

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

на тему Дослідження можливості підвищення ефективності системи енергопостачання житлового будинку

Виконав: студентка 2 курсу, групи 8.1410

Болтенкова Юлія Миколаївна

(прізвище та ініціали)

(підпис)

спеціальність

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

Керівник

Башлій С. В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

Коваленко В.Л.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2021 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

факультет

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(повна назва факультету)

кафедра

електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

рівень вищої освіти

другий (магістерський) рівень

спеціальність

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

світньо-професійна програма

Електроенергетика, електротехніка та

(шифр і назва)

електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор

В. Л. Коваленко

“ 14 ” 12 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

Болтенковій Юлії Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра Дослідження можливості підвищення ефективності системи енергопостачання житлового будинку

керівник бакалаврської роботи Башлій Сергій Вікторович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 30 » 06 2021 року № 974-С

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 року

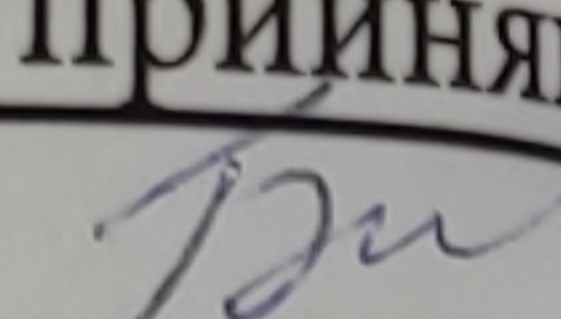
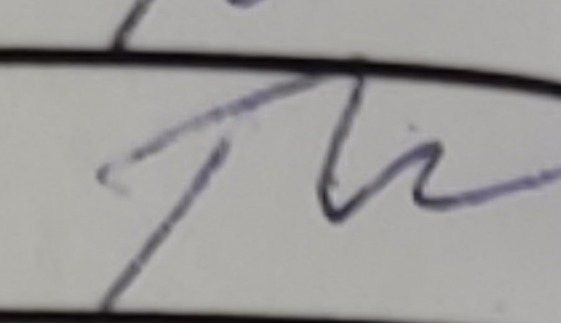
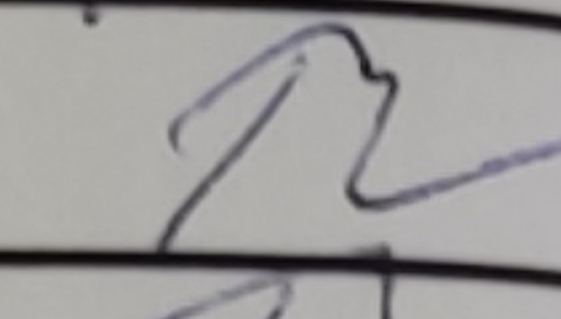
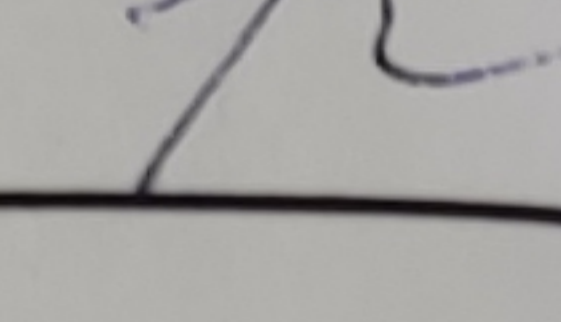
3. Вихідні дані до роботи Структура кінцевого споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні. Структура споживання палива та енергії побутовим сектором в Україні.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз енергетичних систем та огорожувальних конструкцій. 2) Модернізація системи енергопостачання житлового будинку. 3) Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень. 4) Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Структура кінцевого споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні в 2018 році. Структура споживання палива та енергії побутовим сектором в Україні. Шкала класів енергетичної ефективності житлових будівель. Схема до розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни. Схема до розрахунку тепловтрат

через перекриття підлоги. Схема до розрахунку тепловтрат через перекриття стелі. Графік коефіцієнтів ефективності системи опалення. Графік залежності використання енергії від витрати рідини. Графік характеристик водокільцевого вакуумного насосу ВВН2-50. Графік залежності крутного моменту від ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища.

6. Консультанти розділів бакалаврської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	Башлій С.В., доцент	
Розділ 2	Башлій С.В., доцент	
Розділ 3	Башлій С.В., доцент	
Розділ 4	Башлій С.В., доцент	

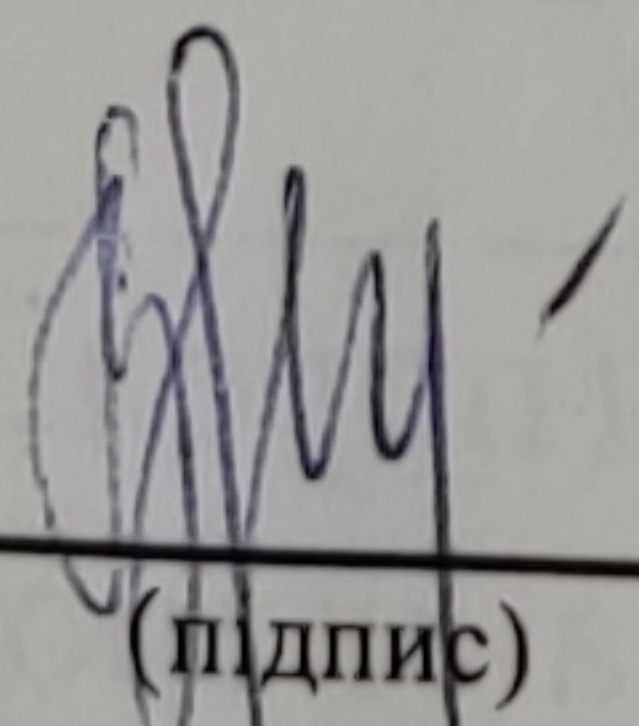
7. Дата видачі завдання

01.09.2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Аналіз енергетичних систем та огорожувальних конструкцій.	30.09.2021	
2	Модернізація системи енергопостачання житлового будинку.	30.10.2021	
3	Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.	19.11.2021	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	30.11.2021	

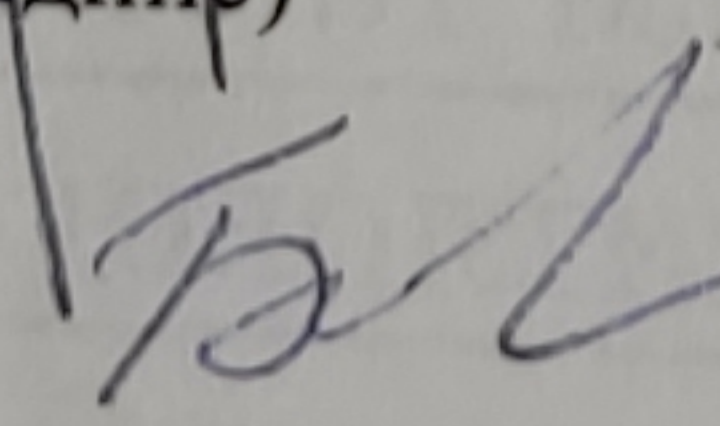
Студент


(підпис)

Болтенкова Ю. М.

(прізвище та ініціали)

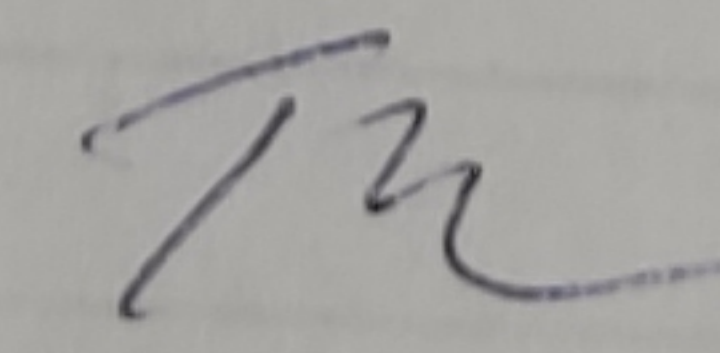
Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Башлій С. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль здійснив


(підпис)

Башлій С. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Болтенкова Ю. М. Дослідження можливості підвищення ефективності системи енергопостачання житлового будинку.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник к. т. н., доцент С. В. Башлій, Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні, кафедра електротехніки та енергоефективності. Запоріжжя, 2021.

У роботі виконано комплекс досліджень, спрямованих на модернізацію системи енергопостачання житлового будинку шляхом впровадження енергозберігаючих заходів. Проведено експеримент в ході якого було проаналізовано вплив інтенсивності потоку сонячного світла на коефіцієнт корисної дії сонячної батареї.

Ключові слова: ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОАУДИТ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОРЕСУРСИ, КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ.

ABSTRACT

Boltenkova Y. M. Research of the possibility of increasing the efficiency of the energy supply system of a residential building.

Qualifying work of the master for higher education in the specialty 141 - electric power, electrical engineering and electromechanics, supervisor Ph.D., associate professor S.V. Bashliy, Zaporizhzhya National University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Y.M. Potebny, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency. Zaporizhzhya, 2021.

A set of researches aimed at modernization of the energy supply system of a residential building through the introduction of energy saving measures has been

performed. An experiment was conducted in which the influence of the intensity of the flow of sunlight on the efficiency of the solar battery was analyzed.

Key words: RENEWABLE ENERGY SOURCES, ELECTRICITY SUPPLY, ENERGY AUDIT, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY RESOURCES, USEFUL.

АННОТАЦИЯ

Болтенкова Ю. М. Исследование возможности повышения эффективности системы энергоснабжения жилого дома.

Квалификационная работа магистра на получение высшего образования по специальности 141 – электроэнергетика, электротехника и электромеханика, научный руководитель к. т. н., доцент С. В. Башлий, Запорожский национальный университет, Инженерный учебно-научный институт им. Ю. М. Потемби, кафедра электротехники и энергоэффективности. Запорожье, 2021.

В работе выполнен комплекс исследований, направленных на модернизацию системы энергоснабжения жилого дома путем внедрения энергосберегающих мер. Проведен эксперимент, в ходе которого было проанализировано влияние интенсивности потока солнечного света на коэффициент полезного действия солнечной батареи.

Ключевые слова: ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭНЕРГОАУДИТ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГОРЕСУРСЫ, КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	11
1.1.Аналіз необхідності впровадження заходів з енергозбереження та енергоефективності в житловому секторі.....	11
1.2.Аналіз споживання енергоресурсів житловим сектором	13
1.3.Енергоефективність житлових будівель в Україні.....	16
1.4.Енергоаудит житлових будівель	18
1.5.Дослідження огорожувальних конструкцій будівель	22
1.6.Дослідження системи електропостачання	23
1.7.Дослідження системи тепlopостачання та теплових мереж.....	24
1.8.Дослідження системи гарячого водопостачання	30
1.9.Висновки до першого розділу	30
2 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	33
2.1.Розрахунок тепловтрат огорожувальних конструкцій.....	33
2.2.Оцінка ефективності системи опалення.....	41
2.3.Підбір обігрівальних приладів для системи опалення	47
2.4.Розрахунки електричних параметрів циркуляційних насосів незалежної системи тепlopостачання	48
2.5.Оцінка ефективності систем електропостачання з використанням енергії сонця	67
2.6.Підбір обладнання для системи гарячого водопостачання.....	73
2.7.Алгоритм реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії по будинку	74
2.8.Висновки до другого розділу.....	78
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ... 81	
3.1.Техніко-економічне обґрунтування енергоефективної системи опалення81	

3.2.Економічний аналіз доцільності застосування різних методів регулювання роботи системи «відцентрова машина-трубопровід»	84
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	86
4.1.Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	86
4.2.Заходи з поліпшення умов праці	90
4.3.Виробнича санітарія	91
4.4.Електробезпека	93
ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	97
ДОДАТКИ	102

ВСТУП

Актуальність теми. Україна споживає більше 70 % імпортованих енергоресурсів. Цій ситуації сприяє не лише відсутність, а також неефективне їх використання. Вирішення проблем енергозбереження та енергоефективності є ключовим в умовах енергетичної кризи в Україні.

Більше 30% від загального обсягу енергоресурсів в Україні споживає житловий сектор, він є вагомим споживачем, що має високий потенціал енергоефективності, що обумовлено значною часткою житлового фонду, в якому необхідно провести термомодернізацію та оновлення.

Забезпечення енергоефективності житлових будівель є стратегічним напрямом сталого розвитку житлового сектору національної економіки. З кожним роком житловий фонд України збільшується, але основна частина будинків загальної площі, побудована за старими технологіями, є енергозатратною та потребує значних капіталовкладень для зменшення енерговитрат на утримання.

Підвищення енергоефективності у житловому секторі можливе за умов створення енергоефективних житлових будинків (нове будівництво) та зростання енергоефективності існуючого житлового фонду (реконструкція).

Об'єкт дослідження. Підвищення енергоефективності існуючого житлового фонду за рахунок впровадження енергоефективних заходів.

Предмет дослідження. Модернізація системи енергопостачання житлового будинку.

Мета дослідження. Підвищення енергоефективності існуючого житлового фонду за рахунок модернізації системи енергопостачання житлових будинків.

Для реалізації поставленої мети було вирішено наступні завдання:

- проаналізувати необхідність впровадження енергозберігаючих заходів в житловому секторі;
- навести важливість проведення енергоаудиту житлових будинків;
- проаналізувати вплив інтенсивності потоку сонячного світла на коефіцієнт корисної дії сонячної батареї;
- визначити та обґрунтувати вибір даного типу систем опалення та гарячого водопостачання;
- здійснити розрахунок та вибір радіаторів, установок приготування гарячої води та циркуляційних насосів;
- розглянути алгоритм реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії по будинку;
- розробити техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.

Методи дослідження. В кваліфікаційній роботі використовувалися емпіричні, комплексні та теоретичні методи наукового дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. Була проаналізована актуальність досліджуваної проблеми; проведено ряд натурних експериментів, за результатами яких, запропоновано модернізовану систему енергопостачання житлового будинку.

Практичне значення та реалізація результатів дослідження. Отримані результати роботи можуть бути використані при проведенні реконструкції та модернізації систем енергопостачання 9-ти поверхових житлових будинків. Результати роботи дають змогу визначити ефективну систему опалення та гарячого водопостачання житлового багатоповерхового будинку.

Апробація результатів роботи знайшла своє відображення на наступних конференціях:

1. Болтенкова Ю. М., Левченко С. А. Формування системи виявлення та уникнення втрат електроенергії. *Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів.* Запорозьке: ІННІ ЗНУ, 2020. С. 120-122.

2. Болтенкова Ю. М., Башлій С. В. Дослідження та модернізація системи енергопостачання житлового будинку. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. С. 24-26.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 40 найменувань, 1 додатку; викладена на 102 сторінках машинописного тексту, включаючи 15 рисунків та 16 таблиць.

1 АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1. Аналіз необхідності впровадження заходів з енергозбереження та енергоефективності в житловому секторі

Одним із найважливіших пріоритетних напрямків державної політики України є підвищення енергетичної ефективності усіх галузей економіки. Комплексне рішення проблеми енергозбереження допоможе успішно перебороти економічну й енергетичну кризу в умовах обмеження енергетичних ресурсів і підвищення вартості енергоносіїв [1].

Серед галузей національної економіки України значна частина потенціалу енергозбереження припадає на житлово-комунальний сектор. Основні резерви енергозбереження в цьому секторі лежать у сфері підвищення енергоефективності раніше побудованих об'єктів.

У сучасних умовах господарювання рівень енергоспоживання, ощадливе використання електроенергії є визначальними факторами економіки будь-якої країни, особливо там де наявний дефіцит енергоносіїв [2].

Впровадження заходів з енергозбереження та енергоефективності у житлових будинках дає можливість підвищити рівень комфортності житла та знизити споживання енергоресурсів [1].

Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», державна політика у сфері енергоефективності базується на засадах забезпечення належного рівня енергетичної ефективності будівель, відповідно до національних стандартів, норм і правил, що полягає у стимулюванні зменшення споживання енергії в будівлях, забезпечення скорочення викидів парникових газів у атмосферу, створення умов для залучення інвестицій з метою здійснення заходів із підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, проведення термомодернізації будівель, стимулювання використання відновлюваних джерел енергії, розроблення та

реалізація національного плану щодо збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії [3].

Для населення – це значне скорочення комунальних витрат, для країни – економія ресурсів, підвищення продуктивності промисловості і конкурентоспроможності, для екології – обмеження викидів парникових газів в атмосферу, для енергетичних компаній – зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво [4].

За рахунок впровадження енергоефективних заходів у будівлях, відбувається скорочення споживання енергетичних ресурсів, що дозволяє споживачам економити на оплаті житлово-комунальних послуг.

Заходи, що дозволяють скоротити споживання енергоресурсів житловим будинком та дадуть змогу підвищити рівень його енергоефективності:

- проведення енергоаудиту будинку;
- забезпечення побудинкового та (за наявності технічної можливості) поквартирного обліку енергоресурсів (газу, води, електричної, теплової енергії);
- встановлення індивідуального теплового пункту з потрібним устаткуванням (в т.ч. балансування системи опалення, погодне регулювання, теплообмінники);
- утеплення всього будинку, модернізація інженерних систем;
- встановлення систем вентиляції з рекуперацією;
- використання та впровадження альтернативних та відновлюваних джерел енергії;
- зміна звичок мешканців будинку щодо споживання енергоресурсів (газу, води, електричної, теплової енергії);
- встановлення в місцях загального користування (підвали, під'їзди) енергозберігаючих освітлювальних приладів з датчиками руху;
- використання освітлювальних приладів малої енергоємності [4].

1.2. Аналіз споживання енергоресурсів житловим сектором

Нині наша країна опинилася перед низкою викликів, і один з них – енергетична незалежність. Держава споживає приблизно втричі більше енергоресурсів, ніж Велика Британія, Польща чи Білорусь. Це гальмує розвиток економіки та знижує рівень добробуту громадян. Аби змінити ситуацію на краще, насамперед потрібно навчитись ефективно витратити наявні ресурси та винаходити нові джерела енергії [5].

Сталий енергетичний розвиток житлового сектора України характеризує соціальну доступність, економічну обґрунтованість та екологічну прийнятність енергоспоживання, спрямовані на якісне управління житловим фондом, стабільність та безперебійність постачання енергоресурсів і енергоефективність житлових будівель [6].

Формування організаційно-економічного забезпечення енергоефективності житлового сектора національної економіки потребує комплексного оцінювання стану, проблем та перспектив його функціонування. Найгострішими питаннями на сьогодні є: технічна й моральна зношеність житлового фонду, що був збудований у середині ХХ століття; застарілі комунікації; низька енергоефективність будівель [6].

В останні роки пріоритетним напрямом для енергоефективності в Україні є житлові будівлі, що обумовлено одним із найбільших економічних потенціалів та соціальною необхідністю. Але для досягнення максимального ефекту, створення законодавчого поля та інструментів впровадження реформи має здійснюватися за всіма напрямками – будівлі, транспорт, підприємства та постачання енергії [7].

Використання енергетичних ресурсів у галузях економіки в контексті енергоефективності характеризує структура кінцевого споживання енергетичних ресурсів в Україні. За даними енергетичного балансу України, у 2018 р. перше місце за енергоспоживанням посідала промисловість (32,2%),

друге побутовий сектор (31,7%) і третє – транспорт (18,8%), рисунок 1.1. При цьому потенціал зменшення енергоресурсів у побутовому секторі сягає до 60% [7].

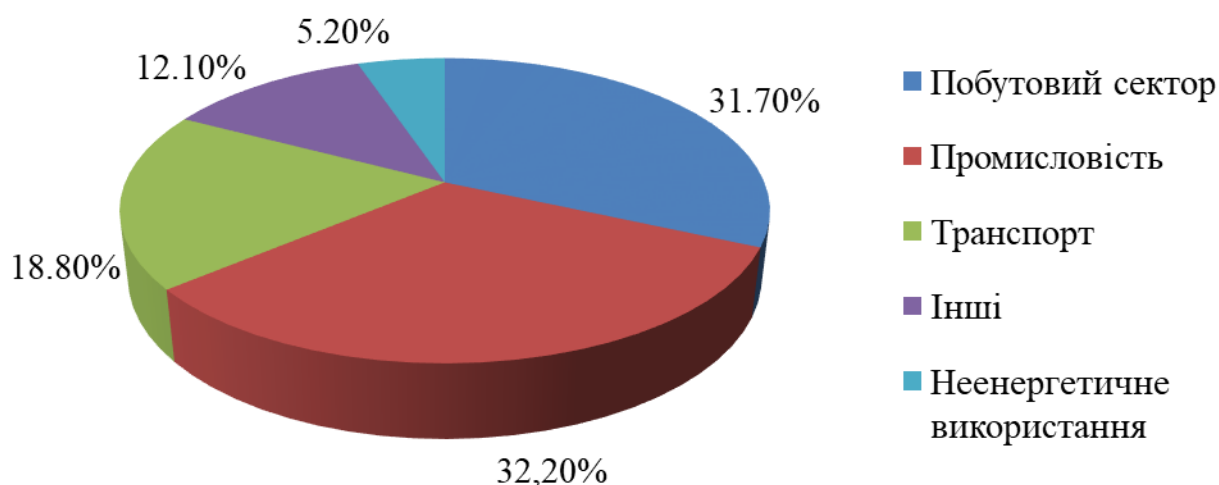


Рисунок 1.1 - Структура кінцевого споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні в 2018 році

Економіка України залишається втричі більш енергоємною, ніж у країнах-членах ЄС, що зумовлює необхідність підвищення її енергоефективності та енергетичної безпеки, які вкрай важливі для сталого енергетичного розвитку.

Аналітичні дані країн ЄС свідчать, що на будівлі припадає 40% загального споживання енергоресурсів, якщо не вжити заходів щодо підвищення енергоефективності, світовий попит на енергоресурси, за 27 прогнозами, зросте на 50% до 2050 року [8]. Таке значне збільшення попиту на енергоносії пояснюється швидким розвитком будівництва, а також зростаючим попитом на сучасне житло з комфортними умовами проживання.

Енергетична безпека України обумовлює необхідність змін у політиці споживання та постачання енергії, зокрема максимального споживання паливно-енергетичних ресурсів, якими багата країна (вугілля, ядерне паливо, відновлювані джерела), та скорочення споживання та імпорту природного газу – найдорожчого і дефіцитного ресурсу [9].

Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в структурно-

технологічній перебудові економіки країни та в створенні адміністративних, нормативно-правових та економічних механізмів, що сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню [10].

Згідно реформи енергоефективності України, її результатом має стати комплексна система, яка може бути ефективно застосована на місцевому рівні з урахуванням локальних особливостей, планів місцевого розвитку та нового розподілу повноважень в результаті децентралізації влади. В такій структурі дуже важливу роль відіграватиме місцева влада, від якої залежить не тільки швидкість та масштаби впровадження заходів з енергоефективності, але й досягнення синергії від взаємодії ключових інституцій та інструментів в системі енергоефективності [7].

Виконаємо аналіз споживання енергетичних ресурсів побутовим сектором з 2008 по 2018 роки. Частка споживання природного газу побутовим сектором України у 2018 р. скоротилася порівняно з 2008 р., а частка споживання електроенергії за цей же період збільшилася. Результати наведені на рисунку 1.2.

