

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

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

**Кваліфікаційна робота**  
**другий магістерський**  
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз підходів до енергетичного оцінювання ІІ корпусу  
ЗНУ

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1449з  
спеціальності теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

освітньої програми теплоенергетика

(код і назва освітньої програми)


спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Андрій Вікторович Соловйов  
(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., професор Адоньєв Є.О. 

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент доцент, д.т.н. Чейлитко А.О. 

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя  
2021

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

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
«03» березень 2021 року

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

Андрій Вікторович Соловйов

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз підходів до енергетичного оцінювання ІІ корпусу ЗНУ  
керівник роботи Адоньєв Євген Олександрович, д.т.н., професор,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» травня 2020 року № 601-с

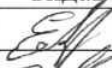

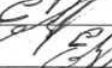

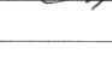

2 Строк подання студентом роботи 01 березня 2021 р.

3 Вихідні дані до роботи м.Запоріжжя,.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Проблеми теплопостачання закладів вищої освіти, Оцінка існуючого стану системи опалення ІІ корпусу Запорізького національного університету, Шляхи модернізації системи опалення ІІ корпусу Запорізького національного університету

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Аксонметрична схема опалення, огорожуючі конструкції будівлі, фотографії інженерних мереж 2 корпусу

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Адоньєв Є.О.	✓ 	
2	Адоньєв Є.О.	✓ 	
3	Адоньєв Є.О.	✓ 	


7 Дата видачі завдання 05 травня 2020 р

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Оцінка можливостей знаження використання енергетичних ресурсів існуючої забудови України	25.05.2020	
2	Аналіз підходів до енергетичного оцінювання II корпусу ЗНУ	25.10.2020	
3	Аналіз економічної доцільності	25.12.2020	
4	Оформлення пояснювальної записки	01.02.2020	
5	Підготовка презентації	01.03.2020	


Студент  (підпис)

А.В. Соловійов  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  (підпис)

Є.О. Адоньєв  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер  (підпис)

Ю.М. Каюков  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Соловйов А.В. Аналіз підходів до енергетичного оцінювання ІІ корпусу ЗНУ

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник докт техн. наук, професор Адоньєв Є.О. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2021.

В роботі розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності ІІ корпусу ЗНУ. Проаналізований сучасний стан енергоспоживання та проведено енергетичне оцінювання системи тепlopостачання корпусу. Запропоновано перелік заходів для зниження використання енергетичних ресурсів Запорізьким національним університетом.

Ключові слова: енергоаудит, підвищення енергетичної ефективності будівлі, огорожуючі конструкції, інженерні мережі, ЗНУ.

## ABSTRACT

Solovyov A.V. Analysis of approaches to energy evaluation of ZNU II building.

Qualification graduation work for the degree of higher education of master's degree in specialty 144 - Thermal power engineering, scientific supervisor doct. of Sciences, Professor Adonyev E.O. Zaporizhzhya National University. Engineering Educational and Scientific Institute. Department of Thermal Power and Hydropower, 2021.

The issue of increasing the energy efficiency of the II building of ZNU is considered in the work. The current state of energy consumption and the implementation of the energy system for assessing the heat supply of the building

are analyzed. A list of measures to reduce the use of energy resources by Zaporizhia National University is proposed.

Keywords: energy audit, increase of energy efficiency of the building, enclosing constructions, engineering networks, ZNU.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ІСНУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ УКРАЇНИ .....	9
1.1 Проблеми теплопостачання закладів вищої освіти .....	9
1.2 Визначення та цілі енергетичного аудиту .....	11
1.3 Оцінка існуючого стану системи опалення II корпусу Запорізького національного університету .....	13
1.4 Шляхи модернізації системи опалення II корпусу Запорізького національного університету .....	19
2. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ II КОРПУСУ ЗНУ .....	31
2.1 Природно – кліматична характеристика району забудови .....	32
2.2 Склад будівельних елементів зовнішніх огорожень .....	33
2.3 Визначення тепловтрат через огорожуючі конструкції .....	34
2.4 Підбір обігрівальних приладів для системи опалення .....	41
2.5 Моделювання гідравлічного режиму системи опалення .....	43
2.6 Система гарячого водопостачання .....	45
2.7 Витрата води для даної системи .....	53
2.8 Оцінка надійності та довговічності .....	56
2.9 Обґрунтування енергозбереження .....	58
3 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ .....	63
ВИСНОВКИ .....	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	81

## ВСТУП

*Актуальність роботи.* Проблема забезпечення енергоресурсами є одним з найбільш гострих питань сучасного світу. Економіка будь-якої країни заснована на імпорті та експорті енергоносіїв, тому їх раціональне використання - пріоритетна мета держави на всіх рівнях.

На сьогоднішній день Україна цілком залежить від поставок газу і нафти ззовні. Їх економія це основний фактор добробуту всієї країни в цілому і кожного її громадянина зокрема.

Теплопостачання є великою галуззю народного господарства. Досить сказати, що на потреби теплопостачання щорічно витрачається 25 % усього виробленого палива. В умовах обмежених паливних ресурсів раціональне і економне їх витрачання є завданням державної важливості. Значна роль у вирішенні цього завдання відводиться централізованому теплопостачанню та теплофікації, які тісно пов'язані з електрифікацією і енергетикою.

Централізоване теплопостачання засноване на використанні великих районних котелень, які характеризуються значно більшими ККД, ніж дрібні опалювальні установки. Теплофікація, тобто централізоване теплопостачання на базі комбінованого вироблення тепла та електроенергії, є вищою формою централізованого теплопостачання. Вона дозволяє скоротити витрату палива до 25 %. При централізованому теплопостачанні дрібні опалювальні установки, які є джерелами забруднення повітряного басейну, ліквідовуються, замість них використовуються великі джерела тепла, газові викиди яких містять мінімальні концентрації токсичних речовин. Таким чином, централізація теплопостачання сприяє охороні навколишнього середовища.

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

*Об'єктом дослідження* є багатоповерхова будівля корпусу Запорізького національного університету.

*Предметом дослідження* є процеси теплообміну в будівлі, як в складній інженерній системі.

*Методи дослідження.* Використано розрахунково-дослідницький метод, заснований на результатах досліджень і експлуатаційних даних.

*Особистий внесок здобувача.* Теоретичні дослідження виконанні безпосередньо автором спільно із співробітниками Запорізького національного університету.

*Апробація роботи.* Результати роботи представлені на загальноуніверситетській конференції «Молода наука» 2020.

*Об'єм та структура роботи.* Дипломна робота складається зі вступу, розділів, загальних висновків, списку літератури із 50 джерел. Загальний об'єм роботи становить 85 сторінки, 21 таблиця.



# 1 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗНАЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ІСНУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ УКРАЇНИ

Централізована система теплопостачання складається з наступних основних елементів: джерела тепла, теплових мереж і місцевих систем споживання - систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Для централізованого теплопостачання використовуються два типи джерел тепла: теплоелектроцентралі і районні котельні [1, 2].

## 1.1 Проблеми теплопостачання закладів вищої освіти

Проблеми нерационального енерговикористання є актуальними в усьому світі, а їх вирішення є складовою ланкою сталого розвитку суспільства, що поєднує екологічну, економічну та соціальну складові та формує основні вимоги до використання ресурсів.

Наразі у всіх галузях народного господарства України велике значення приділяється заходам з енергоефективності, які направлені на ефективне і раціональне використання енергетичних ресурсів. Однак, особливої актуальності ці питання набувають в галузі освіти, оскільки навчальні заклади є не лише споживачами ресурсів (економічна складова), а отже впливають на навколишнє середовище (екологічна складова), а й осередком виховання енергоощадливої свідомості громадян (соціальна складова).

Освіта є основною частиною стійкого розвитку, оскільки це - ключовий елемент його соціального аспекту. Крім того, навчальні заклади є утримувачами матеріальної бази та споживачами енергетичних ресурсів і ці дві складові сталого розвитку (енергетична та економічна) відіграють важливу роль у забезпеченні якості освітніх послуг та підготовці спеціалістів,

що впливатимуть своїми рішеннями і діями на розвиток окремих організацій, підприємств, галузей та країни в цілому.

У цьому аспекті університет має зосереджувати свою увагу на поглибленому вивченні і включенні тематики сталого розвитку до загальних та профільних навчальних дисциплін, а також формальних і неформальних тренінгів, для забезпечення розвитку мислення, орієнтованого на стале майбутнє та необхідність збереження потенціалу нашої екології для наступних поколінь за рахунок значного зменшення антропогенного тиску на природне середовище. Саме тому об'єднання зусиль закладів вищої освіти (ЗВО) для спільного втілення концепції сталого розвитку в життя у сфері освіти є виключно необхідним.

Освіта для сталого розвитку повинна сприяти засвоєнню знань, умінь та переконань, які дають змогу ухвалювати та впроваджувати рішення, спрямовані на підвищення якісного рівня життя, що не загрожують можливостям наступних поколінь задовольняти свої потреби на місцевому та глобальному рівнях, в той же час ЗВО виступають в якості “майданчика” для побудови моделі сталого розвитку на рівні країни.

