·год	$Q_{C,sol}$, кВт·год	$Q_{C,int}$, кВт·год	$Q_{C,gn}$, кВт·год	γ_C,	$\eta_{C,ls}$	$Q_{C,nd}$, кВт·год
Січень	132 728	73674	206 402	4950	23 699	28650	0,14	0,139	0
Лютий	114 688	63404	178 093	10841	21 406	32247	0,18	0,181	0
Березень	108 837	58500	167 337	20042	23 699	43741	0,26	0,261	0
Квітень	77 496	38830	116 326	22448	22 935	45383	0,39	0,389	0
Травень	55 746	26628	82 374	29691	23 699	53391	0,65	0,630	1513
Червень	41 531	19306	60 837	23641	22 935	46576	0,77	0,722	2661
Липень	36 721	16213	52 934	21575	23 699	45274	0,86	0,781	3924
Серпень	38 934	17534	56 468	19711	23 699	43410	0,77	0,724	2521
Вересень	55 660	27174	82 834	18734	22 935	41669	0,50	0,499	0
Жовтень	79 637	40529	120 166	12966	23 699	36665	0,31	0,305	0
Листопад	100 616	53855	154 471	3222	22 935	26157	0,17	0,169	0
Грудень	124 764	67760	192 524	1234	23 699	24933	0,13	0,130	0
Всього за рік	**967 359**	**503 408**	**1 470 767**	**189 055**	**279 041**	**468 096**			**10619**

Річне енергоспоживання при опаленні

Тривалість опалювального періоду є фіксованою згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» та становить 179 діб (4296 год).

Система опалення. Однотрубна (постійний гідравлічний режим). Система не налагоджена. Відсутня балансувальна арматура на стояках (горизонтальних вітках) системи.

Опалювальний прилад встановлений біля зовнішньої стіни (без радіаційного захисту).

Тепловтрати підсистеми тепловіддачі / виділення

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця за формулою (79) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$Q_{H,em,ls} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{emission}} - 1 \right) \cdot Q_{em,out}$$

де $_{QH,em,ls}$ –загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі / виділення за конкретний місяць, Вт·год;

$Q_{em,out}$– енергія виходу від підсистеми тепловіддачі / виділення за конкретний місяць, Вт·год, є енергопотребою для опалення за конкретний місяць $Q_{H,nd}$,

f_{hydr}–коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи;

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;

f_{rad} – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку (тільки для променевих систем опалення);

$\eta_{emission}$ –загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні, що визначають за формулою:

$$\eta_{emission} = \frac{1}{(4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})}$$

η_{str} – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огороджень (для вбудованих систем);

f_{hydr} = 1,09 - згідно з таблицею 18 ДСТУ Б А.2.2-2:2015;

f_{im} = 1 - згідно з п.15.4.2.1 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

f_{rad} = 1 - променева складова відсутня;

η_{ctr} = 0,86 - згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{emb} = 1,00 - згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{str1} = 0,88 - згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{str2} = 0,83 - згідно з таблицею 17 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

η_{str}= (η_{str1} + η_{str2})/2 = (0,83+ 0,88)/2 = 0,855 за формулою (81) ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

$\eta_{emission}$ = 1/(4-(0,855 + 0,86 + 1)) = 0,78 за формулою (80) ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

Результати розрахунку наведено в Таблиці 17.

Тепловтрати підсистеми розподілення

Тепловтрати підсистеми розподілення визначаються для кожного місяця за формулою (88) ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Результатом розрахунку загальних тепловтрат є сума тепловтрат різних типів трубопроводів L_A, L_S, L_V згідно з рис.7 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \Psi_{L,j} \cdot (\theta_m - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}$,

де $\Psi_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачіj-го трубопроводу, Вт/(м·К);

θ_m – середня температура теплоносія в зоні, °С;

θ_i – температура оточуючого середовища, °С;

L – довжина трубопроводу, м;

j – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами;

$t_{op,an,i}$ – години опалення впродовж і-го місяця,год.

Таблиця 15 Характеристика теплових мереж системи опалення

Мережі	Довжина трубопроводу, м	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, ψ Вт/(м·К)	Температура навколишнього середовища, °С	Розміщення
Lv + LS	953.7	1	20	Опалюваний об'єм
Lv	688	0,2	10	Технічний підвал
Lv	172	1	10	Технічний підвал

Таблиця 16 Середня температура теплоносія

Місяць	Середня температура теплоносія в зоні, °C;
Січень	58.9
Лютий	57.9
Березень	54.9
Квітень	50.1
Травень	-
Червень	-
Липень	-
Серпень	-
Вересень	-
Жовтень	50.0
Листопад	54.1
Грудень	57.6

Тепловтрати систем розподілення

Тепловтрати систем розподілення (трубопроводів як опалення, так і гарячого водопостачання) або їхніх частин, розташованих в опалювальному приміщенні, можна утилізувати для опалення приміщення, а тому вони вважаються утилізаційними. У неопалювальному приміщенні тепловтрати трубопроводів не є утилізаційними.

Утилізовані тепловтрати розраховуються за формулою (91) ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$Q_{H,dis,ls,rvd,i} = Q_{H,dis,ls,rbl,i} \cdot 0{,}9 \cdot \eta_{H,gn,i}$,

де $\eta_{H,gn,i}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж і-го місяця;

Неутилізовані тепловтрати розраховуються за формулою (92), ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = Q_{H,dis,ls,nrbl,i} + (Q_{H,dis,ls,rbl,i} - Q_{H,dis,ls,rvd,i})$.

Енергію входу, що необхідна для підсистеми розподілення, розраховують для кожного місяця за формулою (93) ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,out,i} + Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$,

$Q_{H,dis,out,i}$ –енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж і-го місяця дорівнює енергії входу до підсистеми тепловіддачі $Q_{H,em,in,i}$ для певної комбінації зон, що обслуговуються тією ж самою підсистемою розподілення, Вт·год;

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$ – неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення впродовж і-го місяця, Вт·год,

Значення додаткової енергії для підсистеми розподілення визначають згідно з таблицею 26 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Додаткова енергія в підсистемі розподілення не враховується, оскільки циркуляція теплоносія в будинку відбувається за рахунок перепаду тиску в центральній тепловій мережі, тобто будівля не має власних циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів.

Результати розрахунку наведено в Таблиці 18.

Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми виробництва / генерування теплоти

За формулою (94) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування дорівнює енергії входу в підсистему розподілення.

$$Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i}$$

де $Q_{H,gen,out,i}$ – енергія виходу з підсистеми виробництва / генерування та акумулювання теплоти впродовж і-го місяця, Вт·год;

$Q_{H,dis,in}$– енергія входу в підсистему розподілення впродовж і-го місяця, Вт·год,

Тепловтрати підсистеми виробництва / генерування теплоти визначаються для кожного місяця за формулою (95) ДСТУ Б А.2.2-12:2015. При цьому, ефективність підсистеми виробництва / генерування теплоти прийнята згідно з таблицею 27 ДСТУ Б А.2.2-12:2015

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i}(1 - \eta_{H,gen})/ \eta_{H,gen}$$

де $\eta_{H,gen}$– ефективність підсистем виробництва / генерування та акумулювання теплоти;

$Q_{H,gen,out,i}$– енергія виходу з підсистем виробництва / генерування та акумулювання теплоти впродовж і-го місяця, Вт·год,

Загальне енергоспоживання при опаленні визначено для кожного місяця за формулою (96) ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i}$$

де $Q_{H,gen,out,i}$–енергія виходу з підсистеми виробництва / генерування та акумулювання теплоти впродовж і-го місяця, Вт·год;

$Q_{H,gen,ls,i}$–загальні тепловтрати підсистем виробництва / генерування та акумулювання теплоти впродовж і-го місяця, Вт·год.
Результати розрахунку наведено в Таблиці 17.