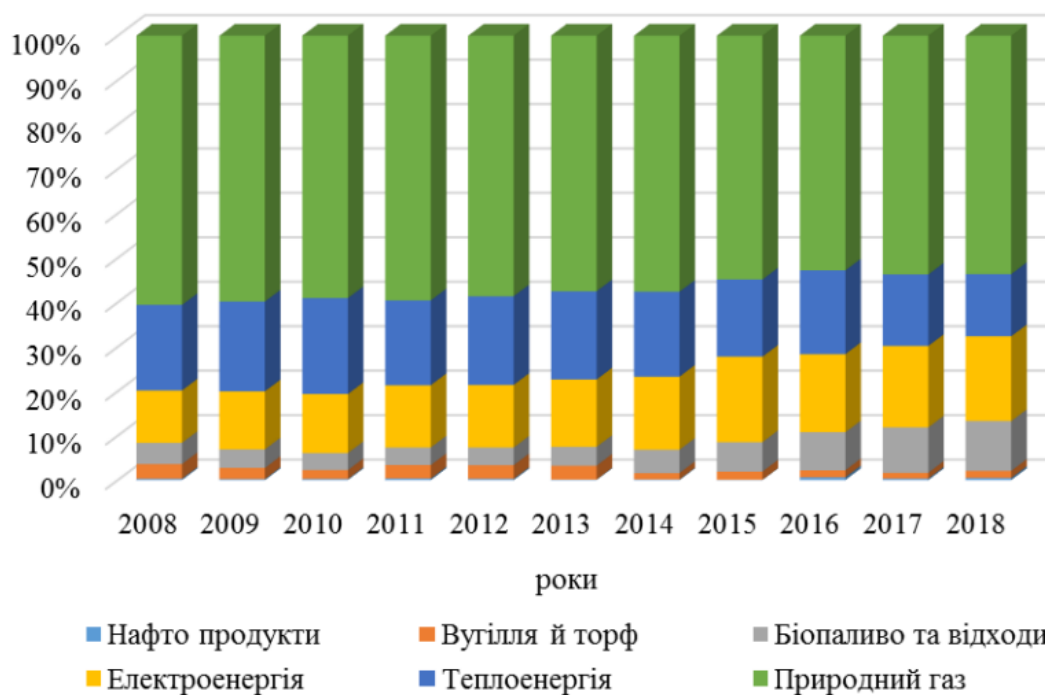


Рисунок 1.2 - Структура споживання палива та енергії побутовим сектором в Україні

Оскільки побутовий сектор має високий потенціал до зменшення споживання енергоресурсів, то підвищення енергоефективності у житловому секторі можливе.

Постійне зростання вартості енергоресурсів та незадовільний стан житлово-комунального господарства обумовлює актуальність пошуку шляхів управління енергоспоживанням та підвищення енергетичної ефективності будівель.

1.3. Енергоефективність житлових будівель в Україні

Житловий фонд України наразі має досить низький рівень енергетичної ефективності. Такий стан речей викликаний рядом впливових факторів:

- більшу частину будівель становлять старі будинки, строк експлуатації яких вже добігає кінця;
- нераціональне використання державних коштів;
- відсутність, нещодавнього часу, єдиної державної політики щодо енергоефективності;
- низький рівень життя населення не дозволяє проводити термомодернізацію навіть за державної підтримки [11].

Отже фактори, що викликають низький рівень енергетичної ефективності в Україні в більшості своїй соціальні, та викликані відсутністю коштів.

Рівень енергетичної ефективності будівель характеризується таким показником, як клас енергетичної ефективності будівлі, який дозволяє дати оцінку кількісного споживання енергії будівлею на м² опалювальної площі. Це дозволяє оцінювати будівлю зі сторони операційних витрат, тобто, в будівлі високим рівнем енергоефективності ціна за комунальні послуги буде нижчою, а отже і економічна доцільність придбання такої будівлі зростає, особливо, якщо враховувати довгий строк експлуатації будівель, а різниця в ціні таких будівель буде компенсуватись.

В Україні згідно ДБН В.2.6-31:2016 [12] прийнято 7 класів енергоефективності. Клас А є найвищим за ступенем енергоефективності. При проектуванні будинків такого класу слід розробляти законодавчі міри економічного стимулювання інвесторів державними або органами самоврядування. Клас С відповідає мінімально придатним вимогам, класи D, E, F, G є низькими та відносяться до будівель, що експлуатуються, які були побудовані за старими нормативними вимогами. Шкала класів енергетичної ефективності житлових будівель згідно [12] наведена на рисунку 1.3.

Держава готова спонсорувати проекти що спрямовані на поліпшення рівня енергетичної ефективності лише за умови, що після термомодернізації буде досягнутий клас енергоефективності не нижче за мінімально допустимий [3].

Державну допомогу в сфері енергозбереження залежно від ефекту можна розділити на довготривалу та сталу. Одні види допомоги носять тільки короткочасний характер (соціальні тарифи, субсидії на окрему частину оплати комунальних рахунків, надання соціального житла низької якості), а інші в змозі попередити енергетичну бідність в довгостроковій перспективі (пільгові або безкоштовні заходи з термомодернізації, будівництво енергоефективних будинків для домогосподарств з низьким рівнем доходу, що включають енергетичний аудит та консультації зі спеціалістами з енергозбереження, а також допомога у встановленні систем з відновлюваних джерел енергії). Проте аналіз наявної практики в державах-членах ЄС показує, що довгострокові заходи впроваджуються рідше, на відміну від тих, якими легше управляти та впроваджувати на рівні пільг чи рахунків [13].

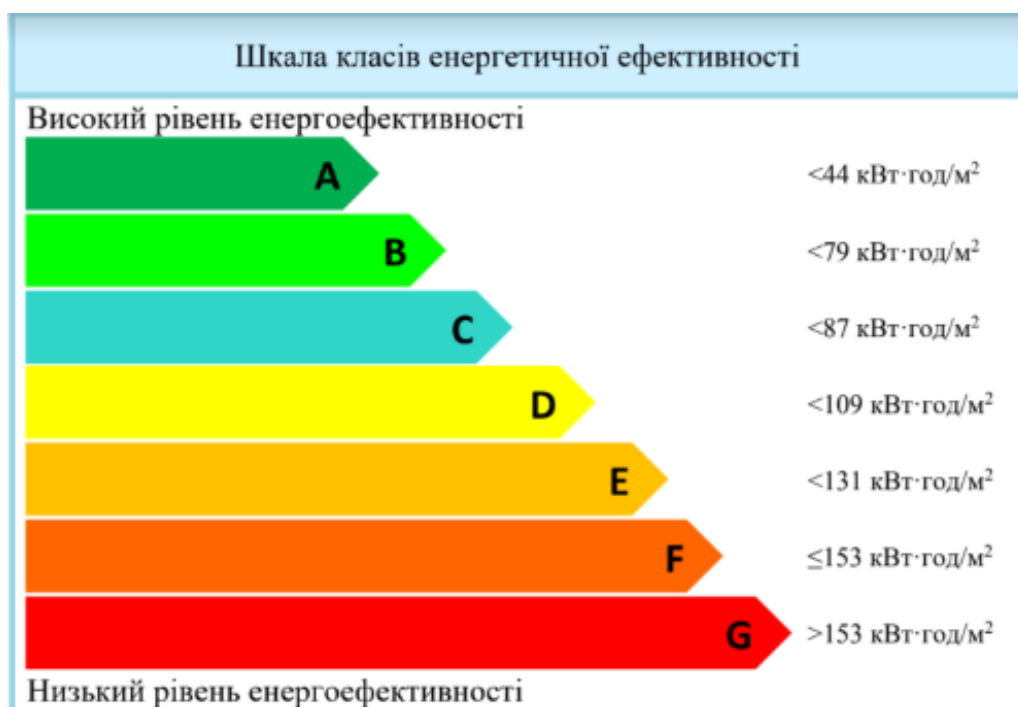


Рисунок 1.3 - Шкала класів енергетичної ефективності житлових будівель

За [14] мінімальним допустимим класом енергоефективності для нових будівель та будівель, які пройшли термомодернізацію є клас C. Документом в якому зазначається клас енергоефективності будівлі відповідно до [3] є сертифікат енергетичної ефективності будівлі. Він, відповідно до [3], є електронним документом та має бути зареєстрований в державному реєстрі сертифікатів енергетичної ефективності будівлі.

Сертифікат з енергетичної ефективності дає змогу громадським та житловим будівлям претендувати на державну підтримку при проходженні термомодернізації, а після ремонту будівля отримує новий сертифікат, та відповідно новий клас енергетичної ефективності.

1.4. Енергоаудит житлових будівель

Аналіз ефективності використання енергетичних ресурсів будівель повинен відбуватися з застосуванням сучасних технічних рішень. Сучасні програмні продукти та регулярний моніторинг та аналіз даних дозволяють

оцінювати енергетичні характеристики, прогнозувати рівень енергоспоживання та приймати рішення щодо підвищення ефективності використання енергоресурсів [15].

В м. Запоріжжі цим займається ТОВ ЕСКО «Екологічні Системи». Місія компанії – пошук та впровадження нових енергоефективних технологій та дбайливого ставлення до навколишнього середовища [16]. Розвиваючи це, можливо протидіяти енергетичній кризі, зміні клімату та забрудненню навколишнього середовища.

Сьогодні компанія впроваджує технології зниження імпорту природного газу, підвищення коефіцієнту його використання, а також технології його заміщення місцевими джерелами палива та енергії.

Бюро енергоаудиту компанії займається енергетичним аналізом і складанням баз даних енергоспоживання підприємств, розробкою паливно-енергетичних балансів минулих і майбутніх періодів, енергоаудитом бюджетних і житлових будівель, розробкою схем теплопостачання та стратегій розвитку міст [16]. Компанія допомагає берегти енергію і природу, шукає і знаходить напрямки ефективного використання енергетичних і фінансових ресурсів.

З 2010 року ТОВ ЕСКО "Екологічні Системи" почала вести об'ємні енергетичні обстеження з метою підготовки інвестиційних проектів і фінансових схем для термомодернізації житлових і бюджетних будівель. Використовуючи досвід і методики партнерів, компанія почала підготовку до фінансування модернізації найважчої і капіталомісткої інфраструктури країни і міст – житлових будинків [16].

Основні задачі, що стоять перед системами моніторингу енергоспоживання в будівлях:

- виявлення неефективного енерговикористання;
- прогнозування витрат на енергоносії;
- планування впровадження заходів з підвищення енергоефективності;

- збір та накопичення бази даних щодо енергоспоживання по закладам;
- ведення бази характеристик будівель, що впливають на енергоспоживання;
- визначення фактичної економії енергоресурсів після впровадження заходів;
- стимулювання громадян до ощадного енерговикористання;
- допомога енергоменеджерам у прийнятті рішень щодо підвищення ефективності енерговикористання;
- інтеграція з іншими системами, зокрема з системами розрахунків за енергоносіями, системами енергопостачальних організацій.

Забезпечення енергоефективності житлових будівель є стратегічним напрямом сталого розвитку житлового сектору національної економіки. З кожним роком житловий фонд України збільшується, але основна частина будинків загальної площі, побудована за старими технологіями, є енергозатратною та потребує значних капіталовкладень для зменшення енерговитрат на утримання [6].

Утримання й збереження існуючого житлового фонду має важливе значення як для розв'язання житлової проблеми, так і для забезпечення енергоефективності житлового сектору національної економіки. Для підтримки належного стану житла потрібне проведення реконструкції, капітального і поточного ремонту, термомодернізації житлового фонду, особливо для панельних будинків забудови 60-х років ХХ ст.

Незважаючи на незначну питому вагу споживання енергоресурсів безпосередньо у будівельній галузі, вона визначає майбутнє енергетичне функціонування житлових будівель, зокрема, кількість енергії, яка фактично споживається для задоволення різних потреб (опалення, підігрів гарячої води, охолодження, вентиляція, освітлення), пов'язаних з типовим використанням будинку [6].

Отже, вкрай важливо в процесі будівництва житла забезпечити мінімальні тепловтрати у будинках за рахунок розроблення та використання нових енерго-економічних об'ємно-планувальних і конструктивних рішень з високим коефіцієнтом опору теплопередачі будівельних матеріалів та виробів, енергоефективного устаткування і регульованих, нетрадиційних систем енергозабезпечення.

Житлове будівництво – це майже єдина галузь, де Україна може розраховувати виключно на власний економічний, науковий та ресурсний потенціал, без надмірного впливу іноземного капіталу й імпорту, а енергоефективне житло зменшить енергетичну залежність України від імпорту енергії з позитивними політичними наслідками [17].

Зважаючи на той факт, що обсяги щорічного нового будівництва в Україні не перевищують 2% від існуючого житлового фонду [18], основний потенціал енергоефективності житлового будівництва перебуває у сфері експлуатації житлового фонду та об'єктів інфраструктури.

Зростання витрат на будівництво зменшує активність державних та комерційних структур у сфері нового житлового будівництва і уповільнює темпи модернізації застарілого житла. У цілому ринок житла в країні не відповідає вимогам розвиненого ринкового середовища, оскільки на нього впливають інфляція, монополізація економіки, нестабільність фондового ринку та невизначеність перспектив економічного зростання [6].

Відповідно оцінка потенціалу енергоефективності існуючого житлового фонду в Україні та впровадження енергоефективних заходів може забезпечити приблизно 50% зниження енергоспоживання від базового рівня фактичного енергоспоживання [19].

Головними проблемами в галузі житлового будівництва є: недостатні обсяги житлового будівництва в регіонах України; повільне проведення роботи над створенням соціального житла; відновлення та реконструкція існуючого житлового фонду.

Підвищення енергоефективності у житловому секторі можливе за умов створення енергоефективних житлових будинків (нове будівництво) й зростання енергоефективності існуючого житлового фонду (реконструкція) [6].

1.5. Дослідження огорожувальних конструкцій будівель

Традиційно, будівлі в Україні будуються з важких будівельних матеріалів, таких як цегла, залізобетонні та газобетонні блоки, рідше з дерева. Такі матеріали не забезпечують достатнього рівня термічного опору для сучасних нормативних вимог, тому виникає необхідність у додатковій ізоляції пінопластом, скловатою, тощо. Основною нормою, яка встановлює нормативні значення енергетичної ефективності будівлі є ДБН Теплова ізоляція будівель [12].

За [7] встановлюються мінімально допустимі нормативні показники термічного опору таких огорожувальних конструкцій як стіни, вікна, парадні двері, горищні перекриття, тощо. В таблиці 1.1 наведені норми мінімально допустимого значення опору теплопередачі залежно від температурної зони, в якій розташована будівля.

Таблиця 1.1 - Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель

Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $m^2 \cdot K / Wt$, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні стіни	3,3	2,8
Суміщені покриття	6,0	5,5
Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
Горищні перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
Зовнішні двері	0,6	0,5

При проектування нового будинку, або термомодернізації існуючого, шар ізоляції має відповідати значенню нормативних показників термічного опору огороджувальної конструкції.

Запровадження таких та подібних норм дозволяє запобігти випадків, коли в експлуатацію вводяться будівлі, які не відповідають нормативним вимогам або не пристосовані до наших кліматичних умов [20].

1.6. Дослідження системи електропостачання

Особливістю і складністю проведення енергоаудиту багатоквартирного житлового будинку є недоступність дослідження приватних квартир, оскільки власник кожної квартири, представлений фізичною особою, в той час коли ОСББ є юридичною особою, що володіє і відповідає за загальнобудинкові території, саме тому енергоаудит окремих квартир і рекомендації щодо рівня енергоефективності може проводитися лише при замовленні мешканців, тому дослідження і аналіз споживачів електроенергії на об'єкті можливе лише на загально будинкових територіях, а саме: під'їзд, сходові клітини, ліфти, технічні приміщення будинку [16].

Всі заходи так чи інакше спрямовані на зменшення енергоспоживання. Утеплення огороджувальних конструкцій та заміна вікон на енергозберігаючі забезпечать нормативні температури в квартирах, тому необхідність у використанні, наприклад, електрообігрівачів в квартирах зникне і, відповідно, споживання електроенергії зменшиться. Заміна ламп розжарювання та заміна старого електрообладнання мають прямий вплив на скорочення електроспоживання [15].

Використання відновлювальних джерел енергії дає велику кількість переваг, основними з яких є заощадження коштів за рахунок наявності власного джерела енергії та екологічність. Також не можна не згадати про «зелений тариф» і можливість продавати вироблену енергію, але ця перевага стає дедалі менш суттєвою, оскільки вартість такої енергії постійно

зменшується. Окрім цього, вартість квартир в енергоефективних будинках є на порядок вищою, що також є перевагою для мешканців. Повністю забезпечити мешканців будинку електроенергією навряд чи вдасться, але можна організувати освітлення місць загального користування, використовуючи електроенергію, вироблену альтернативними джерелами.

Інші заходи, як наприклад заміна лічильників на двозонні, мають більш опосередкований вплив і дають можливість будівлі внести свій вклад у вирівнювання графіку навантаження енергосистеми. Таким чином переважна більшість заходів не вплине на систему електропостачання об'єкту [16].

1.7. Дослідження системи теплопостачання та теплових мереж

Зношеність систем, наразі, є досить гострою проблемою, оскільки тепловтрати при транспортуванні тепла не лише лягають на плечі користувачів послугами, але й знижують потенціал тепла, що негативно впливає на умови комфорту [21].

Температурний графік опалення, в більшості своїй, не дотримується, що в сумі з низьким рівнем енергетичної ефективності будівель призводить до того, що температура в приміщеннях може досягати 10-12°C, про комфорт в таких умовах навіть і не йдеться.

Подальша експлуатація таких систем буде все більш і більш витратна, що рано чи пізно підніме питання модернізації системи опалення. Грамотна модернізація системи опалення, дозволить кардинально знизити витрати на опалення, на приготування гарячої води, зберігаючи високий рівень комфорту [21].

Системи опалення поділяються на три види: централізовані; децентралізовані та місцеві, як різновид децентралізованих систем.

Ринок теплової енергії в містах України представлений, в своїй більшості великими постачальниками. Теплова енергія, в більшості випадків,

при централізованому теплопостачанні надається від теплоелектроцентралеї (ТЕЦ) або від теплоцентралеї.

Великі централізовані системи теплопостачання мають декілька джерел теплоти, поєднаних резервними тепломагістралями, що забезпечують маневреність і надійність їх функціонування. У централізовану систему теплопостачання входять і системи теплопостачання будівель, пов'язані з нею єдиним гідравлічним і тепловим режимами і загальною системою управління. Однак, зважаючи на різноманіття технічних рішень теплопостачання будівель їх виділяють в самостійну технічну систему - систему опалення [22].

Централізовані системи теплопостачання бувають водяні і парові. Основна перевага води, як теплоносія, в значно меншій витраті енергії на транспортування одиниці теплоти у вигляді гарячої води, ніж у вигляді пари, що обумовлюється більшою щільністю води. Зниження витрати енергії дає можливість транспортувати воду на великі відстані без істотної втрати енергетичного потенціалу. До інших переваг водяних систем відносяться можливість центрального регулювання подачі теплоти споживачам шляхом зміни температури теплоносія і простіша експлуатація системи.

До переваг пара слід віднести можливість задоволення потреб в опаленні і технологічних навантажень, а також малий гідростатичний тиск. Враховуючи переваги і недоліки теплоносіїв, водяні системи використовують для теплопостачання житлових масивів, товариств, комунальних будівель, підприємств, що використовують гарячу воду, а парові – для промислових споживачів, яким необхідний водяний пар. Централізація теплопостачання міст становить 70-80%. У великих містах рівень використання ТЕЦ в якості джерел теплоти для житлово-комунального сектора досягає 50-60% [22].

В випадку ТЕЦ теплопостачання є вигідним, оскільки тепло, по своїй суті тут є побічним продуктом виготовлення електроенергії, що лише незначним чином впливає на електричний ККД ТЕЦ.

В випадку теплоцентралі, з урахуванням фізичної зношеності більшості теплових мереж, та розвитком індивідуальних опалювальних пристроїв, доцільність централізованого теплопостачання є сумнівною [22].

Для великих міст централізація теплопостачання – перспективний напрямок. Централізовані системи, особливо теплофікації, витрачають менше палива. Скорочення і укрупнення джерел теплоти покращують екологію великих міст. Менша кількість джерел теплоти дозволяє різко скоротити число димових труб, через які в навколишнє середовище викидаються продукти згоряння. Виключається необхідність створення безлічі дрібних паливних складів для зберігання твердого палива, звідки при децентралізованих системах теплопостачання доводиться розвозити паливо. Крім того, при централізації джерел теплоти легше очищати димові гази від токсичних компонентів [22].

Для міст зазвичай до децентралізованих систем теплопостачання відносять системи мікрорайонів, кварталів або будівель з тепловою потужністю менше 58 МВт (50 Гкал/год), з тепловими мережами протяжністю 1-2 км з діаметрами труб до 300-400 мм; для селищ – системи, що не мають теплових мереж. Автономні теплоагрегати потужністю 20-40 кВт, що забезпечують опалення та гаряче водопостачання одного будинку або квартири, є по суті місцевими джерелами теплопостачання. Якщо теплоагрегат забезпечує тільки опалення будівлі, він відноситься до місцевого опалення.

Децентралізовані системи теплопостачання, у яких джерелом теплоти служить квартальна котельня, мають теплові мережі і за принципом роботи в значній мірі схожі з централізованими системами. Централізовані системи мають значно розвинені теплові мережі, які оснащені тепловими пунктами, насосними станціями, автоматикою і системою управління, які закінчуються абонентськими вводами в будинки. Заміна дрібних опалювальних установок великими котельнями та ТЕЦ зменшує забруднення повітряного басейну. Разом з тим централізація систем теплопостачання з концентрацією в

джерелах теплоти великих потужностей призводить до необхідності розвитку теплових мереж, які виконуються з труб великих діаметрів (до 1400 мм), що викликає великі труднощі, ускладнює експлуатацію систем і збільшує шкоду при виникненні аварійних ситуацій [22].

Для подачі та розподілу теплоти споживачам в теплових мережах, особливо централізованих, застосовують автономні системи управління (АСУ), які забезпечують теплотехнічний контроль параметрів і режимів, управління подачею теплоти відповідно до потреб, управління експлуатаційними та аварійними режимами.

Найбільша кількість теплоти витрачається на опалення будівель. Навантаження на опалення змінюється зі зміною зовнішньої температури. Для підтримки відповідності подачі теплоти потребам у ньому застосовують централізоване якісне регулювання на джерелах теплоти. Крім централізованого регулювання застосовують місцеве автоматичне регулювання на теплових пунктах і у споживачів [22].

Витрата теплоти на гаряче водопостачання не пов'язано з зовнішньою температурою. Вона визначається режимом споживання гарячої води, який залежить від способу життя населення та режиму роботи підприємств. Для забезпечення необхідної споживачеві температури гарячої води в 50-60 °С температура теплоносія в подаючому теплопроводі повинна бути вище цього значення, а система приготування гарячої води обладнана автоматикою, що забезпечує підтримку температури необхідного рівня. Управління тепловими та гідравлічними режимами здійснюють за допомогою АСУ та диспетчерських пунктів, які входять в службу експлуатації. При службі є бригади та ремонтні цехи. Аварійні роботи виконує аварійно-відновлювальна служба.