З точки зору енергетичної забезпеченості ЗВО в Україні перестали бути лише отримувачами цих послуг, але набувають звичок самостійно вирішувати питання по їх оплаті, особливо в умовах жорсткої економії бюджетних дотацій. Постійний ріст тарифів та зростання кількості конкурентних технологій енергозабезпечення змушує здійснювати пошук та диверсифікацію джерел енергопостачання, що в свою чергу зможе забезпечити певну енергетичну автономію навчального закладу.

Зважаючи на низький рівень ефективності енерговикористання в бюджетній сфері, виникає необхідність проведення структурного аналізу використання енергії та створення моделі управління процесами енергоспоживання та енергозбереженням в бюджетних закладах, в тому числі й галузі освіти. Для цього необхідне: опрацювання механізмів

управління та організації робіт з енергозбереження; розробка показників енергоефективності об'єктів управління; оцінка їх економічної та екологічної привабливості в умовах сучасної економічної ситуації в Україні. Оптимальне управління процесами енергоспоживання та енергозбереження окремих установ та галузі в цілому потребує розвитку та вдосконалення науково-технічних та управлінських методів і підходів.

Об'єкти галузі освіти, як і інші структури бюджетного та не бюджетного фінансування, що утримують певну кількість будівель, потребують системного підходу до управління та аналізу ефективності енерговикористанням. На основі проведених досліджень авторами роботи розроблено і запропоновано методологію системи енергоменеджменту галузі освіти, в основу якої покладено концепцію трирівневої системи управління процесами енергоспоживання та енергозбереження (рівень галузевого управління; рівень місцевого управління, об'єктом якого є підрозділи навчальних закладів; рівень локального управління, об'єктом якого є окремі будівлі).

## 1.2 Визначення та цілі енергетичного аудиту

Енергетичний аудит є одним із перших завдань, що постають перед підприємством на шляху до ефективного контролю витрат енергоресурсів. Енергоаудит передбачає детальний аналіз ефективності використання енергії на промисловому об'єкті, оцінку вартості цієї енергії та, зрештою, формування рекомендацій щодо змін у роботі й заміни обладнання, що можуть знизити витрати на енергоресурси. Іноді енергоаудит називають енергетичною оцінкою чи аналізом, уникаючи негативних асоціацій, пов'язаних зі словом «аудит».

Енергоаудит – позитивний процес, що може згенерувати суттєву вигоду для підприємства та його працівників.

Він лежить в основі системного підходу до прийняття рішень у сфері управління використанням енергоресурсів та сприяє збалансуванню споживання енергетичних ресурсів та реальної потреби в них. В ході аудиту визначаються всі потоки енергії на промисловому об'єкті, а також обсяги її використання для здійснення окремих функцій.

Промисловий енергоаудит є ефективним інструментом, що сприяє формуванню та виконанню повноцінної програми енергетичного менеджменту.

Енергоаудит дозволяє підвищити ефективність не лише заходів, спрямованих на зменшення витрат на енергоносії, а й тих, що пов'язані з технічним обслуговуванням та контролем якості. Стабільна програма аудитів дає змогу тримати руку на пульсі змін у витратах на енергоносії, доступності та надійності джерел енергії, обирати оптимальне співвідношення використовуваних типів енергії та ефективні технології збереження енергії, встановлювати необхідне обладнання тощо.

Загалом енергоаудит є засобом практичного втілення ідей енергозбереження, адже він пропонує реальні рішення, що враховують економічні й організаційні особливості підприємства та можуть бути реалізовані протягом конкретного проміжку часу.

Першочергова ціль енергоаудиту полягає в тому, аби визначити наявні енергетичні потоки на підприємстві та заходи для підвищення ефективності використання енергії. Останні оцінюються з точки зору необхідних інвестицій і досяжного економічного ефекту, отже, підприємства мають можливість одразу визначити період окупності інвестицій. Енергоаудит створює «бенчмарк», або ж відправну точку, відносно якої надалі буде оцінюватись енергоефективність підприємства, а також дає основу для більш ефективного використання енергії.

Головна ціль енергоаудиту – оцінити можливості підприємства у плані економії енергоносіїв.

Інші цілі можуть включати:

- отримання сертифікату відповідності вимогам міжнародних стандартів;
- оновлення даних попереднього аудиту, підтвердження можливостей економії;
- отримання інформації про нові технології;
- залучення незалежних експертів для переконання тих працівників підприємства, що сумніваються в доцільності заходів підвищення енергоефективності.

### 1.3 Оцінка існуючого стану системи опалення ІІ корпусу Запорізького національного університету

Одним з інструментів оцінки енергетичної ефективності будівель, що широко використовується у світовій практиці та набуває розповсюдження й в Україні є енергетична сертифікація будівель, яка є першим кроком відображення змін в енергоспоживанні при проведенні заходів з підвищення енергоефективності. Основою проведення енергетичної сертифікації є енергетичний рейтинг будівлі, що визначає вимоги для оцінки загального енергоспоживання будівлі (опалення, охолодження, гаряче водопостачання (ГВП), вентиляція, освітлення) з урахуванням власної генерації, доставленої та експортованої енергії й впливу енергоспоживання будівлі на навколишнє середовище. В даному розділі проводиться дослідження нормативної бази та найуживаніших підходів до енергетичної сертифікації, що існують та використовуються у світі для розвитку методології енергетичної сертифікації будівель в Україні в напрямку інтеграції до європейських вимог на прикладі будівель галузі освіти. При цьому розглядаючи підвідомчі будівлі установ досліджуваної галузі, як комплекс або енергетичну систему, виникає потреба створення системи управління ПЕЕ. Запорукою і необхідною складовою

успішної реалізації програм та заходів з підвищення енергоефективності є ефективно діюча система управління ПЕЕ (система енергетичного менеджменту), реалізація якої повинна здійснюватися з урахуванням міжнародного досвіду та особливостей обраної галузі, застосуванням системного підходу в управлінні та прийнятті рішень.

В рамках проведення оцінки поточного стану системи опалення II корпусу Запорізького національного університету було виконано аналіз та дослідження працездатності елеваторного вузла та відповідної системи опалення.

Елеваторний вузол знаходиться в підвальному приміщенні корпусу.

В таблиці 1.1 представлено розрахунки приладів опалення локальної системи.

Сучасний стан елеваторного вузла та системи опалення представлено на рисунках 1.1 – 1.4.