Таблиця 17 Розрахунок енергоспоживання при опаленні для будівлі

Місяць року	Параметр					
	Енергопотреба	Втрати в системі тепловіддачі виділення	Енергія виходу з системи тепловіддачі виділення – енергія входу в систему розподілення	Енергія виходу з системи розподілення	Втрати підсистеми генерування	Енергоспоживання
	$Q_{H,nd}$, кВт·год	$Q_{H,em,ls}$, кВт·год	$Q_{H,em,in}$ $Q_{H,dis,out}$, кВт·год	$Q_{H,dis,in}$ $Q_{H,gen,out}$, кВт·год	$Q_{H,gen,ls}$, кВт·год	$Q_{H,use}$, кВт·год
Січень	182 585	73 153	255 738	269 764	43 915	313 679
Лютий	147 821	59 224	207 045	219 445	35 724	255 169
Березень	119 310	47 801	167 111	179 960	29 296	209 255
Квітень	24 842	9 953	34 795	39 663	6 457	46 120
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0
Жовтень	32 996	13 220	46 216	51 748	8 424	60 172
Листопад	122 250	48 979	171 229	183 406	29 857	213 263
Грудень	170 029	68 122	238 151	251 645	40 966	292 611
Всього за рік	**799 833**	**320 453**	**1 120 286**	**1 195 630**	**194 637**	**1 390 267**

Таблиця 18 Значення енергетичних потоків у підсистемі розподілення для будівлі

Місяць року	Параметр						
	Енергія входу в систему розподілення	Втрати в системі розподілення	Втрати, що не можуть бути утилізовані	Втрати, що можуть бути утилізовані	Утилізовані втрати	Неутилізовані втрати	Енергія виходу
	$Q_{H,dis,out}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrbl}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rbl}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rvd}$, кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrvd}$, кВт·год	$Q_{H,dis,in}$, кВт·год
Січень	255 738	38 865	11 264	27 602	24 840	14 026	269 764
Лютий	207 045	34 255	9 966	24 290	21 855	12 400	219 445
Березень	167 111	35 095	10 340	24 756	22 247	12 848	179 960
Квітень	34 795	12 830	3 873	8 956	7 962	4 868	39 663
Травень	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	46 216	14 758	4 458	10 300	9 227	5 531	51 748
Листопад	171 229	33 246	9 830	23 415	21 069	12 177	183 406
Грудень	238 151	37 643	10 964	25 284	22 755	13 494	251 645
Всього за рік	**1 120 286**	**206 693**	**60 696**	**144 603**	**129 955**	**75 344**	**1 195 630**

Річне енергоспоживання при охолодженні

Оскільки система охолодження в будівлі відсутня, то з метою визначення енергетичної ефективності будівлі приймаємо значення $\eta_{C,ac}$ =0,93 для ефективності автоматичного управління/регулювання та значення $\eta_{C,\ gen}$ =2,4 для показника ефективності підсистеми виробництва / генерування (згідно з п.4 розділу VI Методики визначення енергетичної ефективності будівель.

Загальну енергію виходу з підсистем виробництва / генерування та акумулювання, кВт·год розраховують за формулою (109) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac}$ = 10619/0,93= 11418,2 кВт·год

де $\eta_{C,ac}$ – ефективність автоматичного управління / регулювання, приймають у залежності від класу ефективності системи управління

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва / генерування та акумулювання, кВт·год розраховують за формулою (110) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} (1 - \eta_{C,\ gen}) / \eta_{C,\ gen}$ = 11418,2*(1-2,4)/2,4 = - 6660,6 кВт·год

де $\eta_{C,gen}$ – ефективність підсистеми виробництва / генерування та акумулювання;

$Q_{C,gen,out}$– енергія виходу від підсистем виробництва / генерування та акумулювання, кВт·год.

Енергоспоживання при охолодженні, кВт·год, розраховують за формулою (111) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls}$ = 11418,2+ (- 6660,6) = 4757,6 кВт·год.

Розрахунок енергоспоживання при гарячому водопостачанні

Енергопотреба гарячого водопостачання

Джерело гарячої води – система централізованого теплопостачання. Система автоматизації в будівлі відсутня. Система розподілу виконана зі стальних трубопроводів; в опалювальних приміщеннях трубопроводи неізольовані, в неопалювальних – теплова ізоляція трубопроводів не відповідає діючим вимогам. Наявна система циркуляції гарячої води. Тип системи циркуляції – за рахунок перепаду тиску в системі централізованого гарячого водопостачання. Облік за спожиту гарячу воду проводиться за квартирними лічильниками обліку витрат гарячої води.

Фактичний обсяг споживання гарячої води відповідно до показників вузла комерційного обліку становить 2704650 м^3.

Згідно з п.4. розділу VII Методики визначення енергетичної ефективності будівель для розрахунку енегопотреби приймаємо фактичний обсяг споживання гарячої води:

$Q_{DHW,nd} = C_w \cdot V_w \cdot (\theta_{w,del} - \theta_{w,o}) \cdot a_x$ = 4,18·0,99·2704650· (55 – 10)·0,278×10-3= = 140048 кВт·год

де C_w– питома теплоємність води, (4,18 кДж/кг×°C);

V_W– річний обсяг споживання води, (кг);

$\theta_{w,d}$ – середня температура теплоносія в зоні, 55°C;

$\theta_{w,o}$ – температура навколишнього середовища, 10°C;

a_x – коефіцієнт переведення, кДж, в кВт×год, який приймають рівним 0,278×10-3 (кВт×год/кДж).

Тепловтрати підсистеми розподілення

Тепловтрати підсистеми розподілення для системи гарячого водопостачання, що розглядається, складаються з:

1. Тепловтрат розподільними трубопроводами до водорозбору гарячої води користувача.

2. Тепловтрат використаної води при водорозборі.

Тепловтрати розподільними трубопроводами гарячої води користувача розраховуються за формулою (119).

$Q_{W,dis,ls} = \sum \Psi_{W,j} \cdot L_{W,j} \cdot (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \cdot t_w / 1000$,

де $Q_{W,dis,ls}$– річні тепловтрати підсистеми розподілення гарячого водопостачання, кВт·год;

$\Psi_{W,j}$– лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К);

$L_{W,j}$– довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg,j}$–середня температура гарячої води у секції трубопроводу, $\theta_{W,dis,avg}$ = 55 °C;

$\theta_{amb,j}$ – середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалювального чи неопалювального приміщення, °C;

t_w– період користування гарячого водопостачання, год/рік;

j – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

При цьому приймається:

θ_{amb} = 20 °C – для опалювального періоду приміщень в кондиціонованих об’ємах;

θ_{amb} =10 °C для опалювального періоду приміщень в некондиціонованих об'ємах;

θ_{amb} = 26 °C – для періоду поза опаленням в опалювальних об'ємах згідно таблиці 16 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

t_w = 4296 год – період користування системою гарячого водопостачання протягом опалювального періоду;

t_w = 4464 год – період користування системою гарячого водопостачання поза періодом опалення.