Найбільш широке застосування знайшли три типи водяних систем опалення: вертикальні однострубні, вертикальні і горизонтальні двотрубні системи. Всі ці типи систем широко застосовуються при проектуванні [23].

Розглянемо детально три типи водяних систем опалення: вертикальну однотрубну систему, вертикальну двотрубну систему та горизонтальну поквартирну систему.

Вертикальні однотрубні системи вже застаріли, не відповідають сучасним вимогам, їх проектування треба або припинити або максимально обмежити. Проте, однотрубні системи мають такі переваги, які в звичайних експлуатаційних умовах будівель висувають їх на перше місце.

Головна перевага полягає у тому, що ці системи набагато надійніші, ніж двотрубні. Існують й інші переваги однотрубних систем: велика простота заготовок, менша вартість, легкість монтажу, можливість уніфікації деталей системи, тощо. Ці системи мають також недоліки. Основний з них – це те, що коли приміщення перегріте і термостат закотився, теплоносій омине опалювальні прилади не остигаючи. У цьому випадку можна сказати, що однотрубна система не економить, а не дає змоги перевтррати тепло [24].

Ще однією рисою однотрубних систем є те, що витрати теплоносіїв в системі мало залежить від ступенів відкриття термостатів. Якщо при режимі максимум (всі термостати відкрити) витрати води по стояку взяти за 100%, то витрати по замикаючих ділянках може бути 80%. У режимі мінімум (всі термостати закрити) витрати води по замикаючим ділянкам трішки збільшиться і загальні витрати по системі можуть сягнути 90%. З достатнім ступенем правдоподібності можна стверджувати, що витрати води в однотрубних системах – постійна величина. Це впливає на балансування стояків системи[24].

На відміну від однотрубних систем, двотрубні можуть економити теплову енергію. Якщо приміщення перегрілося, термостат зменшує або зупиняє подачу теплоносіїв в прилад. Якщо той теплоносій, що не надійшов у прилад, потрапить до приладу в сусіднє приміщення, це призведе до перегріву цього приміщення і термостат цього приміщення закрийється. Таким чином, зайвий теплоносій з циркуляції виключається. При мінімальному режимі в двотрубні системи надходить теплоносій, що

циркулює тільки за нерегульованими стояками (міжквартирні коридори, ліфтові холи, сходові клітки). У цьому відношенні двотрубні системи є більш прогресивними за однотрубні [24].

Вертикальні двотрубні системи проектуються частіше з нижнім прокладанням розвідних магістралей. Це можна пояснити тим, що через різницю температур в подаючому і зворотному стояках виникають вагомні гравітаційні тиски (у 25-поверхових будинках до 10 кПа). Для приладів різних поверхів ці тиски будуть різними, чим вище прилад, тим більше буде гравітаційний тиск. У випадку нижнього розташування розвідних магістралей додатковий гравітаційний тиск використовують для подолання теплоносієм трубопроводів стояків. За таких умов система працюватиме більш рівномірно. Однак, якщо це організувати неможливо, можна запроєктувати системи з верхнім розташуванням подаючої магістралі. Рекомендовано уникати систем з верхнім розташуванням прямої та зворотної магістралей, оскільки в цьому випадку важко буде виключити засмічення нижніх приладів, так як вони стануть природними збірниками шламу.

Область застосування двотрубних систем відрізняється від області застосування однотрубних: стояки двотрубних систем можуть бути виконані одноповерховими. Обмеження висоти має бути скоріш за все зверху. Рекомендовано обмежувати висоту 17-20 поверхами. При зменшенні висоти системи зменшуються вертикальні розрегулювання та відбувається економія більшої кількості теплової енергії [24].

З гідродинамічної та теплотехнічної точок зору горизонтальні поквартирні системи опалення є оптимальними. Зона їх застосування – від одного поверху до максимуму, що обмежується міцністю елементів системи або висотою пожежного відсіку висотного будинку. Ці системи дають змогу зекономити найбільшу кількість теплової енергії. Такі системи є найменш вразливими у разі несанкціонованих змін або реконструкцій. Вони мають безсумнівні естетичні переваги. За винятком одного – вони є найдорожчими з розглянутих систем.

Крім явних переваг: легкість організації поквартирного вимірювання тепла, ремонтпридатність, незалежність та інші – дані системи перевершують вертикальні двотрубні тим, що регулятор постійного перепаду тиску тут максимально наближається до опалювального приладу та знімає всі розрегулювання, які виникають до нього в процесі роботи системи (зміна втрат тиску на стояку, гравітаційні напори). Це не тільки краще стабілізує систему, але і дає змогу налаштовувати термостати на більші налаштування, що приводить до більш плавного регулювання і більшої економії теплової енергії.

1.8. Дослідження системи гарячого водопостачання

Підвищення тарифів на гаряче водопостачання (ГВП), постійні аварії і як результат відключення гарячого водопостачання, призводять до того, що все більше і більше споживачів обирають індивідуальне ГВП, що дає їм змогу не лише позбутись проблем з відключенням гарячого водопостачання, але й самостійно вибирати потрібну температуру нагрівання води, а залишки теплої води використовувати ще протягом доби без необхідності знову включати прилад.

1.9. Висновки до першого розділу

Оскільки більше ніж 30% від загального споживання енергоресурсів в Україні припадає на житловий сектор, він є одним із найбільших споживачів енергії й відповідно має найбільший потенціал енергоефективності, обумовлений значною часткою житлового фонду, що потребує термомодернізації та оновлення.

Зношеність систем теплопостачання, недотоплення або перетоплення приміщень, а також постійні аварії і відключення теплопостачання,

призводять до того, що все більше споживачів обирають індивідуальне опалення, що дає їм змогу не лише позбутись проблем з відключенням теплопостачання, але й регулювати рівень опалення для дотримання оптимальних внутрішніх умов, запобігаючи перетоплення та недотоплення.

Значною проблемою в житловому фонді України є також комерційний облік споживання тепла. Існуючі тарифи дозволяють здійснювати оплату лише з урахуванням опалювальної площі будівлі/квартири. Таким чином люди втрачають зацікавленість в енергозбереженні, оскільки без комерційного обліку суми в їх платіжках не зміняться, немає необхідності боротись з можливими перетопленнями, а самочинна модернізація системи опалення не зможе бути виявлена. Такий стан речей гальмує темпи термомодернізації в Україні.

До того ж модернізація, часто не обмежується простим додавання секцій на радіатор, можливе і облаштування теплої підлоги в квартирі та навіть на балконах. Такі модернізації можуть значно знизити потенціал тепла в мережах і наступні споживачі або платитимуть за неякісні послуги та втратять комфортні умови в квартирі, або будуть змушені модернізувати систему на своїх ділянках, такий ланцюг, в кінцевому результаті може вплинути навіть на баланс магістралі.

В системі централізованого теплопостачання України є безліч проблем, одні з них виникають з вини постачальників, інші з вини споживачів, також ситуацію погіршує відсутність контролю зі сторони держави. Сукупність цих факторів призводить до того, що все більше споживачів переходять на індивідуальне опалення.

Що стосується теплової енергії, то економити в масштабі будівлі на скороченні споживання ресурсів, перш за все, тепла – цілком можливо і дуже вигідно. Починати потрібно з забезпечення можливості вимірювання витрат теплової енергії та спостереження за споживанням. Це саме по собі ще не є економією, але дозволяє кількісно оцінити застосовувані технології і спонукає до пошуку нових заходів по економії. Практично в кожному

будинку можна знизити витрату тепла на опалення мінімум на 20%, витративши на це зовсім небагато грошей. Більш серйозні вимоги економії енергії передбачають більш великі інвестиції. Передумовою впровадження заходів по удосконаленню є наявність інформації про фактичний розподіл витрат тепла по будинку [25].

Також встановити лічильники споживання гарячої та холодної води в будинку. Таким чином, можна буде перейти до сплати фактичного ресурсоспоживання, що дозволить заощадити приблизно 50% коштів. Монтаж загальнобудинкових водолічильників дозволяє не тільки перейти на взаєморозрахунки з водопостачальною організацією по фактичному споживанню, але досягти економії коштів за рахунок різниці між сумою оплат за нормативами споживання власників приміщень та плати за фактичним споживанням всього багатоквартирного будинку.

Також у рамках заходів з обліку споживання проводиться установка двухтарифних лічильників електроенергії загального користування, що дозволить заощадити 40% оплат споживання електроенергії в приміщеннях загального користування [25].

Точну детальну інформацію про можливу економію в кожному конкретному будинку може дати якісний енергоаудит, складений атестованим аудитором. Хороші передумови для додаткової економії створює застосування сучасного обладнання з більш гнучкими можливостями регулювання, особливо якщо старе обладнання потребує серйозного ремонту або заміни.

2 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

2.1. Розрахунок тепловтрат огорожувальних конструкцій

Першочерговим завданням при термомодернізації більшості житлових будинків нашої країни є підвищення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій до мінімального нормативного рівня.

Теплозахисні якості огорожень характеризуються величиною теплопередачі R_0 , що чисельно дорівнює температурі, при охолодженні теплового потоку, рівного 1 Вт через 1 м³ огороження.

Опори теплопередачі R_0 огорожуючих конструкцій (зовнішніх стін, вікон, дверей, перекриттів) для м. Запоріжжя наведено в таблиці 2.1.

Для визначення потужності опалювального устаткування і інших розрахунків усіх елементів системи (кількість котлів, поверхні опалювальних приладів а також розрахункових витрат теплоносія і потрібних для нього перерізів трубопроводів) виконується розрахунок тепловтрат усіх приміщень будинку.

Конструкція зовнішніх стін: штукатурка з вапняно-піщаної суміші – 0,015м; керамзитобетонна цегла – 0,19 м; екструзійні пінополістирольні плити – 0,073 м; керамзитобетонна цегла – 0,19 м; листи гіпсові обшивні – 0,020 м.

Таблиця 2.1 - Опори теплопередач захисних конструкцій м²·°С/Вт [26].

Найменування	Значення опору теплопередачі, R_0 , м ² ·°С/Вт
Зовнішня стіна	2,8
Підлога	3,5
Стеля	3,3
Вікно	0,5
Двері	0,44

Тепловтрати через зовнішні огороження будівлі при заданому тепловому режимі визначаються величиною теплового потоку у Вт і

залежать від конструкції і теплофізичних властивостей будівельних матеріалів огорожень і від архітектурно-планувальних рішень будинку.

Таким чином, вірний вибір теплозахисних зовнішніх огорожень дозволяє отримати економічне розрахункове теплове навантаження на опалювальну установку.

Система опалення повинна компенсувати теплові втрати через будівельні огороження, втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить через відчинені двері, прорізи, щілини притворів і незачинені зимою двері (інфільтрацію).

Теплообмін через огороження між суміжними приміщеннями, які опалюються, при розрахунках тепловтрат враховуються тільки при різниці температур внутрішнього повітря цих приміщень більше 5 °С.

Загальні тепловтрати приміщень розраховуємо за формулою [26]:

$$Q_3 = k \cdot F \cdot (t_e - t_z) \cdot (1 + \beta) + 0,377 \cdot F_{np} \cdot h_{np} \cdot (t_e - t_z) \quad (2.1)$$

де F – розрахункова площа огороджувальної конструкції, м²;

k – коефіцієнт теплопровідності даної огороджувальної конструкції, Вт/(м²·°С);

R_0 – опір теплопередачі конструкції, (м²·°С)/Вт;

t_e – розрахункова температура повітря, °С;

t_z – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

β – додаткові тепловтрати в долях від основних втрат;

F_{np} – розрахункова площа приміщення, м²;

h_{np} – висота приміщення, м.

Маючи величини опору теплопередачі $R_0=2,8$ (м²·°С)/Вт для м. Запоріжжя підбираємо товщину зовнішньої стіни, шару утеплювача, перекриття і покриття, тип заповнення світлових прорізів та дверей, що мають дійсний опір теплопередач, але не менше необхідного, тобто:

$$R_0^{\phi} > R_0^{\pi}, \quad (2.2)$$

де R_0^{ϕ} – фактичний опір передачі.

Проводимо облік додаткових тепловтрат огороження. Всі приміщення на плані поверху нумеруємо тризначними цифрами.

Розміри тепловіддаючих огорож визначаємо згідно правил обміру. Східцеві клітки вважаємо як одне приміщення. Визначаємо поправочні коефіцієнти до розрахункової різниці температур. Одержаними даними заповнюємо відповідні графи таблиці. Схема до розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни наведена на рисунку 2.1.

Розрахунок тепловтрат визначаємо за формулою, Вт [26]:

$$Q = \frac{1}{R_0} \cdot F \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \quad (2.3)$$

де F – тепловіддаюча поверхня, м²;

R_0 – повний термічний опір огорожі, (м²·°C)/Вт.

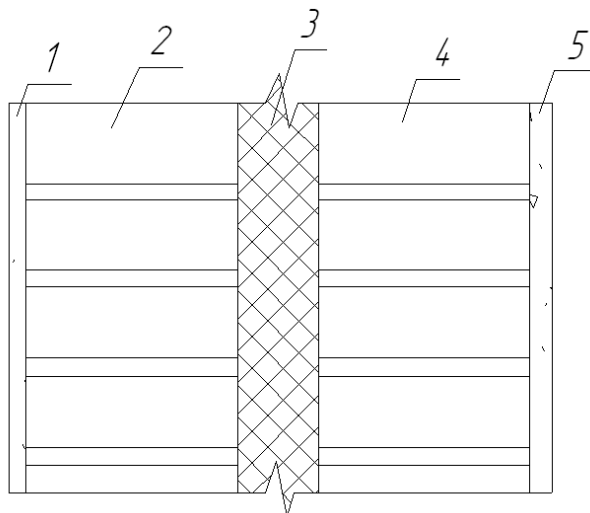


Рисунок 2.1 - Схема до розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни

На рисунку 2.1 прийнято наступні позначення:

1 шар – фактурний шар: штукатурка з вапняно-піщаної суміші ($\delta_1 = 0,015$ м; $\lambda_1 = 0,7$ Вт/(м°C); $\gamma_1 = 1600$ кг/м³);

2 шар, 4 шар – стіна: керамзитобетонна цегла ($\delta_{2,4} = 0,19$ м; $\lambda_{2,4} = 0,52$ Вт/(м°C); $\gamma_{2,4} = 1400$ кг/м³);

3 шар – утеплювач: екструзійні пінополістирольні плити ($\delta_3 = 0,073$ м; $\lambda_3 = 0,041$ Вт/(м°C); $\gamma_3 = 20$ кг/м³);

5 шар – листи гіпсові обшивні: суха штукатурка ($\delta_5 = 0,020$ м; $\lambda_5 = 0,19$ Вт/(м°C); $\gamma_5 = 900$ кг/м³).

Визначаємо термічний опір за формулою, м²·°C/Вт:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.4)$$

$$R_1 = \frac{0,015}{0,7} = 0,21,$$

$$R_2 = R_4 = \frac{0,19}{0,52} = 0,37,$$

$$R_5 = \frac{0,020}{0,19} = 0,105.$$

Тоді необхідний термічний опір утеплювача [26]:

$$R_{ym} = R_0 - \left(\frac{1}{\alpha_6} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3} \right), \quad (2.5)$$

$$R_{ym} = 2,8 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,021 + 0,37 + 0,37 + 0,105 + \frac{1}{23} \right) = 1,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Необхідна товщина утеплювача:

$$\delta_{ym} = 1,78 \cdot 0,041 = 0,073 \text{ м.}$$

Коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою [26]:

$$k = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{1}{\sum R_i} + \frac{1}{\alpha_3} \quad k = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{1}{\sum R_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.6)$$

$$k = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{0,021 + 0,037 + 0,037 + 0,105 + 1,78} + \frac{1}{23} = 0,54 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Визначимо тепловтрати через перекриття підлоги. Схема до розрахунку тепловтрат наведена на рисунку 2.2.

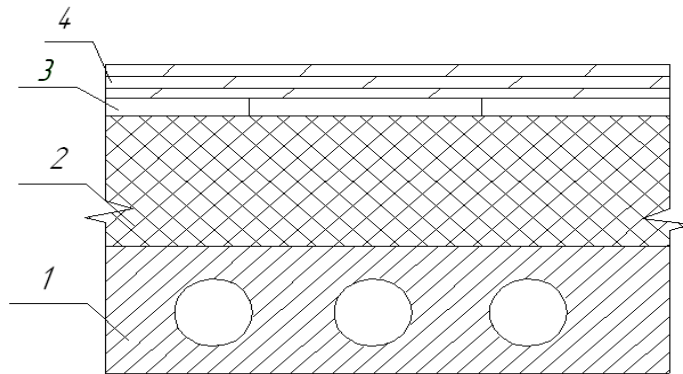


Рисунок 2.2 - Схема до розрахунку тепловтрат через перекриття підлоги

На рисунку 2.2 прийнято наступні позначення:

- 1 – з/б плита ($\delta_1 = 0,15 \text{ м}$; $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$; $\rho_1 = 2500 \text{ кг/м}^3$);
- 2 – утеплювач: пінополістирол ($\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$; $\rho_2 = 35 \text{ кг/м}^3$);
- 3 – повітряний прошарок ($\delta_3 = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_3 = 0,15 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$; $\rho_3 = 1200 \text{ кг/м}^3$);
- 4 – дошка дерев'яна: сосна поперек волокон ($\delta_4 = 0,04 \text{ м}$; $\lambda_4 = 0,18 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$; $\rho_4 = 500 \text{ кг/м}^3$).

Визначаємо термічний опір, $\text{м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$:

$$R_1 = \frac{0,15}{2,04} = 0,074,$$

$$R_3 = \frac{0,02}{0,15} = 0,13,$$

$$R_4 = \frac{0,04}{0,18} = 0,22.$$

Тоді необхідний термічний опір утеплювача дорівнює [26]:

$$R_{ym} = R_0 - \sum \frac{\delta_i}{\lambda}, \quad (2.7)$$

$$R_{ym} = 3,5 - (0,074 + 0,13 + 0,22) = 3,07 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Тоді необхідна товщина утеплювача дорівнює:

$$\delta_{ym} = 3,07 \cdot 0,05 = 0,154 \text{ м}.$$

Коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою [26]:

$$k = \frac{1}{R_{зан}} \cdot k = \frac{1}{R_{зан}}, \quad (2.8)$$

$$k = \frac{1}{0,074 + 3,07 + 0,13 + 0,22} = 0,29k = \frac{1}{R_{зан}} = 0,29 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Визначимо тепловтрати через перекриття стелі. Схема до розрахунку тепловтрат наведено на рисунку 2.3.

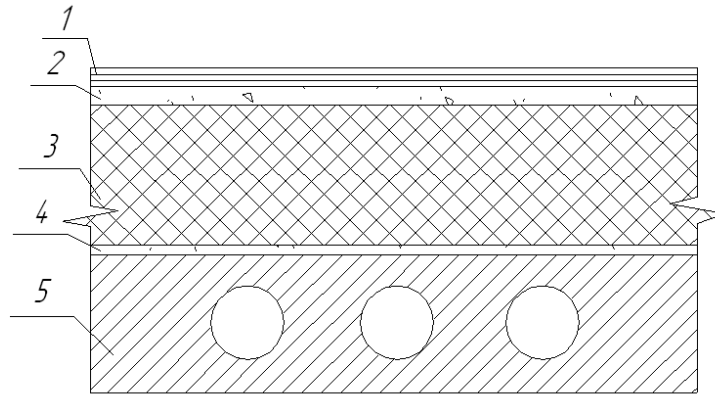


Рисунок 2.3 - Схема до розрахунку тепловтрат через перекриття стелі

На рис. 2.3 прийнято наступні позначення:

1 – повітряно-ізоляційний шар в 3 шари руберойду ($\delta_1 = 0,02$ м;
 $\lambda_1 = 0,17$ Вт/(м·°С); $\rho_1 = 600$ кг/м³);

2 – вирівнювальний шар цементно – піщаної розчину ($\delta_2 = 0,02$ м;
 $\lambda_2 = 0,81$ Вт/(м·°С); $\rho_2 = 1600$ кг/м³);

3 – утеплювач: пінополістирол ($\lambda_3 = 0,05$ Вт/(м·°С); $\rho_3 = 35$ кг/м³);

4 – пароізоляційний шар бітуму ($\delta_4 = 0,01$ м; $\lambda_4 = 0,27$ Вт/(м·°С);
 $\rho_4 = 1400$ кг/м³);

5 – з/б плита ($\delta_5 = 0,15$ м; $\lambda_5 = 2,04$ Вт/(м·°С); $\rho_5 = 2500$ кг/м³).

Визначаємо термічний опір, м²·°С/Вт:

$$R_1 = \frac{0,02}{0,17} = 0,12,$$

$$R_2 = \frac{0,02}{0,81} = 0,02,$$

$$R_4 = \frac{0,01}{0,27} = 0,037,$$

$$R_5 = \frac{0,15}{2,04} = 0,074.$$

Тоді необхідний термічний опір утеплювача дорівнює:

$$R_{ym} = 3,3 - (0,12 + 0,02 + 0,037 + 0,074) = 3,05 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Необхідна товщина утеплювача дорівнює:

$$\delta_{ym} = 3,05 \cdot 0,05 = 0,153 \text{ м}.$$

Коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою:

$$k = \frac{1}{0,12 + 0,02 + 0,037 + 0,074} = 0,3k = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Визначимо тепловтрати через вікна. Необхідний термічний опір вікон дорівнює:

$$R_0 = 0,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі вікна:

$$k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{0,5} = 2k = 2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Визначимо тепловтрати через двері. Необхідний термічний опір дверей для першої температурної зони дорівнює:

$$R_0 = 0,44 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі вікна дорівнює:

$$k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{0,44} = 2,27k = 2,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

2.2. Оцінка ефективності системи опалення

Серед розглянутих варіантів проектування системи опалення у багатоповерховому житловому будинку, зваживши всі переваги та недоліки даних систем, на нашу думку, найефективнішою та перспективнішою в даний час є горизонтальна двотрубна поквартирна система опалення.

Поквартирні системи опалення в багатоповерхових житлових будинках – це новий вид інженерних систем в нашій країні, вони можуть управлятися мешканцями квартири, без зміни теплового режиму сусідніх помешкань та забезпечувати поквартирний облік витрати теплової енергії. Це спроба одночасного вирішення двох суперечливих завдань – підвищення теплової комфортності житла й енергозбереження. Актуальність вирішення цієї задачі усвідомлюють і проектувальники, і будівельники, і муніципальні служби, і навіть політики, ратуючи за житлово-комунальну реформу [27].

Для того, щоб порівняно просто організувати поквартирний облік тепла, необхідно забезпечити одне введення в квартиру подаючого та зворотного трубопроводів і приєднати до них всі опалювальні прилади, розміщені в квартирі [27].

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 розраховується за формулою [14]:

$$\eta_g = \eta_p \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_c, \quad (2.9)$$

де η_g – загальний коефіцієнт ефективності системи опалення;

η_p – коефіцієнт ефективності установки;

η_d – коефіцієнт ефективності розподілення теплоти;

η_e – коефіцієнт ефективності опалювальних приладів;

η_c – коефіцієнт ефективності регулятора системи.