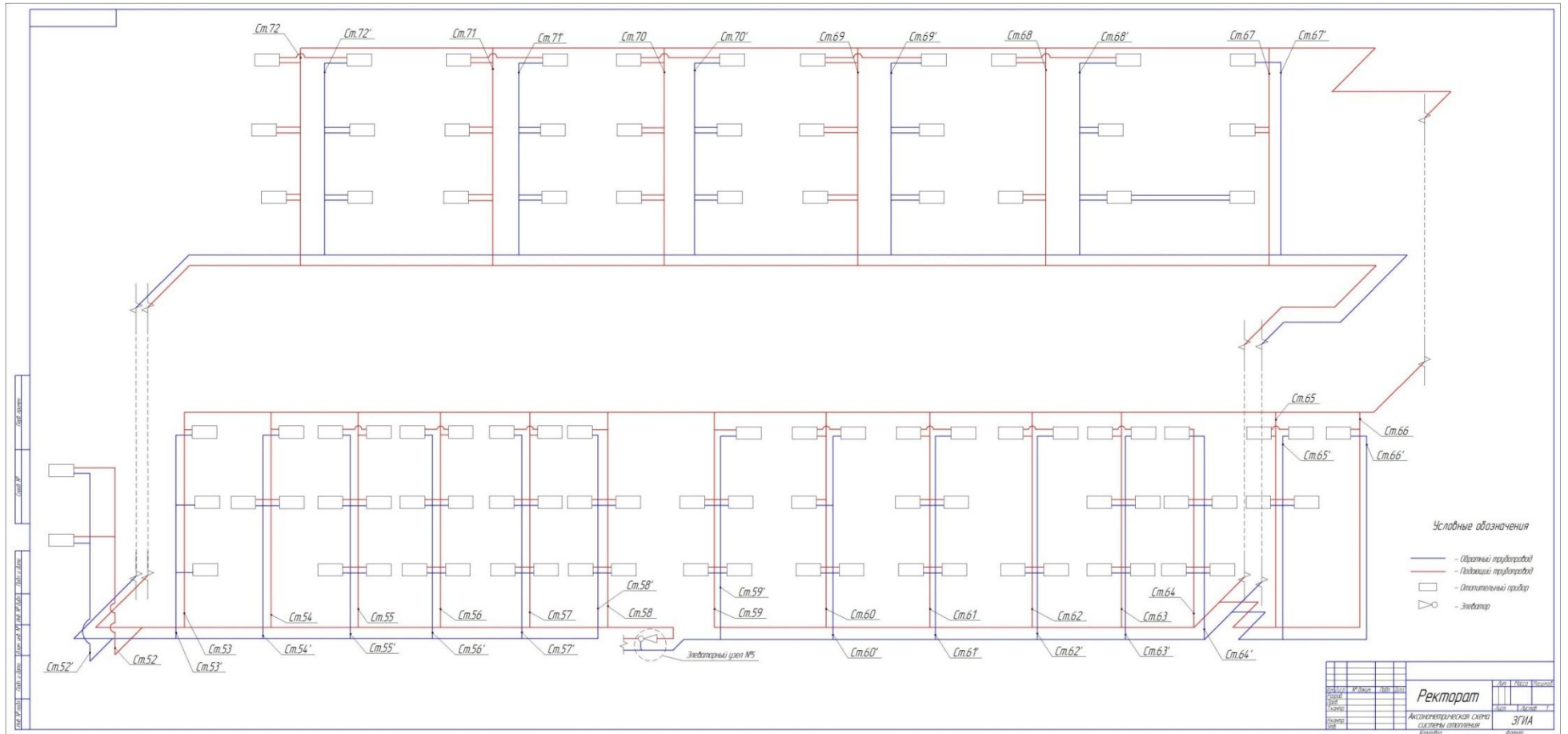


Рисунок 1.1 - Аксонометрична схема опалення



Рисунок 1.2 – Подаюча магістраль на елеватор №5



Рисунок 1.3 – Засувка на подаючій магістралі





Рисунок 1.4 – Діаметр подаючої магістралі

Таблиця 1.1 – Приклад розрахунку приладів опалення локальної системи

№ приміщення	Назва приміщення і його температура	Характеристика огорожень					Поправний коефіцієнт n	Коефіцієнт теплопередачі k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Різниця температур t <sub>в.</sub> -t <sub>н.о.р.</sub> , °С	Основні тепловтрати Q <sub>осн.</sub> , Вт	Тепловтрати через огороження Q <sub>п.</sub> , Вт	Загальні втрати тепла Q <sub>Σ</sub> , Вт	Марка приладу/ Д <sub>у</sub>	Кількість секцій/ L	Навантаження Q <sub>ф.</sub> , ккал/ч	Фактичне навантаження Q <sub>ф.</sub> , ккал/ч	Необхідне навантаження Q <sub>н.</sub> , ккал/ч
		назва	орієнтація по сторонам світла	розміри, м	розміри, м	площа F, м <sup>2</sup>											
28	Коридор 16°С	1-я зона	2	60,1	120,2	1	0,465	37	2068	2068,0	4093,7	80	53	7945	20089	3519,7	
		2-я зона	2	60,1	120,2	1	0,2326	37	1034	1034,5		80	53	5431			
		3-я зона	1,2	60,1	72,12	1	0,1163	37	310,3	310,3		50	32,2	3987			
													50	32,2			2726
29	Приміщення 18°С	ПС	ПдСх	0,5	1,3	0,65	1	2,63	39	66,71	66,7	698,5	80	10,6	2253	5870	600,5
		ЗС	ПдСх	1	1,9	1,9	1	1,16	39	85,65	85,6		80	10,6	1046		
		1-я зона	2	5,6	9,3	1	0,465	39	168,7	168,7	80		10,6	1549			
		2-я зона	2	5,6	11,2	1	0,2326	39	101,6	101,6	80		2,1	207			
		3-я зона	2	5,6	11,2	1	0,1163	39	50,8	50,8	65		8,5	762			
		4-я зона	2,8	5,6	15,68	1	0,0704	39	43,05	43,1	20		0,8	30			
													20	0,9	23		
30	Приміщення 18°С	ПС	ПдСх	0,5	1,3	0,65	1	2,63	39	66,71	66,7	633,8	80	6	1275	3349	544,9
		ЗС	ПдСх	1	2	1,35	1	1,16	39	60,85	60,9		80	6	592		
		1-я зона	2	5	8	1	0,465	39	145,1	145,1	80		6	877			
		2-я зона	2	5	10	1	0,2326	39	90,71	90,7	65		6	538			
		3-я зона	2	5	10	1	0,1163	39	45,36	45,4	25		0,8	38			
		4-я зона	2,8	5,6	15,68	1	0,0704	39	43,05	43,1	25		0,9	29			
		ЗС	ПдСх	1	2	2	1	1,16	39	90,15	90,2		50	6,3	514		
		1-я зона	2	9,6	15,2	1	0,465	39	275,7	275,7	50		6,3	514			
		2-я зона	2	9,6	19,2	1	0,2326	39	174,2	174,2	80		3,9	385			
		3-я зона	2	9,6	19,2	1	0,1163	39	87,09	87,1	80		5,8	847			
		4-я зона	2,8	9,6	26,88	1	0,0704	39	73,8	73,8	32		3,5	210			

## 1.4 Шляхи модернізації системи опалення II корпусу Запорізького національного університету

### 1.4.1 Індивідуальний тепловий пункт

Компактний тепловий пункт (рис.1.5), крім джерела тепла і теплової мережі, являє собою третій за важливістю елемент в системах центрального теплопостачання.

Він використовується при теплопостачанні будівель і багатоквартирних житлових будинків. Компактний тепловий пункт управляє і веде облік спожитої теплової енергії.



Рисунок 1.5 – Компактний тепловий пункт

Компактні теплові пункти являють собою готові вироби для споживачів теплової потужності в 20 - 3000 кВт приєднаних за незалежною схемою.

Устаткування компактного теплового пункту складається з функціональних вузлів з гідравлічним устаткуванням і автоматизованого щита управління (з контролером, периферійним і електротехнічним обладнанням).

Вузли з гідравлічним обладнанням теплового пункту складаються з:

- запірної, запобіжної і балансувальної арматури;
- фільтрів;
- 2-х ходового або комбінованого клапана з електричним приводом;
- теплообмінника (системи опалення);
- ультразвукових витратомірів;
- циркуляційного насоса,
- розширювального бака.

Автоматизований щит управління складається з:

- мікропроцесорного контролера;
- елементів електротехнічного обладнання;
- периферійних пристроїв, які підключаються до контролера лічильників теплової та електричної енергії, вимірювачів параметрів електромережі, GPRS модемів та інших;
- електроприводів клапанів;
- датчиків температур і тиску;
- обмотки циркуляційного і підсилювального насосів.

Потрібно скласти ТЗ (на виконання проекту автоматизації ІТП) у вигляді функціональної схеми автоматизації ІТП і пояснень до неї. Опитувальний лист для проектування теплового пункту наведено в додатку.

Технологічну схему зображуємо спрощено, показуючи тільки ту запірну арматуру, яка безпосередньо використовується в управлінні технологічним процесом.

На рисунку 1.6 зображена технологічна схема ІТП з приєднанням водопідігрівача гарячого водопостачання та з залежним приєднанням системи опалення.

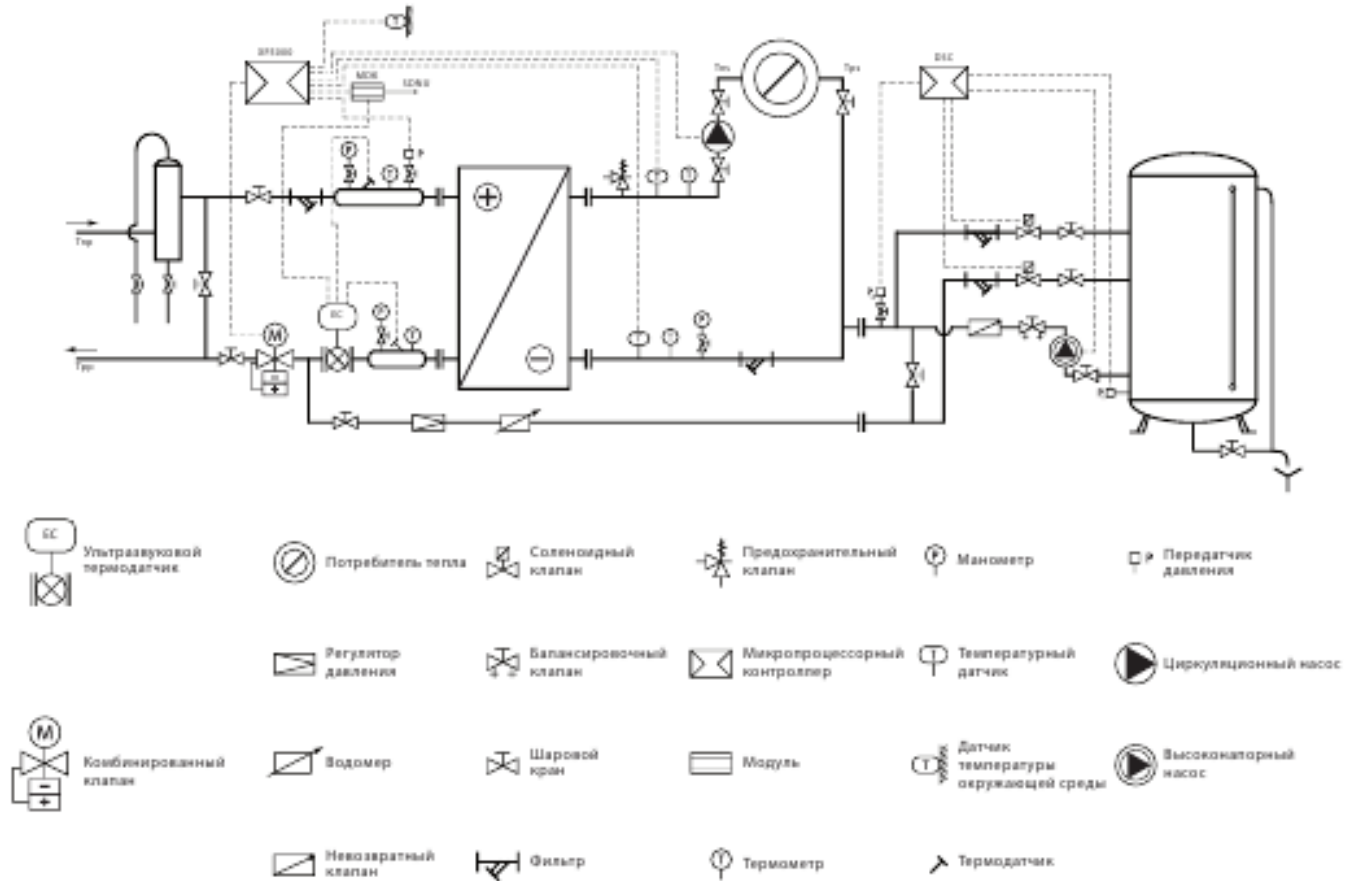


Рисунок 1.6 – Технологічна схема ІТП з приєднанням водопідігрівача гарячого водопостачання та з залежним приєднанням системи опалення.

