

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ**

**Кваліфікаційна робота**  
**бакалаврський**  
(рівень вищої освіти)

на тему Розрахунок енергопотреби типового багатоповерхового будинку  
м.Запоріжжя

Виконав: студент 5 курсу, групи ТЕ-16-1бз  
спеціальності теплоенергетика  
(код і назва спеціальності)  
освітньої програми теплоенергетика  
(код і назва освітньої програми)  
спеціалізації \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціалізації)

Логвиненко Антон Геннадійович  
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доцент Осаул О.І.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент проф., д.т.н. Чейлитко А.О.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя  
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики  
 Рівень вищої освіти бакалаврський  
 Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код та назва)  
 Освітня програма Теплоенергетика  
(код та назва)  
 Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Логвиненко Антон Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Розрахунок енергопотреби типового багатопверхового будинку м.Запоріжжя  
 керівник роботи Осаул Олександр Іванович к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «21» січня 2021 року № 61-с

2 Строк подання студентом роботи 15 травня 2022 р.

3 Вихідні дані до роботи м. Запоріжжя, Запорізька область. Рік побудови – 1995 р., Зовнішні стіни з монолітного залізобетону 500 мм., розчин вапняно-піщаний 10 мм. Витрати на освітлення сходових клітин включено до квартплати мешканців. Система освітлення сходових клітин будівлі складається із світильників зі світлодіодними лампами. Загальна площа стін складає – 4413,9 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір – 0,96 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Термомодернізація огорожувальних конструкцій будівель .  
Визначення енергетичної ефективності будівлі. Заходи з підвищення енергоефективності зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку. Загальна характеристика автоматизації теплових процесів. Автоматика безпеки

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графік коефіцієнтів ефективності системи опалення, огорожуючі конструкції будівлі

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<b>1</b>	<b>Осаул О.І.</b>		
<b>2</b>	<b>Осаул О.І.</b>		
<b>3</b>	<b>Осаул О.І.</b>		

7 Дата видачі завдання 15 травня 2022 р**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<b>1</b>	<b>Сучасні підходи до термомодернізації об'єктів ЖКГ</b>		
<b>2</b>	<b>Розрахунок енергопотребити типового багатоповерхового будинку м.Запоріжжя</b>		
<b>3</b>	<b>Методи підвищення енергетичної ефективності житлового будинка</b>		
<b>4</b>	<b>Оформлення пояснювальної записки</b>		
<b>5</b>	<b>Підготовка презентації</b>		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)А.Г. Логвиненко  
(ініціали та прізвище)Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_  
(підпис)О.І. Осаул  
(ініціали та прізвище)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
(підпис)С.Є. Чижов  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Логвиненко А.Г. Розрахунок енергопотребы типового багатоповерхового будинку м.Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник канд. тех. наук, доцент Осаул О.І. Запорізький національний університет. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2022.

В роботі проаналізовано шляхи зменшення використання енергії житловою будівлею, що знаходиться в м. Запоріжжя. Наведено результати енергетичного аудиту, зроблено висновки про перелік заходів для підвищення енергетичної ефективності будівель.

Ключові слова: житлова будівля, ОСББ, енергоспоживання, огорожуючі конструкції.

## ABSTRACT

Logvinenko AG Calculation of energy consumption of a typical multi-storey building in Zaporizhia.

Qualification final work for obtaining a bachelor's degree in specialty 144 - Heat Power Engineering, research supervisor Associate Professor Osaul OI Zaporizhia National University. Department of Heat and Hydropower, 2022.

The paper analyzes ways to reduce energy use in a residential building located in Zaporozhye. The results of the energy audit are presented, conclusions are made on the list of measures to improve the energy efficiency of buildings.

Key words: residential building, condominiums, energy consumption, enclosing structures.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЖКГ .....	8
1.1 Термомодернізація огорожувальних конструкцій будівель .....	12
1.2 Термомодернізація зовнішніх стін .....	13
1.3 Термомодернізація перекриття та покриття будинків .....	15
1.4 Заміна вікон та вхідних дверей.....	17
1.5 Роль місцевих органів влади у підвищенні енергоефективності .....	18
1.6 Основні етапи енергетичного аудиту.....	20
1.7 Звіт з енергоаудиту .....	24
2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ТИПОВОГО БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ М.ЗАПОРІЖЖЯ .....	39
2.1 Загальна інформація про об'єкт.....	39
2.2 Визначення енергетичної ефективності будівлі .....	42
2.3 Заходи з підвищення енергоефективності зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку.....	54
2.4 Оцінка ефективності системи опалення .....	56
3 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКА.....	66
3.1 Методи оцінювання процесів споживання електричної енергії житловим будинком .....	66
3.2 Прогнозування процесів споживання енергії на опалення та ГВП .....	72
3.3 Методи підвищення енергоефективності будинку.....	76
ВИСНОВКИ.....	79
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	80

## ВСТУП

*Актуальність роботи.* На сьогоднішньому етапі Україна належить до країн, які лише частково забезпечені власними енергоресурсами. За обсягами споживання енергоресурсів та ефективністю їхнього використання, які характеризують рівень економічного розвитку, наша країна значно відстає від європейських та інших розвинених країн. Однак вона має значний енергетичний потенціал, саме тому першочерговим завданням є забезпечення ефективного функціонування енергетичного комплексу муніципального сектору та визначення основних засад й пріоритетів державної політики в енергетичній сфері.

У основними тенденціями у розвитку держави у найближчій перспективі, є:

- входження України в Європейський економічний простір, реалізація проектів з приведення української національної системи стандартизації у відповідність до вимог і правил, згідно з якими функціонують системи національної стандартизації держав-членів Європейського Союзу;
- Впровадження програми енергозбереження як пріоритетного напрямку підвищення економічної безпеки країни. Впровадження енергоефективних технологій та ощадливого споживання енергетичних ресурсів, енергоносії в з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, впровадження маловідходних і безвідходних технологій, використання вторинних ресурсів, використання потужностей з виробництва нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії;
- реалізація проектів екологічного спрямування. Поширеними у країнах ЄС є напрями будівництва на основі нових екологічних технологій, застосування екологічно чистих матеріалів та сировини, використання яких дає змогу зменшити викиди парникових газів в атмосферу, виробництво удосконалених матеріалів;
- дерегуляція в усіх секторах економіки.

*Метою дипломної роботи* є дослідження можливості підвищення енергетичної ефективності багатоквартирної будівлі.

*Об'єктом дослідження* є енергоефективні інженерні мережі та енергозберігаючі матеріали огорожуючих конструкцій споруди.

*Предметом дослідження* є процеси створення енергоефективного житлового будинку, шляхом впровадження енергозберігаючих рішень.

*Методи дослідження.* Застосовано розрахунковий метод з використанням стандартних методик.

*Особистий внесок.* Наукові результати, які викладено в дипломній роботі, отримані особисто автором.

*Об'єм та структура роботи.* Дипломна робота складається зі вступу чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури із джерел. Загальний об'єм роботи становить сторінок, таблиць.

## 1 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЖКГ

Основою стратегії економічного і соціального розвитку України на наступні роки є курс на інтеграцію до Європейського Союзу та поступове наближення українського законодавства, норм і стандартів до відповідних документів ЄС. Це викликало потребу у вдосконаленні нормативної бази, правового і технічного нормування, стандартизації, сертифікації, оцінки відповідності, державного нагляду та контролю, що спрямовані на захист інтересів країни, у тому числі підвищення конкурентоспроможності підприємств будівельної галузі з метою забезпечення високої якості, безпеки об'єктів нерухомості та експортної орієнтації підприємств.

В Україні вже зроблено ряд суттєвих кроків до адаптації вітчизняної системи до європейських норм. Так, у 2010 році вступив у силу Закон України «Про будівельні норми», а з 1 липня 2014 року – механізм одночасної дії національних будівельних норм та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами ЄС. Положення, які визначають цей механізм одночасної дії, наведені в Постанові Кабінету Міністрів України від 23.05.2011р. № 547 «Порядок застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу» та ДБН А1.1-94: 2010 «Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення». Згідно з названими документами, основним із напрямків розвитку нормативної бази в Україні є впровадження національних стандартів (норм, розроблених на основі національних технологічних традицій), гармонізованих з нормативною базою Європейського союзу на EUROCODE - європейськими уніфікованими будівельними нормами і правилами, які мають статус європейських стандартів. Єврокоди встановлюють єдині для всієї Європи критерії проектування, гармонізують різні національні норми і правила, є єдиним базисом для різних наукових досліджень, що сприяють безперешкодному обміну продуктами і послугами на будівельному ринку.



Європейські коди – це система європейських будівельних стандартів, які розроблені Європейським комітетом зі стандартизації . Вони регламентують будівельне проектування із застосуванням майже усіх основних будівельних матеріалів, всі головні галузі проектування конструкцій, а також великий вибір і спектр типів конструкцій і продуктів. Одне з основних завдань Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – не просто сприяти перекладу комплексу європейських стандартів у будівництві українською мовою, але й адаптувати коди з Європи під українські технології .

Згідно з ДБН А.1.1-94: 2010, Єврокод – це європейський стандарт з проектування будівельних конструкцій, у якому містяться вимоги до проектування, основними завданнями якого є [1]:

- забезпечити загальні критерії та методи проектування, що відповідають необхідним вимогам механічного опору, стійкості і вогнестійкості при усіх видах навантажень, при цьому вимоги до рівнів безпеки (надійності) будівель і споруд та їх частин, включаючи аспекти довговічності та економічності, є питанням внутрішньої компетенції держави;

- слугувати основою для укладання договорів на проектування будівель і споруд та їх частин, сприяти обміну будівельними послугами (будівельними роботами та пов'язаними з ними інженерними послугами), покращити функціонування будівельного ринку;

- забезпечити єдине розуміння процесу проектування конструкцій серед українських та іноземних інвесторів, замовників, проектувальників, підрядників і т.д.;

- зменшити бар'єри та полегшити обмін товарами та послугами в межах будівництва між державами-учасницями, підвищити конкурентоспроможність європейських будівельних фірм, проектувальників і виробників конструкцій та матеріалів на світовому ринку.

Введення європейських стандартів для українських будівельних підприємств має двояке значення. По-перше, у коротко- та середньостроковій перспективі

підприємства будуть вимушені збільшити витрати на підвищення кваліфікації та навчання персоналу, проведення тендерів, також дія цих документів дозволяє європейським компаніям за зрозумілими для них правилами заходити на український ринок, брати участь у конкурсах, що підвищує рівень конкуренції в галузі. З іншого боку, у стратегічній перспективі навчання персоналу та усунення технічних бар'єрів при веденні комерційної діяльності (адаптація до європейських вимог) дозволить створити умови для просування вітчизняних будівельних підприємств на міжнародні ринки (до речі, крім європейських країн, на Єврокоди з 2015 року планують перейти Казахстан, Білорусь), а також отримати додаткові конкурентні переваги на внутрішньому ринку. За цих умов підписання у майбутньому економічної частини Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом відкриє не лише нові можливості пошуку нових ринків для будівельних підприємств, але також надасть нові можливості для розвитку підприємств та підвищить рівень конкуренції на внутрішньому.

Енергозбереження. На відміну від більшості країн світу, де енергозбереження є хоча і важливим, але просто одним з елементів економічної та екологічної політики, для України сьогодні – це питання виживання. У ринкових умовах та під час входження в європейські та світові ринки енергетична складова є тим чинником, що суттєво зменшує конкурентоспроможність українських підприємств. Зараз основним напрямком зниження енергоємності продукції в усіх галузях економіки є формування ефективної системи державного управління сферою енергозбереження.

Енергетичний паспорт будинку є структурним елементом розділу «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів. Вимоги до складу, викладення та оформлення розділу «Енергоефективність» при проектуванні житлових та громадських будинків викладені в ДСТУ Б А. 2.2-8:2010. Цей стандарт застосовують юридичні та фізичні особи-суб'єкти господарської діяльності незалежно від форм власності, які здійснюють проектування нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту, енергетичної паспортизації будинків, при визначенні класу енергетичної

ефективності будинку. Завершальним етапом розроблення проектів будівництва є експертиза. Експертизу проводять експертні організації незалежно від форми власності, що відповідають критеріям, визначеним Мінрегіоном. Інформація про експертні організації, які відповідають критеріям, оприлюднюється зазначеним Міністерством на його офіційному сайті. Експертиза проектів будівництва об'єктів IV і V категорій складності, що споруджуються за рахунок бюджетних коштів, коштів державних і комунальних підприємств, установ та організацій, а також кредитів, наданих під державні гарантії, проводиться експертною організацією державної форми власності. Експертна організація, яка проводить експертизу, визначається замовником будівництва. Експертизу не може проводити розробник проекту будівництва. На жаль, обов'язкова експертиза передбачена лише для об'єктів 4 та 5 категорії складності, тому більшість проектів мають значні недоліки у розробленні заходів з енергозбереження. Контроль за дотриманням юридичними і фізичними особами будівельних норм, стандартів і правил під час виконання підготовчих і будівельних робіт, у тому числі пов'язаних з енергоефективністю, покладений на працівників і експертів Державної архітектурно-будівельної інспекції України (Держархбудінспекція України). У грудні 2010 року Верховна Рада України ратифікувала Договір Європейського Енергетичного співтовариства (ЕСТ), згідно з яким Україна стала учасником Договору та взяла на себе зобов'язання з виконання Директив Європейського Економічного Союзу з питань енергетики, енергозбереження та відновлювальних енергоресурсів. Щодо енергозбереження в будівлях існує Директива 2010/31/ЄЕС про енергетичні характеристики (енергетичне функціонування) будівель (EPBD).

Згідно з нею енергетична ефективність будівель повинна визначатися на базі розрахункової або фактичної річної енергії на задоволення різноманітних потреб, пов'язаних з її типовим використанням у будинку. До вказаних потреб повинні бути віднесені потреби у енергії на опалення та охолодження для підтримування заданої температури, а також потреби у енергії на гаряче водопостачання.

## 1.1 Термомодернізація огорожувальних конструкцій будівель

Термомодернізація – це комплекс ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на поліпшення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель, показників енергоспоживання інженерних систем та забезпечення енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. Вперше визначення термомодернізації надано в ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків», розробленому фахівцями ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва». Цей стандарт поширюється на термомодернізацію житлових будинків під час їх технічного переоснащення, реконструкції або капітального ремонту, адже згідно з визначенням видів будівництва, наведених у ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво», термомодернізація не відноситься в повній мірі до жодного з них. ДСТУ-Н Б В.3.2-3 регламентує виконання робіт з теплової ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків, заміни вікон, балконних та зовнішніх дверей, модернізації внутрішньобудинкових систем опалення, вентиляції, кондиціонування, охолодження, гарячого водопостачання, електропостачання та електроосвітлення. До огорожувальних конструкцій будівлі відносяться конструкції, які призначені для ізоляції внутрішніх об'ємів у будівлях від зовнішнього середовища (зовнішні стіни; перекриття та покриття будинків; підвальні перекриття). Термомодернізацію зовнішніх огорожувальних конструкцій слід здійснювати за наступною послідовністю: а) зовнішні стіни та зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом; б) інші конструкції у будь-якій послідовності: – суміщені покриття; – горищні покриття та перекриття неопалюваних горищ; – перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами; – тепла ізоляція підлог на ґрунті. Роботи з улаштування термомодернізації зовнішніх стін та теплогідроізоляції покрівлі будинку допускається виконувати одночасно. Вибір теплоізоляційних матеріалів для термомодернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій слід здійснювати згідно з ДСТУ Б В.2.6-189. 5.1.1.

## 1.2 Термомодернізація зовнішніх стін

Роботи з термомодернізації зовнішніх стін слід починати після модернізації внутрішньобудинкових інженерних систем та їх випробовування. Конструкції фасадної теплоізоляції, у залежності від їх класу, класифікуються за наступними конструктивно-технологічними ознаками (згідно з ДСТУ Б В.2.6-34:2008).

Конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками та дрібноштучними виробами (клас А). За способом кріплення теплоізоляційного шару до зовнішньої поверхні стіни підрозділяють на конструкції: склеєні; з дюбельною фіксацією; комбіновані дюбельно-склеєні; торкретаційні системи. За типом арматурної сітки збірні системи підрозділяють на конструкції: з використанням сітки зі скловолокна або полімерних волокон; з використанням металеві сітки. Матеріал, що в'яже штукатурні шари, підрозділяють на конструкції: з мінеральними в'язучими, з полімерними в'язучими, з полімер-мінеральними в'язучими.

Конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням цеглою або стіновими каменями (клас Б) залежно від конструкції зв'язку опоряджувальних шарів з плитами перекриття підрозділяють на конструкції з: обпиранням опоряджувального шару на консольну частину плит; обпиранням опоряджувального шару на металеві кронштейни.