Згідно з європейськими нормами, прийнято вважати, що загальний коефіцієнт ефективності системи опалення η_g не повинен бути нижче певного значення, що обчислюється таким чином [14]:

$$\eta_g = 65 + 3 \log(P_H), \quad (2.10)$$

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

Розрахуємо допустимий загальний коефіцієнт ефективності для системи опалення 9 – ти поверхового житлового будинку, обладнаний модулями потужністю 480 кВт. Вираз має вигляд [14]:

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

Таким чином, 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.

Залежність загального коефіцієнту ефективності системи опалення від кожного з множників рівняння наведено на рисунку 2.4.

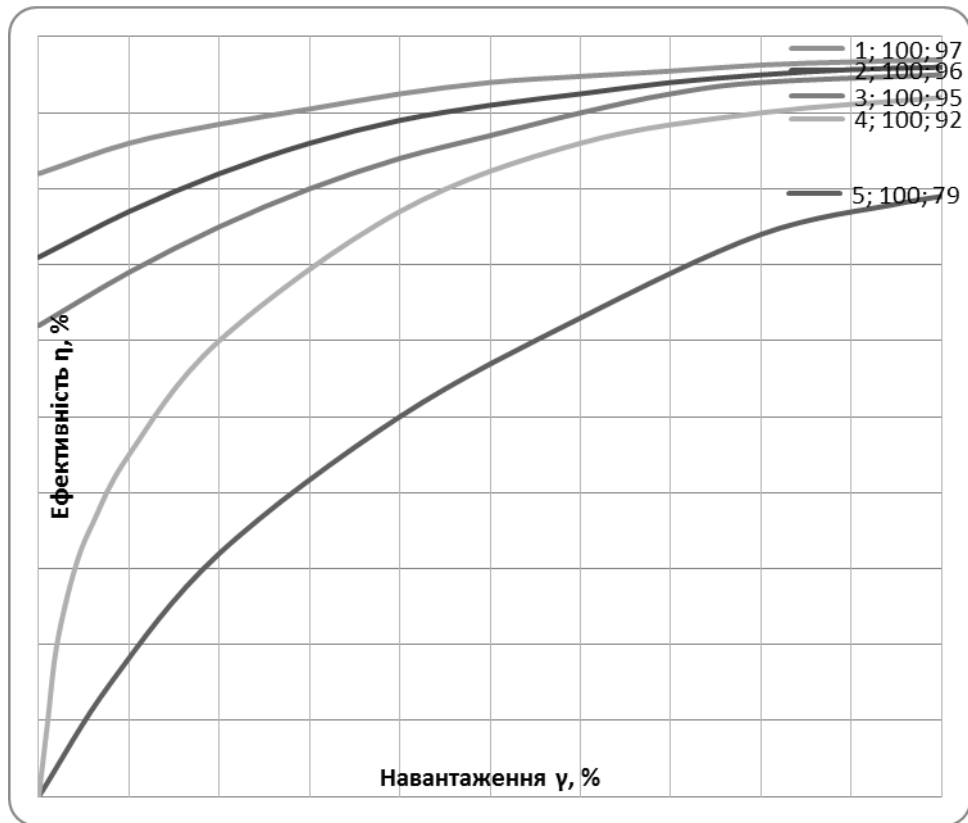


Рисунок 2.4 - Графік коефіцієнтів ефективності системи опалення

На рисунку 2.4 прийнято наступні умовні позначення: 1 – η_c (регулювання); 2 – η_e (опалювальних приладів); 3 – η_d (розподілення); 4 – η_p (установки); 5 – η_g (загальний).

Для прикладу розглянемо показники сучасної системи опалення, спроектованої і зібраної згідно з усіма нормами і правилами. У ній використовуються такі показники [14]:

- 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, $\eta_c = 0,97$.

Загальний коефіцієнт ефективності системи розраховується за (2.9).

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

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 [14]:

$\eta_c = 0,98$ – 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.

Покажемо, як підвищується ефективність системи при її поетапній модернізації, а також залежність загального коефіцієнта ефективності від всіх чотирьох множників: $\eta_p, \eta_d, \eta_e, \eta_c$. Для зручності будемо вважати, що схема котельні у всіх чотирьох випадках незмінна.

1 – найпростіша схема системи опалення:

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

2 – у порівнянні з першою, вдосконалено регулювання системи:

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

3 – у порівнянні з першою, вдосконалено розподілення тепла в системі:

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

4 – у порівнянні з першою, вдосконалено виробництво тепла:

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

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

$$\eta_g = \eta_p \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_c = 0,88 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,81 .$$

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

В проекті передбачається експлуатація та налагодження системи опалення житлового дев'ятиповерхового будинку з вбудованими приміщеннями. В будинку проектується індивідуальне опалення за допомогою дахової модульної котельні.

Внутрішні системи водяного опалення виконані двотрубними стальними трубами $d_y=15\text{мм}$, $d_y=20\text{мм}$, $d_y=32\text{мм}$, $d_y=40\text{мм}$, $d_y=50\text{мм}$, $d_y=70\text{мм}$ в конструкції плінтуса з горизонтальною розводкою.

Система опалення будинку складається з:

- нагрівальних приладів – сталеві радіатори «DELTA» типу 22РККР;
- датчика регулювання температури в кожній квартирі;
- мережі трубопроводів;
- регулюючих пристроїв;
- опалення від дахової модульної котельні [28].

Опалювальні пристрої розташовують під вікнами, відстані до стін, підвіконня обумовлюються конструкцією приладів.

Запроектвану систему опалення передбачено для забезпечення нормованих показників температур в житловій будівлі та підтримання їх незалежно від змін температури зовнішнього повітря.

Поквартирна двотрубна система опалення виконується за допомогою модульної дахової котельні. Котельня розміщена на даху, посередині будинку. В котельні має бути забезпечений вільний доступ до обладнання та арматури. Всі манометри необхідно встановити на одній висоті, щоб їхні показники було видно з підлоги. Модулі фіксуються за допомогою анкерних болтів на попередньо передбачені бетонні фундаменти.

Трубопроводи на систему опалення – подаючий та зворотній, виходять з модулів і кріпляться за допомогою хомутів на спеціальних опорах, які фіксуються анкерними болтами. Хомути за допомогою болтів надають надійне закріплення трубопроводів.

Для трубопроводів в котельні передбачена ізоляція з пінополіетилену фірми THERMAFLEX для захисту від замерзання теплоносія. Система опалення по квартирна, стояк передбачений в кожній з квартир. На стояку передбачена арматура для автоматичного регулювання перепаду тиску, яка разом с трубопроводами закривається у «коробці» з встановленням зорового лючка, який виготовлений з листової сталі і замком, що полегшує доступ до стоякової арматури. Прокладання трубопроводів у квартирі відбувається у плінтусній системі, яка являє собою спеціальний плінтус – профіль ПВХ, комплект нижнього підключення для радіаторів, кріплення для трубопроводів, з послідовним підключенням радіаторів фірми DELTA типу 22 РКР, до радіаторів підводяться подаючий та зворотній трубопроводи, а також встановлюється терморегулятор для можливості регулювання температури у приміщенні.

2.3. Підбір обігрівальних приладів для системи опалення

Опалювальні прилади є основними елементами системи опалення і повинні відповідати певним технологічним, санітарно-гігієнічними, техніко-економічним, архітектурно-будівельним вимогам.

Пропонується встановити сталеві панельні радіатори DELTA. Радіатори DELTA мають гарантію 6 років з врахуванням експлуатації за призначенням. Строк експлуатації – не менше 10 років [28].

Основні технічні параметри радіаторів наведено у таблиці 2.2 [28].

Переваги радіаторів DELTA:

- невеликий об'єм води сталевого панельного радіатора, швидкий нагрів і економія енергії;
- сучасний дизайн і високоякісна обробка поверхні;
- компактність при підвищенні теплової віддачі;
- висока стійкість матеріалів;
- зручність і простота монтажу.

Загальні тепловтрати в будинку, за даними теплотехнічного розрахунку, склали 3,9 кВт.

Таблиця 2.2 - Основні технічні параметри радіаторів DELTA

Робочий тиск, МПа	до 0,87
Випробовуваний тиск, МПа	до 1,3
Максимальна температура теплоносія, °С	до 110
Температура навколишнього повітря, °С	0-90
Габаритна висота, мм	300, 400, 500, 600, 900
Міжцентрова відстань, мм	245, 345, 445, 545, 845
Габаритна довжина, мм	400-1200 (крок 100), 1200-3000 (крок 200)
Загальна маса, кг	27,2
Об'єм води, л	5,0
Коефіцієнт протока, м ²	1,0·10 ⁻⁴
Коефіцієнт місцевого опору	2,5

2.4. Розрахунки електричних параметрів циркуляційних насосів незалежної системи тепlopостачання

Коли вмикається колонка або опалювальний котел, вода починає нагріватися всередині агрегату і поруч з ним. Переміщення води далі трубами відбувається за рахунок природної конвекції і передачі тепла від гарячих об'єктів холодним. У результаті найвіддаленіші ділянки системи можуть нагріватися 1-2 дні (і так і не нагрітися).

Насос забезпечує рух води в трубах з першої секунди включення котла або зовсім безперервну циркуляцію навіть коли котел не працює – щоб рівномірно прогрівати все приміщення.

Для забезпечення циркуляції теплоносія при незалежній системі тепlopостачання використовується три циркуляційні насоси ВВН2-50. Режим роботи насосів ВВН2-50 складає 24 години на добу. Споживання електроенергії становить:

$$\text{один насос у місяць } 11 \cdot 24 \cdot 31 = 81840 \text{ Вт.}$$

Насоси ВВН2-50 працюють на повній потужності 24 години на добу, регулювання тиску здійснюється за допомогою дроселювання, що виражається в неоптимальних з точки зору витрачання ресурсів режимах. В середньому споживання енергії можна скоротити на третину.

Не оптимальність режиму роботи полягає в тому, що потужність насосів перевищує необхідну. Іноді насоси не відключаються навіть тоді, коли вони по суті справи не потрібні. Наприклад, тиск і продуктивність насоса при проектуванні були розраховані з запасом. Запас може перебувати в межах від 20 до 200 і більше відсотків. Часто при зміні витрати робочого тіла двигун працює на максимальній потужності, а для підтримки нормального тиску використовують заслінки і т. п. Для насосів запуск і зупинка прямим пуском значно знижує їх ресурс, тому їх просто не відключають.

Одним із способів оптимізації режиму роботи насосів є зміна швидкості обертання робочого колеса. Існує багато способів зміни швидкості обертання: використання редукторів із змінним передавальним відношенням, використання гідromуфт, зміна частоти обертання за допомогою частотного перетворювача. При проектуванні установки з урахуванням усіх її особливостей може бути обґрунтований будь-який з цих варіантів. Однак при модернізації існуючих установок, найбільш актуальним є зміна частоти обертання приводу. В цьому випадку механічна частина не зачіпається [29].

Найбільш поширеним видом електроприводів є двигуни змінного струму. У більшості випадків, це трифазний асинхронний двигун змінного струму з короткозамкненим ротором.

Основні переваги двигуна змінного струму [29]:

- простота виготовлення;
- дешевизна;
- висока надійність;
- низькі експлуатаційні витрати;
- можливість прямого включення в електричну мережу.

Основні недоліки двигуна змінного струму:

- невеликий пусковий момент;
- значний пусковий струм;
- фіксована швидкість обертання (в номінальному режимі);
- сильна (квадратична) залежність моменту від напруги мережі.

Для подолання недоліків були розроблені різні модифікації двигунів змінного струму:

- двигуни з фазним ротором;
- двигуни із змінним кількістю полюсів.

Однак всі поліпшення призводять до ускладнення конструкції двигуна, зниження ККД і подорожчання [29].

Швидкість обертання ротора двигуна змінного струму можна змінювати за допомогою:

- зміни частоти напруги живлення;
- перемикання полюсів в двигунах відповідної конструкції;
- зміни сили струму живлення (в дуже вузьких межах).

У широких межах регулюється швидкість двигунів постійного струму, але вони рідко використовуються через дорожнечу виготовлення і обслуговування. На сьогодні, розвиток електронних перетворювачів зробило найбільш економічно ефективним способом регулювання частоти обертання ротора двигуна використання перетворювачів частоти напруги живлення

(ПЧ). Особливо коли мова йде про регулювання частоти обертання в уже існуючій установці [29].

Основні переваги ПЧ: регулювання частоти обертання в широких межах від нуля до межі механічної стійкості установки; можливість плавного старту і зупинки двигуна; просте включення в контур автоматичного регулювання; високий коефіцієнт потужності.

Основні недоліки ПЧ: висока вартість; втрати енергії 2-10%; наявність великої кількості гармонійних складових як в струмі двигуна, так і в споживаному від мережі струмі; зменшення ударних струмових навантажень під час старту і зупинки двигуна; необхідність підтримки температурного режиму.

Виходячи з наявності недоліків, саме по собі використання ПЧ не гарантує позитивного економічного ефекту. Мало того, бездумне використання ПЧ може принести збитки.

Найбільш очевидний економічний ефект при використанні перетворювачів частоти може бути досягнутий за рахунок економії електроенергії.

Економічний ефект повинен розраховуватися індивідуально для кожної установки. Заміна електричних двигунів на нові, з більш високим ККД, може принести позитивний економічний ефект. Навіть при зміні ККД на 1-2% заміна може окупитися за кілька років. Особливо актуально проводити розрахунки енергозбереження при установці нових двигунів.

Наближений розрахунок економії енергії можна виконати знаючи параметри електричного двигуна, насоса і необхідні вихідні параметри: тиск та витрати.

Найбільш точні розрахунки продуктивності насоса і тиску на виході і споживаної потужності можна отримати використовуючи характеристичні криві насоса. Якщо подивитися по характеристичним кривим, то ККД насоса може падати до 20-30% від максимального. Тиск на виході насоса ВВН2-50м регулюється дроселюванням (потік регулюється регульованою заслінкою).

Залежно від регулювання робоча точка насоса по різному зміщується по сімейству характеристичних кривих. Найневдаліші варіанти це відсутність регулювання і рециркуляція, вони призводять до максимальної витрати енергії і підвищеного тиску в системі. При дроселюванні вдається трохи знизити споживану потужність в разі зниження продуктивності. Графіки споживання електроенергії в залежності від витрати рідини для різних способів регулювання при постійному тиску на виході наведені на рисунку 2.5.

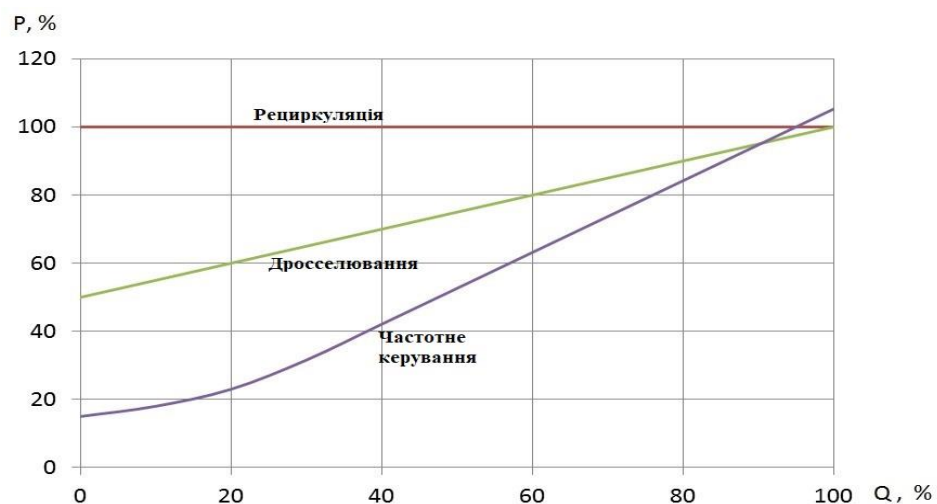


Рисунок 2.5 - Графік залежності використання енергії від витрати рідини

Графік споживання енергії при частотному регулюванні має дві особливості: при малих витратах він «відхиляється вгору» через нестійкість режиму роботи насоса при мінімальних витратах; при максимальній витраті рідини позначається ККД частотного перетворювача, і споживання енергії стає більше, ніж при інших способах регулювання.

При розрахунках насосів ВВН2–50 можна прийняти наступні залежності: продуктивність (витрата) прямо пропорційна швидкості обертання ротора; тиск прямо пропорційне квадрату швидкості обертання ротора; споживання енергії пропорційне кубу швидкості обертання ротора;

При дроселюванні витрата зменшується, але тиск на виході насоса зростає, тому споживана потужність слабо зменшується при зменшенні витрат. Зміну споживаної потужності можна оцінити за характеристичними кривими або використовуючи емпіричну формулу [29]:

$$P_{\text{др}} = \frac{P_{\text{ном}}}{2} \cdot \left(1 + \frac{Q_{\text{др}}}{Q_{\text{ном}}}\right), \quad (2.11)$$

де $P_{\text{др}}$ і $P_{\text{ном}}$ – споживана потужність при дроселюванні в оптимальній робочій точці;

$Q_{\text{др}}$ і $Q_{\text{ном}}$ – витрата при дроселюванні в оптимальній робочій точці.

Розрахуємо параметри для одного працюючого насосу. Регулювання тиску на виході станції забезпечується заслінкою, тобто дроселюванням.

Розрахунок проведемо за такими даними :

- 1) марка насосу ВВН2–50;
- 2) продуктивність насоса $Q_{\text{opt}} = 50 \text{ м}^3/\text{год}$;
- 3) напір $H_{\text{opt}} = 0,4 \text{ м}$ (водяного стовпа);
- 4) тиск на виході насосу $P_{\text{вих}} = 1,03 \text{ кгс/см}^2$;
- 5) тиск на вході насоса $P_{\text{вх}} = 0,20 \text{ кгс/см}^2$;
- 6) витрата води на місяць $V_{\text{міс}} = 30960 \text{ м}^3$;
- 7) тип регулювання – дроселювання.
- 8) марка електродвигуна ВАО2-315М10;
- 9) механічна потужність $P = 110 \text{ Вт}$;
- 10) частота обертання $n = 600 \text{ об/хв}$;
- 11) напруга живлення $U = 380 \text{ В}$;
- 12) струм двигуна $I = 23,4 \text{ А}$;
- 13) ККД = 0,93 %;
- 14) $\cos \varphi = 0,77$;
- 15) кількість полюсів – 10;
- 16) $I_{\text{пуск}} = 5,0$;
- 17) синхронна частота обертання = 600;
- 18) відсоток ковзання = 0,012;
- 19) макс момент на валу = 2,3;

20) момент пусковий = 1,4.

На рисунку 2.6 зображено графік характеристичних кривих і положення оптимальної робочої точки при різній швидкості обертання ротора для насоса ВВН2-50.

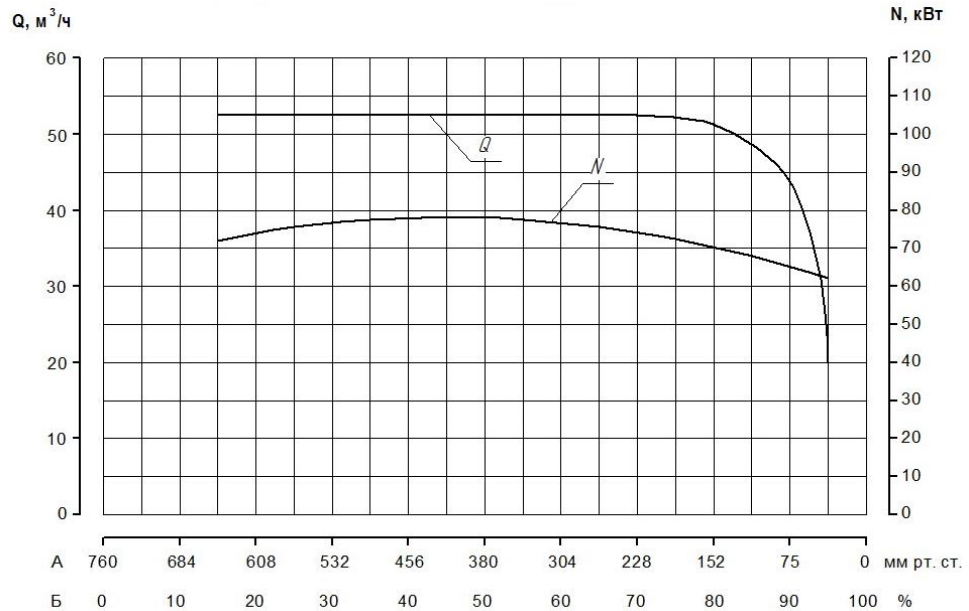


Рисунок 2.6 - Графік характеристик водокільцевого вакуумного насосу ВВН2-50м

При регулюванні рециркуляцією, насос працює в режимі близькому до оптимального при максимальній (оптимальній) продуктивності незалежно від потоку води. Споживання механічної енергії дорівнює номінальній потужності двигуна, споживання електричної енергії буде таким же, але з урахуванням ККД двигуна і $\cos \varphi$. Споживання енергії можна розрахувати з паспортних даних за формулою [29]:

$$P_{\text{реци}} = P_{\text{опт}} = U \cdot I \cdot \sqrt{3}, \quad (2.12)$$

де: $P_{\text{реци}} = P_{\text{опт}}$ – повна активна енергія;

U – Напруга живлення, В; $U = 380$ В;

I – номінальний струм А; $I = 233$ А.

Тоді:

$$P_{\text{рец}} = P_{\text{opt}} = \frac{380 \cdot 23,4 \cdot 1,73}{1000} = 153 \text{ Вт.}$$

При регулюванні дроселюванням, робоча точка насоса зміщується в область більш високого тиску і меншої витрати, споживання енергії знижується, але ККД насоса різко падає. Оцінити зниження споживання енергії можна за графіками характеристичних кривих насоса або за наближеною формулами:

$$P_{\text{op}} = \frac{P_{\text{opt}}}{2} + \left(1 + \frac{Q}{Q_{\text{opt}}} \right), \quad (2.13)$$

$$Q = \frac{V_{\text{міс}}}{T_{\text{міс}}}, \quad (2.14)$$

де $V_{\text{міс}}$ – витрата води на місяць, м³; $V_{\text{міс}} = 30960 \text{ м}^3$;

$T_{\text{міс}}$ – кількість робочих годин у місяць, год; $T_{\text{міс}} = 720 \text{ год.}$

$$Q = \frac{30960}{720} = 43 \frac{\text{м}^3}{\text{год}};$$

$$P_{\text{op}} = \frac{153}{2} + \left(1 + \frac{43}{50} \right) = 142 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо частоту обертання ротора насоса виходячи з умов зниження продуктивності і напору, за формулою [29]:

$$Nq = n \cdot \frac{Q}{Q_{\text{opt}}}, \quad (2.15)$$

де n – частота обертання, об/хв; $n = 600 \text{ об/хв}$;

Q_{opt} – продуктивність насоса, м³/г; $Q_{\text{opt}} = 50 \text{ м}^3/\text{г.}$

Таким чином отримуємо:

$$Nq = 600 \cdot \frac{43}{50} = 516 \text{ об/хв.}$$

$$Nh = n \cdot \frac{\sqrt{H}}{H_{opt}}, \quad (2.16)$$

де H – висота водяного стовпа, м;

n – частота обертання, об/хв; $n = 600$ об/хв;

H_{opt} – висота водяного стовпа, м; $H_{opt} = 0,4$ м.