На технологічній схемі ІТП показані:

- введення теплових мереж;
- приєднання теплообмінника 1 системи гарячого водопостачання;
- приєднання системи опалення;
- приєднання системи теплостачання калориферів припливних вентустановок;
- циркуляційний насос 3 гарячого водопостачання;
- водомір 4 холодної води;

- змішувальний регулюючий клапан із використанням виконавчих механізмів 15;

- змішувальний насос 2.

При складанні функціональної схеми автоматизації слід передбачити:

- вузол комерційного обліку кількості споживаної теплоти на ввіді теплової мережі;

- автоматичне регулювання заданого перепаду тиску на ввіді теплової мережі для всіх систем теплоспоживання;

- автоматичне регулювання заданої температури гарячої води системи гарячого водопостачання;

- автоматичне регулювання температури теплоносія системи опалення в залежності від зміни температури зовнішнього повітря за графіком центрального якісного регулювання.

Функціональні схеми кожної з систем автоматичного контролю або автоматичного регулювання виконується наступним чином (рис.1.7).

Схему автоматичного регулювання заданого перепаду тиску на ввіді теплової мережі виконуємо, починаючи з позначення місця розташування точок відбору тиску на прямій та зворотній магістралях з допомогою ліній зв'язку, які приєднуються до регулятора перепаду тиску 8. Прилад встановлюється за місцем.

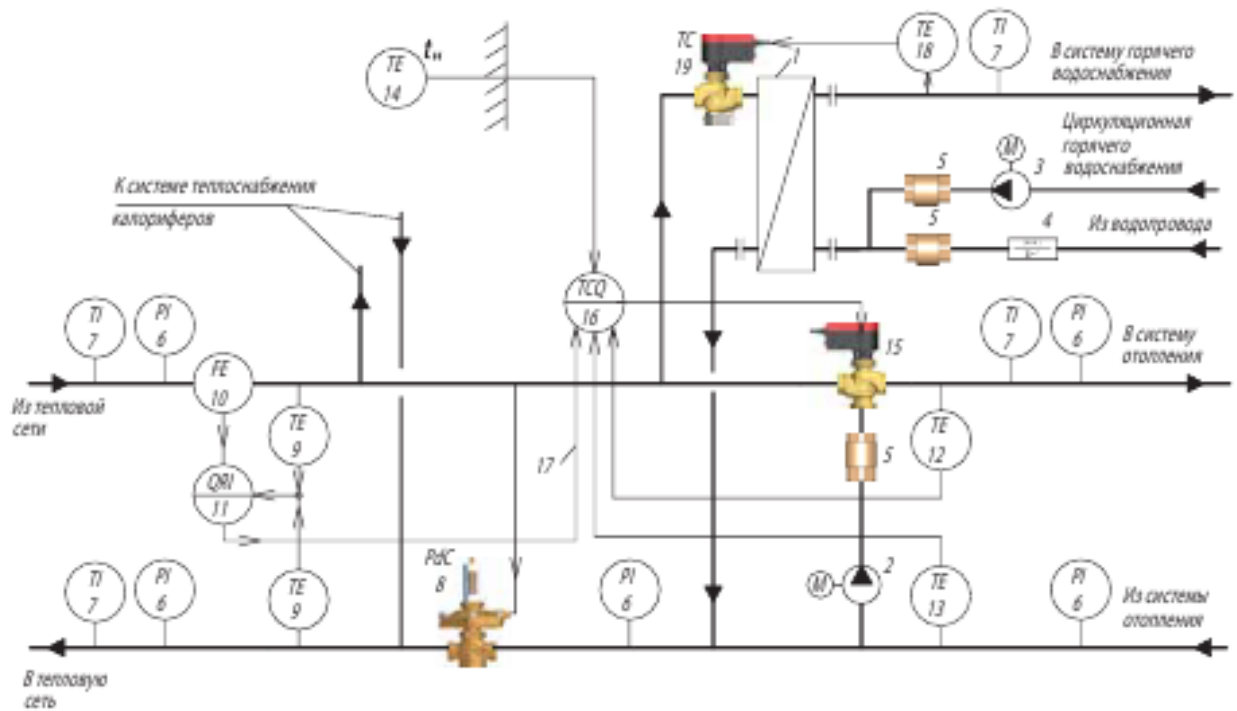


Рисунок 1.7 – Спрощена функціональна схема автоматизації ІТП з приєднанням водопідігрівача гарячого водопостачання з залежним приєднанням системи опалення

Безпосереднє з'єднання приладу 8 з регулюючим органом (клапаном) указує на застосування регулятора прямої дії у вигляді єдиного виробу.

Схему автоматичного регулювання заданої температури гарячої води системи гарячого водопостачання виконується, починаючи з позначення місця розташування датчика температури 18 на трубопроводі гарячої води після теплообмінника, а також місця установки регулюючого органу на трубопроводі, що подає первинний теплоносій. За допомогою ліній зв'язку поєднують датчик температури 18 і регулюючий орган з регулятором температури 19.

### 1.4.2 Балансувальні вентиля

Вентилі, що мають видимі пристрої для визначення положення запірного клапана, вираженого в числах обертів маховика, і в яких для кожного положення визначені характеристики опору називаються балансувальними (рис.1.8-1.9)



Рисунок 1.8 – Вентиль балансувальний із прямим шпинделем



Рисунок 1.9 – Поздовжній розріз балансувального вентиля з похилим шпинделем

Балансувальні вентиля застосовуються:

- для гідравлічного ув'язування паралельних циркуляційних контурів у проектах систем опалення і гарячого водопостачання;
- для створення фіксованого гідравлічного опору, що дозволяє створити необхідний перепад тиску перед терморегуляторами, тобто



забезпечити регулювання тепловіддачі опалювальних приладів для підтримки заданої температури в приміщенні;

— для визначення фактичних витрат води на тих ділянках трубопроводної системи, на яких установлені вентилі.

На рисунку 1.10 наведено перетин ручного балансувального клапану HERZ 4017.