Конструкції фасадної теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами (клас В). За матеріалом повітрязахисного шару підрозділяють на конструкції з: повітрогідрозахисною мембранною плівкою; повітрязахисним шаром із волокнистого щільного матеріалу з гідрофобною поверхнею. За матеріалом кріпильного каркаса підрозділяють на конструкції з елементами: із нержавкої сталі; з алюмінієвих сплавів; сталевими з антикорозійним покриттям. За конструктивним виконанням шару теплоізоляції підрозділяють на конструкції з: двошаровою тепловою ізоляцією; одношаровою тепловою ізоляцією. Конструкції фасадної теплоізоляції

з опорядженням прозорими елементами за конструктивним рішенням та технологією зведення світлопрозорого опоряджувального захисного шару підрозділяють на конструкції: стояково-ригельні з рамним склінням; зі структурним, напівструктурним, спайдерним склінням; з подвійним фасадом. За матеріалом заповнення непрозорих ділянок стін із прозорим захисним опоряджувальним шаром збірної системи підрозділяють на конструкції: із тришаровими панелями з металевою обшивкою; із плитами з базальтової вати або скляного штапельного волокна, що розташовані на зовнішній поверхні стіни з цегли або бетону; із плитами або блоками з легких або ніздрюватих бетонів, що є матеріалом стіни; із плитами з пінополістиролу або інших спінених полімерних матеріалів, що розташовані на зовнішній поверхні стіни з цегли або бетону (за умови погодження з органами державного пожежного нагляду). За кількістю шарів скла підрозділяють на конструкції: одношарові; двошарові; тришарові. За видом заповнення прошарку між шарами скла збірної системи підрозділяють на конструкції: повітрянаповнені; аргоннаповнені; криптоннаповнені; наповнені сумішшю газів.

Матеріал облицювання кріпиться до стіни таким чином, щоб між облицюванням і фасадною стіною залишався повітряний простір. Цей простір необхідний для вентиляції фасаду будівлі. Для додаткового утеплення фасаду інколи між стіною і облицюванням може встановлюватися теплоізоляційний шар – у цьому випадку вентиляційний простір залишається між облицюванням і теплоізоляцією. Вентильована фасадна система має в своїй конструкції облицювальні матеріали, що виконують захисно-декоративну функцію. Вони захищають утеплювач, підоблицювальну конструкцію і стіну будівлі від пошкоджень і атмосферних дій, а також є зовнішньою оболонкою будівлі, яка формує її естетичну подоби

Принциповим для використання невентильованої теплоізоляційно-опоряджувальної фасадної системи з личкуванням тонкошаровими штукатурками є забезпечення надійності зв'язків захисного шару з утеплювачем шляхом застосування армуючої сітки всередині шару штукатурки. При цьому виконавці

повинні мати високу кваліфікацію. Ці системи мають задовольняти також важливі вимоги щодо конструкційної надійності, що не завжди забезпечується з урахуванням того, що роботи з улаштування систем відносяться до групи прихованих і практично не можуть бути проконтрольовані на висоті. Невентильована теплоізоляційно-опоряджувальна фасадна система з личкуванням цеглою. Системи даної групи виконуються загальнобудівельними організаціями в єдиному технологічному циклі зведення зовнішньої стіни. Личкування виконується лицьовою або силікатною цеглою. Використовуються мінераловатні і пінополістирольні утеплювачі, а також монолітний карбонатний утеплювач. Системи ремонтпридатні. Системи використовуються в будинках з тримальними зовнішніми стінами, збірними і монолітними перекриттями і в каркасно-монолітному будівництві. Технічна суть системи полягає в улаштуванні зовнішньої стіни за висотою ярусами із 5 рядів одинарної цегли. Спочатку мурують лицьовий шар стіни в 1/2 цеглини під розшивку, потім встановлюють плитний утеплювач і зводять внутрішній тримальний шар з цегли або блоків. Личкування і стіна перев'язуються гнучкими конекторами.

### 1.3 Термомодернізація перекриття та покриття будинків

Покриття – верхня частина будівлі, що захищає приміщення від атмосферних впливів і сонячної радіації та сприймає снігове і вітрове навантаження. Покрівля – верхній гідроізоляційний шар на покритті. За конструктивним рішенням покриття поділяються на: - кроквяні, що споруджуються зі значним ухилом із лінійних елементів, які утворюють горище; - плитні залізобетонні суміщені, в яких термоізоляційний і гідроізоляційні шари влаштовані безпосередньо по покриттю верхнього поверху, іноді такі покриття використовуються для розміщення обладнання або відпочинку людей – терасні та «зелені» покриття; - плитні залізобетонні роздільні, в яких між плитами перекриття верхнього поверху і конструкціями покриття наявний простір або вентильоване горище; може використовуватися для розміщення інженерного обладнання; - мансардні, в яких

на кроквяному або залізобетонному плитному горищі влаштовані приміщення, призначені для перебування людей. Термомодернізацію покриття будинків можна виконувати на будівлях із суміщеними покриттями та горищними, в тому числі мансардні покриття, в яких на залізобетонному горищі влаштовані приміщення, призначені для перебування людей.

За незадовільного стану покрівельного килима необхідно виконати ремонтні роботи з відновлення покрівельного килима або демонтажу існуючого покрівельного килима. За незадовільного стану теплоізоляційного шару, пароізоляції та захисного гідроізоляційного килиму слід демонтувати всі вказані конструктивні елементи покрівлі, виконати ремонт покриття (роботи виконуються за наявності значних пошкоджень покриття). Термомодернізація покриття будинків з такою покрівлею має передбачати відновлення існуючих бітумовмісних покрівельних килимів. Відновлення покрівельних килимів може бути виконано із застосуванням сучасної технології - з використанням приладів інфрачервоного опромінення. Після відновлення килиму рекомендується: - здійснити улаштування багат шарового монолітного теплоізоляційного покриття із пінополіуретану; - улаштувати гідрозахисне покриття із поліуретанових мастичних матеріалів (наприклад «ІЗОФРАМ УТГІ») або полімочевин. Для захисту від негативного впливу ультрафіолетового опромінення застосовують дроблені кам'яні матеріали групи ДКМ (зерна дроблених кам'яних матеріалів повинні мати розміри не менше 5 мм і не більше 10 мм та мати обкатану форму).

Плоскі покрівлі допускається утеплювати як із зовнішнього боку (над покриттям), так і з внутрішнього (під покриттям). У тому випадку, коли проводять термомодернізацію будинків з горищним дахом, де найменша відстань між покриттям та покрівлею більше ніж 0,5 м, теплоізоляційний шар слід улаштовувати на покритті. Термомодернізацію перекриття будинків можна виконувати шляхом улаштування теплоізоляційного шару або улаштуванням підігріву і теплоізоляційного шару. Теплоізоляцію перекриттів над неопалюваними підвальними приміщеннями та над проїздами (арками) допускається улаштовувати як зі сторони неопалюваного приміщення, так і з боку



опалюваного приміщення або з нижнього боку перекриття (у разі арки). При утепленні перекриття між першим поверхом та неопалюваним приміщенням з боку опалюваного приміщення шар пароізоляції слід улаштувати над шаром теплоізоляції перед улаштуванням цементно-піщаної або бетонної стяжки, тобто пароізоляційний шар повинен розміщуватись під стяжкою над утеплювачем. При утепленні перекриття між першим поверхом та неопалювальним приміщенням пароізоляційний шар повинен улаштуватися з боку підвалу на перекритті під шар утеплювача. Для улаштування теплоізоляційного шару можуть бути застосовані мінераловатні плити, пінополістирольні плити марки ПСБ-С, плити із піноскла, а також пінополіуретанові композиції з антипіреном. При улаштуванні підігріву в якості теплоізоляційного матеріалу найчастіше використовують пінополістирольні плити густиною не нижче 50 кг/м<sup>3</sup>. У разі улаштування теплоізоляції на бетонній основі по ґрунту передбачають улаштування шару гідроізоляції. Гідроізоляцію улаштовують по бетонній основі.

#### 1.4 Заміна вікон та входних дверей

Для заміни вікон та входних дверей використовують сучасні металопластикові склопакети та двері з утепленням, що мають нормативний опір теплопередачі. Приведений опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій (вікон) визначається залежно від характеристик скління (склопакетів), яке включає відстань між шарами скла, виду газонаповнення склопакета та ступеня чорноти поверхні скла. Норми (ДБН В.2.6-31) встановлюють значення опору теплопередачі для склопакетів однокамерних та двокамерних з газовим середовищем заповнення: повітряне (висушене повітря), криптонове та аргонове. ДБН В.2.6-31 використовує варіанти скління – листове стандартне скло (М1,); енергозберігальне з твердим покриттям (К); енергозберігальне з м'яким покриттям - (і).

Для опалюваних приміщень в Україні не рекомендується встановлювати однокамерний склопакет. Для того, щоб збільшити енергозбереження

металопластикових вікон, найчастіше застосовують двокамерний склопакет з повітряними проміжками між шибками від 6 мм до 18 мм. Сумніви окремих фахівців щодо того, чи склопакети з аргонем – в найкращі, виходять з двох істотних моментів. По-перше, з точки зору класичної фізики теплопровідність ідеальних газів залежить тільки від їх тиску, тобто, що повітря, що аргон – все одно. Відмінність між характеристиками реальних газів і ідеального газу складає, як відомо, лічені відсотки. Наприклад, для однакових склопакетів 4-16-4, один з яких заповнений аргонем, а другий повітрям, різниця приведенного опору теплопередачі складає 6 %. Через таку малу різницю, на думку цих фахівців, ніяк не варто зв'язуватися з дорогим устаткуванням та балонами з досить недешевим аргонем. Другий відмічають спеціалісти: як перевірити наявність аргону у склопакеті? Без спеціального приладу це неможливо! Проте такі склопакети існують на віконному ринку, хоч вони набагато дорожчі звичайних, з повітряним наповненням. Допускається використовувати інші види вікон, дверей, віконних та дверних блоків, які не вступаються за теплотехнічними та фізико-механічними показниками вказаним вище вікнам, дверям, віконним та дверним блокам, за наявності сертифікатів відповідності, гігієнічних висновків Міністерства охорони здоров'я України. Проектування та монтаж заповнення віконних та дверних прорізів виконують з урахуванням ДСТУ-Н Б В.2.6-146.

### 1.5 Роль місцевих органів влади у підвищенні енергоефективності

Для того, щоб успішно підвищувати енергоефективність ЖКГ, спочатку слід визначити, кому це наразі потрібно. Без належної мотивації будь-які гасла залишаться на папері. З іншого боку, виникає питання, чи є можливість реалізувати ці програми (фінансова, організаційна, технічна, юридична). Розгляньмо цю проблему детальніше. Ієрархічна система управління енергоефективністю в державі включає:

1. Центральні органи влади (Кабмін, Міністерства). У їх компетенції перебувають нормативні, податкові, організаційні та інші важелі стимулювання

енергоефективності, однак можливості організувати та контролювати конкретні місцеві проекти по всій території України немає. Натомість є значна зацікавленість у зниженні енергозалежності від Росії, стабілізації платіжного балансу, зниженні обсягу субсидій, та досягненні інших макроекономічних та соціальних цілей.

2. Місцеві органи влади. Прямої мотивації реалізувати програми енергоефективності вони не мають, окрім тих об'єктів соціальної сфери, що перебувають на їх балансі та бажання їх керівників виграти наступні вибори. Істотні важелі впливу в умовах, коли майже всі енергогенерувальні та енергорозподільчі компанії перебувають у приватній власності, у них також відсутні.

3. Енергогенерувальні та енергорозподільчі компанії. Не мають мотивації реалізувати програми енергоефективності, оскільки усі додаткові витрати і втрати енергоресурсів перекладають на кінцевих споживачів.

4. Кінцеві споживачі. Мають значну зацікавленість у реалізації вказаних програм, проте зазвичай не мають для цього жодних можливостей. У такій ситуації найбільші надії держава покладає на власників індивідуальних будинків та ОСББ, які наразі можуть реалізувати програми підвищення енергоефективності в кредит з частковою компенсацією від держави. Однак наразі реалізація даних програм гальмується. Населення не вневне як у свої фінансових можливостях, так і у державній компенсації, не володіє технічною стороною заходів з енергоефективності.

У вказаних умовах конче необхідна активна участь місцевої влади у вирішенні проблем підвищення енергоефективності, оскільки:

1. Наявні темпи реалізації дрібних проектів термомодернізації за ініціативою власників житла не дозволять істотно знизити енергоспоживання в Україні в найближчій перспективі (тобто ці процеси навіть при зростанні комунальних тарифів можуть розтягнутися на роки). При цьому існує необхідність швидкої реалізації відповідних заходів для поліпшення макроекономічної ситуації та зниження соціальної напруги в суспільстві.

2. Реалізація великих регіональних проектів дасть значно більший економічний ефект, ніж реалізація дрібних проектів власниками, при цьому ефект відчують всі мешканці населеного пункту (тобто зберігається соціальна справедливість). При бажанні вже зараз регіони можуть ефективно реалізовувати конкретні проекти з енергозбереження. Це стало можливим, по-перше, за рахунок виконання відповідних державних програм з частковим фінансуванням за рахунок державного бюджету (так, у 2010-2014 рр. в кожній області діяли програми підвищення енергоефективності), а по-друге, за рахунок отримання іноземних грантів (зокрема, завдяки реалізації проекту Фонду Східноєвропейського партнерства з енергоефективності та довкілля – Е5Р (Шведська ініціатива) були реалізовані програми енергозбереження у містах Миколаїв, Житомир, Рівне, Тернопіль, Запоріжжя та Львів). Та в більшості міст підвищення енергоефективності гальмується не тільки відсутністю зацікавленості місцевої влади, але і відсутністю елементарних знань про організаційну, фінансову та технічну складову програм енергозбереження. У перспективі успіх впровадження енергоощадних проектів цілком залежить від місцевої влади, яка повинна брати участь у проектах енергозбереження у всіх можливих формах: як замовник, при наявності фінансових ресурсів як інвестор, а, можливо, і як виконавець. Від її ініціативності та рішучості в першу чергу залежить, наскільки буде реалізовано потенціал зменшення втрат енергії, зниження цінового тиску на споживачів та зменшення залежності регіону від дорогих енергоносіїв в.

### 1.6 Основні етапи енергетичного аудиту

I етап. Одержання інформації про об'єкт енергоаудиту:

– Збір первинних даних про витрати палива, води й електроенергії за попередній і поточний роки. Це дає можливість судити про напрямки у використанні палива й енергії, визначити тенденції у використанні паливно-енергетичних ресурсів, що є базою для визначення техніко-економічних показників об'єкту в цілому.

- Аналіз структури енергоспоживання. Це дозволяє визначити структуру енерговикористання на об'єкті. Аналіз структури дозволяє сформулювати стратегію енерговикористання на перспективу.

- Аналіз структури витрат на енергію.

- Аналіз частки витрат різних видів енергії в загальних витратах дозволяє намітити попередній напрямок енергетичного аудиту, звернувши увагу на види енергії з найбільшою часткою витрат.

- Визначення витрати енергоносіїв на одиницю продукції, що випускається підприємством та окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити питому витрату енергії основного й допоміжного виробництв на одиницю продукції, що випускається, у порівнянні з аналогічними передовими виробництвами, дозволяє оцінити частку вартості енергоносіїв у собівартості продукції.

II етап. Вивчення паливно-енергетичних потоків на об'єкті в цілому та в окремих підрозділах:

- Вивчення технологічної схеми основного виробництва.

- До складу схеми входить послідовність окремих технологічних операцій, їх взаємозв'язок для одержання основної й допоміжної продукції. Схема необхідна для подальшого обліку енергії та оцінки правильності прийнятих технологічних операцій.

- Складання схеми споживання енергетичних ресурсів об'єктом.

- На технологічну схему наносяться місця споживання й передачі паливно-енергетичних ресурсів.

- Складання карти використання енергетичних ресурсів.

- Карта використання енергетичних ресурсів являє собою нанесений на план об'єкта у відповідному масштабі рівень споживання різних видів енергії окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити транспортні потоки різних видів енергії й визначити найбільш енергоємні підрозділи.

- Складання балансу підприємства з окремих видів енергоресурсів. Баланс з окремих енергоресурсів об'єкту дозволяє в цілому оцінити ефективність

використання різних енергоносіїв, звернути увагу на окремі споживачі енергії для поглибленого їх дослідження.

– Складання паливно-енергетичного балансу підприємства. Паливно-енергетичний баланс об'єкту є основою для оцінки правильності вибору енергоносіїв та прогнозої оцінки їх споживання.