Протяжність трубопроводів:

L_W = 324 м – протяжність трубопроводів в кондиціонованих об'ємах;

L_W = 430 м – протяжність трубопроводів в некондиціонованих об'ємах;

ψ_W =1 Вт/(м·К) – лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводів, розміщених в кондиціонованих об'ємах;

ψ_W = 0,6 Вт/(м·К) – лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводів, розміщених в некондиціонованих об'ємах.

Регулярні тепловтрати з секцій трубопроводу, розміщених в опалювальних приміщеннях, утилізуються у вигляді опалення приміщення під час опалювального періоду. Частина таких втрат, що може бути утилізована і здійснити внесок у нагрівання приміщення, прийнята на рівні 0,5.

$Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,col,m}$ = (1·324·(55-20)·4296/1000) ·0,5 = 24358,32 кВт·год – тепловтрати в кондиціонованих об'ємах протягом опалювального періоду;

$Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,col,m}$ = (0,6·430·(55-10)·8760/1000) = 101703,6 кВт·год – тепловтрати в некондиціонованих об'ємах протягом опалювального періоду;

$Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,col,m}$ = (1·324·(55-26)·4464/1000) = 41 944 кВт·год – тепловтрати в кондиціонованих об'ємах поза періодом опалення;

$Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,col,m}$ = 24358,32 + 41944 + 101703,6 = 168005,92 кВт·год – загальні тепловтрати розподільними трубопроводами;

Тепловтрати використаної води при водорозборі визначаються за формулою (123) ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$Q_{W,em,ls} = Q_W \cdot \eta_{eq}/100$,

де Q_W –річні енергопотреби гарячого водопостачання, кВт·год,

η_{eq} – еквівалент збільшення, що враховує тепловтрати використаної води при водорозборі; при постійній циркуляції приймаємо η_{eq} = 0.

Енергоспоживання гарячого водопостачання

Річний обсяг енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання визначають за формулою (126) ДСТУ Б А.2.2-12:2015, при цьому ефективність підсистеми виробництва / генерування теплоти прийнята згідно з таблицею 27 ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Джерело генерації – центральне теплопостачання, η_{gen} = 0,96 %.

$Q_{DHW,use}$= ($Q_{DHW,need}$ + $Q_{W,dis,ls}$+ $Q_{W,dis,ls,col,m}$+ $Q_{W,em,l}$) / η_{gen},

де $Q_{DHW,need}$– енергопотреби гарячого водопостачання, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls}$– річні тепловтрати підсистеми розподілення гарячого водопостачання, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls,col,m}$– річні тепловтрати циркуляційного контуру гарячого водопостачання, кВт·год;

$Q_{W,em,l}$– тепловтрати використаної води гарячого водопостачання при водорозборі, кВт·год;

η_{gen}– ефективність підсистеми виробництва / генерування та акумулювання теплоти, визначена згідно з таблицею 30 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

$Q_{DHW,use}$ = (140047,7+168005,92+0)/0,96 = 320889,19 кВт·год.

Додаткова енергія для системи гарячого водопостачання є енергією для циркуляційних насосів і визначається за формулою (126). При цьому, в системі гарячого водопостачання відсутні циркуляційні насоси; системи циркуляції – за рахунок перепаду тиску в системі централізованого гарячого водопостачання.

Відповідно, $W_{W,dis,aux}$ = 0 кВт·год.

Загальний обсяг енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання визначається за формулою (129):

$DHW_{total\ use}$ = $Q_{DHW,use}$+ $W_{W,dis,aux}$ = 320889,19 + 0 = 320889,19 кВт·год.

Енергоспоживання при освітленні

Питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі становить:

P_N = 5,00 Вт/м^2;

Типові значення коефіцієнтів для розрахунку енергоспоживання при освітленні визначаються згідно таблиці 36 ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

1. Постійний коефіцієнт яскравості F_C = 1,00.
2. Коефіцієнт використання освітлення F_o = 1,00.
3. Коефіцієнт природного освітлення F_D = 1,00.
4. Час використання штучного освітлення в денний час протягом року t_D = 2250 год.
5. Час використання штучного освітлення в нічний час протягом року t_N = 250 год.
6. Кондиціонована площа будівлі, Af =8238,1 м^2.

Енергія, необхідна для виконання функції штучного освітлення WL, розраховується за формулою (129) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$W_L=(P_N \cdot FC)\cdot((t_D \cdot F_o \cdot F_D)+(t_N \cdot F_o))\cdot A_f/1000=$
$=5\cdot1\cdot((2250\cdot1\cdot1)+(250\cdot1))\cdot8238,1/1000=102976$ кВт·год

Загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення визначається згідно таблиці 36 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 P_{em} = 1 кВт·год/м^2.

Загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони в час, коли лампи не використовують, визначається згідно таблиці 36 ДСТУ Б А.2.2-12:2015
P_{pc} = 5 кВт·год/ м^2.

Паразитна енергія, що необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення та енергія для управління / регулювання освітленням у будівлі розраховується згідно з формулою (130) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$W_P = (P_{em} + P_{pc}) \cdot A_f=(1+5)\cdot8238,1= 49429$ кВт·год

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні розраховується за формулою (128) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$W= W_L + W_P=102976+49429 =152405$ кВт·год.

Додаток Г. Приклад завдання на проєктування для житлових будівель (огороджувальні конструкції)[30]

Додаток 1
до договору підряду
на виконання проєктно-
вишукувальних робіт
№ _____ від _____

Погоджено

_____ /_____ /
___ . ___ . _____

Затверджую

_____ /_____ /
___ . ___ . _____

ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ

1.	Назва та місцезнаходження об'єкта	Капітальний ремонт з теплоізоляції огороджувальних конструкцій багатоквартирного будинку ОСББ _____ , що розташований за адресою: _____
2.	Підстава для проєктування	2.1. Рішення співвласників багатоквартирного будинку № _____ від _____ 2.2. Договір підряду на виконання проєктно-вишукувальних робіт №_____ від _____
3.	Вид будівництва	Капітальний ремонт
4.	Дані про інвестора	-
5.	Дані про замовника	ОСББ _____ , адреса _____
6.	Джерело фінансування	Власні (кредитні) кошти Замовника з залученням державної підтримки
7.	Необхідність розрахунків ефективності інвестицій	Не вимагається
8.	Дані про Проєктувальника (Генпроєктувальника)	_____, адреса
9.	Стадійність проєктування з визначенням затверджувальної стадії	Одностадійне - «Робочий проєкт» (РП)
10.	Особливі умови проєктування	Відсутні
11.	Дані про особливі умови будівництва	11.1. Визначаються на етапі проєктування. 11.2. Роботи планується вести в умовах експлуатації будівлі

[30] Підготовлено за матеріалами Фонду енергоефективності *www.eefund.org.ua/tekhnichni-materiali*