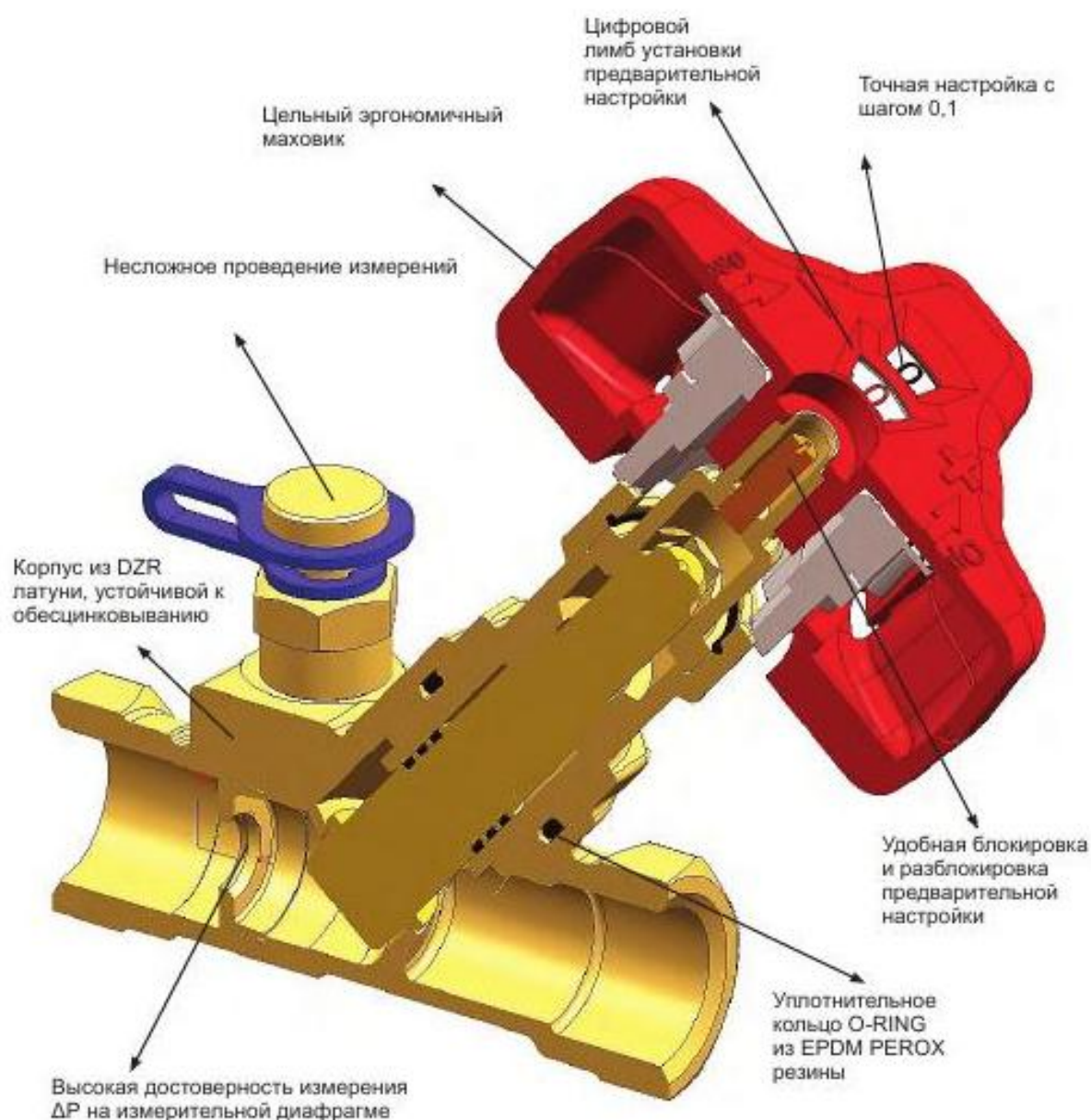


Рисунок 1.10 – Перетин балансувального клапану 4017

Переваги клапану 4017:

- швидке регулювання витрати, в процесі регулювання не потрібно задавати значення настройки вентиля;
- плавне і точне регулювання витрати;
- точне вимірювання перепаду тиску на за мірною діафрагмою;
- значення  $K_v$  вимірювальної діафрагми нанесено на таблиці;
- точність  $\pm 5\%$ .

Загальні розміри вентиля 4017 наведено на рисунку 1.11.

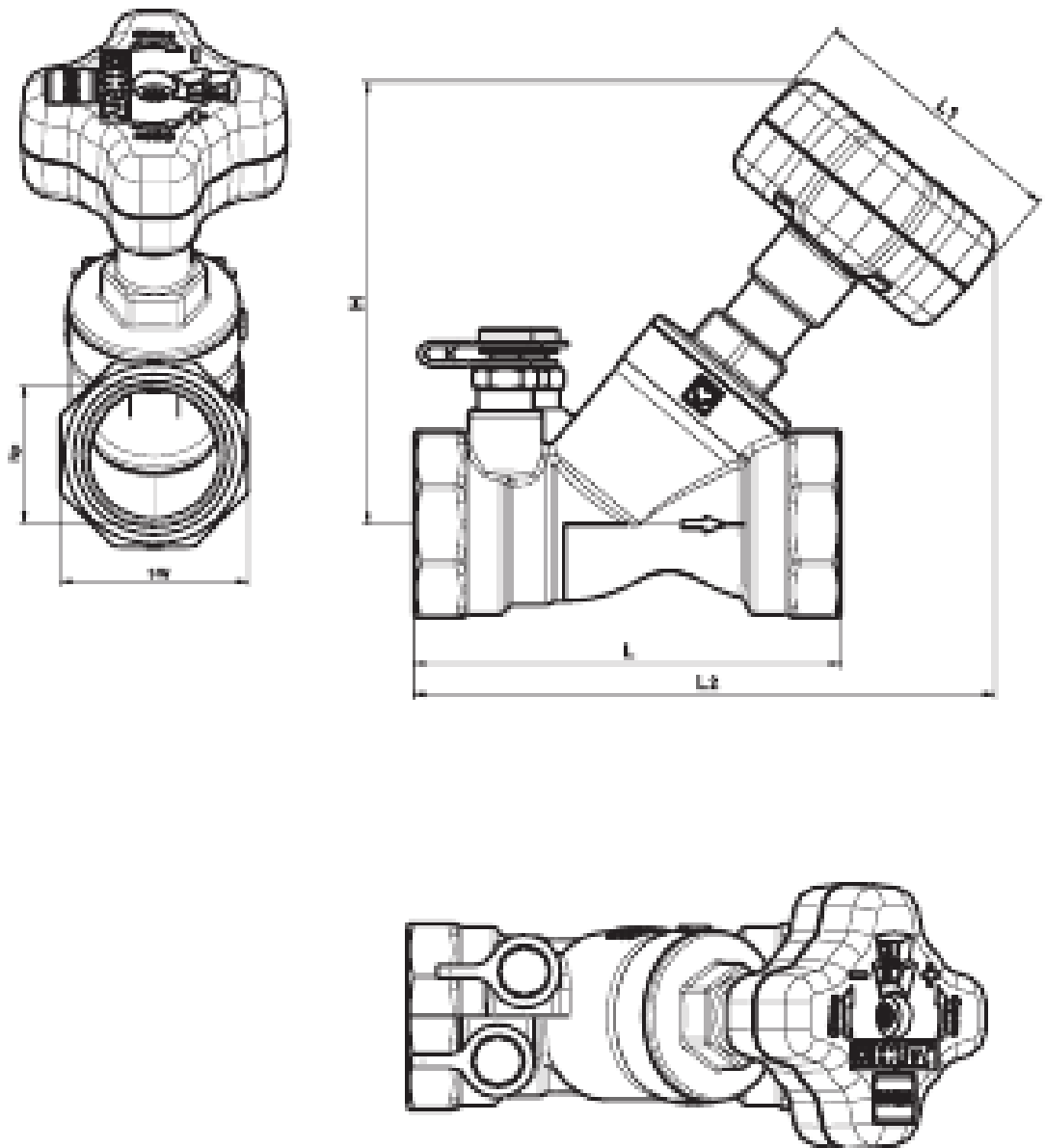


Рисунок 1.11 – Загальні розміри балансувального клапану 4017

### 1.4.3 Регулятори витрати теплоносія та перепаду тиску

Регулятори витрати застосовують для стабілізації необхідних заданих витрат теплоносія на відгалуженнях, наприклад, на однотрубних стояках системи теплоспоживання.

На рисунку 1.12 показана загальна схема вузла стояка системи опалення з регулятором витрати.

При проектуванні вихідними даними є:

- розрахункова витрата теплоносія через стояк (гілку, систему), кг/год;
- розрахункові втрати тиску стояка (гілки, системи), кПа.

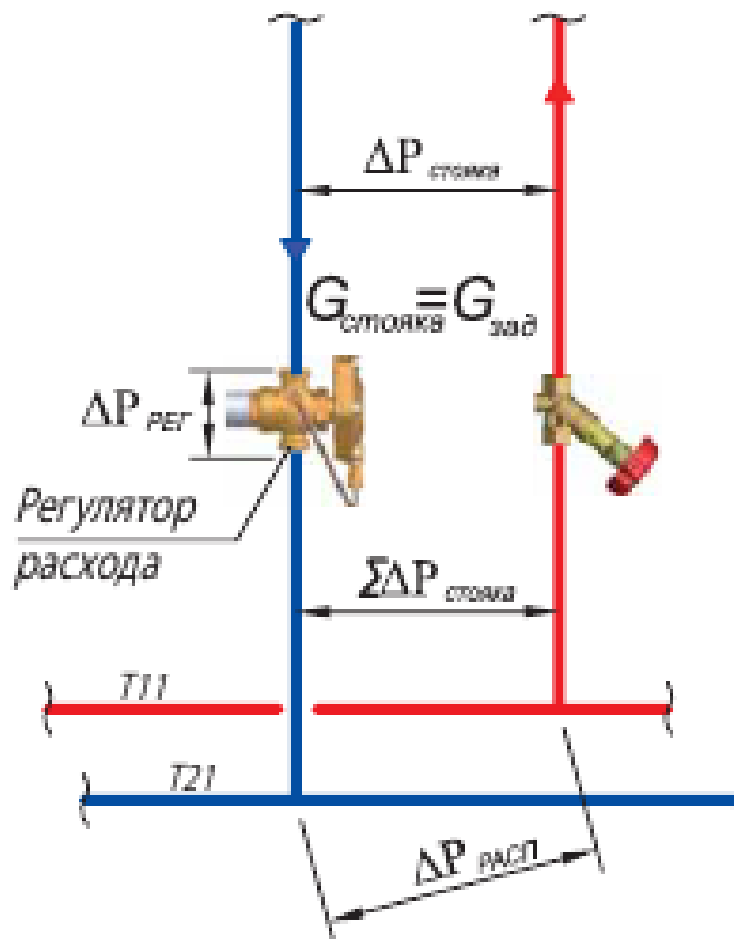


Рисунок 1.12 – Загальна схема вузла системи опалення з регулятором витрати

Шуканими величинами є:

- модель і типорозмір регулятора;
- витрата теплоносія, кг/год;
- розрахункові втрати тиску на регуляторі витрати, кПа;
- розрахунковий перепад тиску в точках приєднання стояка до магістральних теплопроводів, кПа.

Модель і типорозмір регулятора визначається відповідно до інструкцій виробника.

Регулятори перепаду тиску застосовуються для стабілізації перепаду тиску на вводі споживача теплоти (системи опалення, системи тепlopостачання), що забезпечує незалежність споживача від динамічних коливань в розвідних теплопроводах.

На рисунку 1.13 показана загальна схема вузла стояка двотрубної системи опалення з регулятором перепаду тиску.