Висота водяного стовпа розраховується за формулою:

$$H = (P_{вих} - P_{вх}) \cdot g, \quad (2.17)$$

де $P_{вих}$ – тиск на виході з насосу,

$P_{вх}$ – тиск на вході насосу,

g – прискорення вільного падіння, м/с²; $g = 9,8$ м/с².

В результаті отримуємо:

$$H = (1,03 - 0,2) \cdot 9,8 = 8,13 \text{ м,}$$

$$Nh = 600 \cdot \frac{\sqrt{8,13}}{0,4} = 270 \text{ об/хв.}$$

Робоча точка, що забезпечує необхідну продуктивність, буде досягатися при частоті обертання насоса між Nq і Nh . Прийmemo за частоту обертання ротора найбільшу за формулою [29]:

$$P_{per} = P_{opt} \cdot \left(\frac{Nh}{Nq} \right), \quad (2.18)$$

де Nq – верхня робоча точка, об/хв; $Nq = 516$ об/хв;

Nh – нижня робоча точка, об/хв; $Nh = 270$ об/хв;

P_{opt} – повна активна енергія, Вт; $P_{opt} = 153$ Вт.

Отримуємо:

$$P_{per} = 153 \cdot \left(\frac{270}{516} \right) = 97 \text{ Вт.}$$

Регулювання частоти обертання двигуна здійснюється за допомогою перетворювача частоти (ПЧ). ККД ПЧ потужністю понад 100 Вт, як правило, не менше 95%. З урахуванням цього розрахуємо споживану потужність за формулою [29]:

$$P_{ПЧ} = \frac{P_{per}}{k}, \quad (2.19)$$

де P_{per} – оптимальна робоча точка, Вт; $P_{per} = 97$ Вт;

k – коефіцієнт корисної дії, ККД; $k = 0,95$.

Споживана потужність дорівнює:

$$P_{ПЧ} = \frac{97}{0,95} = 102 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо вартість електроенергії для трьох варіантів регулювання. Прийmemo ціну електроенергії 1,68 коп./кВт. год. Прийmemo кількість годин на місяць – 720 год. Враховуючи, що для електродвигуна $\cos \varphi > 0,95$,

прийmemo, що активна потужність дорівнює реактивній. Отримані дані зведемо у таблицю.

Споживання електроенергії у місяць розрахуємо за формулою [29]:

$$C_{міс} = P_{\alpha} \cdot T_{міс}, \quad (2.20)$$

де P_{α} – варіант потужності, кВт;

$T_{міс}$ – кількість робочих годин у місяць, год; $T_{міс} = 720$ год;

$P_{рец}$ – повна активна потужність, Вт; $P_{рец} = 153$ Вт;

$P_{ор}$ – потужність дроселювання Вт; $P_{ор} = 142$ Вт;

$P_{пч}$ – потужність перетворювача частоти Вт; $P_{пч} = 102$ Вт.

Таким чином:

$$C_{міср} = 153 \cdot 720 = 110160 \text{ Вт};$$

$$C_{місo} = 142 \cdot 720 = 102240 \text{ Вт};$$

$$C_{місч} = 102 \cdot 720 = 73440 \text{ Вт};$$

Вартість електроенергії за видами регулювання розраховуємо за формулою [29]:

$$Q_{міс} = C_{міс} \cdot Q_{квт}, \quad (2.21)$$

де $C_{міс}$ – споживання електроенергії у місяць, Вт;

$Q_{квт}$ – ціна кіловату, грн; $Q_{квт} = 1,68$ грн.

Отже, вартість електроенергії становить:

$$Q_{міср} = 110160 \cdot 1,68 = 185069 \text{ грн.}$$

$$Q_{\text{місд}} = 102240 \cdot 1,68 = 171763 \text{ грн.}$$

$$Q_{\text{місч}} = 73440 \cdot 1,68 = 123379 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати розрахунків трьох варіантів регулювання

Спосіб регулювання потужності	Споживана потужність, Вт	Кількість електроенергії у місяць, Вт/год
Рециркуляція	15,3	11016
Дроселювання	14,2	10224
Частотне регулювання	10,2	7344

Таким чином, після розрахунку, видно що менше всього електроенергії споживається при регулюванні методом частотного керування.

Трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором типу ВАО2-315М10, який використовується в якості електроприводу насосного агрегату марки ВВН2-50, має наступні номінальні дані:

- 1) механічна потужність $P = 110$ Вт;
- 2) частота обертання $n = 600$ об/хв;
- 3) напруга живлення $U = 380$ В;
- 4) струм двигуна $I = 23,4$ А;
- 5) ККД = 0,93 %;
- 6) $\cos \varphi = 0,77$;
- 7) кількість полюсів – 10;
- 8) $I_{\text{пуск}} = 5,0$;
- 9) синхронна частота обертання = 600;
- 10) відсоток ковзання = 0,012;
- 11) макс. момент на валу = 2,3;
- 12) момент пусковий = 1,4;

13) маховий момент ротора = 350 Н·м²;

Для подальших розрахунків необхідно визначити:

- номінальну частоту обертання ротора двигуна;
- номінальну частоту обертання магнітного поля;
- обертаючий номінальний, максимальний і пусковий моменти двигуна;
- потужність, споживану двигуном з мережі;
- номінальний і пусковий струми;
- значення крутного моменту при ковзанні, рівному 0,2; 0,4; і 0,6.

Визначимо частоту обертання магнітного поля двигуна за формулою:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{P}, \quad (2.22)$$

де f_1 – частота змінного току, Гц; $f_1 = 50$ Гц;

P – кількість пар полюсів; $P = 5$;

60 – кількість секунд у хвилині.

Отже, частота обертання магнітного поля двигуна дорівнює:

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{5} = 600 \text{ об/хв.}$$

Номінальна частота обертання розраховується за формулою [29]:

$$n_n = n_1 \cdot (1 - S_n), \quad (2.23)$$

де n_1 – частота обертання магнітного поля, грт; $n_1 = 600$ об/хв;

S_n – відсоток ковзання; $S_n = 0,012$.

$$n_n = 600 \cdot (1 - 0,012) = 592 \text{ об/хв.}$$

Номінальний обертальний момент на валу:

$$M_n = 9,55 \cdot \frac{P}{n_n}, \quad (2.24)$$

де M_n – номінальний момент; $M_n = 9,55$;

P – механічна потужність; $P = 110$ Вт;

n_n – номінальна частота обертання, об/хв; $n_n = 592$ об/хв.

$$M_n = 9,55 \cdot \frac{110 \cdot 1000}{592} = 185,8.$$

Пусковий крутний момент двигуна розраховується за формулою [29]:

$$M_n = \frac{M_{II}}{M_H} \cdot M_H, \quad (2.25)$$

де $\frac{M_{II}}{M_H}$ – пусковий момент, Н·м; $\frac{M_{II}}{M_H} = 1,4$;

M_H – номінальний обертальний момент, Н·м; $M_H = 185,8$.

$$M_n = 1,4 \cdot 185,8 = 260,1 \text{ Н·м}$$

Розрахуємо максимальний крутний момент:

$$M_{\max} = 2,3 \cdot M_H, \quad (2.26)$$

де 2,3 – максимальний момент на валу, Н·м;

M_H – номінальний обертальний момент, Н·м; $M_H = 185,8$.

$$M_{\max} = 2,3 \cdot 185,8 = 427,34 \text{ Н·м.}$$

Номінальну потужність P , споживану двигуном з мережі, визначимо з виразу:

$$P_n = \frac{P}{\eta}, \quad (2.27)$$

де P – механічна потужність, кВт; $P = 110$ Вт;
 η – коефіцієнт корисної дії, ККД; $\eta = 0,93$.

$$P_n = \frac{110}{0,93} = 118,2 \text{ Вт.}$$

При цьому номінальний струм, споживаний двигуном з мережі, може бути визначений із співвідношення [29]:

$$A_n = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{P_n}{(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi)}, \quad (2.28)$$

де P_n – номінальна потужність, кВт; $P_n = 118,2$ Вт;
 U – номінальна напруга, В; $U = 380$ В;
 $\cos \varphi$ – номінальний коефіцієнт потужності, $\cos \varphi = 0,77$.

$$A_n = \frac{118200}{(1,73 \cdot 380 \cdot 0,77)} = 233,5 \text{ А,}$$

а пусковий струм при цьому буде:

$$I_n = 5I \cdot A_n, \quad (2.29)$$

де $5I$ – кратність пускового току, А; $5I = 5,0$ А;
 A_n – номінальний струм, А; $A_n = 233,5$.

$$I_n = 5 \cdot 233,5 = 1167,5 \text{ А.}$$

Визначимо коефіцієнт перевантажувальної здатності:

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}, \quad (2.30)$$

де M_{\max} – максимальний крутний момент, Н·м; $M_{\max} = 427,34$ Н·м;
 $M_{\text{ном}}$ – номінальний крутний момент, Н·м; $M_{\text{ном}} = 185,8$ Н·м.

Таким чином коефіцієнт перевантажувальної здатності дорівнює:

$$\lambda = \frac{427,34}{185,8} = 2,3.$$

Визначимо величину ковзання, при якій момент найбільший [29]:

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{ном}} \cdot (\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1}), \quad (2.31)$$

де $S_{\text{ном}}$ – номінальна величина ковзання; $S_{\text{ном}} = 0,012$;
 λ – коефіцієнт перевантажувальної здатності; $\lambda = 2,3$.

Отже, величина моменту ковзання:

$$S_{\text{кр}} = 0,012 \cdot (2,3 \pm \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,05.$$

$$S_{\text{кр}} = 0,012 \cdot (2,3 \pm \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,02.$$

З двох отриманих значень за умовою стійкої роботи двигуна $S_{\text{ном}} < S_{\text{кр}}$ вибираємо $S_{\text{кр}} = 0,05$.

Визначимо пусковий момент двигуна (при $S = 1$):

$$M = \frac{2,3 \cdot M_{\max}}{\left(\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} \right)}, \quad (2.32)$$

де M_{\max} – максимальний крутний момент, Н·м; $M_{\max} = 427,34$ Н·м;

S – величина ковзання; $S = 1$;

$S_{кр}$ – критична величина ковзання; $S_{кр} = 0,05$;

$$M = \frac{2,3 \cdot 427,34}{\left(\frac{1}{0,05} + \frac{0,05}{1} \right)} = 49,02 \text{ Н·м.}$$

Визначимо момент при $S = 0,2$:

$$M = \frac{2,3 \cdot 427,34}{\left(\frac{0,2}{0,05} + \frac{0,05}{0,2} \right)} = 231 \text{ Н·м.}$$

Момент при $S = 0,4$:

$$M = \frac{2,3 \cdot 427,34}{\left(\frac{0,4}{0,05} + \frac{0,05}{0,4} \right)} = 120 \text{ Н·м.}$$

Момент при $S = 0,6$:

$$M = \frac{2,3 \cdot 427,34}{\left(\frac{0,6}{0,05} + \frac{0,05}{0,6} \right)} = 81 \text{ Н·м.}$$

На основі отриманих даних побудуємо графік який покаже залежність ступеня ковзання від навантаження (рисунок 2.7).

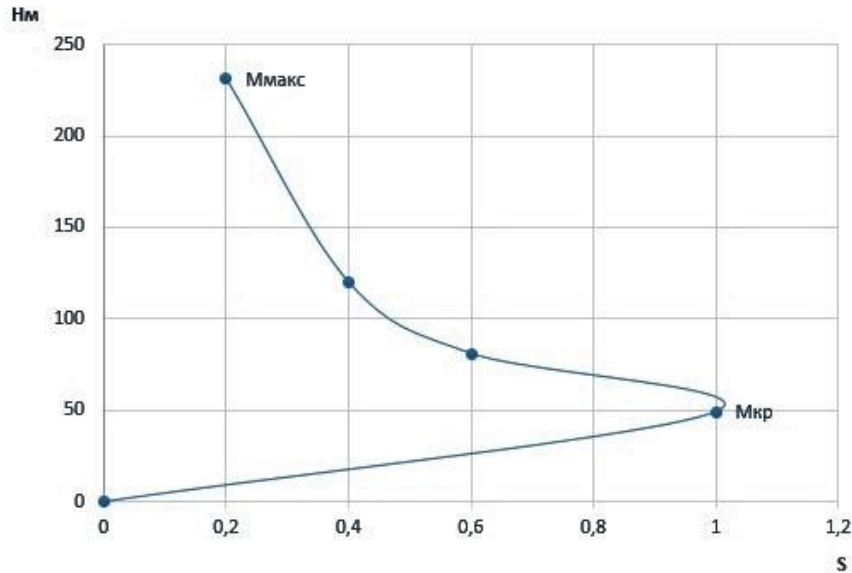


Рисунок 2.7 - Графік залежності крутного моменту від ковзання

На рисунку 2.7 зображено графік залежності крутного моменту від ковзання, на якому видно що при збільшенні навантаження зростає величина відсотка ковзання.

Виходячи з даних електродвигуна, можливо знайти відповідну потужність необхідного частотного перетворювача.

По струму: необхідно розрахувати значення номінального струму для трифазного асинхронного двигуна змінного струму.

Якщо:

- 1) потужність двигуна $P_n = 110$ Вт;
- 2) номінальна напруга $U_n = 380$ В;
- 3) номінальний коефіцієнт потужності, $\cos \varphi = 0,77$;
- 4) номінальний коефіцієнт корисної дії; $\eta = 0,93$.

$$I_n = \frac{P_n}{(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta)}, \quad (2.33)$$

Номінальний струм дорівнює:

$$I_n = \frac{110}{(1,73 \cdot 380 \cdot 0,77 \cdot 0,93)} = 23,36 \text{ А.}$$

Значить номінальна потужність перетворювача не повинна бути менше 23,36 А.

По повній потужності: якщо відомо номінальний струм двигуна перетворювач частоти можливо підібрати виходячи з повної потужності що споживається двигуном.

Якщо:

1) потужність двигуна $P_n = 110$ Вт;

2) номінальна напруга $U_n = 380$ В;

3) номінальний струм $I = 23,4$ А.

Використаємо формулу розрахунку повної потужності [29]:

$$S_{\text{ов}} = U_n \cdot I \cdot \sqrt{3}, \quad 2.34)$$

де U_n – номінальна напруга, В; $U_n = 380$ В;

I – номінальний струм, А; $I = 23,3$ А.

$$S_{\text{ов}} = \frac{380 \cdot 23,3 \cdot 1,73}{1000} = 1,53 \text{ кВА.}$$

Значить номінальна потужність перетворювача не повинна бути менше 1,53кВА.

По потужності: якщо відомі $\cos \varphi$ двигуна і ККД двигуна, частотний перетворювач можливо підібрати виходячи з вихідної потужності двигуна. Проте, так як $\cos \varphi$ двигуна і коефіцієнт корисної дії змінюються разом із навантаженням, цей метод недостатньо точний.

Якщо:

1) потужність двигуна $P_n = 110$ Вт;

2) номінальний коефіцієнт потужності, $\cos \varphi = 0,77$;

3) номінальний коефіцієнт корисної дії; $\eta = 0,93$.

Використаємо формулу розрахунку вихідної потужності двигуна:

$$S_{\text{дв}} = \frac{P}{n \cdot \cos \varphi}, \quad (2.35)$$

Таким чином вихідна потужність двигуна дорівнює:

$$S_{\text{дв}} = \frac{110}{0,93 \cdot 0,77} = 1,53 \text{ кВА.}$$

Відповідно номінальна потужність перетворювача не повинна бути менше 1,53 кВА.

Включення ПЧ в автоматизовану систему керування технологічним процесом дозволить оперативно відстежувати керувати насосною станцією з центру диспетчеризації. Що в свою чергу дозволить вивільнити частину персоналу.

2.5. Оцінка ефективності систем електропостачання з використанням енергії сонця

Людству потрібно все більшу й більшу кількість енергії, яку отримати з невідновлюваних джерел в найближчому майбутньому буде важкувато або взагалі неможливо. Тому в світі все більше приділяють уваги використанню так званих відновлюваних джерел енергії – енергії вітру, тепла Землі, біогазу, енергії припливів та відпливів, сонячного випромінювання, тощо. Майже всі перераховані джерела повністю обумовлені прямою дією Сонця. Серед перелічених джерел одним з перспективніших є перетворення енергії випромінювання сонця в електричну енергію в напівпровідникових сонячних елементах [30].

Для часткового задоволення потреб будинку в електричній енергії є можливість використання сонячних батарей.

Розглянемо переваги та недоліки сонячного випромінювання як джерела енергії. Перевагами є:

- доступність на всій земній кулі;
- безкоштовна енергія;
- не має негативного впливу на клімат Землі;
- енергетичні запаси Сонця невичерпні;
- не впливає на енергетичний баланс Землі.

Недоліки:

- можна використовувати циклічно і лише у сонячні дні;
- необхідне накопичення енергії (наприклад, електричні акумулятори, накопичувачі тепла);
- випадкова інтенсивність освітлення та інтенсивність випромінювання;
- кількість енергії, що отримується протягом дня, є різною (від 0 до близько 5 кВт·год/м²);
- енергія розсіяна рівномірно на великих площах (потужні установки потребують лінз або дзеркал);
- значна вартість геліоустановок.

Проаналізуємо вплив інтенсивності потоку сонячного світла на коефіцієнт корисної дії (ККД) сонячної батареї.

ККД сонячної батареї залежить від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища. Отже, для п'яти варіантів інтенсивності штучного випромінювання було виконано варіативні розрахунки основних параметрів роботи сонячної батареї. Значення температури приймальної поверхні та навколишнього середовища отримані експериментальним шляхом.

Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 207 \text{ Вт/м}^2$, наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Основні параметри роботи сонячної батареї при інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 207 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{К}$	$T_{п}, \text{К}$	$Q_{ск}, \text{Вт}$	$Q_{пов}, \text{Вт}$	$Q_{втр}, \text{Вт}$	η
207	289	311	19,0347	337,527	318,492	0,1
	291	311	47,9884		289,5385	0,14
	293	311	76,943		260,5836	0,23

Для зручності сприйняття отриманих результатів, представимо їх у графічному вигляді. На рисунку 2.8 представлено залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні батареї та навколишнього середовища при $I = 207 \text{ Вт/м}^2$.

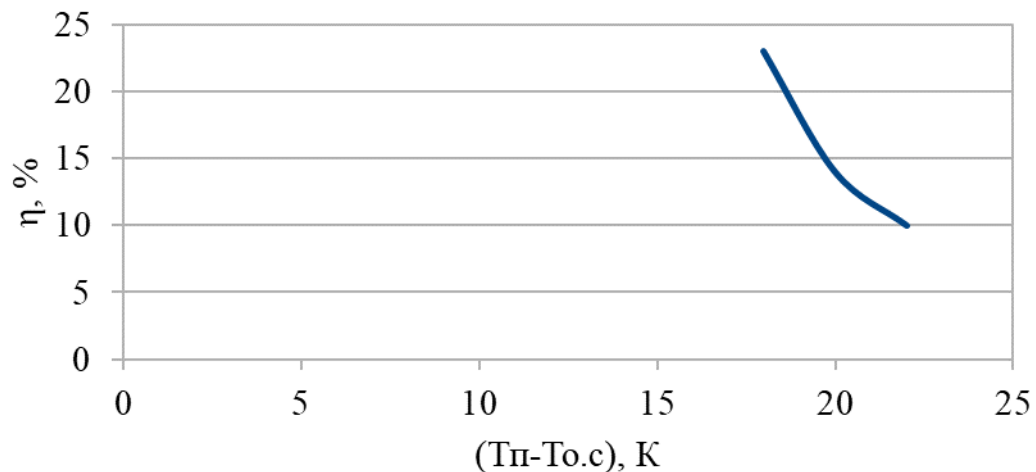


Рисунок 2.8 - Залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 207 \text{ Вт/м}^2$

Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 413 \text{ Вт/м}^2$, наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Основні параметри роботи сонячної батареї при інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 413 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{К}$	$T_{п}, \text{К}$	$Q_{ск}, \text{Вт}$	$Q_{пов}, \text{Вт}$	$Q_{втр}, \text{Вт}$	η
413	289	313	324,4278	673,423	347,4461	0,48
	291	313	354,9309		318,4924	0,53
	293	313	369,4078		289,5385	0,57

На рисунку 2.9 представлено залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 413 \text{ Вт/м}^2$.

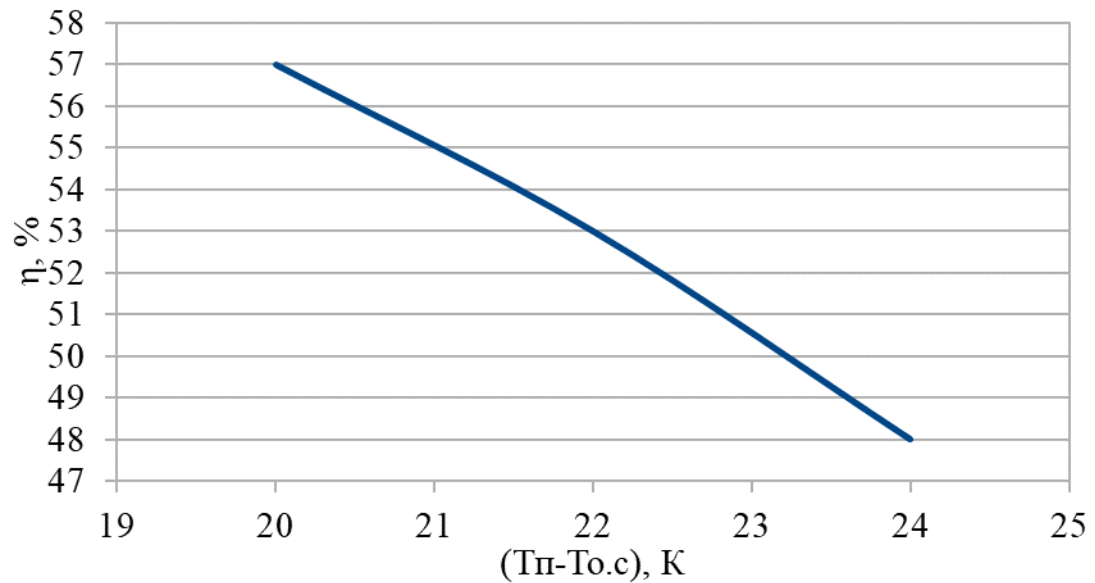


Рисунок 2.9 - Залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 413 \text{ Вт/м}^2$

Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 661 \text{ Вт/м}^2$, наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Основні параметри роботи сонячної батареї при інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 661 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{ Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{ К}$	$T_p, \text{ К}$	$Q_{ск}, \text{ Вт}$	$Q_{пов}, \text{ Вт}$	$Q_{втр}, \text{ Вт}$	η
661	289	315	701,403	1077,803	376,4	0,65
	291	315	730,3572		347,4462	0,68
	293	315	759,311		318,4924	0,7

На рисунку 2.10 представлено залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 661 \text{ Вт/м}^2$.