12.	Інженерні вишукування	12.1. Провести обстеження огороджувальних конструкцій будівлі для визначення та оцінки їх технічного стану відповідно до чинних будівельних норм і правил з послідуючим складанням звіту з обстеження об'єкту відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-18. У рамках обстеження виконати (зокрема, але не виключно): – Обстеження будівельних конструкцій (покрівлі, фасадних стін, перекриття підвалу, фундаментів). – Оцінку технічного стану та експлуатаційної придатності будівлі. – Визначити технічну можливість влаштування утеплення (додаткові навантаження на несучі конструкції, стіни, перекриття та фундаменти). – Розробити рекомендаційні заходи щодо підвищення експлуатаційної придатності будівлі (в разі необхідності).
13.	Черговість будівництва, необхідність виділення пускових комплексів	Будівництво передбачити в одну чергу, без виділення пускових комплексів
14.	Вихідні дані для проєктування	14.1. Матеріали технічної інвентаризації будинку. 14.2. Звіт з енергетичного аудиту. 14.3. Опис Проєкту. 14.4. Звіт з обстеження об'єкта. 14.5. Технічні умови на перенесення газової труби (за необхідності). 14.6. Технічні умови на перенесення електричних мереж (за необхідності).
15.	Загальна характеристика об'єкта	15.1. Типова серія будівлі _____ 15.2. Рік введення в експлуатацію 15.3. Висота поверху -_____м 15.4. Кількість поверхів - _____ 15.5. Кількість під'їздів -_____ 15.6. Кількість квартир -_____ 15.7. Кількість нежитлових приміщень -_____ 15.8. Загальна площа будинку -_____м² 15.9. Кондиціонована площа будинку - _____м² 15.10. Кондиціонований об'єм будинку - _____м³
16.	Дані про підключення об'єкта до мереж інженерного забезпечення	Замовник – отримує технічні умови та погоджує проєктну документацію з організаціями, що видали ці технічні умови. Проєктувальник – забезпечує технічний супровід та усуває зауваження (при наявності).
17.	Визначення класу (наслідків) відповідальності та установленого строку експлуатації	Виконати розрахунок відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» за ДСТУ 8855:2019 «Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності)»
18.	Вимоги до основних проєктних рішень	18.1. Основною метою розроблення проєктної документації є участь у програмі підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків «ЕНЕРГОДІМ» державної установи «Фонд енергоефективності» (надалі Програма). Виходячи з цього проєктною документацією необхідно передбачити розробку розділу – АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ з наступними енергоефективними заходами:

Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін нижче рівня ґрунту.

У рамках заходу передбачити конструктивну схему збірної системи типу «А»/«Б» - з опорядженням, штукатурками або дрібноштучними елементами /індустріальними елементами, дрібнорозмірними плитками або стіновими виробами (вентфасад) із застосуванням сучасних теплоізоляційних та оздоблювальних матеріалів.

Проєктними рішеннями має бути передбачено (зокрема, але не виключно):

- Застосування конструкцій, що відповідають вимогам пожежної безпеки згідно з ДБН В.1.1-7 та ДБН В.2.6-33.
- Застосування комплектів ізоляції, які забезпечують стійкість збірної системи до кліматичних впливів.
- За необхідності підготовка поверхні стіни (основи): ремонт стиків між панелями, ремонт панелей, ремонт механічних пошкоджень і тріщин фасаду, влаштування гідроізоляції у місцях деформаційних швів тощо.
- Пластикові кутки або попередньо стиснуту стрічку у місцях примикання утеплювача та г/картону до вікон і дверей.
- Напуск на віконну раму не менше ніж на 2 см при утепленні із зовнішнього боку укосу.
- Облаштування поясів та обрамлення прорізів із негорючих матеріалів (за необхідності).
- Облаштування конструктивних вузлів - парапетів, стиків, укосів, відливів, примикань до віконних та дверних прорізів (виконання вузлів повинно забезпечувати запобігання можливості потрапляння атмосферної вологи до товщі теплоізоляційного шару).
- *Встановлення по всьому периметру віконних і дверних прорізів фасаду захисних козирків-екранів з оцинкованої сталі (або інших негорючих матеріалів) завтовшки не менше ніж 0,50 мм перпендикулярно до основної площі фасаду на відстані не менше ніж 70 мм від відповідного укосу прорізу на всю ширину повітряного прошарку (для вентфасадів).*
- *Забезпечення руху повітря у вентильованому повітряному прошарку при поверховому чи ярусному розділенні, його розділенні горизонтальними елементами кріпильного каркасу (для вентфасадів).*

Проєктними рішеннями по влаштуванню цокольної частини стіни має бути передбачено (зокрема, але не виключно):

- Утеплення цоколя вище поверхні ґрунту - екструдований пінополістирол або піноскло, нижче поверхні ґрунту – екструдований пінополістирол.
- На цокольній частині передбачити обклеювальну гідроізоляцію.
- По утеплювачу та гідроізоляції передбачити захисну мембрану.
- Влаштування капельника на кутку при утепленні стіни будівлі та цокольного поверху з переходом по товщині.

Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування опалювальних та неопалювальних горищ (технічних поверхів) та дахів.

У рамках заходу передбачити влаштування суміщеного покриття інверсійного типу.
/класичного суміщеного покриття з вентиляційною системою. утеплення перекриття горищного даху.

/утеплення перекриття горищного даху.
/утеплення покриття опалювального горищного (мансардного) даху.
Проєктними рішеннями має бути передбачено (зокрема, але не виключно):

- Застосування конструкцій, що відповідають вимогам пожежної безпеки згідно з ДБН В.1.1-7 та ДБН В.2.6-220.
- Повторне використання придатних матеріалів (за можливості): для суміщеного покриття існуючого шару, наприклад, як похило утворюючого; для горищного перекриття існуючий керамзит та політермбетон тощо.
- Відновлення парапетних стін, вентиляційних каналів та їх накривок (за необхідності).
- Влаштування водостічних систем та систем сніготанення (за необхідності).
- Для суміщеного покриття гідроізоляція парапетної стінки напуском руберойду на стінку перед встановленням відливів, стики на стінках закріпити притискною планкою, на місці примикання плити покриття та стінки виконати галтель (щоб не було прямого куту).

Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування плит перекриття підвалу.
У рамках заходу передбачити влаштування перекриття над неопалювальним підвалом.
/і над проїздами будинку
/улаштування теплоізоляції підлоги на ґрунті.

Заміна або ремонт зовнішніх дверей та/або облаштування тамбурів зовнішнього входу.
Заміна або ремонт блоків віконних та блоків балконних дверних у приміщеннях (місцях) загального користування будівлі.
Заміна або ремонт блоків віконних та блоків балконних дверних у приміщеннях (місцях) загального користування будівлі.
Заміна або ремонт зовнішніх дверей та/або облаштування тамбурів зовнішнього входу.
Заміна або ремонт блоків віконних та блоків балконних дверних у квартирах, утеплення і скління наявних балконів і лоджій.

У рамках заходу врахувати наступне:
- Зокрема, але не виключно, для світлопрозорої конструкції слід використовувати ПВХ профіль з монтажною шириною 70 мм /(60 мм) та двокамерним пакетом 4М1/(і)-14-4М1-14-4і, де М1 листове скло, і – енергозберігаюче скло.
- Вироби мають відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-15 «Блоки віконні та дверні полівінілхлоридні. Загальні технічні вимоги».
- Склопакети мають відповідати вимогам ДСТУ EN 1279:2013 «Скло для будівництва. Склопакети» Частини 1-6.
- Профілі ПВХ мають відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-130. В конструкціях має бути передбачено не менше двох контурів упорного ущільнення, в тому числі в області порогів вхідних дверей. Ущільнювач має відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-242. Переваги при виборі матеріалу ущільнення мають бути надані ЕПДМ (етіленпропілендієнмономіри).