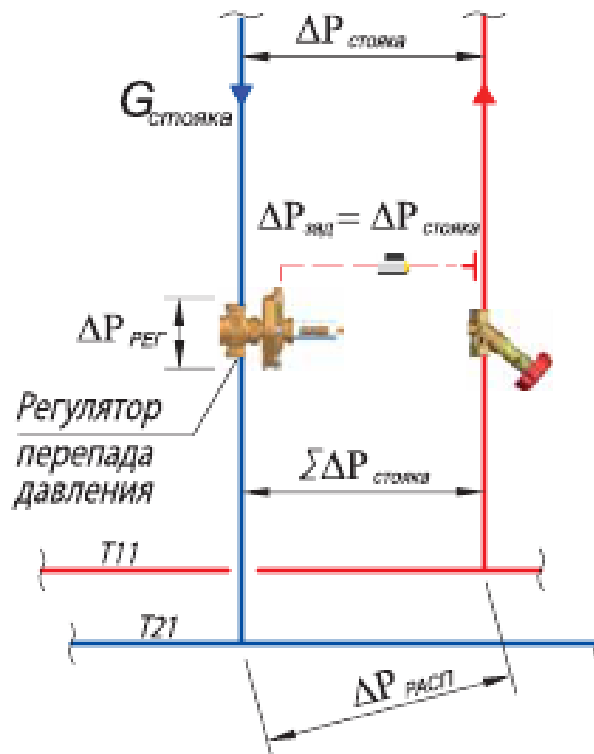


Рисунок 1.13 – Загальна схема вузла двотрубної системи опалення з регулятором перепаду тиску

При проектуванні вихідними даними є:

— розрахункова витрата теплоносія через стояк (гілку, систему), кг/год;

— розрахункові втрати тиску стояка (гілки, системи), кПа.

Шуканими величинами є:

— модель і типорозмір регулятора;

— перепад тиску, кПа;

— розрахункові втрати тиску на регуляторі перепаду тиску, кПа;

— розрахунковий наявний мінімальний перепад тиску в точках приєднання стояка або іншого споживача до магістральних теплопроводів, кПа.

Модель і типорозмір регулятора визначається відповідно до інструкцій виробника.

З метою виключення впливу теплових мереж на режим роботи системи опалення для теплового введення був використаний комбі-клапан спільно з гідравлічним роздільником.

В цьому випадку гідравлічний роздільник також виконує функції регульованого змішувального пристрою, а комбі-клапан регулює температуру в системі опалення і обмежує витрату води.

На рисунку 1.14 показана залежна схема приєднання до теплових мереж існуючої системи опалення з природною циркуляцією теплоносія.

На рисунку 1.14 прийнято наступні позначення: а) існуюча система опалення з природною циркуляцією; б) схема регульованого теплового вводу з гідравлічним роздільником у вигляді твердопаливного котла; в) схема регульованого теплового вводу з гідравлічним роздільником; 1 - комбі-клапан; 2 - теплопровід; 3 - гідравлічний роздільник; 4 - вентиль запірний; 5 - вентиль балансовий; 6 - кран дренажний; 7 - фільтр; 8 - твердопаливний котел; 9 - регулятор безперервної дії; 10 - датчик температури теплоносія; 11 - датчик температури зовнішнього повітря.

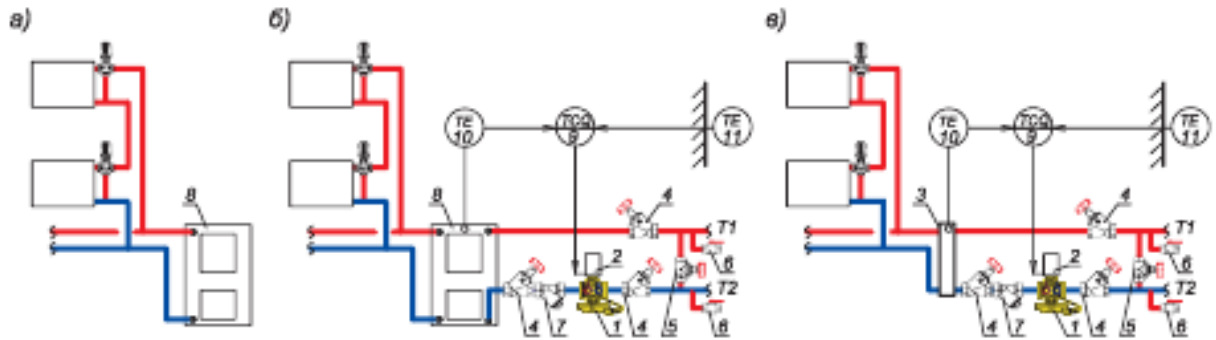


Рисунок 1.14 – Залежна схема приєднання існуючої системи опалення з природною циркуляцією теплоносія до теплових мереж

Завдяки застосуванню комбі-клапанів була створена компактна універсальна схема регульованого теплового вузла, пристосованого для будь-якої приєднання до теплових мереж системи опалення з природною або насосної циркуляцією теплоносія без реконструкції самої системи опалення. У деяких випадках були використані в якості гідравлічного роздільника твердопаливні котли, причому в даному випадку, в якості пріоритетного джерела теплоти щодо теплових мереж. Користувач має можливість експлуатувати котел в звичному режимі, при цьому регулятор 9, впливаючи на комбі-клапан 1, перекриє циркуляцію теплоносія з мережі. Після закінчення роботи котла і охолодження води в котлі регулятор 9 автоматично відкриває комбі-клапан 1 для теплових мереж. Вентиль 5 відкривається на постійне протікання теплоносія з невеликою витратою 30...50 кг/год, яке повинно бути достатнім для зберігання постійної температури в прямому трубопроводі теплової мережі в той період, коли комбі-клапан 1 знаходиться в закритому стані.

## 2 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ІІ КОРПУСУ ЗНУ

Для розрахунку згідно з методикою даного стандарту необхідні наступні основні вихідні дані:

- характеристики теплопередачі трансмісією та вентиляцією;
- характеристики теплонадходжень від внутрішніх джерел теплоти та теплонадходжень від сонця;
- кліматичні дані;
- опис будівлі та її компонентів, систем та використання;
- вимоги комфорту: значення заданих температур, вологості та кратностей повітрообміну;
- дані, що відносяться до систем опалення, охолодження, ГВП, вентиляції та освітлення.

Методи розрахунку енергоспоживання на опалення та охолодження за стандартом [21]:

- квазістаціонарний метод, тепловий баланс розраховують для періоду в один місяць, що дозволяє взяти до уваги динамічні ефекти за емпірично визначеним коефіцієнтом використання надходжень та/або втрат;
- динамічний метод, тепловий баланс розраховують за короткотривалими часовими періодами (зазвичай одна година), враховуючи обсяг тепла, що акумулюється в масиві будинку або вивільняється від масиву за допомогою приведення розрахунку до вузлів.

Головними даними розрахунку згідно з даним стандартом [21] є:

- річні енергопотреби для опалення та охолодження;
- річне енергоспоживання для опалення та охолодження;
- річна енергопотреба ГВП;
- річне енергоспоживання ГВП;
- тривалість опалювального періоду та періоду охолодження (час роботи систем), що впливає на енергоспоживання та додаткову енергію для

сезонозалежних інженерних систем опалення, охолодження та вентиляції.

Методика розрахунку енергоспоживання на опалення та охолодження в стандарті [21] обмежена явною теплотою. Прихована теплота прийнята до уваги як енергоспоживання при осушенні та охолодженні.

## 2.1 Природно – кліматична характеристика району забудови

Географічний пункт будівництва м. Запоріжжя.

Загальний вигляд будівлі представлено на рисунку 2.1, а розташування – на рисунку 2.2.