– Виявлення найенергоємніших споживачів і збирання даних по них. Визначення найенергоємніших споживачів об'єкту, для яких встановлюються вихідні дані каталожного характеру, схеми енерговикористання, а також визначаються за допомогою відповідних вимірювань режимні параметри їх роботи для подальшої оцінки ефективності використання енергоносіїв.

– Визначення питомих норм споживання енергії окремими споживачами. Питомі норми споживання енергії окремими споживачами і об'єкту в цілому дають можливість порівняння з аналогічними нормами високопродуктивних виробництв, а також виявити окремих споживачів з низькими нормами для подальшого обстеження.

– Складання енергетичного балансу для окремих енергоємних споживачів. Енергетичний баланс окремих енергоємних споживачів дозволяє оцінити ефективність використання різних видів енергії, виявити ділянки її нераціонального використання, намітити шляхи економії.

III етап. Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів об'єктом:

– Аналіз ефективності використання окремих технологічних процесів. На підставі аналізу роблять висновок про правильність прийнятих в умовах діючого об'єкту окремих технологічних рішень або про заміну деяких з них на прогресивні, при цьому визначаються витрати на зміну технології та обґрунтовується висновок про доцільність інвестицій.

– Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів підрозділами об'єкту. На підставі аналізу робиться висновок про доцільність використання того або іншого енергоносія на різних рівнях технологічного процесу в підрозділах об'єкту. У випадку заміни енергоносія наводиться

відповідне техніко- економічне обґрунтування. Особлива увага повинна бути приділена питанням транспортування енергоносіїв в умовах об'єкту. Це стосується в першу чергу мережі теплопостачання й пневматичної мережі. Також повинна бути приділена увага специфічним питанням, наприклад, обґрунтування використання того або іншого тарифу на електроенергію в умовах об'єкту.

– Аналіз енерговикористання окремими споживачами. Цей підрозділ має значний обсяг, тому більшість організацій, які проводять енергетичний аудит, обмежуються лише розглядом даного питання. Як наслідок, воно розглядається не всебічно, а за обмеженого часу енергоаудиту приймаються до розгляду лише ті споживачі енергії, які дають очевидний ефект:

- визначення технологічно припустимих втрат палива й енергії;
- визначення пріоритетів для поглибленого енергетичного аудиту.

На окремих об'єктах мають місце специфічні енергоспоживачі, ефективність роботи яких складно визначити без додаткового енергетичного аудиту. Додатковий енергетичний аудит включає спеціальні обстеження з використанням спеціального вимірювального обладнання або проведення наукових досліджень. До специфічних енергоспоживачів, належать холодильні, компресорні установки, електричні печі нагрівання й т. ін. Дослідницькі розробки проводяться до вирішення специфічних питань, вказаних у договорі на енергетичний аудит.

IV етап. Поглиблений енергетичний аудит окремих технологічних процесів і енергоспоживачів:

- проведення додаткових вимірювань проміжних параметрів і визначення робочих режимів;
- виявлення ефективності роботи споживачів;
- вирішення специфічних питань (за домовленістю з керівництвом).

V етап. Підведення підсумків енергетичного аудиту.

Даний етап складається з наступних стадій:

- розроблення енергозберігаючих заходів;
- техніко-економічний аналіз ефективності впровадження заходів;

- порівняльний аналіз отриманих результатів;
- вибір нових пріоритетів і постановка завдань на подальше зниження енергоємності продукції та споживання енергоресурсів;
- складання звіту з енергетичного аудиту.

Існує безліч чинників, які визначають важливість і доцільність проведення енергетичного обстеження і пояснюють, чому енергокористувач може довіряти його результатам. Найважливішим аспектом проведення енергоаудиту є додаткова вигода, оскільки дослідження проводиться кваліфікованим фахівцем, а не випадковим працівником компанії. Найчастіше більшою довірою у керівників користуються рекомендації професійного консультанта, а не поради персоналу. Енергокористувач отримує звіт з енергоаудиту й може самостійно вирішувати такі проблеми: – визначати, як споживається енергія всередині об'єкту, формулювати пріоритети в переліку енергозберігаючих рекомендацій. – порівнювати енергоспоживання на даному об'єкті з величинами споживання енергії на інших аналогічних об'єктах, визначаючи в такий спосіб об'єкт як «поганий» або «добрий» споживач енергії. – показувати необхідність інвестицій для придбання й освоєння нового, економічнішого обладнання. – обґрунтовувати запропонований проект, який не був би затверджений без підтримки зовнішнього консультанта.

### 1.7 Звіт з енергоаудиту

Звіт з енергетичного аудиту подає інформацію про кількість енергії, яка споживається різними видами енергоспоживачів (котельні, компресори, освітлення, виробниче устаткування).

Енергоаудит, як правило, вказує споживання в енергетичних і грошових одиницях і відображає інформацію як в таблицях (наприклад, таблиця загальної кількості купленого палива) так і в графічній формі. Опис промислового підприємства і будівель характеризує наявні установки і обладнання, режими їх роботи і продуктивність. Наприклад, опис котельної характеризує кількість і тип



котлів, режими управління, що використовуються, а також вказує, що тиск продукованої пари для певних споживачів за даний проміжок часу відповідає вимогам.

Рекомендації з енергозбереження містять перелік пропозицій, розроблених в ході дослідження. Ці рекомендації в загальному вигляді можуть бути реалізовані, як частина кампанії з енергозбереження, хоча деякі з них можуть бути взаємно протилежними (наприклад, установлення нових регуляторів у системі опалювання або монтаж нової опалювальної системи). Опис шляхів енергозбереження має чотири ключові моменти:

- що потрібно зробити, щоб заощадити енергію;
- як саме ці дії допоможуть заощадити енергію;
- визначення кількості заощадженої енергії і капітальних витрат;
- визначення економічної ефективності можливостей

енергозбереження.

Звіт з енергетичного аудиту є документом, у якому відображені результати обстеження об'єкту. Порядок і повнота викладу повинні відповідати домовленостям між замовником і виконавцем. Типовий звіт з енергоаудиту складається з чотирьох основних розділів.

Вступний розділ:

- коротка експертиза;
- перелік рекомендацій;
- управління виробництвом і енергоменеджмент.

Опис промислового підприємства і будівель:

- існуючі будівлі, установки і обладнання;
- режим роботи обладнання;
- оцінка ефективності виробництва.

Проведення енергоаудиту:

- вимірювання споживання енергії;
- аналіз інформації;
- коментарі щодо кількості і вартості спожитої енергії.

Рекомендації з енергозбереження:

- опис запропонованих рекомендацій;
- пояснення того, як запропоновані дії допоможуть заощадити енергію;
- техніко-економічне обґрунтування запропонованих рекомендацій.

Висновки:

- узагальнений аналіз рекомендацій з енергозбереження;
- прогноз подальших кроків.

Нижче розглянуто методику оформлення змістовної частини звіту. Щодо рекомендацій з вступного і завершального розділів, то вони зводяться до наступного. Мета вступного розділу – інформувати читача про підготовку і хід досліджень на об'єкті, а також про очікувані результати. Вступ також повинен описувати методику проведення аудиту і параметри звіту, а саме, виявити особливості енергоспоживання.

Вступ зазвичай містить наступні пункти:

- підготовка звіту з енергоаудиту (звіт формується компанією/консорціумом, які готують звіт, або проводять перевірку на об'єкті);
- коротка експертиза та обґрунтування енергоаудиту (чи є даний енергоаудит одним з декількох проектів для різних підрозділів компанії? Чи є він частиною нової кампанії енергоменеджменту?);
- мета енергоаудиту (виявити потенційні можливості енергозбереження);
- параметри звіту (чи має звіт намір підкреслити особливі аспекти енергоспоживання або виключити деякі з них, оскільки вони є частиною окремого дослідження);
- методи проведення перевірки (використання вимірювачів, візуальне дослідження устаткування, аналіз енергетичних даних, отриманих протягом певного часу).

Висновки з енергоменеджменту пояснюють ситуацію минулих періодів, виявлену енергоаудитом, і визначають важливі пункти, що стосуються використання енергії.

Висновок повинен вказувати рекомендований напрям дій, спрямованих на поліпшення ефективності використання енергії на об'єкті, а також показувати вигоди і збитки, до яких може призвести економія. Крім цього, даний розділ повинен бути написаний зрозуміло і стисло, без надмірного вживання технічної лексики.

Висновок щодо енергоменеджменту зазвичай охоплює наступні моменти:

- існуючий стан справ на досліджуваному об'єкті (використання енергії як слабе, задовільне, хороше енергоспоживання в порівнянні з іншими об'єктами);
- основні пункти дослідження енергоспоживання (високий/низький рівень використання енергії);
- обґрунтування необхідних змін (рекомендований напрям діяльності, альтернативні дії);
- прогнозований результат (отримання економічних вигод в майбутньому за умови, що рекомендації будуть реалізовані.)

Пункти, що містяться в розділі висновків, сфокусовані на діях, зроблених енергоаудитором в ході робіт. Тому висновки містять дані про дослідження об'єкту і джерела отримання необхідної інформації.

Висновок показує загальний потенціал енергозбереження і наводить обґрунтовані аргументи на користь одних рекомендацій в порівнянні з іншими. Нарешті, висновки обґрунтовують необхідність подальших досліджень і/або дій, які повинні бути виконані з об'єктом та вказують загальну розраховану вигоду від цих дій.

Розділ висновків зазвичай охоплює наступні моменти:

- рішення і висновки енергоаудиту (поділ енергії на різні категорії, виявлені невідповідності (наприклад з “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів”) або нераціональне енергоспоживання, порівняння енергоспоживання на об'єкті з іншими аналогічними об'єктами);
- висновок з рекомендацій щодо енергозбереження (вартість і вигоди від реалізації беззатратних, високо- та низькозатратних рекомендацій, альтернативні можливості енергозбереження);

– рекомендовані дії і прогноз (рекомендації, за якими можуть впроваджуватись енергозберігаючі заходи, прогнози наслідків вживання заходів з енергозбереження на об'єкті);

– наступний крок (подальші необхідні детальні дослідження, робота, яку необхідно виконати самій компанії, проведення тендеру, тощо).

Опис промислового підприємства і будівель входить у звіт з енергоаудиту як опис спостережень енергоаудитора, якими він обґрунтовував свою перевірку і розробляв рекомендації щодо енергозбереження.

Енергія, яка постачається на об'єкт. Слід навести короткий опис обладнання з постачання енергії (труби, регулятори тиску і головні щити введення електроенергії), а також обладнання для зберігання палива, головне вимірювальне і централізоване обладнання компенсації реактивної потужності.

Обладнання перетворення енергії. Цей розділ містить опис такого обладнання, як наприклад, котли, повітряні компресори, холодильні установки.

Розподіл енергії. У цій частині міститься інформація про системи розподілення енергії, зокрема, системи розподілення охолодженої та гарячої води, пароконденсації і розподілу стисненого повітря. Коментарі повинні бути орієнтовані на ефективність роботи згаданих систем і звертати особливу увагу на причини втрат енергії, такі як слабка (погана) ізоляція або витоки.

Обладнання, яке споживає електроенергію. В цьому розділі слід описати обладнання, яке споживає первинну або вторинну енергію. Це устаткування містить виробничі механізми, системи опалювання і гарячого водопостачання (ГВП), освітлювальне та офісне обладнання і т. ін. Опис зазвичай містить назву (або тип) встановленого устаткування, норми енергоспоживання (якщо це можливо), опис автоматичних систем контролю і/або процедури ручного управління. Якщо для роботи обладнання потрібне вимірювання деяких параметрів (температура, сила світла і норма продуктивності) – це також потрібно відмітити.

Структура будівель. Цей розділ наводить опис елементів конструкції будівель з точки зору дизайну і використаних матеріалів. Наприклад, може бути

вказано, що стіни складені з цегли або бетону, вікна виготовлені з склопакета або з одинарним склінням; будівля має плоский дах чи похилий. Опис також повинен містити дані про існуюче в будівлі вентилявання: природне або примусове. Ці елементи в сукупності з розмірами будівлі можуть бути використані для розрахунків теоретично необхідного опалювання внутрішніх приміщень. Потім результати розрахунків можна порівняти з фактичним споживанням енергії на опалювання.

В опис слід включити час знаходження в будівлі працівників, щоб перевірити роботу установок, які регулюють фактичний час опалювання будівлі. Категорії споживачів енергії:

- будівлі;
- котельна установка;
- система паророзподілення;
- холодильна система;
- установка опалювання;
- система подачі гарячої води;
- виробниче обладнання, що споживає пару;
- система постачання і розподілу електроенергії;
- система вироблення стисненого повітря;
- системи вентиляції і кондиціонування;
- виробниче обладнання, що споживає електроенергію;
- виробниче обладнання, що працює на газі/нафтопродуктах;
- офісне обладнання, різнорідне енергоспоживання;
- освітлення;
- обладнання підприємств громадського харчування;
- обладнання пралень;
- інші споживачі.

Другий розділ повинен бути не просто переліком обладнання. Він повинен також включати коментарі та спостереження щодо способу використання енергії. Можна рекомендувати наступні пункти для включення в розділ:

- фізичний опис обладнання (тип, номер моделі, потужність, системи управління);
- як воно використовується (які функції виконує, тривалість експлуатації, система управління);
- вимірювані величини (електроенергія, нормативні витрати рідини, температура, вологість, рівні освітленості);
- загальні спостереження (ефективність управління, неполадки, несумісне обладнання).

Для зручності значна частина інформації, зібраної під час енергетичного обстеження, може бути представлена в табличній формі. Якщо таблиці виходять дуже великими, їх слід оформити як додатки. Типові приклади даних, що включаються в таблиці і додатки:

- перелік устаткування:
  - освітлювальне обладнання;
  - обладнання, яке опалює приміщення;
  - електропривід;
  - обладнання підприємств громадського харчування;
  - обладнання пралень;
  - виробничого обладнання;
  - перелік неізольованих трубопроводів гарячої води;
- вимірювані дані:
  - дані тесту аналізу горіння;
  - точкове вимірювання температури;
  - точкове вимірювання рівнів освітленості;
  - вимірювання потоку повітря/вологості;
- графічні дані:
  - енергетичні діаграми обладнання;
  - фотознімки стандартні;
  - фотознімки в інфрачервоному промінні.

Закінчивши аналіз передісторії енергоспоживання на об'єкті, енергоаудитор може приступати до здійснення енергоаудиту, що містить:

- розрахунок споживання енергії різними споживачами;
- розподіл фінансових витрат на енергію пропорційно між споживачами;
- складання енергобалансу;
- порівняння енергоспоживання з показниками роботи найкращих підприємств;
- виявлення відхилення в енергоспоживанні у порівнянні з галузевими нормами.

Дана інформація дуже важлива для клієнтів, оскільки вона або підтверджує, або спростовує переконання, що раніше склалося про розміри енергоспоживання в межах об'єкту. Той факт, що інформація представлена професійними енергетичними консультантами, що окинули об'єкт «свіжим поглядом», особливо важливий. Іноді в процесі підготовки енергоаудиту виявляються відхилення від норми. Ці відхилення можуть бути викликані невірними рахунками постачальників палива, в таких випадках іноді можна добитися повернення грошей. У іншому випадку можуть бути виявлені відхилення від норми, викликані зловживанням енергією. У такій ситуації енергоаудит успішно змальовує цю негативну практику, тим самим спонукаючи менеджмент підприємства вжити відповідних заходів для уникнення повторення подібних ексцесів.

Для виконання енергетичного обстеження енергоаудитор використовує дещо (або все) з наступних матеріалів:

- звіт про річну закупівлю палива;
- графік регресійного аналізу;
- таблиця енергоаудиту;
- діаграма Сенкі;
- кругові діаграми (карти) енергоспоживання;
- енергобаланси;
- енергетичні характеристики.

У енергоаудиті застосовуються два типи графіків:

– лінійний графік енергоспоживання (який також може містити дані, що належать до змінної величини продукції/погоди, з якою порівнюється кількість вимірюваної енергії),

– графік регресійного аналізу.

Четвертий розділ звіту містить рекомендації з економії енергії. У загальному сенсі, цей розділ – найважливіший у звіті, оскільки обґрунтування дій з енергозбереження - це звичайно головна причина проведення енергоаудиту на об'єкті. Різні аспекти рекомендацій з економії енергії.

Опис рекомендацій з енергозбереження - дії, які повинні бути зроблені, нові процедури, встановлення нового обладнання.

Оцінка енергозбереження - розрахунок енергії і коштів, що їх буде заощаджено. Ефект від економії енергії - як рекомендації вплинуть на показники роботи об'єкту, а саме, на показники ефективності за умов скорочення подачі енергії, на витрати з ремонту обладнання, на необхідні зміни технології виробництва.