– Вибір конструктиву (розбивка, вузли підсилення та компенсації) та армування мають бути визначені статичними розрахунками конструкцій за методикою, встановленою у ДСТУ-Н Б В.2.6-146, з оцінкою вітрового навантаження визначеного за методикою, встановленою в ДБН В.1.2-2 «Навантаження та впливи. Норми проєктування». Застосування елементів жорсткості, номінальна товщина яких менше ніж 1,5 мм, не допускається.
– Передбачити належне улаштування стиків та примикань вікон, дверей відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 «Настанова щодо проєктування і улаштування вікон та дверей».

18.2. Мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій повинен відповідати вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», для першої / другої температурної зони не нижче:
– Зовнішні стіни 3,3/2,8 м²·К/Вт.
– Суміщені покриття 6,0/5,5 м²·К/Вт.
– Покриття опалюваних горищ та покриття мансардного типу 4,95/4,5 м²·К/Вт.
– Горищні перекриття неопалюваних горищ 4,95/4,5 м²·К/Вт.
– Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами 3,75/3,3 м²·К/Вт.
– Світлопрозорі огороджувальні конструкції (вікна та балконні двері) 0,75/0,6 м²·К/Вт.
– Зовнішні двері 0,6/0,5 м²·К/Вт.

18.3. Підбір товщини теплоізоляційного матеріалу необхідно здійснювати на основі розрахунку приведеного опору теплопередачі конструкції (із врахуванням теплопровідних включень) згідно розділу 5 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 із врахуванням вимог п.4.6, п.6.1 ДБН В.2.6-31:2016 та п.6.1 ДБН В.2.6-33:2018. Розрахунки повинні бути відображені в проєктній документації.
Необхідно передбачити застосування теплоізоляційних матеріалів із теплопровідністю в умовах експлуатації Б, що визначена за методикою ДСТУ Б В.2.7-182 та оформлена відповідним протоколом випробувань.
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційних виробів, що використані для теплоізоляції заглиблених конструкцій будівлі, цокольних конструкцій, повинен становити не менше ніж 50 років.
Для інших конструкцій необхідно використовувати теплоізоляційні вироби зі строком ефективної експлуатації не менше ніж розрахунковий строк служби збірної системи, але у всіх випадках не менше ніж 25 років.

18.4. Характеристики матеріалів, що застосовуються, повинні відповідати Додатку 2 Порядку дій учасників Програми підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків «ЕНЕРГОДІМ» та бути відображені в проєктній документації, оформлені відповідними протоколами випробувань та мають надаватись як додаток до проєктної документації (зокрема, але не виключно):

18.4.1. Для теплоізоляційних виробів:
– Теплопровідність в умовах експлуатації Б;
– Паропроникність.
– Група горючості.
– Міцність на стиск/ границя міцності при стиску.

		– Границя міцності при розтягу у напрямку перпендикулярному до поверхні. – Строк ефективної експлуатації. 18.4.2. Для теплоізоляційних виробів заглиблених конструкцій: – Теплопровідність в умовах експлуатації Б. – Міцність на стиск / границя міцності при стиску. – Строк ефективної експлуатації. 18.4.3. Для збірної системи фасадної теплоізоляції: – Стійкість до кліматичних впливів. 18.5. Рішення щодо влаштування теплової ізоляції повинні відповідати нормативним документам та стандартам: – Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією - ДБН В.2.6-31, ДБН В 2.6-33, ДСТУ Б В.2.6-36, ДСТУ Б В.2.6-35. – Заглиблені конструкції - ДБН В.2.6-31:2016; п. 5.17 ДСТУ Б В.2.6-36:2008; п. 4.10 ДСТУ Б В.2.6-189:2013. – Суміщені покриття - ДБН В.2.6-31, ДБН В 2.6-220, ДБН В 2.2-15. – Покриття опалюваних горищ та покриття мансардного типу - ДБН В.2.6-31, ДБН В 2.6-220, ДБН В 2.2-15. – Горищні перекриття неопалюваних горищ - ДБН В.2.6-31, ДБН В 2.6-220. – Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами ДБН В.2.6-31. – Підлоги по ґрунту, заглиблені конструкції - ДБН В.2.6-33 (п.5.6.2), ДСТУ Б В.2.6-189:2013 (п.4.10). – Світлопрозорі конструкції - ДБН В 2.6-31, ДСТУ Б В.2.6-79, ДСТУ-Н Б.В.2.6-146. – Зовнішні двері ДБН В 2.6-31, ДСТУ Б В.2.6-15, ДСТУ-Н Б.В.2.6-146. – Та іншим чинним будівельним нормам і правилам. 18.6. Проєктну документацію виконати відповідно до ДБН А.2.2-3 та інших діючих норм та правил. Оформити відповідно до ДСТУ Б А.2.4-4. 18.7. Заходи з енергоефективності, застосовані матеріали і обладнання повинні відповідати вимогам Програми, документи програми розміщені за веб-адресою *www.eefund.org.ua/dokumenti.* 18.8. Кожний захід за можливості виділити окремим графічним кресленням та специфікацією за формами 7,8 ДСТУ Б А.2.4-4, ДСТУ Б А.2.4-7 тощо чи окремими розділами в специфікації за ДСТУ Б А.2.4-10. 18.9. Якщо при розробці проєктної документації неможливо виконати всі заходи, що увійшли до Опису Проєкту без реалізації додаткових незаходів з енергоефективності, то такі заходи за можливості виділити окремим графічним кресленням та/або специфікацією (по аналогії з п.18.8). Вартість проєктних робіт щодо таких заходів виділити окремим кошторисом (за ДСТУ Б Д.1.1-7:2013).
19.	Вимоги до кошторисної документації	Кошторисну документацію скласти відповідно до ДСТУ Б Д 1.1-1. Локальні кошториси архітектурно-будівельних рішень скласти окремо для кожного енергоефективного заходу, також окремо для додаткових незаходів з енергоефективності (за наявності).

		У зведеному кошторисному розрахунку передбачити: – Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий/літній період. – Кошти на утримання служби замовника (витрати на технічний нагляд). – Вартість проєктно-вишукувальних робіт (визначити за ДСТУ Б Д.1.1-7:2013). – Вартість експертизи проєктної документації. – Кошти на здійснення авторського нагляду. – Кошторисний прибуток. – Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій. – Кошти на покриття ризиків всіх учасників будівництва. – Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами. – Рівень середньомісячної заробітної плати не нижче ніж 9954,78 грн.
20.	Вимоги до благоустрою майданчика	Відновлення благоустрою по існуючому стану
21.	Вимоги щодо розроблення розділу «Оцінка впливів на навколишнє середовище»	Згідно з діючими нормами
22.	Вимоги з енергозбереження та енергоефективності	Згідно з діючими нормами
23.	Вимоги до режиму безпеки та охорони праці	Згідно з діючими нормами
24.	Вимоги до систем протипожежного захисту об'єкту	Згідно з діючими нормами
25.	Склад і обсяг виконуваних робіт	25.1. Загальна пояснювальна записка. 25.2. Робочі креслення (в об'ємі, достатньому для проведення будівельно-монтажних робіт) (а саме, проте не виключно): – Архітектурно-будівельні рішення (АБ). – Енергоефективність (ЕЕ). – Паспорт опорядження фасадів (ПОФ). – Газопостачання внутрішнє (ГПВ). 25.3. Кошторисна документація. 25.4. Проєкт організації будівництва. 25.5. Коригування Опису Проєкту (в разі необхідності).
26.	Вказівки про необхідність попередніх погоджень проєктних рішень	26.1. Перед проведенням експертизи проєктної документації виконати попередні погодження з Замовником: – Основні проєктні рішення. – Відомість матеріальних ресурсів.
27.	Вимоги щодо експертизи проєктної документації	Експертиза проєктної документації (або її частини) здійснюється згідно чинного законодавства. Експертизу проєктної документації замовляє та оплачує Проєктувальник/Замовник. Проєктувальник виконує супровід проєктної документації та усуває зауваження (при наявності).
28.	Вимоги щодо надання проєктно-кошторисної документації	Проєктно-кошторисну документацію надати Замовнику в 4-х примірниках на паперовому носії та в електронному вигляді в форматі *.pdf, *.doc, *.dwg, *.ims.