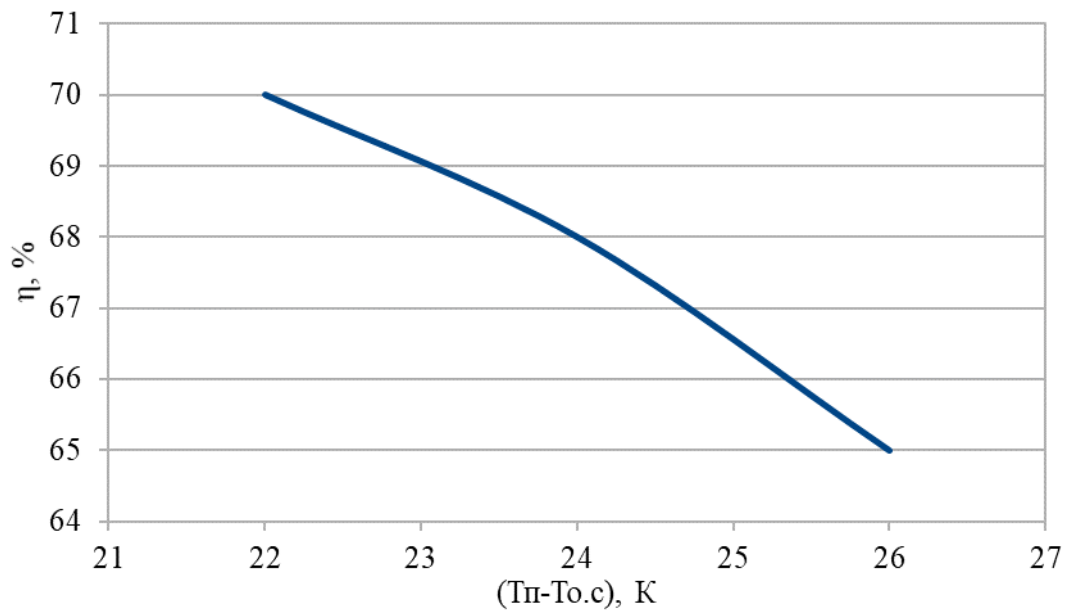


Рисунок 2.10 - Залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 661 \text{ Вт/м}^2$

За аналогією отримуємо данні для інших варіантів інтенсивності штучного випромінювання. Результати, які було отримано для інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 884 \text{ Вт/м}^2$, наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Основні параметри роботи сонячної батареї при інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 884 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{ Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{ К}$	$T_p, \text{ К}$	$Q_{ск}, \text{ Вт}$	$Q_{пов}, \text{ Вт}$	$Q_{втр}, \text{ Вт}$	η
884	289	317	1036,0655	1441,419	405,3538	0,72
	291	317	1065,0193		376,4	0,74
	293	317	1093,9781		347,4461	0,76

На рисунку 2.11 представлено залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 884 \text{ Вт/м}^2$.

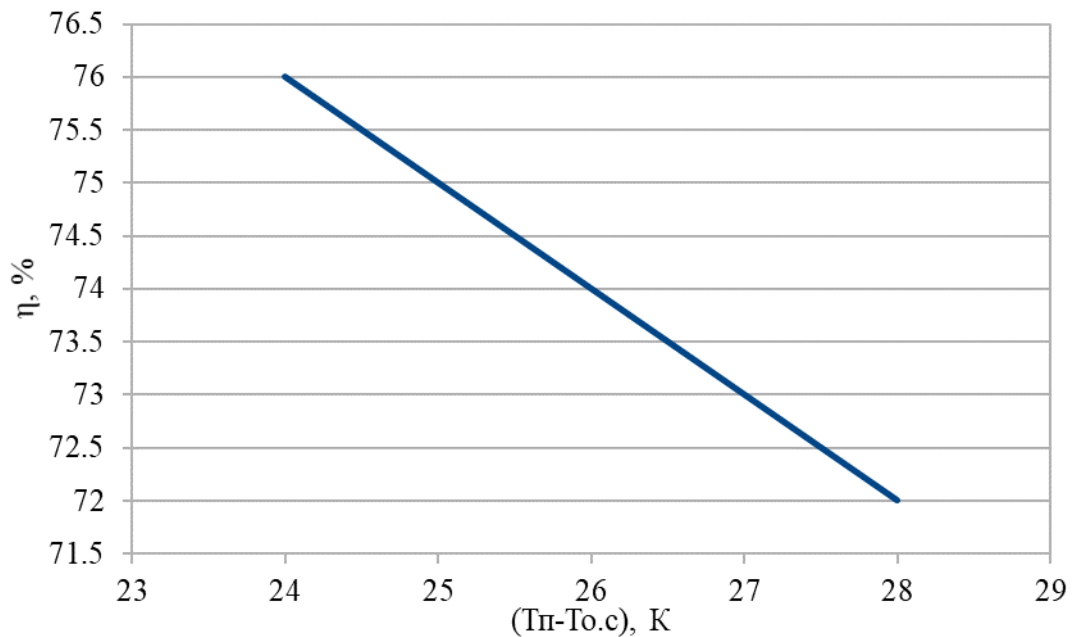


Рисунок 2.11 - Залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 884 \text{ Вт/м}^2$

Результати, отримані для інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 1033 \text{ Вт/м}^2$, наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Основні параметри роботи сонячної батареї при інтенсивності потоку штучного випромінювання $I = 1033 \text{ Вт/м}^2$

$I, \text{ Вт/м}^2$	$T_{o.c}, \text{ К}$	$T_p, \text{ К}$	$Q_{ск}, \text{ Вт}$	$Q_{пов}, \text{ Вт}$	$Q_{втр}, \text{ Вт}$	η
1033	289	319	1249,8588	1684,373	434,3076	0,74
	291	319	1278,8126		405,3538	0,76
	293	319	1307,7664		376,4	0,78

На рисунку 2.12 представлено залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 1033 \text{ Вт/м}^2$.

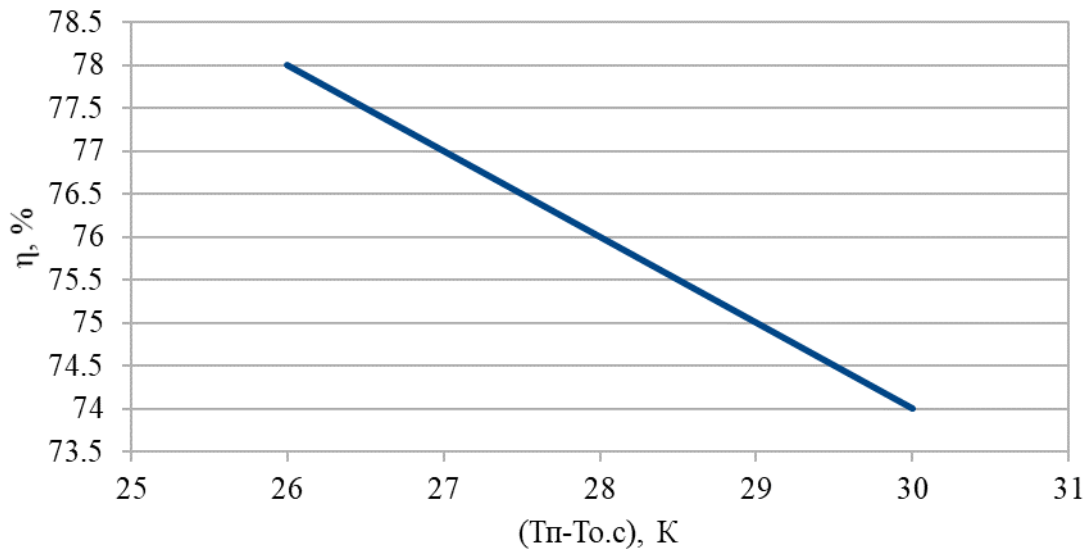


Рисунок 2.12 - Залежність ККД сонячної батареї від різниці температур приймальної поверхні колектора та навколишнього середовища при $I = 1033 \text{ Вт/м}^2$

2.6. Підбір обладнання для системи гарячого водопостачання

Для системи ГВП будинку застосовують установки приготування гарячої води (електричні бойлери), які розміщують у кожній квартирі.

Бойлери повинні відповідати певним технологічним, санітарно-гігієнічними, техніко-економічним, архітектурно-будівельним вимогам.

В даному проекті пропонується встановити настінні установки бойлери фірми «Укрінтерм». Бойлери мають гарантію 3 роки з врахуванням експлуатації по призначенню. Строк експлуатації – не менше 10 років.

Основні технічні параметри бойлерів наведено у таблиці 2.9.

Установки приготування гарячої води мають такі основні функції: приготування гарячої води в необхідній кількості для споживання, підтримання необхідної температури. Основні технічні параметри бойлера «Укрінтерм» наведені у таблиці 2.9 [31].

Таблиця 2.9 - Основні технічні параметри бойлера «Укрінтерм»

Найменування	Величина
Номінальна теплова потужність, кВт	90
Витрата гарячої води, л/хв	30
Максимальна температура води, що нагрівається, °С	60
Температура навколишнього повітря, °С	0-90

Продовження таблиці 2.9

Максимальний тиск води, МПа	1
Напруга електроживлення, В/Гц	220/50
Максимальна електрична потужність, кВт	0,34
Максимальний струм, А	1,38
Габаритні розміри, мм	365x710x928
Маса, кг	30

2.7. Алгоритм реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії по будинку

Для вибору заходів, потрібно застосовувати методи характерних режимів, характерної доби, головних компонентів, гармонік, що домінують, тощо, у яких втрати електроенергії розраховуються за навантаженнями вузлів поза залежністю від перетікань у відгалуженнях. Методи реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат наведені у таблиці 2.10 [32].

Таблиця 2.10 - Методи реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії по будинку

Вид методу	Зміст методу	Економічний ефект методу
Оптимізація місць розмикання ліній напругою 220-380 В із двостороннім живленням	Оптимізацію місць розмикання ліній 220-380 В здійснюють на основі перебирання точок можливого розмикання електричної мережі з оцінюванням зміни втрат, що відбувається внаслідок перенесення навантаження з однієї вузлової ПС на іншу.	Зниження технологічних втрат
Оптимізація ведення режимів роботи основної електричної мережі за напругою	Ведення оптимальних режимів диспетчер може здійснювати відповідно до графіка регулювання, складеного на підставі попередньо проведених прогностичних розрахунків (керування в режимі offline) або в темпі процесу (online) на основі даних, що надходять від системи телевимірювання.	Скорочення затрат часу

Продовження таблиці 2.10

Переведення генератора електростанції у режим синхронного компенсатора	Доцільність такого переведення визначають на основі порівняння зниження втрат електроенергії в електричній мережі за рахунок використання цього джерела і витрат електроенергії на його роботу.	Відносне зниження втрат
Вимкнення трансформаторів (автотрансформаторів) у режимах малих навантажень на підстанціях із двома і більше трансформаторами	Захід виконують у разі, якщо зменшення втрат неробочого ходу перевищує збільшення навантажувальних втрат, що відбувається при цьому.	Збільшення терміну використання устаткування
Оптимізація розподілу навантаження між під'їздами	Зазвичай здійснюють на основі варіантних розрахунків, за сезонних змін навантаження його виконують не менш двох разів на рік.	Фактичне зниження втрат
Рекомендації з вирівнювання добових графіків навантаження споживачів електроенергії	Даний захід пов'язано зі зменшенням складової втрат електроенергії, що залежить від форми графіків навантажень	Економічність розроблення графіків навантажень

Можна сформулювати три окремі цільові функції задачі лінійного програмування щодо розподілу певного обсягу інвестиційних ресурсів між технологічними рішеннями, що забезпечують зменшення втрат електроенергії [32]:

$$\sum_{i=1}^n E_i \times X_i \longrightarrow \max, \quad (2.36)$$

$$\sum_{i=1}^n R_i \times X_i \longrightarrow \max, \quad (2.37)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i \times X_i \longrightarrow \max, \quad (2.38)$$

де X_i – кількість одиниць i -го типу обладнання, що підлягає заміні на нове з метою зменшення рівня втрат при постачанні електроенергії споживачам, од.;

E_i – річна економія технологічних втрат електроенергії у разі заміни одиниці i -го типу обладнання, тис. грн;

R_i – річна економія витрат на позапланові ремонтні роботи у разі заміни одиниці i -го типу обладнання, тис. грн;

M_i – вартість повернених з демонтажу старого обладнання матеріалів, у разі заміни одиниці i -го типу обладнання, тис. грн.

Всі ці три цільові функції підлягають максимізації за умови дотримання наступних обмежень [32]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n P_i \times X_i \leq I \\ \sum_{i=1}^n t_i \times X_i \leq T \\ 0 \times X_i \leq N, i = \overline{1, n} \end{array} \right. , \quad (2.39)$$

де P_i – вартість заміни одиниці i -го типу обладнання на нове, тис.грн;

t_i – трудомісткість заміни одиниці i -го типу обладнання на нове, людино-год.;

N_i – обсяг i -го типу обладнання, яке підлягає заміні на нове, од.;

n – кількість типів обладнання, що підлягає заміні на нове з метою зменшення рівня втрат при постачанні електроенергії споживачам;

I – обсяг інвестиційних ресурсів виділених на модернізацію електромереж на плановий період, тис. грн;

T – максимально можливий фонд робочого часу персоналу у плановому періоді, людино-год.

У цільову функцію введемо два змінні відхилення d_1^- і d_1^+ . Параметр d_1^- є мірою недосягнення відповідної цілі, а параметр d_1^+ – мірою перевищення даної цілі.

При фіксованому індексі j , який відповідає кількості «м'яких» обмежень або кількості часткових цілей у моделі цільового програмування (у нашому випадку $j = 3$) один із коефіцієнтів d_j^- або d_j^+ повинен дорівнювати нулю, так як ціль не може бути не досягнута чи перевиконана одночасно [32].

Таким чином, нова цільова функція задачі цільового програмування полягає у мінімізації загальної девіації від досягнення наших трьох цілей:

$$d_1^- + d_2^- + d_3^+ \rightarrow \min . \quad (2.40)$$

За умови дотримання наступних «м'яких» і «жорстких» обмежень [32]:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n E_i \times X_i + d_1^- - d_1^+ = E_{\max} \\ \sum_{i=1}^n R_i \times X_i + d_2^- - d_2^+ = R_{\max} \\ \sum_{i=1}^n M_i \times X_i + d_3^- - d_3^+ = M_{\max} \end{cases} , \quad (2.41)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n P_i \times X_i \leq 1 \\ \sum_{i=1}^n t_i \times X_i \leq T \\ 0 \leq X_i \leq N, i = \overline{1, n} \\ d_j^- \geq 0, d_j^+ \geq 0. \end{cases} , \quad (2.42)$$

Формуючи цільову функцію ми приймали, що найбільш важливою ціллю для нас є мінімізація рівня втрат при постачанні електроенергії

споживачам. Тому в цільову функцію включено саме параметр d_1^- , який є мірою недосягнення відповідної цілі, щоб мінімізувати його значення. З аналогічних міркувань було включено до цільової функції і параметр d_2^- , оскільки економія витрат коштів на позапланові ремонти має другий пріоритет.

Найнижчий пріоритет присвоюємо цілі максимізації вартості повернених з демонтажу старого обладнання матеріалів, тому що це на відміну від попередніх двох цілей є разові надходження для енергопостачального підприємства, а не щорічні. А отже, в цільову функцію включений параметр d_3^+ , який є мірою перевищення даної цілі. Таким чином, це засвідчує те, що досягнення даної цілі є не найважливішим [32].

2.8. Висновки до другого розділу

В експериментальній частині кваліфікаційної роботи було розроблено проект пропозицій систем опалення та водопостачання житлового будинку з вбудованими приміщеннями. Передбачено двотрубну поквартирну систему тепlopостачання від дахової котельні. Така система економна, оскільки вона найменш металоємна і найбільш прийнята для житлового будинку.

Прокладання трубопроводів у квартирі відбувається у плінтусній системі. Повітря випускається з системи за допомогою спускних кранів, які встановлені на нагрівальних приладах. Створення необхідних параметрів мікроклімату досягається за допомогою підібраного обладнання для системи опалення та гарячого водопостачання.

Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Назва показника	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрах. значення показника	Фактичне значення показника
1	2	3	4	5
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$	–	14158,324	14158,324
В тому числі:				
- стін	$F_{\text{НП}}, \text{м}^2$	–	3731,88	3731,88
- вікон і балконних дверей	$F_{\text{СП}}, \text{м}^2$	–	434,28	434,28
- вхідних дверей	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$	–	29,4	29,4
- покриття	$F_{\text{ПК}}, \text{м}^2$	–	8282,288	8282,288
- горищних перекриттів	$F_{\text{ПКХ}}, \text{м}^2$	–	876,876	876,876
- підлога по ґрунту	$F_{\text{Ц}}, \text{м}^2$	–	1267,28	1267,28
Площа опалювальних приміщень	$F_{\text{н}}, \text{м}^2$	–	8282,288	8282,288
Площа житлових приміщень і кухонь	$F_{\text{лж}}, \text{м}^2$	–	7015,008	7015,008
Розрахункова площа (для громадських будинків)	$F_{\text{лр}}, \text{м}^2$	–	1267,28	1267,28
Опалювальний об'єм	$V_{\text{н}}$	–	24846,864	24846,864
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{\text{СК}}$	–	0,51	0,51
Показник компактності будинку	$\Delta_{\text{к.буд}}$	–	0,57	0,57
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень	$R_{\Sigma \text{ПР}}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$			
- стін	$R_{\Sigma \text{ПРНТ}},$	2,8	2,8	
- вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma \text{ПРСПВ}},$	0,5	0,5	
- вхідних дверей, воріт	$R_{\Sigma \text{ПРД}},$	0,44	0,44	–
- покриття	$R_{\Sigma \text{ПРПК}},$	2,8	2,8	
- горищних перекриттів	$R_{\Sigma \text{ПРГП}},$	3,3	3,3	
-перекриття над технічними підвалами	$R_{\Sigma \text{ПРЦІ}},$	3,5	3,5	
Енергетичні показники				
Розрахункові питомі тепловтрати	$q_{\text{буд}}, \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ [кВт·год/м ³]	51,1 [29,12]	–	–
Максимально допустиме значення питомих тепловтрат на опалення	$E_{\text{max}}, \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ [кВт·год/м ³]	79 [29]	–	–
Клас енергетичної ефективності	–	С	–	–
Відповідність проекту будинку нормативним вимогам	–	відповідає	–	–

Для модернізації системи енергопостачання житлового будинку з вбудованими приміщеннями проведено теплотехнічний розрахунок загальних тепловтрат на 1 м^2 при повному фактичному термічному опорі огорожувальної конструкції $R_{0n}^1 = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а також перераховані тепловтрати будівлі на 1 м^2 при повному фактичному опорі огорожувальної конструкції $R_{0n}^2 = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Згідно результатів розрахунків, при використанні повних фактичних термічних опорів огорожувальної конструкції $R_{0n}^1 = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; $R_{0n}^2 = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ становить:

- при $R_{0n}^1 = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ на 1 м^2 – 50,33 Вт;
- при $R_{0n}^2 = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ на 1 м^2 – 40,3 Вт.

Отже, виходячи з результатів розрахунку можна зробити висновок, що чим більший повний фактичний опір огорожувальної конструкції, тим менші тепловтрати в даній житловій будівлі і тим менше витрачається газу на опалення будинку, а тому вона енергозберігаюча. При зменшенні витрати газу на опалення будинку, зменшуються викиди шкідливих речовин під час спалювання газу, що призводить до зменшення забруднення повітряного басейну.

В даному розділі також розроблено енергетичний паспорт будинку. За результатами можна зробити висновок, що клас енергетичної ефективності будинку – «С».

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

3.1. Техніко-економічне обґрунтування енергоефективної системи опалення

Зіставимо декілька варіантів теплопостачання:

– підключення будинку до централізованої системи теплопостачання, при цьому необхідно врахувати витрати на монтаж теплового пункту і пристрій вузла обліку тепла;

– використати джерело автономного теплопостачання – модульну котельню на базі нагрівальних модулів МН-120. Характеристика об'єкта теплопостачання представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика об'єкта теплопостачання

Найменування	Показник
Площа, м ² :	11249,1
Об'єм, м ³ :	34872,21
Розрахункова зовнішня температура повітря, °С	-21
Тривалість опалювального сезону, доба	159
Річна витрата тепла на опалення, кВт	468
Розрахункова внутрішня температура приміщень, °С	+20

Варіанти джерела теплопостачання. Перший варіант – джерело централізованого теплопостачання – міські теплові мережі.

Другий варіант варіант (пропонований) – автономне, з використанням модульної котельні на базі нагрівальних модулів МН-120. Всього встановлено 4 модулі нагріву МН-120 потужністю по 120кВт кожен при ККД – 90%, виробництва СП «Укрінтерм», м. Біла Церква. Модулі працюють на природному газі за ГОСТ 5542. Потужність існуючої системи 480 кВт.

В паливній системі передбачається встановлення 4 модулів МН-120 в комплексі з автоматикою.

Автоматика забезпечує:

– подачу газу на пальники;

– регулювання заданої температури за котлом.

Відключення газу на модуль відбувається при:

- загасанні полум'я пальника;
- зниженні тяги в димоході;
- підвищенні температури за модулем до аварії;
- відключенні електроживлення модуля.

Порівняльні капітальні витрати на устаткування, монтаж і налагодження систем опалення за двома варіантами зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Порівняльні капітальні витрати

№	Найменування показника	Вартість, грн	
		одиниці	загальна
Перший варіант			
1	Монтаж розвідних тепломереж, м	300	15000
2	Тепловий вузол з управлінням	16500	16500
3	Монтаж теплового вузла	3500	3500
4	Вузол обліку тепла	20000	20000
5	Монтаж вузла обліку тепла	5000	5000
6	Регулятор теплового потоку	24300	24300
7	Випробування і налагодження системи теплопостачання	-	18000
		Всього	102300
Другий варіант			
1	Монтаж системи газопостачання	280	14200
2	Вузол обліку газу та ШГРП	5250	5250
3	Нагрівальний модуль МН – 120	186985	747940
4	Водопом'якшувальна установка	3900	3900
5	Компенсатор об'єму	4895	4895
6	Димоходи	-	1800
57	Газосигналізатор з електромагнітним клапаном	1985	1985
7	Випробування і налагодження системи опалення та вентиляції	-	23000
8	Випробування і налагодження системи газопостачання	-	10000
9	Проект теплопостачання	-	22200
10	Проект газопостачання	-	14255
		Всього	828725

Таким чином, без урахування рівня інфляції та допустивши, що амортизація вартості обладнання буде незмінною протягом кожного року експлуатації, визначимо зниження вартості обладнання за кожний означений рік:

$$\Delta S = \frac{K}{\tau}, \quad (3.1)$$

де K – капітальні вкладення в обладнання, грн (є умовними);
 τ – проектний термін експлуатації, рік.