Обчислення вартості проекту - розрахунок загальної вартості заходів щодо впровадження рекомендацій з енергозбереження відносно вартості обладнання, робочої сили, втрат виробництва.

Життєздатність проекту - визначення, наскільки життєздатне впровадження рекомендацій щодо енергозбереження за даних обмежень, а саме, за необхідних зупинок виробництва, чутливості цін на паливо, життєздатності капіталу. Виявлення менш очевидних заходів з енергозбереження - важливо враховувати, що перераховані рекомендації з економії енергії – це не лише найочевидніші перебудови, як наприклад, модернізація енергетичного устаткування. Повинна бути приділена увага менш очевидним можливостям досягнення енергетичної ефективності. Прикладами «менш очевидних» можливостей енергозбереження є зміна систем енергопостачання, а саме, застосування когенерації або використання відходів як палива чи зміна методів виробництва для використання дешевших енергетичних ресурсів.



Можливості енергозбереження можна розбити за категоріями застосування або з альтернативними вирішеннями однієї і тієї ж енергетичної проблеми. Найпоширенішим є поділ рекомендацій енергозбереження за їх вартістю. Безвитратні рекомендації:

- економніше використання наявних ресурсів;
- належне технічне обслуговування;
- закупівля палива з дешевшого джерела.

Низьковитратні рекомендації:

- встановлення ефективнішого обладнання;
- встановлення нових (автономних) пристроїв управління;
- поліпшення теплоізоляції цехів;
- навчання персоналу;
- контроль і оперативне планування енергоспоживання.

Високовитратні рекомендації:

- заміна більшості енергетичних установок;
- встановлення комплексних систем управління;
- когенерація;
- рекуперація теплоти.

Кожна рекомендація з енергозбереження повинна бути описана за наступними пунктами:

Необхідні зміни:

- модифікація заводу і будівель;
- заміна обладнання;
- модернізація обладнання/систем управління/ізоляції;
- технічне обслуговування обладнання;
- нова процедура управління.

Як ці заходи допоможуть заощадити енергію (і/або кошти):

- скорочення втрат;
- скорочення зайвих операцій;
- підвищення ефективності використання енергії;

- застосування дешевших енергетичних ресурсів.

Фінансові витрати і вигоди:

- капітальні витрати;
- амортизація обладнання підприємства;
- витрати на технічне обслуговування;
- енергетичні витрати;
- аналіз ефективності фінансових витрат.

Основні категорії змін в енергоспоживанні:

- Ліквідація безпосередніх втрат (ізолювання труб, усунення витоків, повернення конденсату).

- Скорочення надмірного енергоспоживання (управління тривалістю робіт і температурою, ефективна передача енергії).

- Скорочення зайвої потужності (використання обладнання з меншою потужністю, ліквідація подачі енергії в місця, де вона непотрібна).

- Максимізація ефективності перетворення енергії (підвищення ефективності котла, компресора).

- Утилізація тепла, що відводиться (рекуперація теплоти, рециркуляція повітря в системах ГВП).

- Використання найекономічнішого джерела енергії (найдешевше паливо, поновлювана енергія).

Розраховавши потенційне енергозбереження для об'єкту дослідження, енергоаудитор повинен ретельно перевірити всі обчислення перед тим, як внести розрахунки у звіт з дослідження. Повторна перевірка даних необхідна, щоб переконатися, що економія узгоджується із загальним використанням енергії на об'єкті.

Найчастіше вживані прийоми перехресної перевірки:

- дослідження збереженої енергії як відсотка первинного енергоспоживання;
- оцінювання нормалізованих показників роботи;
- аналізування потоків енергії;

- дослідження несумісних рекомендацій;
- урахування зменшених граничних повернень.

Особливо важливо переконатися в реальності запропонованих заходів заощадження енергії, щоб уникнути ситуації, коли ви проголосите, що можете заощадити більше енергії, ніж об'єкт споживає в даний час. Також важливо встановити несумісні рекомендації щодо заощадження енергії, тобто можливість впровадження тільки однієї рекомендації з двох. Звівши в таблицю всі рекомендації за проектом, найменш прийнятні з несумісних рекомендацій слід помістити в дужки і виключити із загального списку потенційних заощаджень. Концепція «Зменшених граничних повернень» добре знайома економістам, проте та сама концепція у ряді випадків прийнятна до заходів з енергозбереження. Вона використовується, коли значення потенційного енергозбереження, отримане в результаті однієї дії, скорочується, якщо інша дія з економії енергії проведена раніше

Одна з найважливіших (але якою часто нехтують) особливостей звіту з енергоаудиту – це відмінність між економією первинної і вторинної енергії. Ці особливості полягають в наступному.

Заощадження палива шляхом економії вторинної енергії. Економія вторинної енергії впливає на споживання первинної. Найпростіший шлях обчислення економії первинної енергії - поділити розмір економії вторинної енергії на коефіцієнт перетворення (електростанції або котла). Іноді економія вторинної енергії чинить негативний вплив на завантаження заводу і впливає на розподіл втрат (зниження рівня споживання пари також може скоротити її миттєві втрати в резервуарах збирання конденсату).

Ефект від заміни палива. Заміна одного палива іншим зазвичай проводиться у випадках, коли є можливість придбати інше паливо за нижчою вартістю на одиницю вмісту енергії. Фінансовий розрахунок заощаджень повинен також враховувати можливість зміни витрат на ремонт обладнання. Крім того, заміна палива може змінити коефіцієнти перетворення.

Регенерація теплоти. Якщо потоки енергії отримуються з регенеруючих систем або виводяться як побічний продукт систем перетворення енергії (теплота низької температури виділяється з системи когенерації), економія в цих енергопотоках не обов'язково є результатом збереження первинної енергії. Наприклад, якщо гаряче водопостачання проводиться системою когенерації, яка в іншому випадку викинула б цю теплоту в атмосферу, тоді економія гарячої води не зберігає первинне паливо, на якому працює система когенерації. Навпаки, якщо теплота низької температури з установки когенерації забезпечує тільки частину необхідного запасу теплоти, а інша частина поповнюється електричним опалюванням, тоді економія гарячої води відіб'ється на заощадженні електроенергії.

Одне із найчастіших заперечень рекомендаціям енергоаудитора – це те, що рекомендації в запропонованому проекті не врахували інші життєво важливі, але такі, що не стосуються енергозбереження, питання.

Приклади зауважень щодо життєздатності проекту:

- ефективність енергозбереження;
- аналіз цінової чутливості;
- вплив на виробничий процес;
- доступність палива;
- вимоги з техніки безпеки;
- законодавство про охорону навколишнього середовища;
- необхідність в додатковому навчанні персоналу;
- нормативи підприємства.

Обчислення капітальної вартості проекту з енергозбереження – це ключовий момент звіту. Невірно оцінені витрати можуть легко підірвати довіру до звіту в цілому. Зазвичай причина недооцінки витрат викликана не власне недооцінкою витрат, а упущенням загальної вартості компонентів. Типові приклади компонентів, які слід включити в розрахунок загальної вартості енергозберігаючого проекту (даний список не є вичерпним):

- вартість закупівлі енергозберігаючого обладнання;

- закупівельна вартість допоміжного обладнання (а саме, регуляторів, інструментів, захисного обладнання, обхідних пристроїв);
- витрати на доставку (митні формальності і установка обладнання);
- страхування;
- витрати на ізоляцію;
- тестування і введення установки в промислову експлуатацію;
- виплати за консультації;
- витрати на цивільне будівництво;
- витрати на переміщення виробничого обладнання;
- діяльність, необхідна для виконання вимог техніки безпеки;
- перебудова каркаса будівлі, зумовлена встановленням нового обладнання;
- перевірка ліцензування/сертифікації/страхування;
- навчання персоналу;
- вартість втраченої продукції.

Типові джерела оцінки витрат:

- прайс-листи на обладнання;
- публікації з оцінки витрат:
  - вартість обладнання;
  - витрати на оплату праці;
  - загальні середні витрати;
- бюджетні витрати постачальників/монтувальників;
- розцінки постачальників/ монтажників;
- інформація про вартість попередніх впроваджених проектів.

Способи визначення вартості можуть бути взяті з різних джерел. Найнадійнішим з них є особистий досвід виконання аналогічного проекту у минулому, але навіть у такому випадку слід обережно ставитися до чинників, які можуть викликати значну цінову різницю в двох аналогічних проектах. Наприклад, встановлення електронного контрольного обладнання на нафтохімічному заводі може коштувати набагато дорожче, ніж аналогічна

установка на пивоварному заводі, внаслідок необхідності використовувати обладнання, яке сертифіковане для використання у вибухонебезпечному середовищі.

Також корисно використовувати котирування і бюджетні розцінки постачальників та ціни, взяті з цінових брошур. Важливо переконатися, що ці джерела враховують всі вартісні компоненти, а саме, доставку, встановлення, налагодження обладнання.

## 2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОПОТРЕБИ ТИПОВОГО БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ М.ЗАПОРІЖЖЯ

### 2.1 Загальна інформація про об'єкт

Будинок, який обстежується на предмет зниження витрат енергії знаходиться в м. Запоріжжя, Запорізька область. Рік побудови – 1995 р. На рисунку 2.1 представлено загальний вигляд будинку.



Рисунок 2.1 – Житловий будинок, що обстежується

Зовнішні стіни з монолітного залізобетону 500 мм., розчин вапняно-піщаний 10 мм.

По проекту покрівля пласка рулонна безпосередньо над технічним поверхом.

Вікна передбачені в проекті – дерев'яні з подвійним склінням. Силами мешканців вікна замінені на металопластикові склопакети, лоджії та балконів були засклені. Це призвело до зменшення тепловтрат будівлі за рахунок збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій будівлі.

Під будівлею знаходиться техпідпілля .

Будинок обладнаний загально будинковим електролічильником (облік електроенергії на освітлення сходових клітин), а також індивідуальними квартирними електролічильниками.

Витрати на освітлення сходових клітин включено до квартплати мешканців. Система освітлення сходових клітин будівлі складається із світильників зі світлодіодними лампами.

Ведеться поквартирний облік холодної та гарячої води.

Система теплопостачання двотрубна. Внутрішня система двотрубна з верхнім розведенням подаючого трубопроводу. Встановлений індивідуальний тепловий вузол та теплолічильник на систему опалення будівлі.

Система вентиляції – природна витяжна. Вентиляційні отвори розміщено на кухнях та в санвузлах квартир.

Вхідні параметри для розрахунку наведено в таблиці 2.1



Таблиця 2.1 - Розрахункові параметри [ДБН В 2.6-31:2016]

Розрахунковий параметр	Позначення	Одиниця виміру	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}$	°C	20,00
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{з}$	°C	-19,00
Тривалість опалювального періоду	$z_{оп}$	доба	166
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{опз}$	°C	+0,6
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	$D_d$	°C/доба	3220

Фактичні умови внутрішнього середовища наведено в таблиці 2.2, а геометричні параметри будівлі – в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 - Фактичні умови внутрішнього середовища

	Фактична температура повітря, °C	Нормативна температура повітря (для опалювального періоду), °C	Фактична вологість повітря, %	Нормативна вологість повітря (для опалювального періоду), %
На вулиці	-	-21,00	64,00	-
В приміщенні	21,00	21,00	51,00	50,00

Таблиця 2.3 - Геометричні показники будівлі

Показники	Позначення та розмірність	Фактичне значення показника
Загальна площа огорожувальних	$F_{\Sigma}, m^2$	5979,3
В тому числі:		
- стін	$F_{шт}, m^2$	4358,5
- вікон і балконних дверей ( склопакет)	$F_{сп в}, m^2$	586,6
- вікон дерево	$F_{дв}, m^2$	120,6
- дверей	$F_{д}, m^2$	456,8
- горищних перекриттів (холодного горища)	$F_{пк хг}, m^2$	456,8
- перекриттів над техпідпіллями	$F_{ц1}, m^2$	-
- перекриттів над неопалюваними	$F_{ц2}, m^2$	-
Площа опалювальних приміщень	$m^2$	7308,80
Опалювальний об'єм	$m^3$	21241,2
Коефіцієнт скління фасадів будинку		0,13
Показник компактності будинку		0,28

## 2.2 Визначення енергетичної ефективності будівлі

Енергоаудит проводиться для визначення ефективності використання паливо-енергетичних ресурсів, реального стану енергоспоживання будівлі, що включає аналіз технічних характеристик огорожувальних конструкцій, характеристик енергоспоживання інженерного обладнання, структури енерговитрат в продовж року, визначення потенціалу зменшення енергоспоживання, обґрунтування заходів із підвищення рівня енергетичної ефективності будинку.

Характеристика зовнішніх огорожуючих конструкцій (стін). Загальна

площа стін складає – 4413,9 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір – 0,96 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону складає – 2,8 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, отже характеристика огорожувачої конструкції не відповідає вимогам ДБН. Огороджувача конструкція складається з наступних шарів: залізобетонні плити 510 мм, розчин цементно- піщаний товщиною 20 мм (густина - 1600 кг/м<sup>3</sup>). Додаткова інформація: фасад стін будівлі є самонесучими, частково утепленими. Під час обстеження було виявлено незначні пошкоджені огорожувачих констукцій (тріщини).

Стан стін наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Фотографія стін будівлі

Значну частину будівельних конструкцій займають огорожувальні конструкції. До цих конструкцій пред'являються досить широкий спектр вимог.

Характеристики стін будівлі наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика стін лікарні

Загальна оцінка існуючого стану						Задовільний		
Зовнішня загальна площа, м <sup>2</sup>						4413,9		
Товщина стіни, мм						510		
Конструкція стіни						Залізобетон моноліт 500мм, розчин вапняно- піщаний 10мм,		
Наявність теплоізоляції						частково		
Приведений термічний опір зовнішніх стін (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт						1,14		
Нормативний термічний опір зовнішніх стін згідно						2,80		
Орієнтація	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-З	З	Пн-З
Площа стіни, м <sup>2</sup>	957,2	-	1212,1	-	913,0	-	1277,2	-

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

де  $\alpha_6, \alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/( м<sup>2</sup>·К);

$R_i$  - термічний опір  $i$ -го шару конструкції, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$\lambda_{ip}$  - теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, Вт/( м<sup>2</sup>·К);

Стан горища та покриття будівлі проспект Ювілейний, будинок 22 наведено у таблиці 2.5.

Загальний вигляд покрівлі представлено на рисунку 2.2.

Таблиця 2.5– Стан горища та покриття будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний
Загальна площа, м <sup>2</sup>	526,13
Тип горища	неопалювальне
Висота горища, м	2,7м
Конструкція перекриття між останнім пов. і горищем	залізобетон товщиною 220 мм (густина - 2500 кг/м <sup>3</sup> ), руберойд.
Конструкція покриття	плоский
Тип даху	Організований внутрішній
Система водовідводу	відсутня
Наявність теплоізоляції	1,02
Приведений термічний опір даху (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	4,50
Нормативний термічний опір даху згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	526,13



Рисунок 2.2 – Фотографія покрівлі будівлі

Характеристика покрівлі (даху). Загальна площа даху складає – 526,13 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір – 1,02 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт. Згідно ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону становить – 4,5, отже характеристика огорожуючої конструкції не відповідає вимогам ДБН. Загальний стан огорожуючих конструкцій (даху) можна охарактеризувати як прийнятний.

Огороджуюча конструкція складається з наступних елементів: залізобетон товщиною 220мм (густина - 2500 кг/м<sup>3</sup>), руберойд.

Оцінка існуючого стану вікон будівлі занесемо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Стан вікон

Загальна оцінка існуючого стану		задовільний						
Загальна площа, м <sup>2</sup>		586,60						
Тип матеріалу		Дерево, ПВХ						
Тип рами		Подвійне скління з 4М1 скла в спарених плетіннях						
Варіант скління		4М1-16-4М1						
Вологість столярних виробів, %		-						
Приведений термічний опір вікон (м <sup>2</sup> °С)/Вт		0,34						
Нормативний термічний опір вікон згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 (м <sup>2</sup> °С)/Вт		0,60						
Орієнтація	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-З	З	Пн-З
Площа ПВХ дверей, м <sup>2</sup>	99,66		212,2		149,1		125,6	

Характеристика віконних конструкцій та балконних дверей: загальна площа вікон становить – 586,6 м<sup>2</sup>, приведений (середньозважений) термічний опір складає - 0,32 (м<sup>2</sup>-°С)/Вт, при коефіцієнті скління – 0,13. Згідно ДБН В.2.6-31:2016

нормативне значення термічного опору для даного регіону складає –  $0,6(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$ .