Додаток Д. Приклад завдання на проєктування для житлових будівель (інженерні системи)[31]

Додаток 1
до договору підряду
на виконання проєктно-
вишукувальних робіт
№ _____ від _____

Погоджено

_____/_____ /
___ . ___. _____

Затверджую

_____/_____ /
___ . ___. _____

ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ

1.	Назва та місцезнаходження об'єкта	Капітальний ремонт внутрішніх інженерних систем багатоквартирного будинку ОСББ _____, що розташований за адресою: _____
2.	Підстава для проєктування	30.1. Рішення співвласників багатоквартирного будинку № _____ від _____ 30.2. Договір підряду на виконання проєктно-вишукувальних робіт № _____ від _____
3.	Вид будівництва	Капітальний ремонт
4.	Дані про інвестора	-
5.	Дані про замовника	ОСББ _____ , адреса _____
6.	Джерело фінансування	Власні (кредитні) кошти Замовника із залученням державної підтримки
7.	Необхідність розрахунків ефективності інвестицій	Не вимагається
8.	Дані про Проєктувальника (Генпроєктувальника)	_____ , адреса _____
9.	Стадійність проєктування з визначенням затверджувальної стадії	Одностадійне - «Робочий проєкт» (РП)
10.	Дані про особливі умови будівництва	11.1. Визначаються на етапі проєктування. 11.2. Роботи планується вести в умовах експлуатації будівлі
11.	Особливі умови проєктування	Відсутні

[31] Підготовлено за матеріалами Фонду енергоефективності *www.eefund.org.ua/tekhnichni-materiali*

12.	Інженерні вишукування	Виконати обміри інженерних систем, що підлягають капітальному ремонту та приміщень їх розміщення чи прокладання.
13.	Черговість будівництва, необхідність виділення пускових комплексів	Будівництво передбачити в одну чергу, без виділення пускових комплексів.
14.	Вихідні дані для проєктування	42.1. Матеріали технічної інвентаризації будинку. 42.2. Звіт з енергетичного аудиту. 42.3. Опис Проєкту. 42.4. Технічні умови на встановлення ІТП та засоби обліку теплової енергії (за необхідності). 42.5. Технічні умови на заміну газовикористовуючого обладнання (за необхідності).
15.	Дані про підключення об'єкта до мереж інженерного забезпечення	Замовник – отримує технічні умови та погоджує проєктну документацію з організаціями, що видали ці технічні умови. Проєктувальник – забезпечує технічний супровід та усуває зауваження (при наявності).
16.	Визначення класу (наслідків) відповідальності та установленого строку експлуатації	Виконати розрахунок відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» за ДСТУ 8855:2019 «Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності)»
17.	Вимоги до основних проєктних рішень	45.1. Основною метою розроблення проєктної документації є участь у програмі підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків «ЕНЕРГОДІМ» державної установи «Фонд енергоефективності» (надалі Програма). Виходячи з цього проєктною документацією необхідно передбачити розробку розділу (-ів) – ОПАЛЕННЯ з наступними енергоефективними заходами: Встановлення вузла комерційного обліку теплової енергії. Встановлення або модернізація індивідуального теплового пункту (ІТП). Заміна або модернізація загальнобудинкового котла або/та допоміжного обладнання (наприклад, насосів, систем автоматичного регулювання тощо). Гідравлічне балансування системи опалення шляхом встановлення автоматичних (балансувальних) клапанів. Встановлення вузлів розподільного обліку теплової енергії на потреби опалення або/та приладів - розподілювачів теплової енергії у квартирах. Встановлення автоматичних регуляторів температури повітря у приміщеннях на опалювальних приладах водяної системи опалення у квартирах або/та у приміщеннях (місцях) загального користування будівлі.

Теплоізоляція або/та заміна трубопроводів системи внутрішнього теплопостачання в неопалювальних приміщеннях.

Заміна або теплоізоляція трубопроводів системи опалення або/та приладів водяної системи опалення у приміщеннях (місцях) загального користування будівлі.

Заміна або теплоізоляція трубопроводів системи опалення або/та приладів водяної системи опалення у квартирах.

Теплове навантаження системи опалення визначити згідно з п.6.3.4 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» (за ДСТУ Б EN 12831) із врахуванням утеплення та заміни огороджувальних конструкцій (якщо воно передбачається паралельно).

Засоби обліку споживання теплової енергії проєктувати відповідно до п.6.2 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
Прилади обліку споживання теплової енергії повинні мати сертифікат відповідності засобів вимірювальної техніки затвердженого типу та внесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, які допущені до застосування в Україні, або пройти відповідну процедуру оцінки відповідності, визначену Технічним регламентом засобів вимірювальної техніки (затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 року №163).
Клас точності приладів обліку споживання теплової енергії має бути не нижче ніж 2, відповідно ДСТУ EN 1434.

Тепловий лічильник повинен:
– Відповідати стандартам ДСТУ EN1434-1:2019 та ДСТУ 3339-96.
– Бути забезпеченим модулем для дистанційного зчитування даних з нього.
– Бути забезпеченим резервним автономним джерелом живлення.
– Програмне забезпечення повинно забезпечувати індикацію та контроль поточних значень, реєстрацію архівних і підсумкових величин в енергонезалежній пам’яті.
– Робочий тиск витратомірів: 2,5 МПа.
– Діапазон температур робочого середовища: 5-150 °С.
– Гарантійний термін експлуатації: не менше 24 місяців.

Пропонуємо прибрати комплектність вузла обліку – це буде визначено в проєктній документації детально.

Застосування приладів-розподілювачів теплової енергії на опалювальних приладах слід здійснювати згідно з ДСТУ EN 834 або ДСТУ EN 835. Облаштувати приладами-розподілювачами теплової енергії всі опалювальні прилади (крім тих, що розташовані у місцях загального користування).