Тоді, зниження вартості обладнання становить:

$$\Delta S = \frac{828725}{18} \text{ грн/рік.}$$

Приймемо умовні витрати за варіантами джерела тепла:

Капітальні витрати на створення системи тепlopостачання:

– перший варіант – проектована система централізованого тепlopостачання – 102300 грн;

– другий варіант – проектована система автономного тепlopостачання – 828725 грн.

Експлуатаційні витрати систем тепlopостачання:

– перший варіант – 1179408 грн:

– другий варіант – 850041,75 грн.

Всього річна економія від впровадження заходів з енергозбереження складатиме:

$$E_p = Z_1 - Z_2 = 1179408 - 850041,75 = 329366,25 \text{ грн}$$

де Z_1 – витрати на оплату тепла при централізованому тепlopостачанні, грн.;

Z_2 – витрати на оплату тепла при автономному децентралізованому тепlopостачанні, грн.

Термін окупності визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_p} = \frac{828725}{329366} = 2,5 \text{ роки.}$$

де K – капітальні витрати, грн.

3.2. Економічний аналіз доцільності застосування різних методів регулювання роботи системи «відцентрова машина-трубопровід»

Розрахуємо вартість електроенергії для трьох варіантів регулювання. Прийmemo ціну електроенергії 1,68 коп./кВт·год. Прийmemo кількість годин на місяць 720 годин. Враховуючи, що для електродвигуна $\cos\varphi > 0,95$, прийmemo активну потужність, яка дорівнює реактивній. Отримані дані зведемо у таблицю.

Споживання електроенергії в місяць розрахуємо за формулою:

$$C_{міс} = P_{\alpha} \cdot T_{міс}, \quad (3.2)$$

де P_{α} – варіант потужності, кВт;

$T_{міс}$ – кількість робочих годин у місяць, t; $T_{міс} = 720$ годин;

$P_{рец}$ – повна активна потужність, Вт; $P_{рец} = 15,3$ Вт;

$P_{др}$ – потужність дроселювання Вт; $P_{др} = 14,2$ Вт;

$P_{пч}$ – потужність перетворювача частоти Вт; $P_{пч} = 10,2$ Вт.

Тоді споживання електроенергії в місяць за різними варіантами потужності дорівнює:

$$C_{міср} = 15,3 \cdot 720 = 11016 \text{ Вт};$$

$$C_{місд} = 14,2 \cdot 720 = 10224 \text{ Вт};$$

$$C_{місч} = 10,2 \cdot 720 = 7344 \text{ Вт};$$

Вартість споживаної електроенергії за різними варіантами потужності розраховуємо за формулою:

$$Q_{міс} = C_{міс} \cdot Q_{кВт}, \quad (3.3)$$

де $C_{міс}$ – споживання електроенергії у місяць, кВт;

$Q_{кВт}$ – ціна кіловату, грн; $Q_{кВт} = 1,68$ грн.

$$Q_{міср} = 11016 \cdot 1,68 = 18507 \text{ грн};$$

$$Q_{місд} = 10224 \cdot 1,68 = 17176 \text{ грн};$$

$$Q_{місч} = 7340 \cdot 1,68 = 12331 \text{ грн}.$$

Таблиця 3.3 - Вартість електроенергії для трьох варіантів регулювання.

Спосіб регулювання потужності	Споживана потужність, Вт	Кількість електроенергії у місяць, Вт/годин	Ціна електроенергії у місяць, тис. грн
Рециркуляція	15,3	11016	2324,37
Дроселювання	14,2	10224	2157,26
Частотне регулювання	10,2	7344	1549,58

Таким чином, після розрахунку, видно що найбільш економічним методом регулювання потужності є частотне регулювання.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Розгляд і аналіз питань з охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки при роботі персоналу поряд з тепловими установками на нього впливають небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Гігієна праці – галузь профілактичної медицини, що вивчає умови та характер праці, їх вплив на здоров'я, функціональний стан людини, розробляє наукові основи гігієнічної регламентації факторів виробничого середовища і трудового процесу, практичні заходи, спрямовані на профілактику шкідливої і небезпечної їх дії на працюючих [33].

Умови праці – сукупність факторів трудового процесу і виробничого середовища, у якому здійснюється діяльність людини.

Шкідливий виробничий фактор – фактор середовища і трудового процесу, вплив якого на працюючого за певних умов (інтенсивність, тривалість та ін.) може викликати професійне захворювання, тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищити частоту соматичних і інфекційних захворювань, призвести до порушення здоров'я нащадків [33].

Шкідливими виробничими факторами є:

Фізичні фактори [33]:

– мікроклімат: температура, вологість, швидкість руху повітря, теплове випромінювання;

– неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання: електростатичні поля, постійні магнітні поля (в т.ч. геомагнітне), електричні і магнітні поля промислової частоти (50 Гц), електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, електромагнітні випромінювання оптичного діапазону (у т.ч. лазерне та ультрафіолетове);

- іонізуючі випромінювання;
- виробничий шум, ультразвук, інфразвук;
- вібрація (локальна, загальна);
- освітлення – природне (відсутність або недостатність), штучне (недостатня освітленість, пряма і відбита сліпуча блискість, пульсація освітленості).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, деякі речовини біологічної природи, що отримані хімічним синтезом, та/або для контролю яких використовуються методи хімічного аналізу [33].

Біологічні фактори – мікроорганізми-продуценти, живі клітини і спори, що містяться в препаратах, патогенні мікроорганізми.

Фактори трудового процесу [33]:

Важкість праці – характеристика трудового процесу, що відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму (серцево-судинну, дихальну та ін.), що забезпечують його діяльність.

Важкість праці характеризується фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальним числом стереотипних робочих рухів, розміром статичного навантаження, робочою позою, ступенем нахилу корпусу, переміщенням в просторі [33].

Напруженість праці – характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника.

До факторів, що характеризують напруженість праці, відносяться: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Небезпечний виробничий фактор – фактор середовища і трудового процесу, що може бути причиною гострого захворювання, раптового різкого погіршення здоров'я або смерті [33].

Залежно від кількісної характеристики рівнів і тривалості дії окремих шкідливих виробничих факторів можуть стати небезпечними.

Вплив теплових навантажень на організм людини сприяє швидкому стомленню, ослабленню, зниженню опірності організму до захворювань, теплових ударів, катаракті.

Висока температура поверхонь обладнання є причиною опіків.

Підвищений рівень шуму на робочих місцях робить шкідливий вплив на людину: притуплює зір, порушує діяльність серцево-судинної системи (підвищується внутрішньочерепний і кров'яний тиск, можливо розлад серцевого м'яза); діяльність центральної нервової системи (страждає кора головного мозку, сповільнюються психічні реакції, послаблюється увага); діяльність травної, кровоносної систем, слухового апарату. Значною мірою може розвинути тугухість та в кінцевому разі привести до повної втрати слуху. Вплив вібрації на людину може привести до розладу центральної нервової системи, органів чуття та опорно-рухової системи.

Постійний вплив вібрації призводить до професійного захворювання – вібраційної хвороби. Вібрація і високий тиск дуже швидко зношують обладнання, в тому числі, знос сальників на засувках трубопроводів гарячої води і газопроводах, призводить до виникнення свищів гарячої води і як наслідок можливість отримання опіків, і до витoku природного газу, що призводить до отруєння персоналу, а зрештою до вибуху.

Обертіві механізми можуть призвести до травм персоналу, робоче місце якого знаходиться в безпосередній близькості від них.

Фізичні та нервово-психологічні навантаження призводять до помилок персоналу при експлуатації котлів.

Залежно від співвідношення рівнів небезпечних і шкідливих факторів і гранично допустимих рівнів умови праці по ступеню шкідливості й безпеки діляться на чотири класи [34]:

1 клас – оптимальні умови праці – такі умови, при яких зберігається не лише здоров'я працюючих, а й створюються передумови для підтримання

високого рівня працездатності. Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих факторів встановлені для мікроклімату і факторів трудового процесу. Для інших факторів за оптимальні умовно приймаються такі умови праці, за яких несприятливі фактори виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих за безпечні для населення.

2 клас – допустимі умови праці – характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу на стан здоров'я працюючих та їх потомство в найближчому і віддаленому періодах.

3 клас – шкідливі умови праці – характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи і здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого та/або його потомство.

Шкідливі умови праці за ступенем перевищення гігієнічних нормативів та вираженості можливих змін в організмі працюючих поділяються на 4 ступені [34]:

1 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які, як правило, викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту з шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я;

2 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення, призводять у більшості випадків до зростання виробничо-обумовленої захворюваності, появи окремих ознак або легких форм професійної патології (як правило, без втрати професійної

працездатності), що виникають після тривалої експозиції (10 років та більше);

3 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які призводять, окрім зростання виробничо-обумовленої захворюваності, до розвитку професійних захворювань, як правило, легкого та середнього ступенів важкості (з втратою професійної працездатності в період трудової діяльності);

4 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні призводити до значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, а також до розвитку важких форм професійних захворювань (з втратою загальної працездатності);

4 клас – небезпечні (екстремальні) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких протягом робочої зміни (або ж її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень.

4.2. Заходи з поліпшення умов праці

Захист від теплового випромінювання: модульні котли, трубопроводи, підігрівачі є джерелом надлишкових виділень тепла. В цілях профілактики теплових травм, температура зовнішніх поверхонь технологічного обладнання або огорожувальних його конструкцій повинна мати теплову ізоляцію.

В котельній є годинник і телефон для зв'язку з технічними службами. В котельню не мають доступу особи, що не відносяться до експлуатації котлів і устаткування котельної. В необхідних випадках сторонні особи можуть

потрапити в котельню тільки з дозволу власника і у супроводі його представника.

Для управління роботою, забезпечення безпечних умов і розрахункових режимів експлуатації котли оснащені [35]:

- пристроями, що захищають від підвищення тиску;
- запобіжний клапан, встановлений на барабані; два запобіжних клапана, встановлені на пароперегрівачі;
- рівнемірами-показниками рівня води;
- манометрами;
- приладами для вимірювання температури середовища
- запірною і регулюючою арматурою;
- приладами безпеки;
- живильними пристроями.

Засоби захисту від вібрації [35]:

- використання дистанційного керування;
- вібропоглинання;
- віброізоляція;
- якісний монтаж;
- проведення своєчасних ремонтів.

До засобів індивідуального захисту від вібрації відноситься: застосування рукавичок, віброзахисних прокладок, спеціального взуття, килимів. Також необхідне дотримання раціонального режиму праці і відпочинку.

4.3. Виробнича санітарія

Заходи з виробничої санітарії забезпечують раціональне влаштування і використання систем опалення, освітлення і вентиляції, забезпечують оптимальні умови праці.

Оператори щита управління виконують роботу з енерговитратами організму 100...150 ккал/г. Це робота виконується стоячи, сидячи або пов'язана з ходьбою, що не вимагає систематичної фізичної напруги або підняття і перенесення тягарів [36].

Метеорологічні умови (температура повітря, вологість і швидкість руху повітря), з урахуванням категорії робіт наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Оптимальні значення параметрів метеорологічних умов

Приміщ.	Категорія навантаження роботи	Відносна вологість повітря, %	Температура повітря, °С		Швидкість руху повітря, м/с	
			Холодний період	Теплий період	Холодний період	Теплий період
Щит управління	Легка	40-60	20-23	22-25	0,2	0,3

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату передбачена система вентиляції і опалювання.

Для котельного відділення опалювання не передбачається, оскільки підтримка необхідних температур повітря відбувається за рахунок наявних надлишків теплоти при роботі котельного агрегату. В котельному залі застосовується природна вентиляція з витягом повітря з верхньої зони за рахунок підсосів повітря в газоповітряний тракт котельного агрегату.

В приміщенні щитів управління передбачена штучна припливна вентиляція з подачею повітря і очищенням повітря від пилу [37].

При освітленні виробничих приміщень використовується природне освітлення, штучне і суміщене. У виробничих приміщеннях природне освітлення бічне, одностороннє. Штучне освітлення здійснюється газорозрядними лампами і лампами розжарювання. Також передбачено аварійне та евакуаційне освітлення [37].

Аварійне освітлення роблять для продовження роботи в тих випадках, коли раптове відключення робочого освітлення не дозволяє нормально обслуговувати устаткування. Якнайменша освітленість робочих поверхонь, що вимагають обслуговування при аварійному режимі, повинна складати 5%

від загальної освітленості, але не менше 2 лк всередині будівлі і не менше 1 лк на території. Для аварійного і евакуаційного освітлення застосовують лампи розжарювання [38].

Підлягають обов'язковому устаткуванню аварійним освітленням наступні місця: 1) фронт котельних модулів; 2) щит і пульт управління; 3) водовказівні і вимірювальні прилади; 4) устаткування водопідготовки; 5) майданчики і сходи.

Евакуаційне освітлення передбачається для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення, в місцях небезпечних для проходження людей: уздовж основних проходів приміщень, в проходах між котлам [39].

Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати якнайменшу освітленість в приміщеннях на підлозі основних проходах і на рівнях не менше 0,5 лк, а на відкритих територіях – не менше 0,2 лк. Вхідні двері повинні бути позначені світловими сигналами-показчиками. За неробочого часу, співпадаючого з темним часом доби необхідно забезпечити охоронне освітлення. За відсутності спеціальних технічних засобів охорони воно повинно бути 0,5 лк [39].

4.4. Електробезпека

Блокові трансформатори і трансформатори власних потреб розташовані уздовж фасадної стіни котельного приміщення. У котельній розміщено таке устаткування: електроспоживачі на напругу 380/220В, що живляться від мережі з глухозаземленої нейтраллю (двигуни насосів, вентиляторів, димососів, засувки, тощо). По небезпеці електротравматизму котельне відділення відноситься до 3-ої категорії приміщень («особливо небезпечні»), оскільки присутні два чинники небезпеки: струмопровідна підлога і можливість одночасного дотику до корпусу електроспоживачів і металоконструкцій що мають контакт із землею. Все електротехнічне

устаткування, апаратура, кабелі і дроти, розподільні пристрої всіх видів і напруги по своїх номінальних параметрах задовольняють умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапруженнях, перевантаженнях.

Всередині приміщення вбудованої котельні по периметру приміщення виконаний контур заземлення, до якого підключається все електроустаткування. Внутрішній контур заземлення в двох місцях підключається до існуючого зовнішнього контуру заземлення. Прилади забезпечені запобіжниками, що забезпечують розрив ланцюга живлення при коротких замиканнях або перевантаженні мережі. При проведенні ремонтних і монтажних робіт в котельному цеху, персоналом використовуються засоби індивідуального захисту (гумові рукавиці, інструменти з ізольованими ручками тощо) [40].

Для відведення природних електричних розрядів застосовуються громовідводи. Громовідвід є конструкцією з трьох основних складових: приймача блискавки, струмовідводу та контуру заземлення. Основний удар на себе приймає перша частина громовідводу, після чого пройшовши по струмовідводу, електричний розряд йде по заземленню в землю [40].

Антенний вид громовідводу є найпоширенішим. Конструктивно такий громовідвід являє собою металевий стрижень, який закріплюється в найвищій точці даху. Струмовідводом, що з'єднує стрижень із заземленням, служить металевий трос. Такий вид громовідводу здатний захистити площу, рівну основі конуса, вершина якого знаходиться вище на 80 см від точки громовідводу, з бічними гранями, створює кут з вертикаллю приблизно 50° [40].

Будівля котельні захищена від ударів блискавки громовідводом, що складається з опори димаря, блискавкоприймача, струмопроводу і заземлення. Тип зони захисту А.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній магістерській роботі було проаналізовано необхідність впровадження заходів з енергозбереження та енергоефективності в житловому секторі. Серед галузей національної економіки України значна частина потенціалу енергозбереження припадає на житлово-комунальний сектор. Оскільки побутовий сектор має високий потенціал до зменшення споживання енергоресурсів, то підвищення енергоефективності у житловому секторі можливе та необхідне. Постійне зростання вартості енергоресурсів та незадовільний стан житлово-комунального господарства обумовлює актуальність пошуку шляхів управління енергоспоживанням та підвищення енергетичної ефективності будівель.

На даний момент житловий фонд України має достаньно низький рівень енергоефективності. Сучасні програмні продукти, регулярний моніторинг та аналіз даних дозволить оцінити енергетичні характеристики, спрогнозувати рівень енергоспоживання та прийняти рішення щодо підвищення ефективності енерговикористання. В м. Запоріжжі цим займається ТОВ ЕСКО «Екологічні Системи».

Зношеність систем теплопостачання, є досить гострою проблемою, оскільки тепловтрати при транспортуванні тепла не лише лягають на плечі користувачів послугами, але й знижують потенціал тепла, що негативно впливає на умови комфорту. Підвищення тарифів на гаряче водопостачання (ГВП), постійні аварії і як результат відключення гарячого водопостачання, призводять до того, що все більше і більше споживачів обирають індивідуальне ГВП. Для вирішення цих проблем у роботі виконано розрахунки системи опалення та гарячого водопостачання житлового будинку.

Виконано аналіз існуючих технічних рішень у системі опалення та гарячого водопостачання; оцінка ефективності системи опалення, водопостачання.

Розглянуто алгоритм реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії по будинку. Визначено та обґрунтовано вибір систем опалення та гарячого водопостачання; здійснено розрахунок та вибір радіаторів, установок приготування гарячої води та циркуляційних насосів. Запроектвану систему опалення передбачено для забезпечення нормованих показників температур в житловій будівлі та підтримання їх незалежно від змін температури зовнішнього повітря.

Серед наведених варіантів проектування систем опалення в багатоповерхових житлових будинках, зваживши всі переваги та недоліки розглянутих систем, на нашу думку, найефективнішою та перспективнішою на сьогоднішній день є горизонтальна двотрубна поквартирна система опалення. Пропонується встановити сталеві панельні радіатори DELTA.

Для забезпечення циркуляції теплоносія при незалежній системі теплопостачання використовується три циркуляційні насоси ВВН2-50. Проведено розрахунок варіантів регулювання частоти обертання двигунів насосів. Менше всього електроенергії споживається при регулюванні методом частотного регулювання.

Експериментальним шляхом було проаналізовано вплив інтенсивності потоку сонячного світла на коефіцієнт корисної дії сонячної батареї.

Розглянуто алгоритм реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії по будинку.

Розроблено енергетичний паспорт будинку. За результатами зроблений висновок, що клас енергетичної ефективності будинку – «С».

Розроблено техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів, що підтверджує доцільність обраного обладнання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Болтенкова Ю.М., Башлій С.В. Дослідження та модернізація системи енергопостачання житлового будинку. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 24-26 с.

2. Болтенкова Ю.М., Левченко С.А. Формування системи виявлення та уникнення втрат електроенергії. *Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів*. Запорожжє: ІННІ ЗНУ, 2020. С. 120.

3. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>.

4. Офіційний веб-сайт Запорізької обласної державної адміністрації.
URL: <https://www.zoda.gov.ua/article/2282/neobhidnist-vprovadzhennya-zahodiv-z-energozberezhennya-ta-energoefektivnosti-v-zhitlovomu-sektori-ta-mehanizm-jih-derzhavnoji-pidtrimki.html>.

5. Офіційне видання державної фіскальної служби України. *Вісник*.
URL: <http://www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/7773>.

6. Щербініна С.А. Організаційно-економічні засади забезпечення енергоефективності житлового сектора України : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.03/ С.А. Щербініна. Полтава, 2020. 236с. URL: https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/main/page/specializovani-vcheni-radi/4405203/ShcherbininaSA/Shcherbinina_disser.pdf.

7. Система енергоефективності в Україні. Проект до обговорення. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf>.

8. Giacomo Di Foggia Energy efficiency measures in building for achieving sustainable development goals. *Heliyon*. 2018. Vol. 4, Issue 11.

9. Офіційний веб-сайт міністерства розвитку громад та територій України. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/pro-neobhidnist-vprovadzhennya-energoefektyvnyh-zahodiv-rozyasnennya-minregionu/>.
10. Офіційний сайт ТОВ «ЛІГА ЗАКОН». URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN41650>.
11. Гурєєв М. В. Оцінювання рівня споживання енергії багатоквартирного будинку на основі динамічного моделювання при енергоефективній модернізації : магістерська дис. : 144 Теплоенергетика / Гурєєв Максим Вячеславович. Київ, 2019. 135 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32104/1/Gureiev_magistr.pdf.
12. Державні будівельні норми. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiya-budivel.pdf>.
13. Енергетична бідність: Проблеми та підходи в ЄС та Україні. *Енергетичні реформи*. URL: <http://dixigroup.org/storage/>.
14. ДСТУ Б А.2.2-12:2015: Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 140 с.
15. Мельнікова К.І. Методи та засоби управління енергоспоживанням у багатоквартирній будівлі у місті Києві: магістерська дис. : 144 Теплоенергетика / Мельнікова Катерина Ігорівна. Київ, 2019. 94 с.
16. Офіційний сайт ТОВ ЕСКО «Екологічні Системи». URL: <https://www.ecosys.com.ua/about/goals.html> (дата звернення: 03.06.2021).
17. Мосейчук В.В. Українська національна ідея. Тернопіль-Львів: Вид-во Мосейчука В.В., 2007. 80 с.
18. Офіційний веб-сайт державної служби статистики. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

19. Дослідження ринку. Житловий сектор України: правові, регуляторні, інституційні, технічні та фінансові аспекти: фінальний звіт. URL: <http://www.teplydim.com.ua/static/>.

20. Голубенко О.О. Оцінювання рівня споживання енергії багатоквартирного будинку на основі динамічного моделювання при енергоефективній модернізації: магістерська дис. : 144 Теплоенергетика / Голубенко Олександр Олександрович. Київ, 2019. 134 с.

21. Сиваченко О.А. Покращення теплотехнічних характеристик навчального корпусу № 17 КПІ ім. Ігоря Сікорського з метою підвищення його енергоефективності: магістерська дис. : 144 Теплоенергетика / Сиваченко Олексій Анатолійович. – Київ, 2020. – 134 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32104/1/Syvachenko_magistr.pdf (дата звернення: 15.06.2021).

22. Електронна бібліотека нехудожньої літератури з російської та світової історії, мистецтва, культури, прикладних наук. URL: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-144-4/89.htm>.

23. Реферати, курсові та дипломні роботи, дисертації, доповіді, підручники, твори. URL: https://ua-referat.com/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B6_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.

24. Твори, лекції, підручники, звіти. URL: <https://ukrbukva.net/page,7,15564-Montazh-dvuhtrubnoiy-sistemy-otopleniya.html>.

25. Міжнародний портал з енергозбереження. URL: <https://patriot-nrg.com/content/energozberezhennya-v-bagatokvartyrnomu-budynku> (дата звернення 13.06.2021).

26. Бердишев, М. Ю. Прикладні питання тепломасообміну: навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА спец. 7.090510 і 8.090510 «ТЕ» всіх форм навчання : навч. Посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. - 134 с.

27. Навчальна інформація для українських студентів. URL: http://ni.biz.ua/16/16_9/16_90055_sistemi-vodyanogo-otopleniya-s-radiatorami.html.

28. Офіційний сайт компанії «Світ радіторів». URL: <https://www.radiator.in.ua/delta.html> (дата звернення 20.10.2021).