Характеристика технічного стану входних дверей занесено у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Стан входних дверей

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний
Загальна площа, $\text{м}^2$	120,6
Тип матеріалу	Метал, дерево, ПВХ
Площа металевих та дерев'яних дверей, $\text{м}^2$	58,5
Площа ПВХ дверей, $\text{м}^2$ Варіант скління	62,1
Приведений термічний опір дверей ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$	0,44
Нормативний термічний опір дверей згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$	0,50

Загальна площа дверей складає –  $120,6 \text{ м}^2$ , приведений (середньозважений) термічний опір -  $0,44 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$ . Згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону становить -  $0,50 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$ . Загальний стан входних дверей можна охарактеризувати як прийнятний.

Характеристика цокольної частини будівлі відображена на рисунку 2.3 та у таблиці 2.8.



Рисунок 2.3 – Фотографія цокольної частини будівлі

Таблиця 2.8 - Цокольна частина будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	Задовільний
Загальна площа, м <sup>2</sup>	97,8
Середня висота цоколю, м	0,9
Наявність відмостки	Наявна
Ширина відмостки, мм	850мм.
Товщина стіни, мм	600мм
Конструкція стіни	Збірні залізобетонні блоки
Наявність теплоізоляції	Відсутня

Огороджуюча конструкція складається з наступних шарів: залізобетонні блоки 500 мм, гідроізоляція, фарба. Додаткова інформація: цоколь не має значних пошкоджень, і не потребує ремонту.

В будівлі облаштовано техпідлогу. Характеристика підлоги будівлі відображена у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Підлога по ґрунту

Загальна оцінка існуючого стану	задовільне
Загальна площа, м <sup>2</sup>	2292,70
Конструкція перекриття	2,7
Наявність теплоізоляції	Залізобетон 220мм,
Вологість стін, %	відсутня
Приведений термічний опір полу (м <sup>2</sup> °С)/Вт	відсутня
Нормативний термічний опір полу згідно із зміною №1 до ДБН В.2.6- 31 2016 (м <sup>2</sup> °С)/Вт	1,94

Обстеження інженерних систем здійснюється фахівцями з обстеження інженерних систем на замовлення та за рахунок власника (співвласників) будівлі (для багатоквартирних будинків - на замовлення та за рахунок власника (співвласників) будинку, житлово-будівельного кооперативу, об'єднання



співвласників багатоквартирного будинку, управителя багатоквартирного будинку):

- під час виконання заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі за рахунок коштів державної підтримки;
- за бажанням замовника з метою проведення перевірки технічного стану інженерних систем будівлі.

Обстеження інженерних систем будинку розпочалося з обстеження системи опалення. Характеристики системи вентиляції наведено у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Характеристика системи опалення

В дії, починаючи з	1995р
Тип постачання	Централізоване
Автоматичне регулювання	Так
Енергоносії у джерелі теплоносія	Природний газ
Загальна оцінка існуючого стану	Прийнятний
Теплоносій	Вода
Матеріал труб	Сталь
Термостатичні регулятори	відсутні
Балансувальні клапани	відсутні
Стан теплової ізоляції	задовільний

На рисунку 2.4 представлено загальний вигляд індивідуального теплового пункту будівлі.



Рисунок 2.4 – Фотографія цокольної частини будівлі

Впливові фактори енергоефективності водяної системи опалення представлено в таблиці 2.11

Також була обстежено систему вентиляції. Характеристики системи вентиляції наведено у таблиці 2.12.

Модернізація систем освітлення також відноситься до однієї з найпоширеніших рекомендацій за підсумками енергоаудиту, яка призводить до істотного зниження споживання електроенергії.

Таблиця 2.11 – Впливові фактори енергоефективності водяної системи опалення з опалювальними приладами

Впливовий фактор		Параметр			
		<i>str1</i>	<i>str2</i>	<i>ctr</i>	<i>emb</i>
Регулювання температури повітря приміщення	Так, з індивідуальним тепловим вузлом (ІТВ), та центральним якісним регулюванням теплоносія	-	-	0,90	-
Температурний напір (за температури повітря 20 °С)	60 К (95/70)	0,88	-	-	-
Специфічні тепловтрати через зовнішні огороження	Опалювальний прилад встановлено біля зовнішньої стіни під вікном без радіаційного захисту	-	0,95	-	1,00

Таблиця 2.12 – Характеристика системи вентиляції

В дії, починаючи з	1995
Призначення вентиляційної системи	Припливно-витяжна
Спосіб спонукання	природне спонукання
Стан	задовільний

Заходи, пропонувані енергоаудиторами, прості: відмовитися у всіх можливих випадках від застосування звичайних ламп на користь енергозберігаючих, максимально автоматизувати систему освітлення встановленими датчиками, які будуть контролювати роботу освітлювальних приладів, включаючи їх тоді, коли це необхідно. Характеристика системи освітлення сходових клітин наведена у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Система освітлення сходових клітин

Освітлювальні прилади	Потужність ламп (Вт)	К-сть ламп на світил., (шт.)	Потужн. світил. (Вт)	К-сть світил (шт)	Всього (кВт)
Світлодіодні	10	1	10	48	0,48
Всього				48	0,48

Приведений опір теплопередачі - середньозважений по площі опір теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції, в якому враховується двомірне у перерізі конструкції перенесення теплоти і який визначається на підставі розрахунків чи результатів випробувань конструкції. Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій для Дніпровської дитячої клінічної лікарні зведемо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій:	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Фактичне значення показника
стін	$R_{\Sigma PP-NP}$	2,80	1,14
вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma PP-CP-B}$	0,60	0,32
вхідних дверей і воріт	$R_{\Sigma PP-D}$	0,50	0,44
горищних перекриттів (холодних горищ)	$R_{\Sigma PP-XI}$	4,50	1,02
перекриттів над неопалюваними підвалами та підпіллями	$R_{\Sigma PP-C2}$	3,30	1,94

Таблиця 2.15 – Енергетичні показники будівлі

Показники	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (значення після модернізації)	Фактичне значення показника
Розрахункові питомі тепловитрати	$q_{буд}$ , кВт год/(м <sup>2</sup> ·кВт) год/м <sup>3</sup>	-		134,5
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат	$E_{max}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	79,00	-	-
Клас енергетичної ефективності		-	B	F
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів, років			25	
Відповідність проекту будинку нормативним			Так	Ні
Необхідність доопрацювання			Ні	Так

На даний момент будівля не відповідає існуючим нормативним вимогам та потребує комплексного підходу в реалізації енергоефективних заходів.

Таблиця 2.16 – Енергоспоживання у 2019-2020 році

Централізоване теплопостачання	
Витрати на опалення, грн.	591818,77
Споживання теплової енергії гКал	424,52
Електроенергія	
Витрати на енергію, грн.	24003,84
Енергоспоживання, кВт год	14288,0
Холодне водопостачання	
Витрати, грн.	По індивідуальному договору з кожною квартирою
Споживання, м <sup>3</sup>	По індивідуальному лічильнику в кожній квартирі

### 2.3 Заходи з підвищення енергоефективності зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку

Функціональне призначення систем теплоізоляції — це зниження до мінімуму тепловтрат через огорожувальні стінові конструкції будинків та споруд, забезпечення різноманітності й архітектурно-естетичної виразності фасадів, подовження терміну експлуатації огорожувальних конструкцій, зниження витрат на кондиціонування, а в цілому — забезпечення комфортних умов в будівлі.

Зниження до мінімуму тепловтрат крізь стіни будинків дає змогу на 30-40 % і більше зменшити витрати на опалення, отже, знизити викиди в атмосферу продуктів горіння, що дуже важливо в сучасній непростій екологічній ситуації.

Загальна площа стін які потрібно утеплити складає 4413,9 м<sup>2</sup>. Приведений (середньозважений) термічний опір існуючих стін складає 1,14 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт і не відповідає нормам, пропонується досягти значення – 2,87 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт за допомогою утеплення стін.

При влаштуванні зовнішніх віконних та дверних укосів використовується мінераловатний утеплювач ROCKWOOL FASROCK товщиною 50 мм, густиною  $165 \text{ кг/м}^3$  та коефіцієнтом теплопровідності  $0,0385 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ . На етапі робочого проектування слід повторно розглянути варіанти утеплення, та обрати найдоцільніший варіант який відповідатиме сучасним вимогам на час проектування. Вказані ціни на впровадження енергоефективних заходів є орієнтовні, остаточні ціни будуть відомі після складання проекту та погодження його експертизи, після чого слід виконати перерахунок. Вартість утеплювача в сумі з монтажними роботами  $600 \text{ грн/м}^2$ .

Загальна площа даху який потрібно утеплити складає  $198,2 \text{ м}^2$ . Приведений (середньозважений) термічний опір - даху складає  $1,27 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$  і не відповідає нормам, пропонується досягти значення –  $4,5 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$  за допомогою утеплення крівлі.

Електрична мережа закладу має типові проблеми:

- застаріла електропроводка;
- старі розподільчі електрощити.

Міри по модернізації електричної мережі можуть бути не окупними в даному типі будівлі, але є необхідними в загальному комплексі енергозберігаючих мір що впроваджуються, та для безпечної і безперебійної роботи електричного обладнання

Причин зміни проводки може бути кілька. Найчастіша причина пов'язана зі збільшеним навантаженням на електропроводку - Адже кількість побутових приладів збільшується навіть не щороку, а часом кожен місяць. Високе споживання електроенергії вимагає і надійних мереж.

Слід розуміти, що експлуатується чимало будівель, побудованих десятки років тому. У той час ще не використовувалося так багато електричних приладів, як в даний час. Сьогодні в квартирах використовують як мінімум декілька телевізорів, ноутбуків та комп'ютерів, кухонні комбайни, мікрохвильові печі, бойлери, пральні машини і т.д. І цей список містить далеко не всі прилади, використовувані в побуті.

Також несе за собою велике навантаження електрообладнання кухні, де через неякісну електроенергію проводяться часті ремонти кухонних приладів.

Всі перераховані прилади мають досить високу потужність. Якщо одночасно працює бойлер, пральна машина і мікрохвильова піч, то створюється дуже високе навантаження на електромережі.

Проводка, віком більше 20 років, не розрахована на таке навантаження і легко може перегоріти. Тому потрібно проводити заміну застарілої електропроводки на нову, більш сильну мережу - для надійної експлуатації сучасної техніки, без побоювань в несправності та збої роботи цієї техніки.

Таким чином, якщо термін експлуатації проводки у будівлях становить 20-25 років, то термін її служби у деяких з них вичерпаний. Звичайно, проводка може прослужити ще якийсь час, але ніхто не вгадає момент настання аварійної ситуації.

#### 2.4 Оцінка ефективності системи опалення

Все тепло, що отримується, при спалюванні палива розподіляється на корисне тепло (тобто ту частину тепла, яка йде безпосередньо на нагрівання приміщення) та теплові втрати в навколишнє середовище.

На кожній із стадій виробництва, регулювання і розподілу тепла неминучі його втрати. Загальний коефіцієнт ефективності системи опалення

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_e \eta_c , \quad (2.1)$$

де  $\eta_g$ — загальний коефіцієнт ефективності системи опалення;

$\eta_p$  — коефіцієнт ефективності установки;

$\eta_d$ — коефіцієнт ефективності розподілення теплоти;

$\eta_e$  — коефіцієнт ефективності опалювальних приладів;

$\eta_c$  — коефіцієнт ефективності регулятора системи.



Згідно з європейськими нормами, прийнято вважати, що загальний коефіцієнт ефективності системи опалення  $\eta_g$  не повинен бути нижче певного значення, що обчислюється таким чином

$$\eta_g = 65 + 3 \log(P_n), \quad (2.2)$$

де  $\log(P_n)$  є десятковим логарифмом від номінальної потужності котла. Потужність котла виражається в кВт.

У нашому випадку розрахуємо допустимий загальний коефіцієнт ефективності для системи опалення 9 – ти поверхового житлового будинку з вбудовами у м. Харків, обладнаний модулями потужністю 480 кВт

$$\eta_g = 65 + 3 \cdot \log(480) = 73.$$

Іншими словами, мінімально допустимий загальний коефіцієнт ефективності більшості систем опалення повинен перевищувати 73%.

З наведеного вище рівняння очевидно, що зниження будь-якого з коефіцієнтів ефективності призводить до зниження загального коефіцієнта ефективності системи опалення.

Наочно це зображується графіком (рис. 2.5), з якого видно, наскільки загальний коефіцієнт ефективності системи опалення залежить від кожного з множників рівняння.

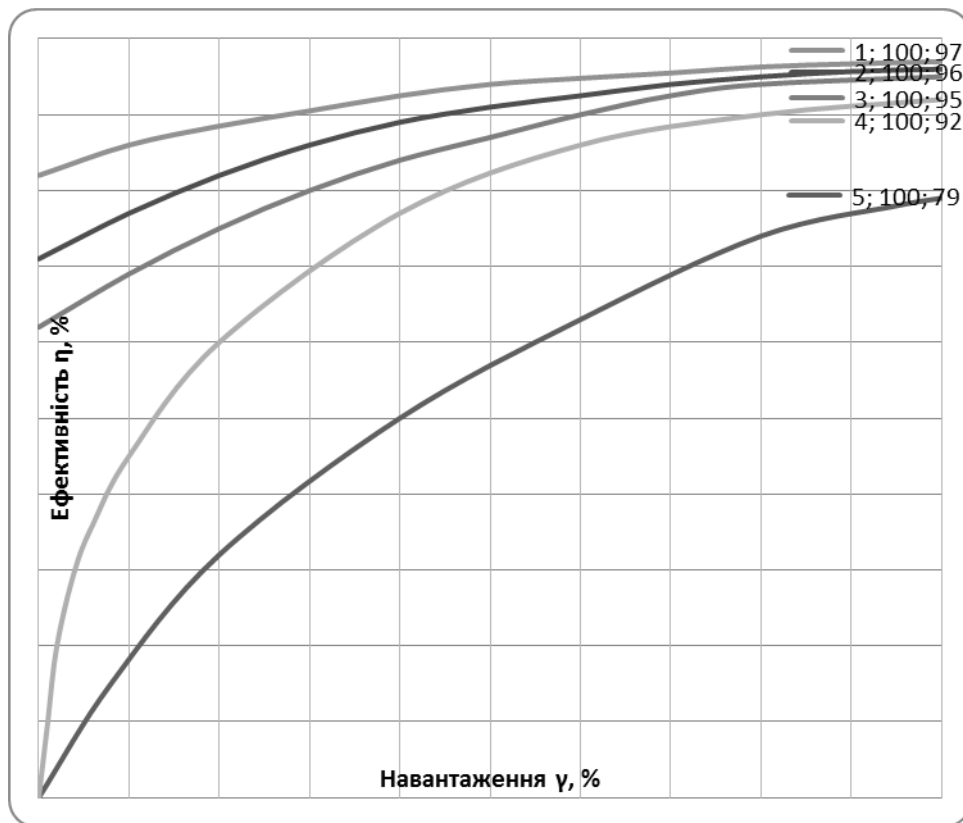


Рисунок 2.5 – Графік коефіцієнтів ефективності системи опалення

На рисунку 2.5 прийнято наступні умовні позначення: 1 -  $\eta_c$  (регулювання); 2 -  $\eta_e$  (опалювальних приладів); 3 -  $\eta_d$  (розподілення); 4 -  $\eta_p$  (установки); 5 -  $\eta_g$  (загальний).

Для прикладу розглянемо показники сучасної системи опалення, спроектованої і зібраної згідно з усіма нормами і правилами. У ній використовуються такі показники:

- коефіцієнт ефективності установки,  $\eta_p=0,89$ ;
- коефіцієнт ефективності розподілення теплоти,  $\eta_d=0,95$ ;
- коефіцієнт ефективності опалювальних приладів,  $\eta_e=0,96$ ;
- коефіцієнт ефективності регулятора системи,  $\eta =0,97$ .

Загальний коефіцієнт ефективності системи розраховується (1.1)

$$\eta_g = 0,89 \cdot 0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,97 = 0,79.$$

Як видно, найбільший коефіцієнт ефективності виходить при 100 % навантаженні системи опалення, тобто при максимальній потужності теплогенеруючої установки, яка закладається з розрахунку на мінімальну температуру зовнішнього повітря у найхолодніший період.

Оскільки середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період значно вище мінімальної, то, відповідно, знижується і теплове навантаження опалювальної системи, а отже, і загальний коефіцієнт ефективності системи. У середньому за опалювальний період загальна ефективність системи опалення може становити близько 40-50% її максимального значення. Для спрощення прийнято вважати, що середнє значення загального коефіцієнта за опалювальний період становить 50% її значення при максимальному навантаженні.

Розглянемо, як змінюються складові загального коефіцієнта ефективності системи опалення при різних умовах.

Ефективність регулювання:

$\eta_c = 0,98$  — ефективне терморегулювання;

$\eta_c = 0,93$  — часткове терморегулювання;

$\eta_c = 0,85$  — без терморегулювання.