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) запроєктувати відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», ДБН В.2.5-39-2008 «Теплові мережі», ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

ІТП повинен мати автоматичне регулювання теплового потоку, залежне від погодних умов.
В ІТП передбачити встановлення регулятору перепаду тиску відповідно до п.6.1.10 ДБН В.2.5-67:2013.
При розташуванні ІТП під житловими приміщеннями (кімнатами) слід забезпечити вимоги, що зазначені у додатку М ДБН В.2.5-67:2013.
Передбачити обмежений доступ до приміщення ІТП за рахунок встановлення дверей із замком.
Організацію механічної вентиляції та дренажу приміщення ІТП виконати відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Заміну котлів та допоміжного обладнання проєктувати відповідно до вимог ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання», ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
Для газових котлів коефіцієнт корисної дії має становити не менше 92% та бути підтвердженим відповідною технічною документацією в складі проєктної документації.
Забезпечити автоматичне підтримання температури теплоносія за заданим графіком (у залежності від температури зовнішнього повітря);

Передбачити заміну існуючих трубопроводів опалення на нові згідно гідравлічного розрахунку та існуючих приладів опалення відповідно до нових розрахунків потужності приладів системи опалення.
В якості опалювальних приладів мають бути застосовані сталеві, алюмінієві або біметалеві радіатори відповідно.
При розробці заходу керуватись п.6.7 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Для трубопроводів ІТП / котельні слід застосовувати труби сталеві за ДСТУ 10704-91, ДСТУ 8732-78, ДСТУ 8734-75.
Для трубопроводів системи опалення, слід застосовувати труби сталеві за ДСТУ 10704-91, ДСТУ 8732-78, ДСТУ 8734- 75, ГОСТ 3262-75, поліпропіленові PP-R армовані алюмінієм за ДСТУ Б В.2.7-144:2007.

Матеріал та мінімальна товщина шару теплоізоляції трубопроводів системи опалення та обладнання ІТП мають відповідати додатку Б ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Передбачити обладнання автоматичними терморегуляторами всіх опалювальних приладів у квартирах та нежитлових приміщеннях.

Автоматичні терморегулятори на опалювальних приладах повинні відповідати вимогам п.6.7.22 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» (ДСТУ Б EN 215).
Автоматичні терморегулятори для опалювальних приладів однотрубних систем слід приймати з мінімальним гідравлічним опором, а для приладів двотрубних систем - з підвищеним опором. На однотрубних стояках передбачити зміщені відносно осі стояка обхідні ділянки вузлів обв'язки опалювальних приладів.

Слід застосовувати такі конструкції автоматичних терморегуляторів на опалювальних приладах, що мають заблоковане або обмежене мінімальне налаштування температури повітря згідно з 5.3 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та заблоковане або обмежене максимальне налаштування температури повітря не вище 24 °С.
При розробці заходу керуватись п.6.7 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Балансування стояків системи опалення має бути передбачено автоматичними балансувальними клапанами для 100 % стояків житлового будинку.
Для гідравлічного балансування водяної системи слід застосовувати регулювальну (балансувальну) арматуру згідно з 6.1.11, 6.3.12, 6.4.7.7, 6.4.7.8, 6.7.7 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Налаштування всієї ручної та автоматичної запірно-регулювальної арматури (терморегулятори, приєднувальна регулювальна гарнітура, ручні та автоматичні балансувальні клапани), якою ув'язані циркуляційні кільця системи опалення, повинні бути визначені гідравлічним розрахунком та зазначені в проєктній документації. Передбачити промивання устаткування системи опалення та пуско-налагоджувальні роботи.

ВЕНТИЛЯЦІЯ:
з наступними енергоефективними заходами:
Комплекс робіт із модернізації та облаштування системи вентиляції зі встановленням рекуператорів.
Мінімальний коефіцієнт рекуперації для обраного вентиляційного обладнання має становити не менше 60 % та бути підтвердженим відповідною технічною документацією в складі проєктної документації.

ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ:
з наступними енергоефективними заходами:
Теплоізоляція або/та заміна трубопроводів системи гарячого водопостачання в неопалювальних приміщеннях.
Модернізація системи гарячого водопостачання.
Для трубопроводів системи гарячого водопостачання слід застосовувати труби сталеві за ДСТУ 10704- 91, ДСТУ 8732- 78, ДСТУ 8734-75, ДСТУ 3262-75, поліпропіленові за ДСТУ Б В.2.7-144:2007.
Теплова ізоляція трубопроводів системи гарячого водопостачання має відповідати вимогам ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».
Обладнання системи ГВП проєктувати відповідно до вимог ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ:
з наступними енергоефективними заходами:
Комплекс робіт із модернізації та облаштування системи освітлення у приміщеннях (місцях) загального користування будівлі.

		Передбачити заміну неенергоефективних освітлювальних приладів на енергозберігаючі світлодіодні з підключенням до існуючої мережі. Освітленість приміщень прийняти згідно вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Типи освітлювальної апаратури обираються відповідно до характеристики середовища, функціонального призначення та економічної ефективності з урахуванням вимог до енергозберігання. Системою управління передбачити: – Визначення присутності людей (датчики руху). – Регулювання рівня освітленості (датчики яскравості). Світильники повинні мати захищене антивандальне виконання. Шафи освітлення виконати на елементній базі провідних світових виробників та вітчизняних виробників гарантованої якості, сертифікованих в Україні. Під час проєктування слід дотримуватись «Правил улаштування електроустановок», ДБН В.2.5-23:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Проєктування електрообладнання об`єктів цивільного призначення», ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом», НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». 45.2. Проєктну документацію виконати відповідно до ДБН А.2.2-3 та інших діючих норм та правил. Оформити відповідно до ДСТУ Б А.2.4-4. 45.3. Заходи з енергоефективності, застосовані матеріали і обладнання повинні відповідати вимогам Програми, документи програми розміщені за веб-адресою *https://eefund.org.ua/dokumenti*. 45.4. Кожний захід за можливості виділити окремим графічним кресленням та специфікацією за формами 7,8 ДСТУ Б А.2.4-4, ДСТУ Б А.2.4-7 тощо чи окремими розділами в специфікації за ДСТУ Б А.2.4-10. 45.5. Якщо при розробці проєктної документації неможливо виконати всі заходи, що увійшли до Опису Проєкту без реалізації додаткових незаходів з енергоефективності, то такі заходи за можливості виділити окремим графічним кресленням та/або специфікацією (по аналогії з п.17.4). Вартість проєктних робіт щодо таких заходів виділити окремим кошторисом (за ДСТУ Б Д.1.1-7:2013).
18.	Вимоги до кошторисної документації	Кошторисну документацію скласти відповідно до ДСТУ Б Д 1.1-1. Локальні кошториси інженерних рішень скласти окремо для кожного енергоефективного заходу, також окремо для додаткових незаходів з енергоефективності (за наявності). У зведеному кошторисному розрахунку передбачити: – Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий/літній період.

		– Кошти на утримання служби замовника (витрати на технічний нагляд). – Вартість проєктно-вишукувальних робіт (визначити за ДСТУ Б Д.1.1-7:2013). – Вартість експертизи проєктної документації. – Кошти на здійснення авторського нагляду. – Кошторисний прибуток. – Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій. – Кошти на покриття ризиків всіх учасників будівництва. – Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами. – Рівень середньомісячної заробітної плати не нижче ніж 9954,78 грн.
19.	Вимоги до благоустрою майданчика	Відновлення благоустрою по існуючому стану
20.	Вимоги щодо розроблення розділу «Оцінка впливів на навколишнє середовище»	Згідно з діючими нормами
21.	Вимоги з енергозбереження та енергоефективності	Згідно з діючими нормами
22.	Вимоги до режиму безпеки та охорони праці	Згідно з діючими нормами
23.	Вимоги до систем протипожежного захисту об'єкту	Згідно з діючими нормами
24.	Склад і обсяг виконуваних робіт	52.1. Загальна пояснювальна записка. 52.2. Робочі креслення (в об'ємі, достатньому для проведення будівельно-монтажних робіт) (а саме, проте не виключно): – Опалення та вентиляція (ОВ). – Газопостачання внутрішнє (ГПВ). – Тепломеханічні рішення (ТМ). – Автоматизація тепломеханічних рішень (АТМ). – Електротехнічні рішення (ЕТР). 52.3. Кошторисна документація. 52.4. Проєкт організації будівництва. 52.5. Коригування Опису Проєкту (в разі необхідності).
25.	Вказівки про необхідність попередніх погоджень проєктних рішень	53.1. Перед проведенням експертизи проєктної документації виконати попередні погодження з Замовником: – Основні проєктні рішення. – Відомість матеріальних ресурсів.
26.	Вимоги щодо експертизи проєктної документації	Експертиза проєктної документації (або її частини) здійснюється згідно чинного законодавства. Експертизу проєктної документації замовляє та оплачує Проєктувальник/Замовник. Проєктувальник виконує супровід проєктної документації та усуває зауваження (при наявності).
27.	Вимоги щодо надання проєктно-кошторисної документації	Проєктно-кошторисну документацію надати Замовнику в 4-х примірниках на паперовому носії та в електронному вигляді в форматі *.pdf, *.doc, *.dwg, *.ims.