29. Осипова Л.Ю. Електричні машини: Методичні вказівки до виконання лабораторного практикуму: Для студ. ЗДІА спец. 7.000008 «ЕМ» усіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 46 с.

30. Офіційний сайт компанії «Сонячні системи». URL: <https://solarsystem.com.ua/shho-take-sonyachna-energetyka-chy-potribna-vona-ukrayini/>.

31. Офіційний сайт компанії «Укрінтерм» ». URL: <https://ukrinterm.com.ua/tovari/16/>.

32. Балушок Н.В., Левченко С. А. Застосування цільового програмування з метою зниження втрат електричної енергії. URL : http://www.zgia.zp.ua/gazeta/nkvprktkontm3_111.pdf.

33. Закон України «Про охорону праці».

34. Тисячі рефератів, курсових та дипломних робіт. URL : https://www.yaneuch.ru/cat_56/aktualn-problemi-ggni-prac/296157.2355237.page1.html

35. Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Двадцять першої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 344 с. http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/05/LeksOPG_6-9_TEF.pdf

36. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред.

К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. Київ: Основа, 2006. 448 с. URL: <https://www.academia.edu/17664977/Ohorona-Posledniy>.

37. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу «Охорона праці в галузі» / Укладачі: Яскілка В.Я., Олійник М.З. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. 80 с. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17890/1/Metodychka_14_%28Vidnovleno%29.pdf

38. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Харків: ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с. URL: <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf>.

39. Нормативно-правова бібліотека. URL: https://dnaop.com/html/2032_8.html.

40. Офіційний сайт «Інбуд Сервіс». URL: <http://ivbud.com/news?start=360>.

Додаток А

Демонстраційні матеріали до магістерської роботи
«Дослідження можливості підвищення ефективності системи
енергопостачання житлового будинку»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізький національний університет

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

***на тему: Дослідження можливості
підвищення ефективності системи
енергопостачання житлового будинку***

Виконала: студентка гр. 8.1410

Болтенкова Ю.М.

Науковий керівник: к.т.н., доц., Башлій С.В.

Запоріжжя, 2021

Актуальність теми

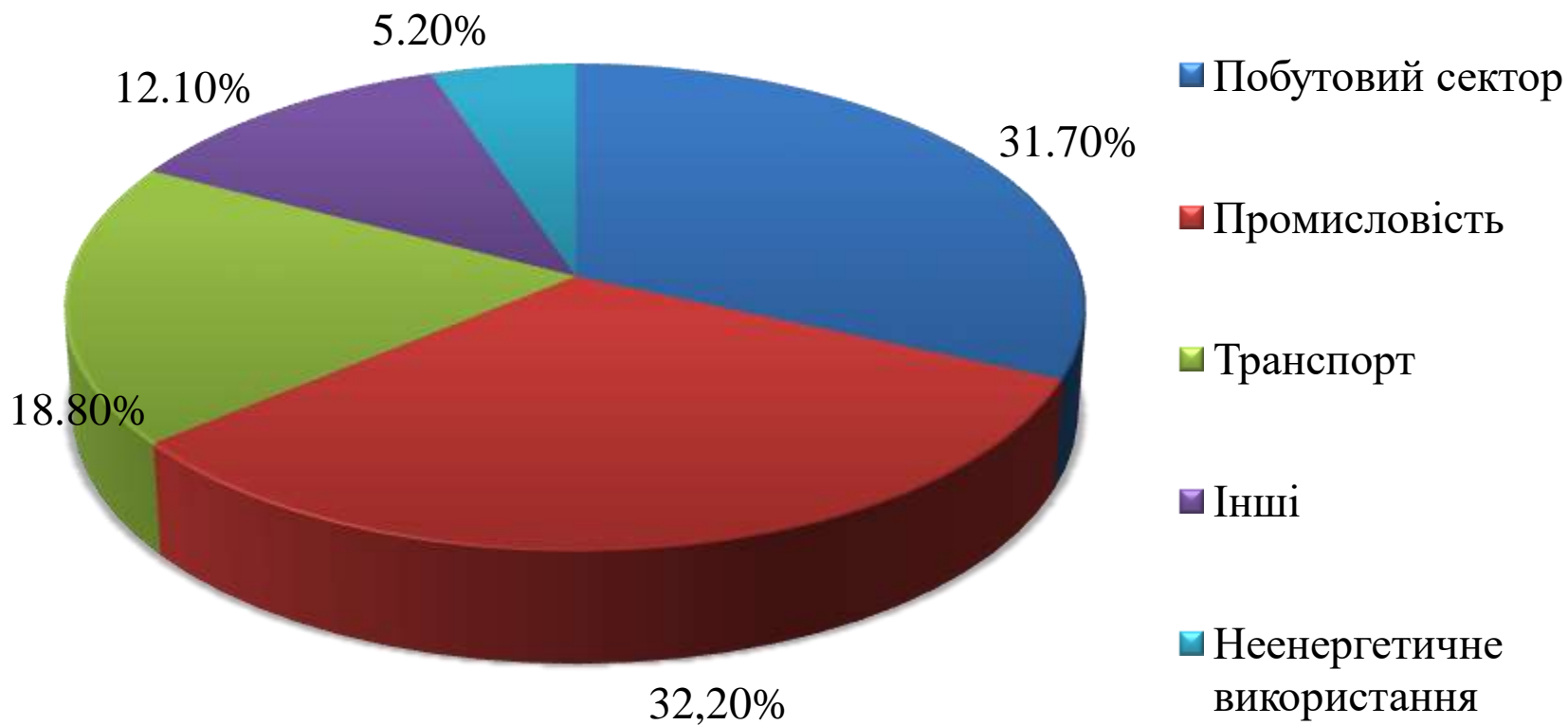
Оскільки більше ніж 30% від загального споживання енергоресурсів в Україні припадає на житловий сектор, він є одним із найбільших споживачів енергії й відповідно має найбільший потенціал енергоефективності, обумовлений значною часткою житлового фонду, що потребує термомодернізації та оновлення.

Мета та завдання дослідження

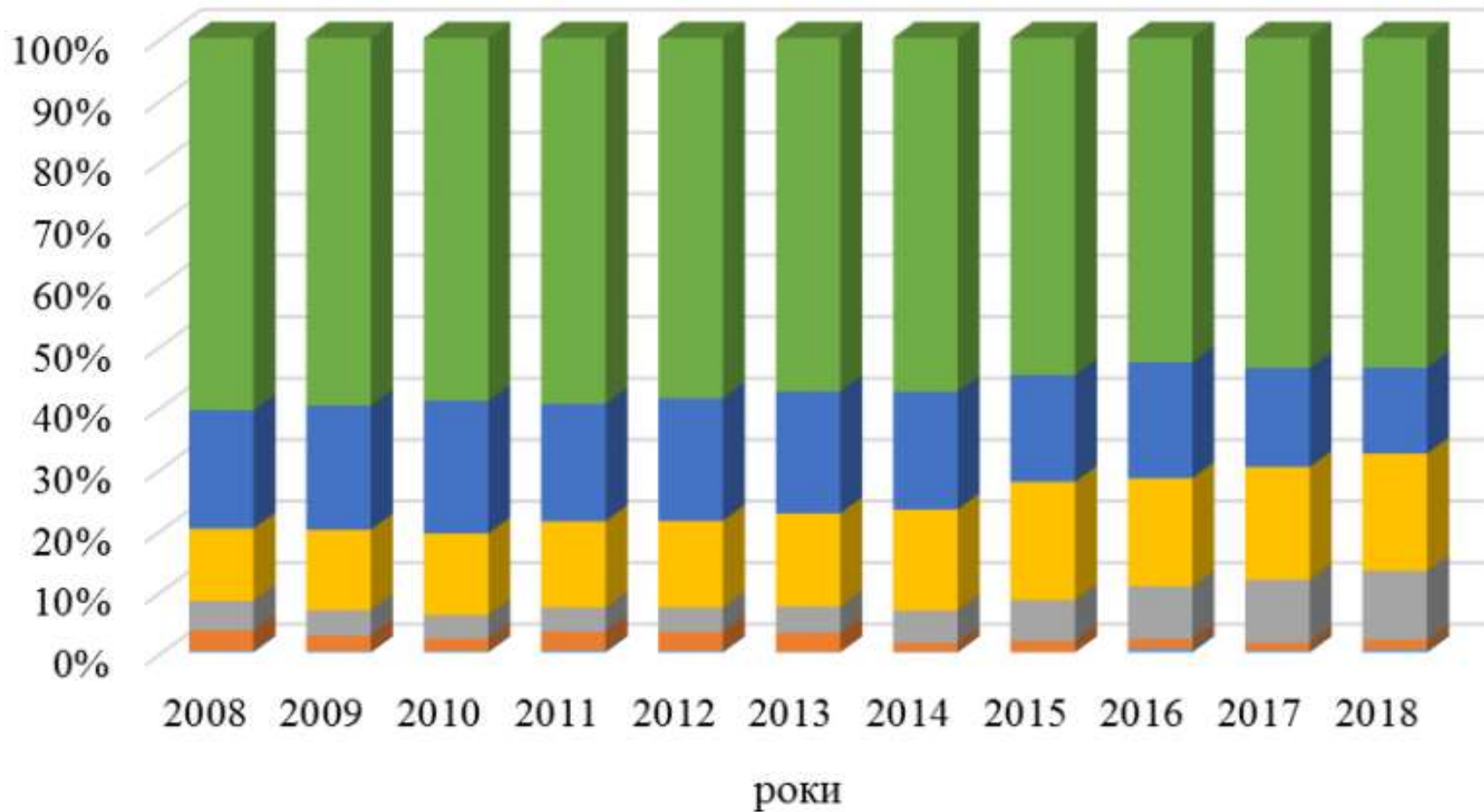
Мета Підвищення енергоефективності існуючого житлового фонду за рахунок модернізації системи енергопостачання житлових будинків.

Для реалізації поставленої мети було вирішено наступні **завдання**:

- проаналізувати необхідність впровадження енергозберігаючих заходів в житловому секторі;
- навести важливість проведення енергоаудиту житлових будинків;
- визначити та обґрунтувати вибір даного типу систем опалення та гарячого водопостачання;
- здійснити розрахунок та вибір радіаторів, установок приготування гарячої води та циркуляційних насосів;
- розглянути алгоритм реалізації системи альтернативних рішень щодо зниження втрат електроенергії по будинку;
- розробити техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.



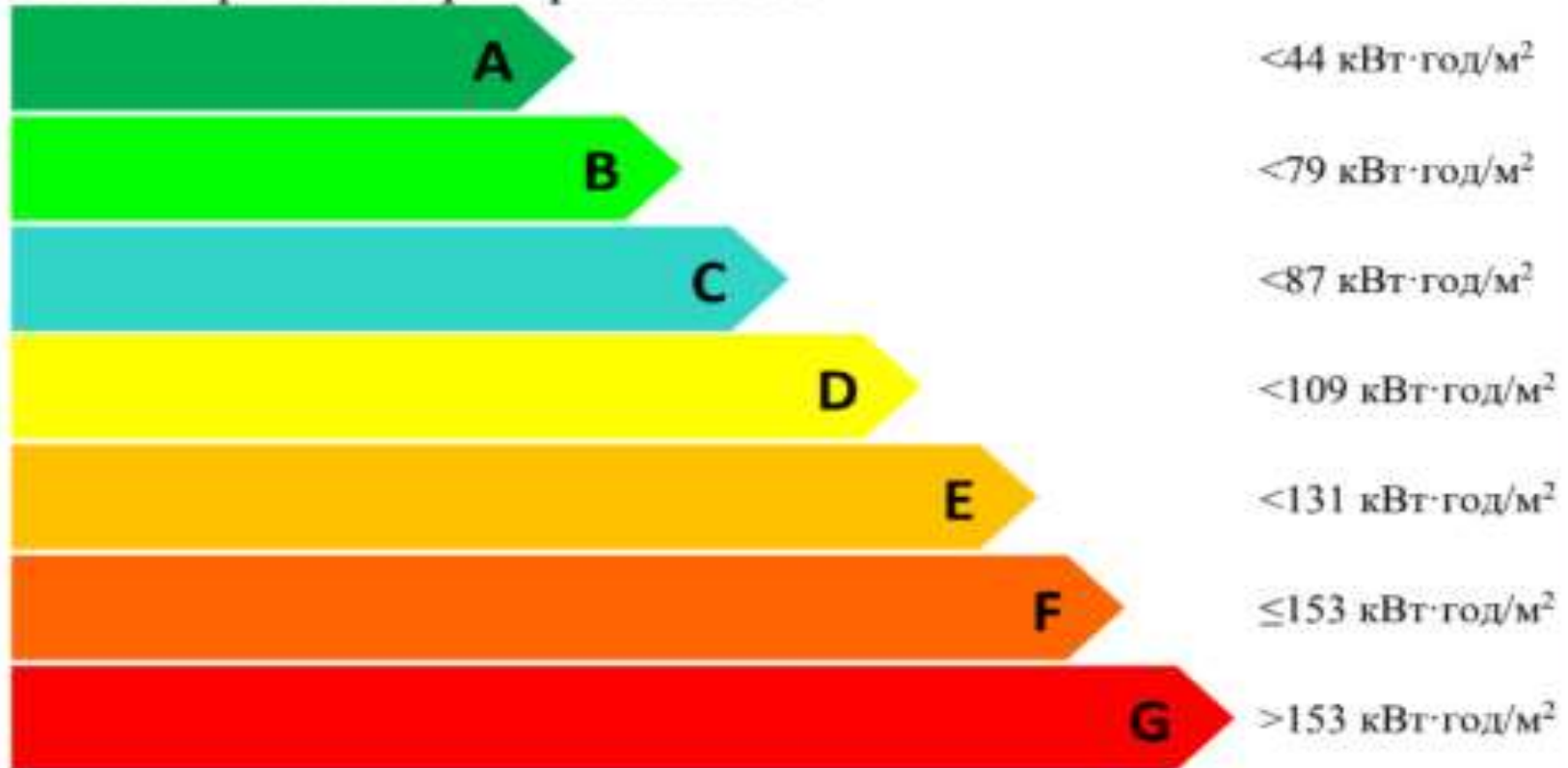
Структура кінцевого споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні в 2018 році



Структура споживання палива та енергії побутовим сектором в Україні

Шкала класів енергетичної ефективності

Високий рівень енергоефективності



Низький рівень енергоефективності

Шкала класів енергетичної ефективності житлових будівель



ТОВ ЕСКО «Екологічні Системи»

Місія компанії – пошук та впровадження нових енергоефективних технологій та дбайливого ставлення до навколишнього середовища. Розвиваючи це, можливо протидіяти енергетичній кризі, зміні клімату та забрудненню навколишнього середовища.

Опори теплопередач захисних конструкцій

Найменування	Значення опору теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Зовнішня стіна	2,8
Підлога	3,5
Стеля	3,3
Вікно	0,5
Двері	0,44

$$R_{yt} = R_0 - \left(\frac{1}{\alpha_6} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3} \right)$$

$$\eta_g = \eta_p \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_c$$

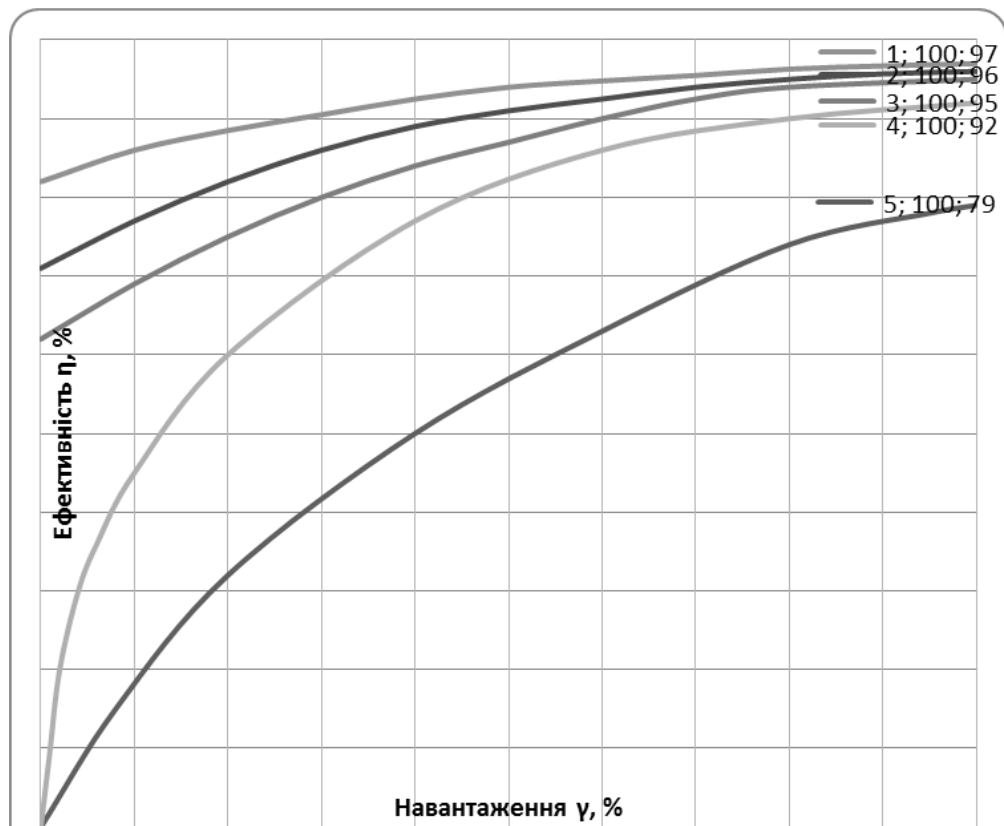
де η_g – загальний коефіцієнт ефективності системи опалення;

η_p – коефіцієнт ефективності установки;

η_d – коефіцієнт ефективності розподілення теплоти;

η_e – коефіцієнт ефективності опалювальних приладів;

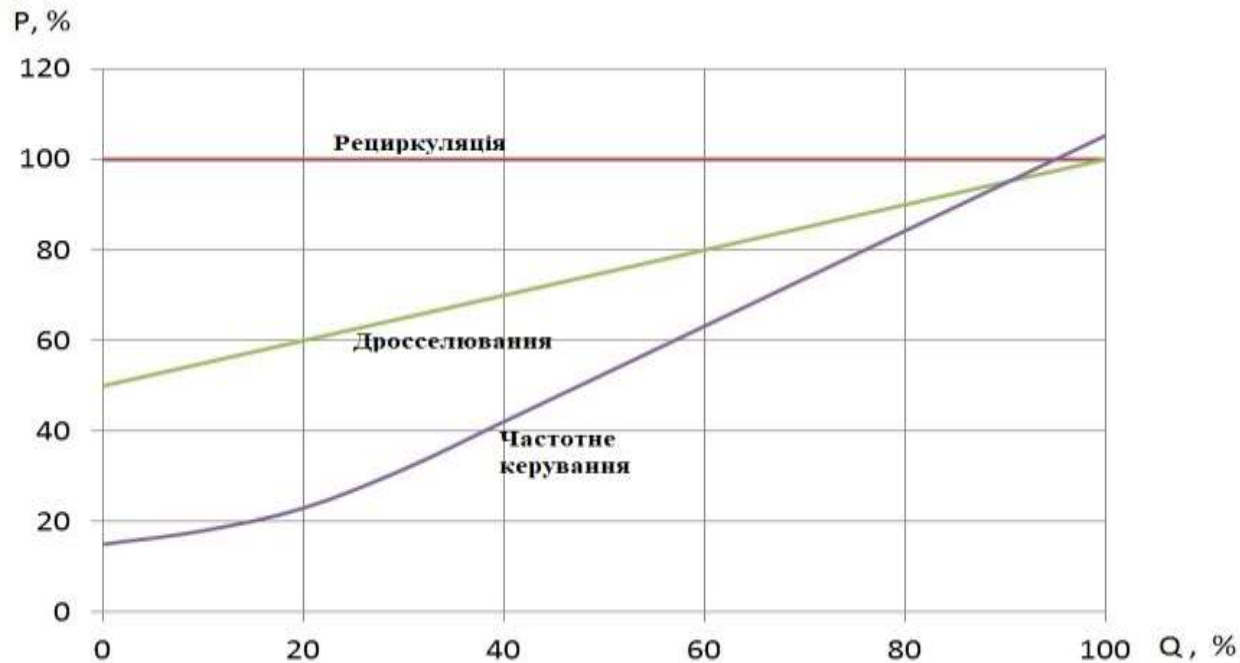
η_c – коефіцієнт ефективності регулятора системи.



- 1 – (регулювання);
- 2 – (опалювальних приладів);
- 3 – (розподілення);
- 4 – (установки);
- 5 – (загальний).

Графік коефіцієнтів ефективності системи опалення

Незалежна система теплопостачання



Графік залежності використання енергії від витрати рідини

Спосіб регулювання потужності	Кількість електроенергії у місяць, Вт/год
Рециркуляція	11016
Дроселювання	10224
Частотне регулювання	7344

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n P_i \times X_i \leq I \\ \sum_{i=1}^n t_i \times X_i \leq T \\ 0 \times X_i \leq N, i = \overline{1, n} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n E_i \times X_i + d_1^- - d_1^+ = E_{\max} \\ \sum_{i=1}^n R_i \times X_i + d_2^- - d_2^+ = R_{\max} \\ \sum_{i=1}^n M_i \times X_i + d_3^- - d_3^+ = M_{\max} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n P_i \times X_i \leq 1 \\ \sum_{i=1}^n t_i \times X_i \leq T \\ 0 \leq X_i \leq N, i = \overline{1, n} \\ d_j^- \geq 0, d_j^+ \geq 0. \end{array} \right.$$

P_i – вартість заміни одиниці i -го типу обладнання на нове, тис.грн;

t_i – трудомісткість заміни одиниці i -го типу обладнання на нове, людино-год.;

N_i – обсяг i -го типу обладнання, яке підлягає заміні на нове, од.;

n – кількість типів обладнання, що підлягає заміні на нове з метою зменшення рівня втрат при постачанні електроенергії споживачам;

I – обсяг інвестиційних ресурсів виділених на модернізацію електромереж на плановий період, тис. грн;

T – максимально можливий фонд робочого часу персоналу у плановому періоді, людино-год.

Приблизні капітальні витрати варіантів теплопостачання

Система централізованого теплопостачання	Система автономного теплопостачання
Капітальні витрати	
102300	828725
Експлуатаційні витрати	
1179400	850040

Приблизні капітальні витрати варіантів регулювання потужності

Спосіб регулювання потужності	Ціна споживаної електроенергії у місяць, грн
Рециркуляція	18506
Дроселювання	17176
Частотне регулювання	12337

Висновки

Серед розглянутих варіантів проектування системи опалення у багатоповерховому житловому будинку, найефективнішою та перспективнішою в даний час є горизонтальна двотрубна поквартирна система опалення.

Для забезпечення циркуляції теплоносія при незалежній системі тепlopостачання використовуються циркуляційні насоси. Менше всього електроенергії споживається методом частотного регулювання.

Для розподілу обсягу інвестиційних ресурсів між рішеннями, що забезпечують зменшення втрат електроенергії при транспортуванні можна сформулювати три цільові функції.

Доповідь завершено! Дякую за увагу!