Ефективність опалювальних приладів:

$\eta_e = 0,98$  — конвектори з примусовою циркуляцією повітря;

$\eta_e = 0,97$  — добре відрегульовані панелі променистого обігріву (підлогове опалення);

$\eta_e = 0,96$  — добре відрегульовані радіатори.

Ефективність розподілення:

$\eta_d = 0,95-0,96$  — добре утеплені трубопроводи;

$\eta_d = 0,80-0,95$  — погано утеплені трубопроводи;

$\eta_d = 0,70-0,80$  — не утеплені трубопроводи.

Ефективність установки:

$\eta_p = 0,70-0,90$  — в залежності від типу котла, якості його налаштувань, розмірів, потужності і т.п.

Приклад аналізу загального коефіцієнта ефективності системи.

Проаналізуємо зміну загального коефіцієнта ефективності  $\eta_g$  у разі 9-ти поверхового житлового будинку. На прикладі покажемо, як підвищується ефективність системи при її поетапній модернізації, а також залежність загального коефіцієнта ефективності від всіх чотирьох множників:  $\eta_p$ ,  $\eta_d$ ,  $\eta_e$  і  $\eta_c$ . Для зручності будемо вважати, що схема котельні у всіх чотирьох випадках незмінна.

1 – найпростіша схема системи опалення

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_e \eta_c = 0,71 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,84 = 0,48.$$

2 – у порівнянні з першою, вдосконалено регулювання системи

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_e \eta_c = 0,71 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,99 = 0,57.$$

3 - у порівнянні з першою, вдосконалено розподілення тепла в системі

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_e \eta_c = 0,71 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,84 = 0,55.$$

4 - у порівнянні з першою, вдосконалено виробництво тепла

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_e \eta_c = 0,88 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,84 = 0,60.$$

5 – у порівнянні з першою, зроблена комплексна модернізація системи опалення

$$\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_e \eta_c = 0,88 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,60.$$

Як видно з наведених вище розрахунків, комплексна модернізація системи опалення може призвести до майже дворазового підвищення загального коефіцієнта ефективності системи опалення ( $\eta_g = 0,81$  проти  $\eta_g = 0,48$ ), а отже, і до істотної економії палива.

За середніми оцінками, проведення подібної модернізації системи опалення, при діючих цінах на газ, може окупитися за 6 років.

Гаряче водопостачання забезпечується модулями нагріву МН – 120.

Принцип приготування гарячої води полягає у її приготуванні на весь будинок. Облік тепла ведеться у даховій котельні, підготовка теплоносія відбувається у котельні, існує потреба у додаткових трубопроводах, їх ізоляції, а також приладів контролю та обліку.

Також, гаряча вода, яка готується у даховій котельні житлового будинку, надходить до водорозбірних кранів в тій чи іншій мірі остигаючи в трубопроводах. Для її підігріву та постійної циркуляції доводиться витратити додаткову кількість теплової та електричної енергії.

Тому можна розглянути інший варіант приготування гарячої води, який може доповнити використання дахової котельні.

Основні функції - це приготування гарячої води в необхідній кількості для споживання.

Переваги:

- компактність;
- отримання необхідної кількості гарячої води заданої температури;
- повністю автоматична робота ( без втручання людини);
- легкість монтажу і експлуатації;
- надійність і безпечність.

Галузь застосування:

- у котеджному будівництві (для гарячого водопостачання, підігріву води в басейнах);
- гаряче водопостачання адміністративних будинків і споруд;
- реконструкція систем гарячого водопостачання існуючого житлового фонду.

Основні параметри установок приготування гарячої води наведені у таблиці 2.17.

Установки приготування гарячої води настінні. Вони дають можливість готувати і використовувати необхідну кількість гарячої води.

В конструкції теплоцентру використовується паяний пластинчастий теплообмінник компанії Alfa Laval.

В установці теплоцентру УГВнс 90 встановлені насоси фірми Grundfos – насос первісного контуру UPS 25-80 , насос вторинного контуру UPS 25-40.

Таблиця 2.17 – Параметри УГВнс 90 [1]

Найменування параметра	Од. виміру	УГВнс 90
Номинальна теплова потужність установки	кВт	90
Витрата гарячої води (при $\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$ )	л/хв.	30
Макс. температура води, що нагрівається	$^{\circ}\text{C}$	60
Максимальний тиск води	МПа	1
Напруга електроживлення	В/Гц	220/50
Максимальна електрична потужність, що споживається	кВт	0,34
Максимальний струм, що споживається	А	1,38
Застосовується паяний теплообмінник фірми Alfa – Laval насоси: первинного контуру вторинного контуру (Grundfos)		СВ52 – 20 (27 - 32)  UPS 25 – 80 UPS 25 – 40

Гідравлічна схема УГВнс наведена на рисунку 2.6.

На рис. 2.6 прийнято наступні умовні позначення: 1 – повітровідводник; 2 – капілярний датчик; 3 – насос 2-го контуру; 4 – клапан 3-х ходовий; 5 – головка термостатична; 6 – фільтр сітчастий; 7 – насос 1-го контуру; 8 – лічильник води; 9 – реле тиску; 10 – теплообмінник; Т1 – подача граючої води; Т2 – зворотня лінія;

T3 – подача гарячої води ГВП; T4 – рециркуляція гарячої води; B1 – вхід холодної води.

Принцип дії УГВнс: теплоносій з подаючого трубопровода T1 системи опалення очищається у фільтрі 6, надходить у теплообмінник 10 за допомогою насоса первинного контуру 7. Охолоджений в теплообміннику теплоносій повертається по трубопроводу T2. Гаряча вода подається трубопроводом T3. Задана температура води в квартирній системі гарячого водопостачання підтримується роботою регулюючого клапана прямої дії, зв'язаного з капілярним датчиком 2, який встановлений на трубопроводі T3. По трубопроводу B1 надходить холодна вода, яка очищається у фільтрі 6 і проходить через лічильник води 8. Рециркуляція гарячої води T4 з системи гарячого водопостачання надходить в установку, теплоносій очищається у фільтрі 6, за допомогою насоса вторинного контуру 3 надходить, підмішуючись з B1 до теплообмінника. Повітровідвідник 1 забезпечує видалення повітря з квартирної системи гарячого водопостачання.

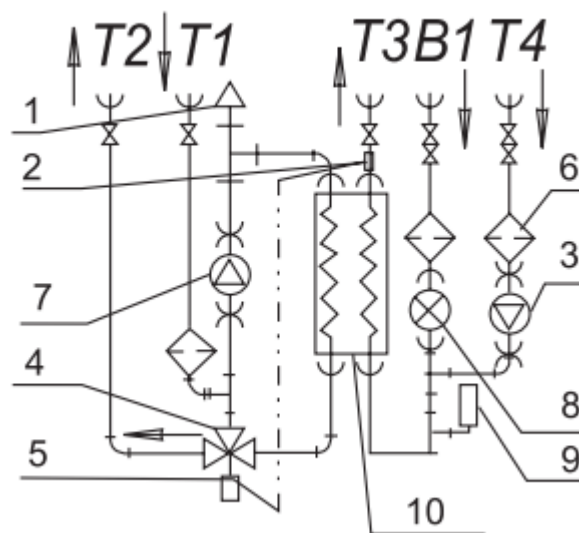


Рисунок 2.6 – Гідравлічна схема УГВнс 90

Якщо брати до уваги тільки одноразові витрати, то в більшості випадків розосередження обладнання не вигідно, тому що сконцентроване в одному місці потужне обладнання, як правило, дешевше безлічі одиниць устаткування тієї ж

сумарної потужності. Тому можна очікувати, що вартість ста УГВнс стоквартирного будинку буде більше вартості одного модуля нагріву гарячої води у даховій котельні такої будівлі. Оцінка вартості витрат на тепловий пункт однієї квартири, теплова потужність якої складає 4,6 кВт з опалення та 19 кВт з гарячого водопостачання. Як показує аналіз, вартість модуля житлової частини будівлі, віднесена до однієї квартири, в проектах близько 600-800 у.о. Таким чином, як і слід було очікувати, УГВнс замість модуля призводить до збільшення витрат, пов'язаних з обладнанням теплових пунктів.

Є цілий ряд факторів, які працюють на здешевлення варіанту теплопостачання багатоквартирного будинку з УГВнс:

- у будівлі з УГВнс немає системи гарячого водопостачання з протяжними подаючими та циркуляційними трубопроводами, на яких встановлюють арматуру, та інші прилади;

- з УГВнс не потрібні водолічильники гарячої води.

Ці чинники значною мірою компенсують інвестору його додаткові витрати на влаштування УГВнс. Таким чином, подорожчання будівництва, пов'язане з пристроєм УГВнс замість модуля, оцінюється приблизно в 450 у.о. на одну квартиру. При площі квартири 80 м<sup>2</sup> це становить приблизно 5,5 у.о./м<sup>2</sup> або близько 0,25 %.

У той же час, при влаштуванні УГВнс в багатоквартирному будинку очевидні наступні експлуатаційні переваги цього технічного рішення:

- усунуться втрати тепла стояками системи гарячого водопостачання;
- усунуться витрати на електроенергію, звичайно затрачену на циркуляцію в системах гарячого водопостачання;

- зменшиться споживання води через те, що гаряча вода подається з крана через кілька секунд після його відкриття. Крім того, поліпшується робота змішувачів, оскільки за відсутності гідравлічних втрат у водонагрівачі тиску в холодному і гарячому водопроводі будуть практично однаковими;

- спроститься облік водоспоживання, оскільки не потрібно буде вимірювати витрати гарячої води і окремо платити за неї;



- підвищиться надійність системи гарячого водопостачання;
- усунеться небезпека захворювань, пов'язаних з поширенням вірусів легионелли в трубопроводах системи гарячого водопостачання;
- можна очікувати загального зменшення витрат тепла і води у зв'язку з тим, що власник кожної квартири відчує здатність, конкретно впливаючи на споживання теплової енергії, реально знизити свої експлуатаційні витрати.

Незважаючи на те, що не всі з перерахованих факторів підвищеної експлуатаційної ефективності можуть бути цілком достовірно оцінені кількісно. При щорічній економії 87 у.о. на кожній квартирі додаткові витрати, пов'язані з улаштуванням УГВнс, окупляться приблизно за 5 років.

Таким чином, встановлення УГВнс є енергоефективним рішенням для системи гарячого водопостачання у багатоповерховому житловому будинку.

В результаті аналізу та порівняння для даного проекту обрано двотрубну поквартирну систему опалення, яка підвищує теплову комфортність житла, призводить до економії тепла за рахунок поквартирного обліку, а також, приготування гарячої води від УГВнс. Вони дають можливість готувати і використовувати необхідну кількість гарячої води індивідуально, для досягнення енергоефективності житлового будинку.

## 3 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКА

### 3.1 Методи оцінювання процесів споживання електричної енергії житловим будинком

Розгляньмо проект електричного опалення приватного житлового будинку. Проект було розроблено в 2017 році, коли діяли пільгові тарифи для населення, яке проживає в житлових будинках, обладнаних у встановленому порядку електроопалювальними установками. Тобто це міг бути електричний котел або тепловий насос, для яких був передбачений спеціальний тариф у період з 01 жовтня по 30 квітня включно. На жаль, з 01.01.2021 року дію цього тарифу призупинено і на сьогоднішній день НКРЕКП розробляє нові умови енергозабезпечення споруд, які обладнані електроопальними установками. Кількісні вихідні дані по тарифу, що діяв на момент розробки проекту, представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Тарифи на електроенергію на електричне опалення

Категорії споживачів	Тарифи на електроенергію, в копійках, за 1 кВтгод		
	Без ПДВ	ПДВ	З ПДВ
Електроенергія, що відпускається у період з 01 жовтня по 30 квітня (включно):			
за обсяг, спожитий до 3000 кВтгод електроенергії на місяць (включно)	75	15	90
за обсяг, спожитий понад 3000 кВтгод електроенергії на місяць	140	28	168

Електроживлення забезпечує КТП-3053, яка знаходиться в садовому товаристві. На рисунку 3.1 зображено ввід трьохфазної мережі до об'єкту, виконаний кабелем СІП-5 4x16. Навантаження по фазам розподілене симетрично. На вводі встановлено багатозонний лічильники електричної енергії типу НІК 2303 АРЗ Т.1400.МС.11.

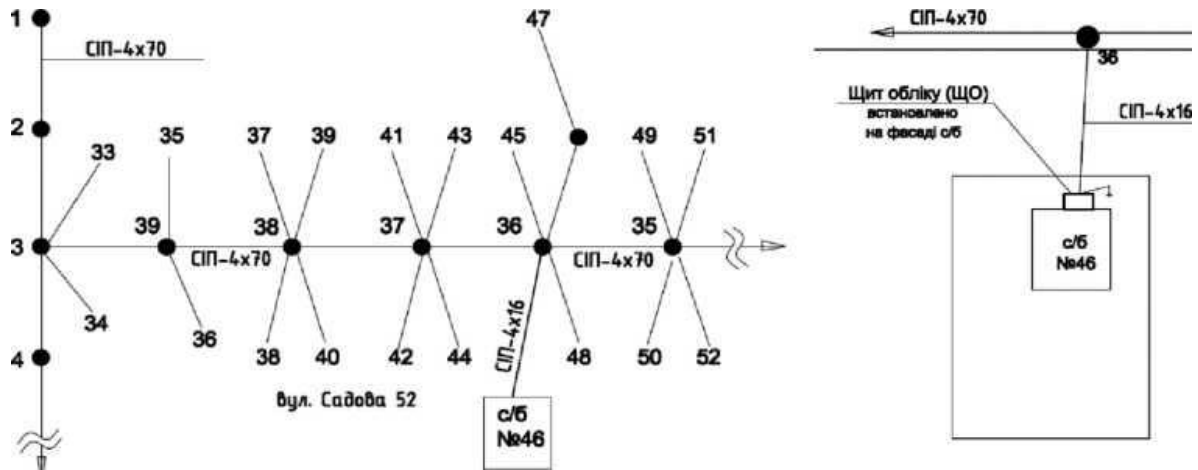


Рисунок 3.1 - Схема електропостачання та ввід на ділянку



Рисунок 3.2 - Динаміка споживання електричної енергії будинком

Динаміку споживання електричної енергії будинком за період 2007 по 2018 р.р. проілюстровано на рисунку 3.2 [21]. Будинок введено в експлуатацію 2011 року, але з 2012 по 2015 рік в ньому не було реалізовано повноцінна система опалення. Опалення було лише точкове, зокрема, опалювались декілька кімнат електричними пристінними конвекторами та дров'яним каміном конвекційного типу, розташованим в центрі будинку. В подальшому в роботі до уваги буде братися та аналізуватися споживання за період 2016, 2017 та 2018 років, була встановлена повноцінна система опалення - «Тепла підлога» від проточного електродного котла ТМ «Обрій», встановленою номінальною потужністю 4 кВт.

Рисунок 3.2 ілюструє споживання електричної енергії будинком на стадії будівництва (2007-2011р.р.), етапу експлуатації будинку без повноцінної системи опалення (2012-2015р.р.) та періоду функціонування системи опалення електродотел-«тепла підлога» - це три останні роки (2016, 2017 та 2018 рік). Величина амплітуди цих значень обумовлена багатьма факторами, зокрема, істотно суттєво впливає: зовнішня температура на вулиці (ГД – Градусо-Доби) [30], внутрішня температура повітря, постійна чи змінна кількість мешканців, людській фактор використання побутових приладів, зношеність обладнання та інші фактори.

Рисунки 3.3 - 3.5 демонструють щомісячну динаміку зміни споживання електричної енергії на опалення в зимовий період та побутовими електро-приладами, що в подальшому дає можливість визначити базовий рівень споживання енергії житловим будинком. До 2017 року розрахунок за спожиту електричну енергію відбувався за одноставковим тарифом на електричну енергію. В 2017 році було розроблено проект електричного опалення будинку, збільшено приєднану потужність до 18 кВт, та встановлено лічильник електричної енергії, який було запрограмовано для розрахунку за спожиту енергію за двома зонами, день - Шкала № 1 та ніч - Шкала № 2.