Рисунок 2.1 – II корпус Запорізького національного університету



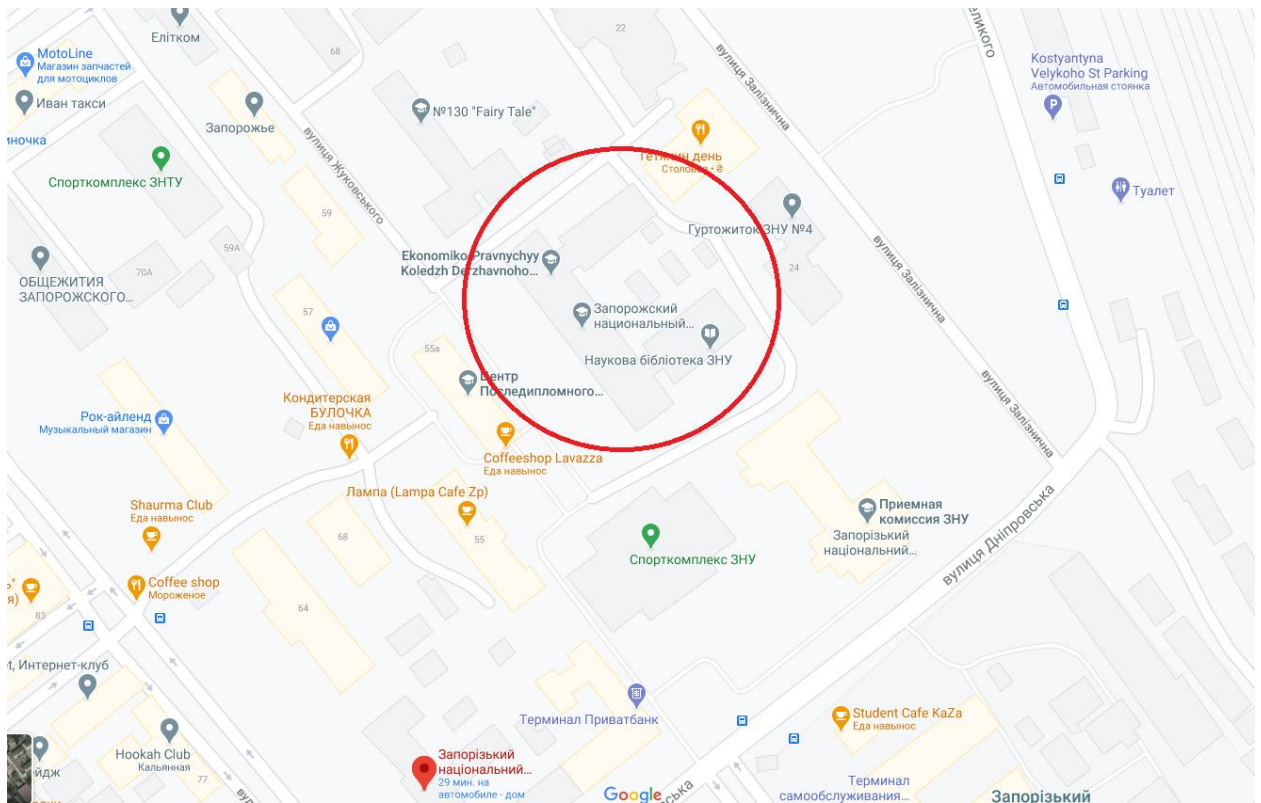


Рисунок 2.2 – Розташування II корпусу Запорізького національного університету

Для м. Запоріжжя середні температури зовнішнього повітря: найбільш холодної п'ятиденки  $t_5^{0,92} = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  (із забезпеченістю  $k=0,92$ ); найбільш холодної доби  $t_1^{0,92} = -26 \text{ }^\circ\text{C}$  (із забезпеченістю  $k=0,92$ ); найбільш холодної доби  $t_1^{0,98} = -29$  (із забезпеченістю  $k=0,98$ ), швидкість вітру в січні  $v_{\text{сiч}}=6,5 \text{ м/с}$ . Місто Запоріжжя розташоване в другій температурній зоні, розрахункове значення зовнішньої температури становить  $-22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Тривалість опалювального сезону – 189 діб [3].

## 2.2 Склад будівельних елементів зовнішніх огорожень

Теплозахисні якості огорожень характеризуються величиною теплопередачі  $R_0$ , що чисельно дорівнює температурі, при охолодженні теплового потоку, рівного  $1 \text{ Вт}$  через  $1 \text{ м}^3$  огороження.

Так як м. Запоріжжя знаходиться в II кліматичному районі, то для огороджуючих конструкцій (зовнішніх стін, вікон, дверей, перекриттів) використовують певні опори теплопередачі  $R_o$ , що наведено в таблиці 2.1 [8,9]

Таблиця 2.1 - Опори теплопередач захисних конструкцій  $m^2 \cdot ^\circ C / W$

Найменування	Значення опору теплопередачі, $R_o, m^2 \cdot ^\circ C / W$
Зовнішня стіна	2,8
Підлога	3,5
Стеля	3,3
Вікно	0,5
Двері	0,44

### 2.3 Визначення тепловтрат через огороджуючі конструкції

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.

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 [10].

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  $Q_3$ , Вт

$$Q_3 = kF(t_b - t_3)(1 + \beta) + 0,337 F_{\text{пр}} h_{\text{пр}} (t_b - t_3), \quad (2.1)$$

де  $F$  – розрахункова площа огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2$ ;

$k$  – коефіцієнт теплопровідності даної огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ;

$R_0$  – опір теплопередачі конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$ ;

$t_b$  – розрахункова температура повітря,  $^\circ\text{С}$ ;

$t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^\circ\text{С}$ ;

$n$  – коефіцієнт, який враховує положення зовнішньої поверхні огорожуючих конструкції, по відношенню до зовнішнього повітря;

$\beta$  – додаткові тепловтрати в долях від основних втрат;

$F_{\text{пр}}$  – розрахункова площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$h_{\text{пр}}$  – висота приміщення, м.

### 2.3.1 Визначення тепловтрат через зовнішні стіни

Маючи величини опору теплопередачі  $R_0 = 2,8$   $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$  для м. Запоріжжя підбираємо товщину зовнішньої стіни (рисунок 2.3), шару утеплювача, перекриття і покриття, тип заповнення світлових прорізів та дверей, що мають дійсний опір теплопередач, але не менше необхідного, тобто

$$R^{\phi}_0 > R^{\pi}_0, \quad (2.2)$$

де  $R^{\phi}_0$  – 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.

Розрахунок тепловтрат визначаємо за формулою,Вт

$$Q = \frac{1}{R_0} * F * (t_g - t_o) \cdot n , \quad (2.3)$$

де F - тепловіддаюча поверхня, м<sup>2</sup>;

R<sub>0</sub> - повний термічний опір огорожі, (м<sup>2</sup>8С)/Вт.

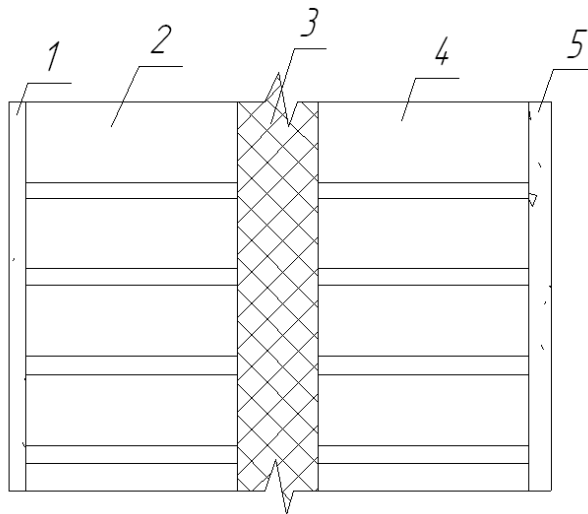


Рисунок 2.3 – Схема до розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни

На рис. 2.3 прийнято наступні позначення:

1 шар – фактурний шар: штукатурка з вапняно – піщаної суміші ( $\delta_1 = 0,015$  м;  $\lambda_1 = 0,7$  Вт/(м<sup>0</sup>С);  $\gamma_1 = 1600$ кг/м<sup>3</sup>);

2 шар, 4 шар – стіна: керамзитобетонна цегла ( $\delta_{2,4} = 0,19$  м;  $\lambda_{2,4} = 0,52$  Вт/(м<sup>0</sup>С);  $\gamma_{2,4} = 1400$ кг/м<sup>3</sup>);

3 шар – утеплювач: екструзійні пінополістирольні плити ( $\delta_3 = 0,073$  м;  $\lambda_3 = 0,041$  Вт/(м<sup>0</sup>С);  $\gamma_3 = 20$ кг/м<sup>3</sup>);

5 шар – листи гіпсові обшивні: суха штукатурка ( $\delta_5 = 0,020$  м;  $\lambda_5 = 0,19$  Вт/(м $\cdot$ °C);  $\gamma_5 = 900$  кг/м $^3$ ).

Визначаємо термічний опір за формулою, (м $^2$ ·°C)/Вт

$$R = \delta / \lambda, \quad (2.4)$$

$$R_1 = 0,015 / 0,7 = 0,21,$$

$$R_2 = R_4 = 0,19 / 0,52 = 0,37,$$

$$R_5 = 0,020 / 0,19 = 0,105.$$

Тоді необхідний термічний опір утеплювача, (м $^2$ ·°C)/Вт

$$\begin{aligned} & \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \\ & \text{---} \quad \text{---} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Необхідна товщина утеплювача, м

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

Коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою,  
Вт/(м $^2$ ·°C)

$$\begin{aligned} & \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---}, \\ & \text{---} \quad \text{---} \end{aligned} \quad (2.6)$$

### 1.3.2 Визначення тепловтрат через перекриття – підлоги

Схема до розрахунку тепловтрат через перекриття підлоги зображена на рисунку 2.4.