Додаток Е. Мапа кліматичних зон України[33]

[33] *www.viknaroff.lviv.ua/klimatychni-zony-ukrayiny*

Про авторів

Чернявський Анатолій Володимирович

Освіта: вища, інженер-електрик за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання», к.т.н. за спеціальністю «Енергетичні системи та комплекси».

Досвід викладацької та тренерської роботи:

- Понад 15 років викладач НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» та тренер Центру підготовки енергоменеджерів НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».
- Національний тренер курсу «Європейський енергоменеджер (ТПП) / European EnergyManager (CCI)».
- Національний тренер та експерт UNIDO у сфері енергоменеджменту.
- Співрозробник тренінгових програм з енергоаудиту Центру підготовки енергоменеджерів НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Практичний досвід в енергоаудиті:

- Співрозробник понад 10 національних та гармонізованих стандартів України у сфері енергоаудиту та енергоменеджменту;
- Як керівник групи енергоаудиторів виконав енергоаудит понад 100 промислових та енергетичних компаній України й Казахстану і близько 100 громадських та житлових багатоквартирних будівель.

Професійні здобутки:

- Член технічного комітету зі стандартизації України ТК-48 «Енергозбереження».
- Консультант понад 10 проєктів міжнародної технічної допомоги (GIZ, USAID, UNIDO, UNDP, EBRD,...).

Литвин Вадим Іванович

Освіта: вища «Енергетичний менеджмент».

Досвід викладацької та тренерської роботи:

- Понад 3 роки керівник та тренер навчального центру Асоціації енергоаудиторів України.
- Тренінги по програмам GIZ

- Тренінги по програмам USAID;
- Тренінги по програмам ULEED тощо.

Практичний досвід в енергоаудиті:

- Як виконавець та керівник групи енергоаудиторів виконав енергоаудит понад 1000 об'єктів, переважно житлових багатоквартирних будівель.

Професійні здобутки:

- Брав участь у підготовці та реалізації великої кількості проєктів з підвищення енергоефективності (термосанація, системи моніторингу енергоспоживання, системи управління теплоспоживанням тощо) в бюджетній та житловій сфері в т. ч. за участю міжнародних організацій.
- Голова Асоціації енергоаудиторів України.
- Консультант понад 10 проєктів міжнародної технічної допомоги (GIZ, USAID, UNIDO, UNDP, EBRD,...).

Марусич Дмитро Володимирович

Освіта: вища, інженер-будівельник за спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво»; вища, спеціаліст із менеджменту організацій за спеціальністю «Менеджмент організацій (промислові підприємства)»; вища, юрист за спеціальністю «Правознавство».

Досвід викладацької та тренерської роботи:

- Проведення циклу тренінгів для ОСББ із впровадження енергоефективних проєктів (IRI).
- Підготовка та проведення тренінгів із впровадження енергоменеджменту та реалізації енергоефективних проєктів у об'єднаних громадах (ULEAD та GIZ).
- Проведення тренінгів на курсах «Енергетичний аудит» у рамках Ассоціації енергоаудиторів України.
- Проведення тренінгів на курсах «Енергетичний аудит у лікарнях» (GIZ).

Практичний досвід в енергоаудиті:

- Проведення енергетичних аудитів будівель, підприємств теплопостачання та водопостачання, промислових підприємств. Розробка техніко–економічних обґрунтувань. Проєктування та супроводження реалізації проєктів з енергоефективності у житловому та громадському секторах. Досвід – 12 років.

	Професійні здобутки: - Співпраця з GIZ, NEFCO, EIB, USAID, IRI, Світовим банком, ЄБРР тощо; - Член Асоціації енергоаудиторів України.
Шишка Катерина Миколаївна	**Освіта:** вища, інженерка-теплоенергетик за спеціальністю «Промислова теплоенергетика»; вища, економістка за спеціальністю «Менеджмент зовнішньо-економічної діяльності». **Досвід викладацької та тренерської роботи:** - Проведення навчання з енергетичного аудиту та систем енергетичного менеджменту в «Учбово - експертному центрі НАЕР»(2009-2010). - Проведення циклу тренінгів з енергоаудиту, розробки та впровадження ЕЕ проєктів у будівлях та муніципалітетах (2016-2018 рр.). - Проведення тренінгів та практичних занять на курсах підвищення кваліфікації "Енергетичний аудит / менеджмент" (державні курси із видачою державного сертифікату) (2017-2018 рр.). - Проведення тренінгів на курсах «Енергетичний аудит у лікарнях». **Практичний досвід в енергоаудиті:** - Проведення енергетичних аудитів будівель (близько 400 будівель), підприємств теплопостачання та водопостачання, промислових підприємств. Досвід – 12 років. **Професійні здобутки:** - Консультантка NEFCO, EIB, USAID, GIZ, тощо. - Співзасновниця та членкиня Асоціації енергоаудиторів України, членкиня Асоціації інженерів-енергетиків.
Наскальний Сергій Миколайович	**Освіта:** вища, «Інженер будівельник» за спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво» та «Інженер механік». **Досвід викладацької та тренерської роботи:** - Проведення циклу тренінгів з енергоаудиту, розробки та впровадження ЕЕ проєктів у будівлях та муніципалітетах. - Проведення тренінгів та практичних занять на курсах підвищення кваліфікації «Енергетичний аудит» від Асоціації енергоаудиторів України.

- Проведення тренінгів на курсах «Енергетичний аудит у лікарнях».

Практичний досвід в енергоаудиті:

- Як керівник групи енергоаудиторів виконав енергоаудит понад 1000 бюджетних будівель м.Києва та розробив близько 20 енергетичних сертифікатів.

Професійні здобутки:

- Співпраця з NEFCO, EIB, USAID, GIZ, тощо.
- Член Асоціації енергоаудиторів України.
- Член Консультативної ради державної установи «Фонд енергоефективності».

Тренінговий посібник для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті Фонду енергоефективності України / А. Чернявський, В. Литвин, Д. Марусич, К. Шишка, С. Наскальний– К.: Проект «Підтримка національного Фонду енергоефективності та програми екологічних реформ S2I в Україні», який реалізується в Україні Німецьким товариством міжнародного співробітництва Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства довкілля, охорони природи і ядерної безпеки Німеччини (BMU) у рамках в рамках Міжнародної Ініціативи з питань зміни Клімату (IKI), 2021. – 400 с.