Рисунок 3.3 – Щомісячне споживання електроенергії за 2016 рік



Рисунок 3.4 - Щомісячне споживання електроенергії за 2017 рік

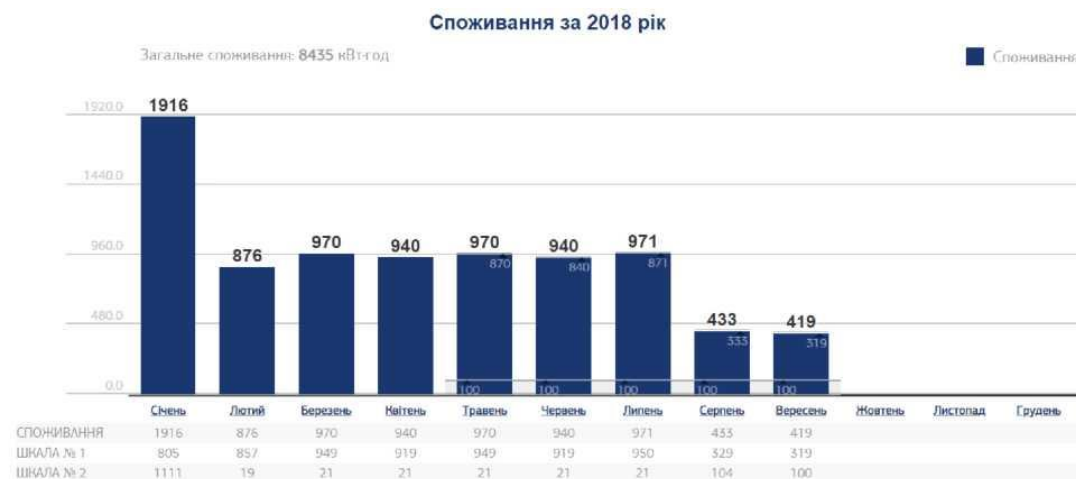


Рисунок 3.5 - Щомісячне споживання електроенергії за 2018 рік

Для технічного обліку електричної енергії на будинок було встановлено прилад Mirubee MIRUBOX V2 MONO (рис. 3.6), що дало можливість відслідковувати окремо споживання всіх побутових приладів. Встановлений прилад складається з трансформаторів струму (ТС) та напруги (ТН). Він передає данні посекундного споживання електричної енергії приладами за допомогою бездротової мережі WiFi. Даний прилад має три канали збору даних споживання електроенергії через три ТС що знімають показання навантаження на конкретній лінії. Після збору даних за добу за допомогою математичних алгоритмів прилад виконує обчислення та розподіл споживачів по конкретному побутовому приладу.

Такий моніторинг дає можливість визначити найсуттєвіших споживачів електричної енергії. За результатами електричних вимірювань за 2018 рік, найбільш суттєвими побутовими споживачами є: 53 % від загального споживання побутових приладів займає бойлер, 36% робота холодильника, режим очікування та Led освітлення по 3%. Решту відстоків займають не визначенні приладом споживачі, такі як ПК, телевізор, фен та інші (рис. 3.7).

За допомогою Mirubee MIRUBOX V2 MONO зафіксовано добові графіки електричного навантаження, що в подальшому будуть необхідні для підбору та розрахунку гібридної сонячної електростанції з можливістю акумуляування, генерації електричної енергії в загальну мережу та живленням інженерного обладнання, таких як систему припливно-витяжної вентиляції, тепловий насос та іншого обладнання.

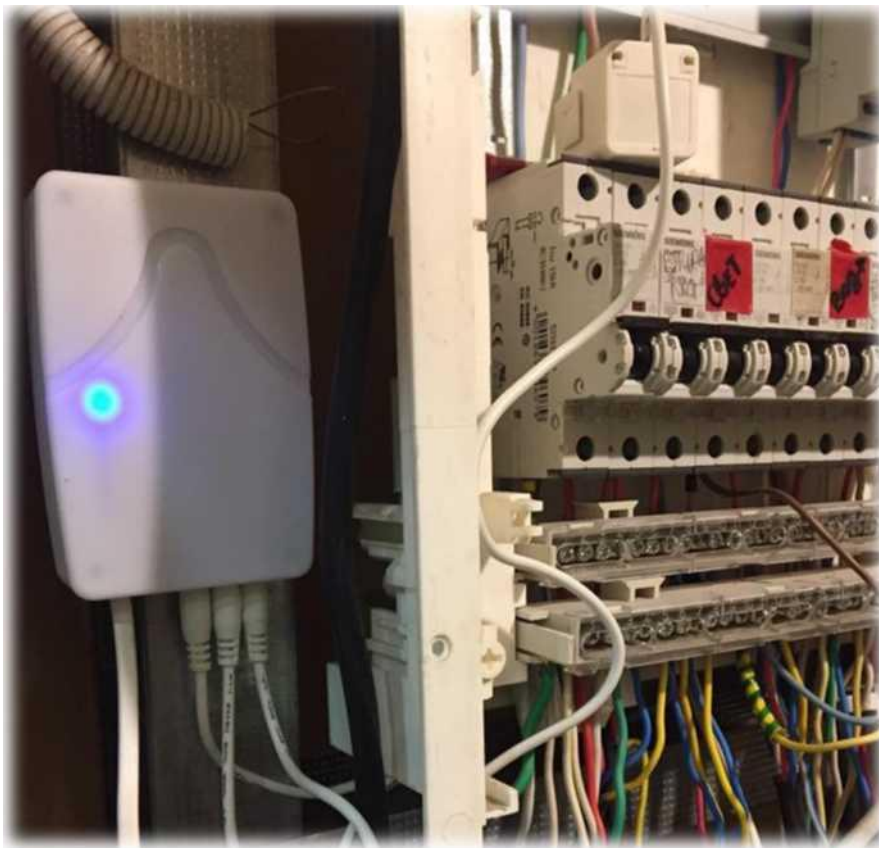


Рисунок 3.6 – Вигляд та розміщення Mirubee MIRUBOX V2 MONO в розподільчій шафі

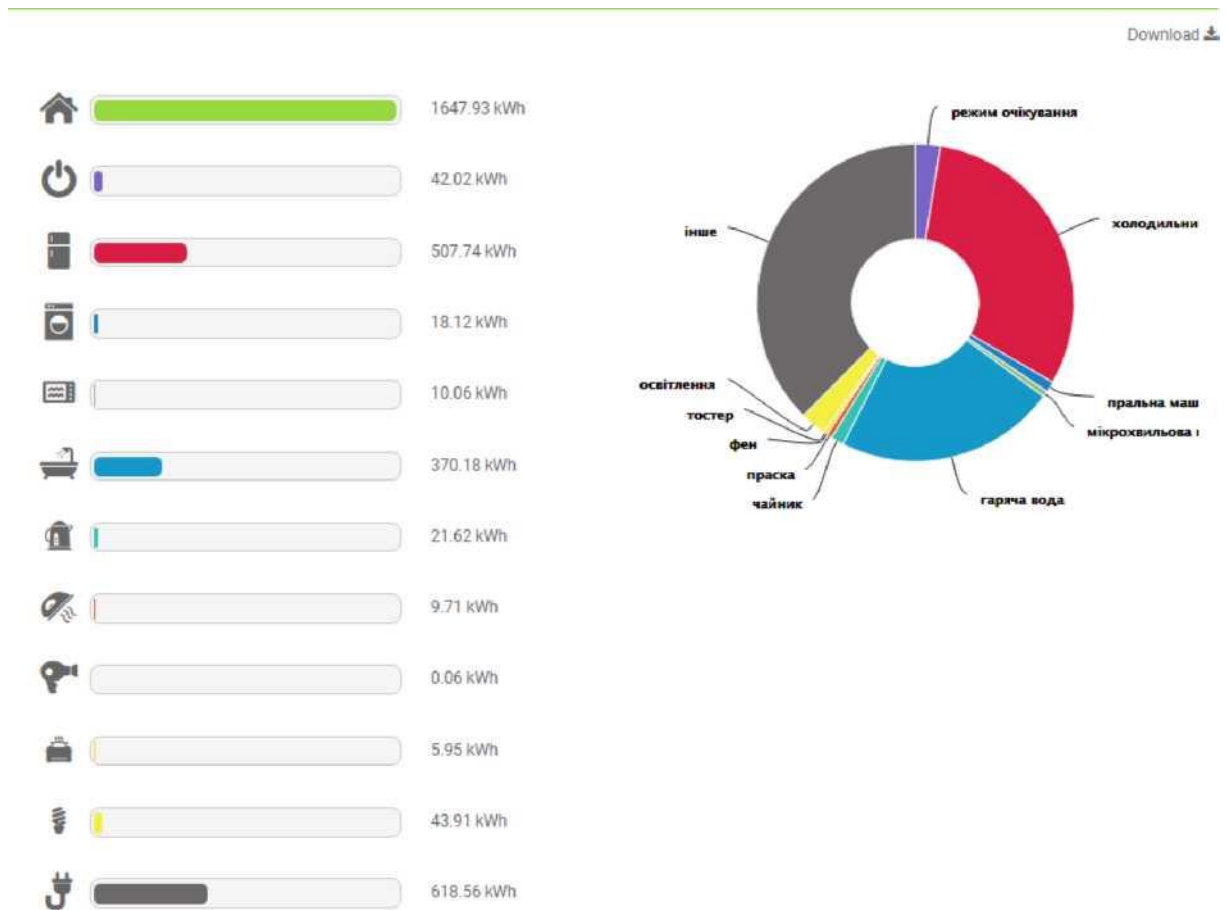


Рисунок 3.7 - Розподіл електроспоживання побутовими приладами за 2018 рік

Графіки електричних навантажень характеризують режими споживання електроенергії окремих споживачів та енергосистеми в цілому. Ці графіки показують зміну споживаної потужності на певному періоді часу (місяць, рік). Від режимів споживання електричної енергії залежать режими роботи енергетичних установок: основного генеруючого, транспортуючого та перетворюючого обладнання (електричних станцій, ліній електропередач та трансформаторних підстанцій).

За призначенням розрізняють звітні і перспективні графіки навантаження споживачів [22]. Звітні графіки призначені для аналізу режимів роботи енергосистеми в процесі експлуатації. Зазвичай це неперервна крива або ламана лінія. Призначення перспективних графіків - планування роботи і проектування енергосистем та окремих енергетичних об'єктів. Їх отримують розрахунковим

шляхом. Для зручності використання перспективні графіки прийнято будувати у вигляді ступінчатої лінії, яка складається з 24 горизонтальних ділянок (добовий графік), відповідно до навантаження кожної години електроспоживання, або 12 ділянок (річний графік), які відповідають максимальному та середньому навантаженню кожного місяця. Добовий графік, наприклад на рисунку 3.8, відображає такі показники як, максимальне та мінімальне навантаження ( $P_{\max}$  і  $P_{\min}$ ), середньодобове навантаження ( $P_{\text{ср}}$ ), коефіцієнт нерівномірності навантаження ( $\alpha_{\text{доб}}$ ), щільність графіку навантаження ( $\beta_{\text{доб}}$ ).

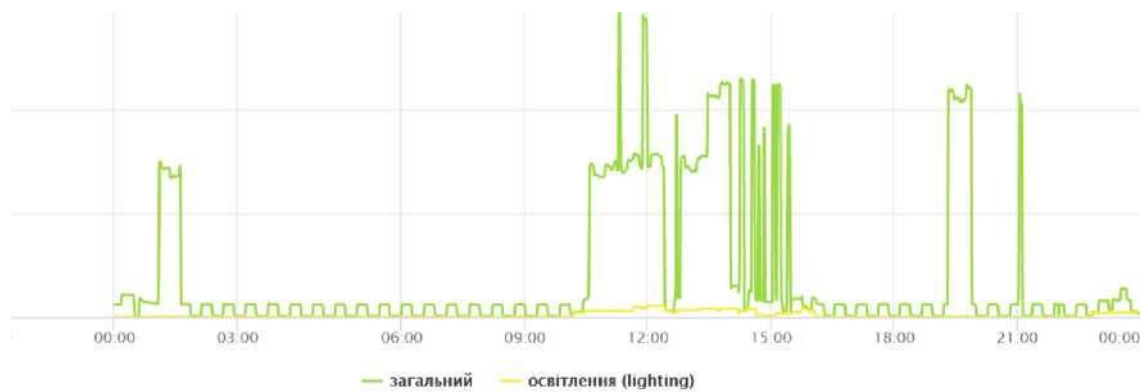


Рисунок 3.8 - Добовий графік навантаження за 28.10.2018

### 3.2 Прогнозування процесів споживання енергії на опалення та ГВП

Для моделювання та прогнозування розрахункових витрат на систему опалення скористуємося раніше визначеними тепловтратами на будинок, кліматологічними даними та особливостями низькотемпературної системи опалення. Для подальшої обробки звіт з моделювання представимо в придатній табличій формі (табл. 3.2).



Таблиця 3.2 – Вихідні та розрахункові показники моделювання

Назва параметру	Отримані значення в ході моделювання
Розрахункові параметри	
Розрахункова температура внутрішнього повітря, [С]	20
Розрахункова температура зовнішнього повітря, [С]	-22
Тривалість опалювального періоду, [доба]	176
Середня температура зовнішнього повітря, [С]	-0,10
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду, [С * доба]	3538
Середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, [год-1]	1,36
Величина побутових теплонадходжень на 1 м <sup>2</sup>	10,00
Розрахункові приведені коефіцієнти теплопередачі	
Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, [Вт / (м <sup>2</sup> * К)]	0,31
Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, [Вт/(м <sup>2</sup> -К)]	0,36
Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, [Вт/(м <sup>2</sup> -К)]	0,67
Енергетичні показники моделювання	
Розрахункові питомі тепловитрати, [кВт-год /м <sup>2</sup> ]	72,31
Загальні тепловитрати будинку через огорожувальну оболонку будинку, [кВт-год]	1,51 -104
Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, [кВт-год]	4,77-103
Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, [кВт-год]	1,30-103
Розрахункові витрати теплової енергії, [кВт-год]	9,039-103

Згідно зі здобутими результатами моделювання, розрахункове енергоспоживання за опалювальний сезон становлять 9,039-10 [кВт-год], розрахункова теплова потужність системи опалення складає 5,712 [кВт].

Система гарячого водопостачання.

Мета розрахунку - визначення внеску системи гарячого водопостачання в оцінку річного енергоспоживання будинку [29]. Згідно з нормативами приймаємо наступні вихідні параметри: максимальна температура подачі гарячої води 53°C, температура води на вході 10°C.

Витрату енергії на ГВП було розраховано в таблиці 3.3, де зведено оціночне споживання ГВП відповідно до добового навантаження на систему гарячого водопостачання з фіксованою кількістю проживаючих в будинку.

Таблиця 3.3 - Споживання гарячої води

Призначення	Температура води, °C	Разове споживання гарячої води, л	Енерговитрати за день, кВт	Кількість спрацьовувань в день, шт.	Споживана потужність сумарна, кВт	Сумарний обсяг, л
Умивання	40	2,1	0,11	16	1,68	33,6
Вологе прибирання	55	2,1	0,11	2	0,21	4,2
Миття посуду мале	55	6,31	0,32	1	0,32	6,3
Витрата на душ	40	28,04	1,42	2	2,80	56,1
Витрата на ванну	40	72,2	3,61		0,0	0,0
Всього за день (при t= 53°C)					5,85	117,1

За допомогою розрахунка було визначено добове навантаження на систему ГВП будинку: воно складає 5,85 кВт-год/добу. Також визначили загальні витрати гарячої води на виході: 117,1 л. Таким чином навантаження на систему ГВП протягом року складає 2133,46 кВт-год/рік (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 - Розрахункові показники енергоспоживання електричної енергії будинком на опалення та ГВП

Енергопотреба будинку в ГВП, кВт-год	$W_{\text{ГВС}}$	2133,46
Енергопотреба будинку в опаленні, кВт-год	$W_{\text{опалення}}$	9038,78
Питоме енергоспоживання кВт-г/м <sup>2</sup>	$W_{\text{питоме}}$	89,37

Базовий рівень енерговикористання є основним показником даного розрахунку та основою для порівняння рівнів енергоефективності. Відносно базового рівня можна оцінити зміни в енергоефективності будівлі. Базовий рівень енерговикористання показує фактичні показники будинків без застосування заходів щодо вдосконалення енергоефективності. Для кількох показників енергоефективності може бути використано один і той самий базовий рівень енерговикористання. Базовий рівень щомісячного споживання енергії представлено на рисунку 3.9.

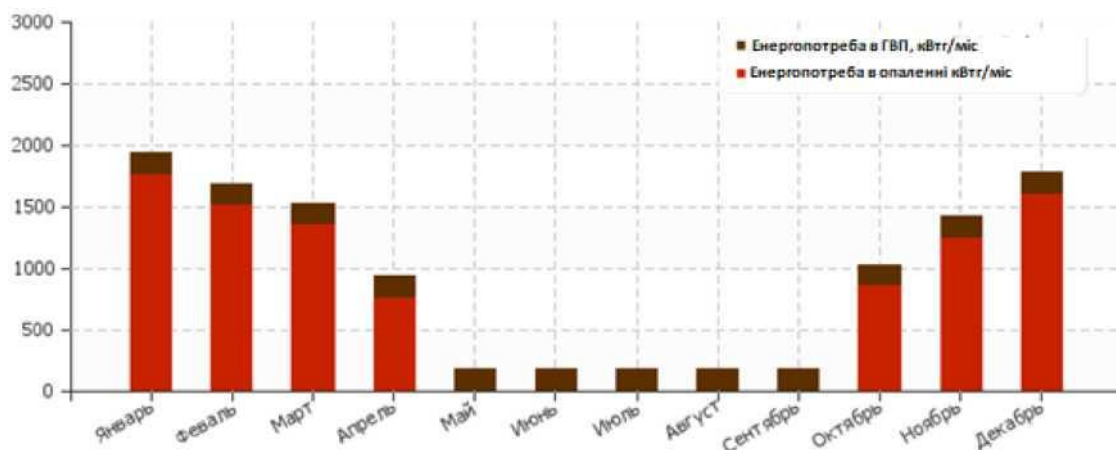


Рисунок 3.9 - Базовий рівень споживання енергії

Таким чином, прогнозування процесів попиту електроенергії на потреби опалення та ГВП дало змогу оцінити загальний базовий рівень енергоспоживання житловим будинком, що складає 89 кВт-год/м<sup>2</sup> опалювальної площі. За фактичним станом інженерних систем, якими оснащено будинок, його можна віднести до категорії енергоощадності житлових будинків «Будівля низького споживання енергії». Для переведу будинку до категорії «пасивного будинку» в наступному етапі дослідження буде запропоновано сучасні енергоефективні рішення по заміні інженерного обладнання будинку.

### 3.3 Методи підвищення енергоефективності будинку

Проектування «пасивного будинку» включає три основні етапи [31]:  
 побудову математичної моделі тепломасообмінних процесів;  
 формулювання оптимізаційної задачі та вибір залежно від цілі оптимізації цільової функції, тобто граничних умов;  
 розв'язання поставленої оптимізаційної задачі.

Розгляньмо структурну схему взаємодії функціонування елементів будинку, як енергетичної системи споживання електричної та теплової енергії, (рис. 3.10).

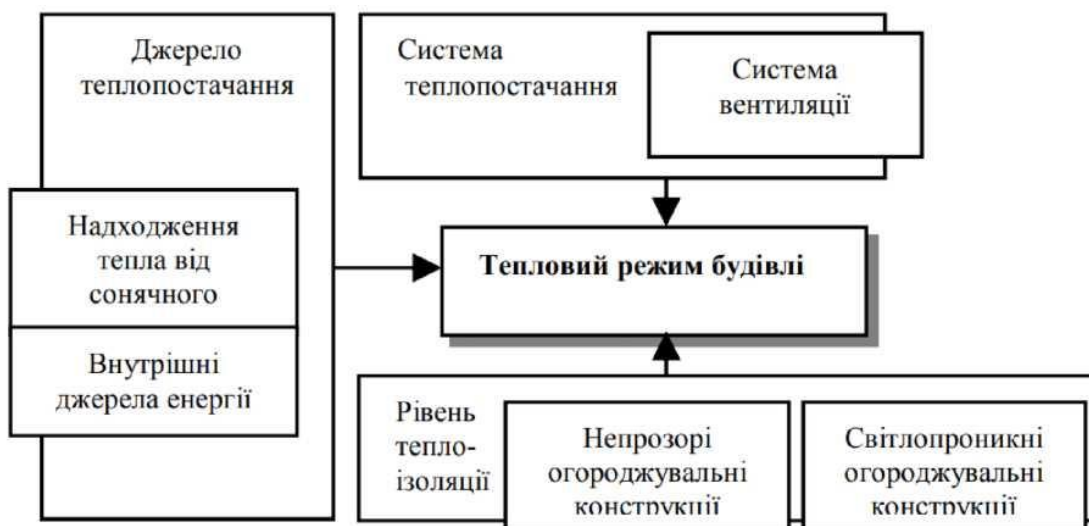


Рисунок 3.10 - Взаємодія підсистем будинку

Основними чинниками, що впливають на формування теплового режиму і відповідного енергетичного класу будинку (питомого споживання енергії на опалення, охолодження та ГВП) здійснюють його інженерні системи. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення, охолодження та ГВП.

На рисунку 3.11 наведено схему основних етапів та факторів, що передують моделюванню енергоспоживання будівлі [31]. Як бачимо, напочатку безпосередньо виконується енергетичне обстеження, першим етапом якого є збір даних. Тільки після оцінки існуючого стану необхідно розробляти методи, спрямовані на підвищення ефективності використання енергії.

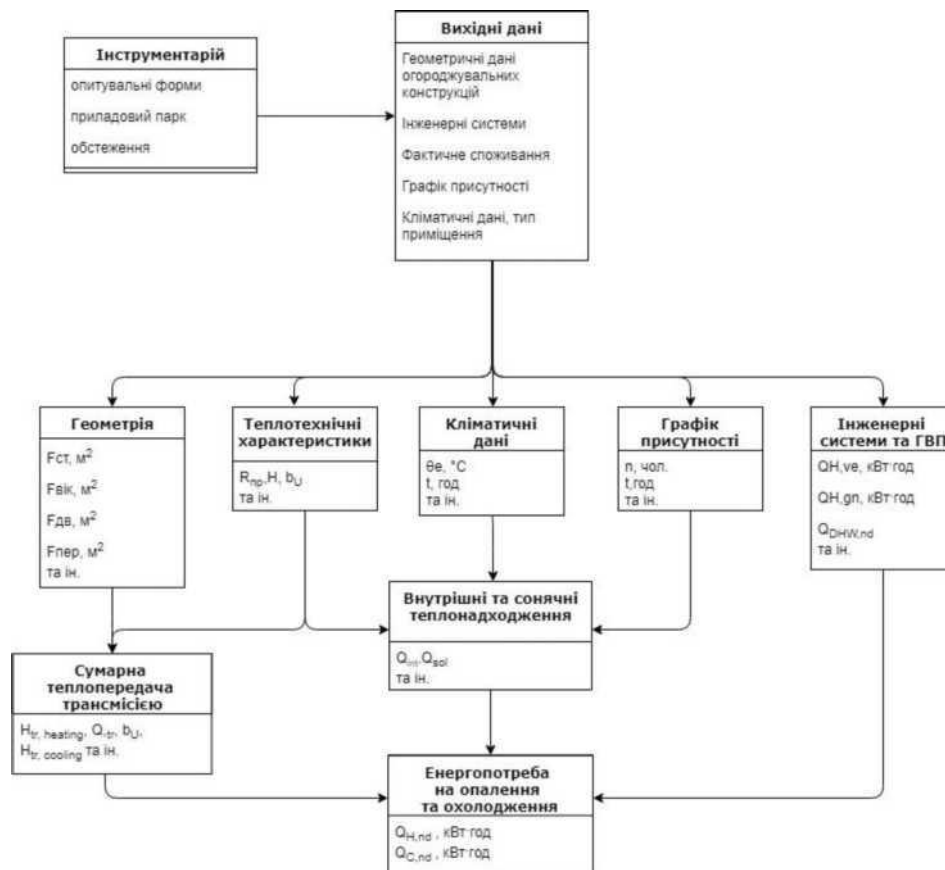


Рисунок 3.11 - Основні етапи та фактори моделювання

Є декілька напрямків підвищення енергоефективності «пасивного будинку». Для зменшення споживання зовнішньої енергії застосовується ряд сучасних інженерних рішень - геліоколектори для приготування гарячої води від енергії сонця; теплові насоси; геотермальні вентиляційні установки; а на виробництво електроенергії - комплекти сонячних електростанцій.

Геліоколектори передбачені максимально використовувати сонячне випромінювання для нагрівання води. Вони забезпечують будинок ГВП у весняно-літній-осінній період. Крім того, можуть підтримувати систему низькотемператур-ного опалення «тепла підлога».

Тепловий насос високоефективно використовує потенціал навколишнього середовища (повітря, землі, води), що дає змогу отримати на виході з системи в 3 - 4 рази більше теплової енергії, ніж витрачається електроенергії на її виробництво в традиційному вигляді. При спільній роботі з низькопотенційними системами опалення (фанкойли, тепла підлога та теплі стіни) досягається максимальна ефективність роботи теплового насосу.

Сонячні батареї і вітряні генератори, перетворюючи в електроенергію сонячне випромінювання і енергію вітру, дозволяють зробити «пасивний» будинок «нульовим». Або навіть «активним», якщо їх продуктивність енергії вище споживання «пасивного» будинку.

Застосування таких систем (геліоколектори, тепловий насос, геотермальна рекуперація повітря) поступово відтисняє традиційні способів опалення (радіатори, батарей, котли, каміни, дров'яні печі) з їх низькою енергоефективністю [32].

## ВИСНОВКИ

В роботі було проведено енергетичне обстеження багатоквартирного житлового будинку в м. Запоріжжя.

Для підвищення енергоефективності споруди рекомендовано такі заходи:

1. Утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку:

- стінові конструкції утеплити мінераловатним утеплювачем товщиною 100 мм (Система скріпленої теплоізоляції);

- цоколь утеплити мінераловатним утеплювачем товщиною 100 мм, на глибину промерзання ґрунту - 400мм.

- утеплити дах (технічний поверх);

- утеплити підвальне перекриття;

2. Заходи з підвищення енергоефективності інженерних систем будівлі:

- встановлення терморегуляторів ( з захистом від не снкціонованного втручання) на кожному нагрівальному приладі;;

- встановлення модернізованих автоматичних балансувальних клапанів на стояках з функціями обмеження максимальної витрати теплоносія і обмеження температури теплоносія на виході зі стояків;

- встановлення пінофолових тепловідбиваючих екранів між приладом опалення і стіною;

- заміна старих радіаторів, на нові сучасні алюмінієві, сталеві або біметалеві;

- виконання щорічної гідропневматичної промивки системи опалення;

3. Заміна застарілих вікон та дверей на нові, що відповідають нормам.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Раб`яш, Р. Системи опалення приміщень в аспекті теплового комфорту та технологічних вимог [Текст] / Р. Раб`яш. – К.: Ринок інсталяційний, 1997. – 26 с.
2. Сканави, А.И. Отопление А.И. Сканави. – М.: Стройиздат, 1988.– 416 с.
3. Мачкаши, А. Лучистое отопление [Текст] / А. Мачкаши. — М.: Стройиздат, 1985.— 464 с.
4. Гухман, А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло- и массообмена [Текст] / А.А. Гухман. - М.: Стройиздат, 1987. – 216 с.
5. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена [Текст] / С.С. Кутателадзе.- М.:Стройиздат, 1962. – 386 с.
6. Шаповалов, И.С. Проектирование панельно-лучистого отопления [Текст] / И.С. Шаповалов.- М.:Стройиздат, 1986. – 124 с.
7. Шорин, С.И. Теплопередача излучением при лучистом отоплении [Текст] / С.И. Шорин. - М.:Стройиздат, 1999. – 86 с.
8. Plechec, L. Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirodzenym obehem obeje [Text] / L. Plechec // Electrotechnic obz. — 1972— №1— P.5-10.
9. Petras, V. Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim [Text] / V. Petras, L. Kriho, T. Fiedler // Transformatory.- 1984.- №2.- P. 7-13.
10. Guerra, F. Primeira abordagem a utilização de modelos reduzidos para a determinacao experimental do campo termico de transformadores arrefecidos por conveceáo natural [Text] / Fraklin Guerra, Isaac Moreira // Electricidade.- 1987.- № 233.- P. 141-145.
11. Тихомиров, К. В. Теплотехніка, теплогазопостачання і вентиляція [Текст] / К. В. Тихомиров – М.: Стройиздат, 1974.– 186 с.
12. Єрьомкін, А. І. Тепловий режим будівель [Текст] / А. І. Єрьомкін. – К.: АСВ, 2003.– 56 с.



13. Гусєв, В. Н. Теплопостачання та вентиляція [Текст] / В. Н. Гусєв. – Л.: Стройиздат, 1975.– 56 с.
14. Юркевич, О.О. Опалення громадянського будинку [Текст] / О.О. Юркевич. – Іжевськ: ІжГТУ, 2001.– 108 с.
15. Бондаренко, В. В. Опалення та вентиляція житлового будинку [Текст] / В. В. Бондаренко. – Перм: ПДТУ, 1995.– 98 с.
16. Pivnek, M. Vyzkum tepelnych zavislosti na modelech vinuti transformatoru [Text] / M. Pivnek, K.Havlichek // Electrotechn. obz. — 1974. — №4. — pp. 175-181.
17. Die Darstellung das Wärmeüberganskoeffiyienten im transformator mit Kriteriellen Potenzfunktion [Text] / H. Lobenstein // Elektric. — 1979. — №4. — pp. 218-220.
18. Plechec, L. Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirozenym obehem obeje [Text] / L. Plechec // Electrotechnic obz. — 1972— №1— P.5-10.
19. Petras, V. Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim [Text] / V. Petras, L. Kriho, T. Fiedler // Transformatory.- 1984.- №2.- P. 7-13.
20. Guerra, F. Primeira abordagem a utilização de modelos reduzidos para a determinacao experimental do campo termico de transformadores arrefecidos por conveceáo natural [Text] / Fraklin Guerra, Isaac Moreira // Electricidade.- 1987.- № 233.- P. 141-145.
21. Pivnek, M. Vyzkum tepelnych zavislosti na modelech vinuti transformatoru [Text] / M. Pivnek, K.Havlichek // Electrotechn. obz. — 1974. — №4. — pp. 175-181.
22. Die Darstellung das Wärmeüberganskoeffiyienten im transformator mit Kriteriellen Potenzfunktion [Text] / H. Lobenstein // Elektric. — 1979. — №4. — pp. 218-220.
23. Алабовський, О.М. Проектування котелень промислових підприємств / О.М. Алабовський, М.Ф. Боженко, Ю.В.Хоренженко. - К.: Віща школа, –1992, – 207с.

24. ДСТУ Б В.2.5-38; 2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування захисту від блискавок будівель і споруд».
25. ДБН В 2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель
26. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції
27. ДСТУ Б В.2.6–101:2010 Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій
28. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення
29. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення
30. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги
31. ДСТУ-Б-А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель
32. ДСТУ 4065-2001. Державний стандарт України. Енергосбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.
33. ДСТУ ISO50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанови щодо їх проведення.
34. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ «Енергоефективність» в складі проектної документації ДБН В.3.2-2-2009 Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт
35. ДБН В.2.2-15-2005 Житлові будинки. Основні положення. Зміна №1
36. ДБН В.2.6.-33:2008 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування та експлуатації.
37. ДБН В.2.5-39:2008 Теплові мережі Класифікація будинків за енергетичною ефективністю.

38. КТМ 204 України 244-94 Норми та вказівки по нормуванню витрат палтва та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд. А також на господарсько-побутові потреби в Україні.

39. ТУ У В.2.7-45.3-34827082-001:2008 «Покриття теплогідроізоляційне пінополіуретанові для дахів»

40. Хованський С.О., Колісніченко Е.В., Панченко В.О. Розрахункові дослідження теплового стану приміщення. Технологический аудит и резервы производства — № 6/3(26), 2015, с. 45-48.

41. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту – К.: НТЦЕ «НЕК «Укренерго» - 2015. – 89 с.

42. ДБН Б В.2.6-23-2009. Блоки віконні та дверні. [Чинний від 2009-08-01]. Київ, 2009. (Інформація та документація).

43. ДСТУ Б В.2.7-122:2009. Скло листове. [Чинний від 2009-11-19]. Київ, 2009. (Інформація та документація).

44. ДСТУ Б В.2.7-110. Скло загартоване будівельне. [Чинний від 2000-04-17]. Київ, 2001. (Інформація та документація).

45. ДСТУ Б В.2.7-107. Будівельні матеріали. [Чинний від 2010-01-01]. Київ, 2010. (Інформація та документація).

46. EN 15251. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. [Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2012. (Інформація та документація).

47. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://pbe.ua/energo-certifikate-50> (дата звернення 16.04.2020).

48. Про регулювання містобудівельної діяльності: Закон України від 20.11.2012р. №34. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> (дата звернення 16.04.2020).

49. Енергетичний сертифікат – що це таке. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://akvilonpro.ua/ua/energoseberezhenie/energeticheskij-sertifikat.html> (дата звернення 16.04.2020).
50. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. №33. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення 21.04.2020).
51. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://spilka.pro/shho-take-energoaudyt-ta-yak-znajty-sertyfikovanogo-audytora/> (дата звернення 29.04.2020).
52. ДСТУ Б В.2.6-189. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
53. ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-10-01]. Київ, 2011. (Інформація та документація).
54. ДБН В.2.5-67. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
55. ДБН В.2.2-2005. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2010-09-28]. Київ, 2010. (Інформація та документація).