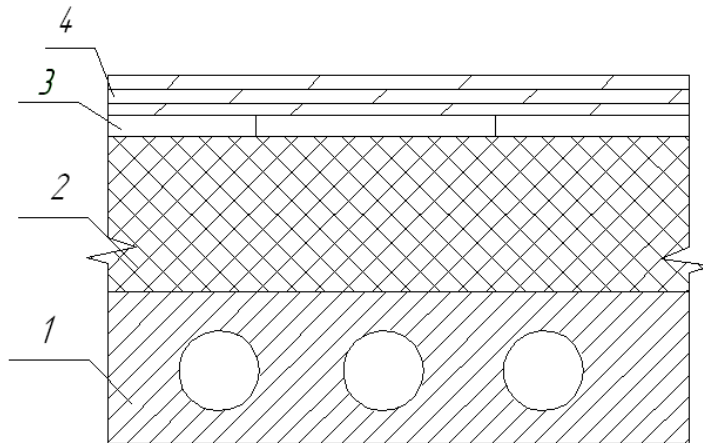


Рисунок 2.4 – Схема до розрахунку тепловтрат через перекриття підлоги

На рисунку 2.4 прийнято наступні позначення:

1 – з/б плита ( $\delta_1 = 0,15$  м;  $\lambda_1 = 2,04$  Вт/(м·°С);  $\rho_1 = 2500$  кг/м<sup>3</sup>);

2 – утеплювач: пінополістирол ( $\lambda_2 = 0,05$  Вт/(м·°С);  $\rho_2 = 35$  кг/м<sup>3</sup>);

3 – повітряний прошарок ( $\delta_3 = 0,02$  м;  $\lambda_3 = 0,15$  Вт/(м·°С);  $\rho_3 = 1200$  кг/м<sup>3</sup>);

4 – доска дерев'яна: сосна поперек волокон ( $\delta_4 = 0,04$  м;  $\lambda_4 = 0,18$  Вт/(м·°С);  $\rho_4 = 500$  кг/м<sup>3</sup>).

Визначаємо термічний опір, (м<sup>2</sup> ·°С)/Вт

$$R_1 = 0,15/2,04 = 0,074,$$

$$R_3 = 0,02/0,15 = 0,13,$$

$$R_4 = 0,04/0,18 = 0,22.$$

Тоді необхідний термічний опір утеплювача,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$

$$— \quad (2.7)$$

Необхідна товщина утеплювача, м

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

Коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою,  
 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

$$— , \quad (2.8)$$

### 1.3.3 Визначення тепловтрат через перекриття – стелі

Схема до розрахунку тепловтрат через перекриття підлоги зображена на рисунку 2.5.

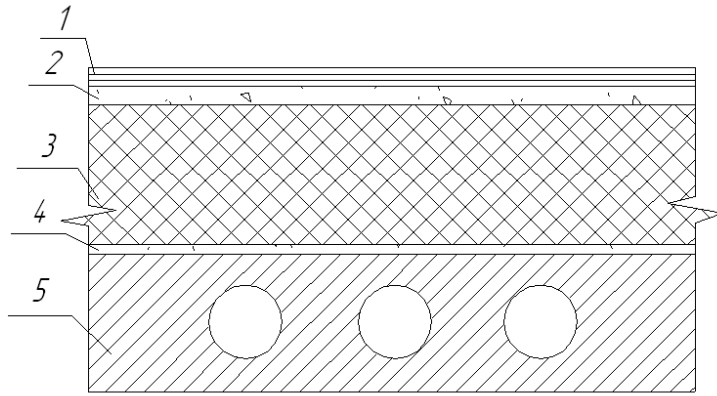
Визначаємо термічний опір,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ :

$$R_1 = 0,02/0,17 = 0,12;$$

$$R_2 = 0,02/0,81 = 0,02;$$

$$R_4 = 0,01/0,27 = 0,037;$$

$$R_5 = 0,15/2,04 = 0,074.$$



1 – повітроізоляційний шар в 3 шари руберойду ( $\delta_1 = 0,02$  м;  
 $\lambda_1 = 0,17$  Вт/(м·°С);  $\rho_1 = 600$  кг/м<sup>3</sup>);

2 – вирівнювальний шар цементно – піщаною розчину ( $\delta_2 = 0,02$  м;  
 $\lambda_2 = 0,81$  Вт/(м·°С);  $\rho_2 = 1600$  кг/м<sup>3</sup>);

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

4 – пароізоляційний шар бітуму ( $\delta_4 = 0,01$  м;  $\lambda_4 = 0,27$  Вт/(м·°С);  
 $\rho_4 = 1400$  кг/м<sup>3</sup>);

5 – з/б плита ( $\delta_5 = 0,15$  м;  $\lambda_5 = 2,04$  Вт/(м·°С);  $\rho_5 = 2500$  кг/м<sup>3</sup>).

Рисунок 2.5 – Схема до розрахунку тепловтрат через перекриття стелі

Тоді необхідний термічний опір утеплювача, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт

Необхідна товщина утеплювача, м

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

Коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою, Вт/(м<sup>2</sup>·°С)



### 2.3.4 Визначення тепловтрат через вікна

Необхідний термічний опір вікон для першої температурної зони [8,9],  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ .

$$R_o = 0,5$$

Коефіцієнт теплопередачі вікна,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

— — .

### 2.3.5 Визначення тепловтрат через двері

Необхідний термічний опір дверей для першої температурної зони  $R_o = 0,44 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$  [8, 9].

Коефіцієнт теплопередачі вікна,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

— — .

## 2.4 Підбір обігрівальних приладів для системи опалення

Для опалення будинку застосовують двотрубну систему опалення із верхньою розводкою, яка підключається до модульної дахової котельні.

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

В даному проекті пропонується встановити сталеві панельні радіатори DELTA. Радіатори DELTA мають гарантію 6 років з врахуванням експлуатації за призначенням. Строк експлуатації – не менше 10 років [4].

Основні технічні параметри радіаторів наведено у таблиці 2.2.

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 (тип 22)[4]

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 <sup>2</sup>	1,0·10 <sup>-4</sup>
Коефіцієнт місцевого опору	2,5

Характеристика радіаторів DELTA наведена у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Характеристика радіаторів DELTA [4]

Тип радіатора	Висота, мм	Довжина, мм	Загальна маса радіатора, кг	Об'єм води, л/секція
DELTA 22	500	600	15,8	3,2
	500	700	18,5	3,7
	500	800	21,1	4,2
	500	900	24,8	4,8
	500	1000	26,4	5,3
	500	1100	29,0	5,8
	500	1200	31,7	6,4
	500	1400	37,0	7,4

## 2.5 Моделювання гідравлічного режиму системи опалення

Системи опалення являють собою розгалужену мережу теплопроводів, які виконують важливу функцію – розподілення теплоносія по опалювальним приладам.

Метою гідравлічного розрахунку є визначення економічних діаметрів теплопроводів при заданих теплових навантаженнях і розрахунковому циркуляційному тиску, який встановлений для цієї системи.

Розрахунок трубопроводів проведено, коли визначено тепловтрати приміщень, вибрано і розміщено опалювальні прилади, складена схема теплопроводів в аксонометрії.

Гідравлічний розрахунок системи опалення складається з трьох етапів:

1. розбивання системи на ділянки і приймання діаметрів трубопроводів на цих ділянках;

2. по таблицям визначено швидкість руху теплоносія на даній ділянці, питомі втрати тиску і втрати тиску на місцевих опорах, визначають сумарні втрати тиску в системі;

3. виконано перевірку: якщо запас тиску не перевищує 10% то діаметри трубопроводів підбрано правильно, в іншому випадку виконують перерахунок.

*Перший етап.*

Розбиваємо систему на окремі ділянки і визначають витрату теплоносія по кожній ділянці. Значення витрат теплоносія кожної ділянки наносять на аксонометричну схему.

Витрати води визначаються за формулою, кг/год

$$G=0,86 \cdot (Q/(t_1-t_2)), \quad (2.9)$$

де  $Q$  – теплове навантаження, Вт;

$t_1, t_2$  – температура теплоносія, °С.

*Другий етап.*

Орієнтуючись на витрату води визначаємо діаметр трубопроводів, питомі витрати тиску на тертя на 1 м і швидкість руху води в трубопроводі, які заносять до таблиці гідравлічного розрахунку.

Витрати на місцевих опорах визначаємо за формулою

$$Z=\sum \xi h. \quad (2.10)$$

*Третій етап.*

Просумувавши втрати тиску в системі порівнюємо його з розрахунковим. При розрахунках величиною природного тиску нехтуємо, тоді

$$P_p = P_{ш} = (80 \div 100) \sum l. \quad (2.11)$$

## 2.6 Система гарячого водопостачання

Максимальна секундна витрата води на розрахунковій ділянці мережі гарячого (холодного) водопостачання  $q^{h(c)}$  при гідравлічному розрахунку подаючих трубопроводів визначається за формулою [11], л/с

$$q^{h(c)} = 5 \cdot q_0^{h(c)} \cdot \alpha, \quad (2.12)$$

де  $q_0^{h(c)}$  – секундна витрата води, для житлових будинків з централізованим гарячим водопостачанням при наявності ванн, умивальників та мийок приймається 0,2 (л/с);

$\alpha$  – коефіцієнт що приймається згідно [11, додаток 4], в залежності від добутку загальної кількості приладів  $N$  на розрахунковій ділянці, і ймовірності їхньої дії  $P$ .

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів  $P$  в житлових будинках визначається по формулі [11]

$$P = \frac{q_{hr,u}^h U}{3600 q_0^h N}, \quad (2.13)$$

де  $q_{hr,u}^h$  – витрата гарячої (холодної) води одним споживачем л/год, в години найбільшого водоспоживання (гарячої - 9,2 л/год, холодної – 10,5 л/год);

$U$  – кількість споживачів ( мешканців) в будинку ( $U=220$  чол);

$N$  – кількість водорозбірних приладів (гаряче водопостачання – 279 шт., холодне водопостачання – 354 шт.).

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів  $P$  в житлових будинках для гарячого водопостачання

$$P = \frac{9,2 \cdot 220}{3600 \cdot 0,2 \cdot 270} = 0,010076,$$

де  $N \cdot P = 279 \cdot 0,010076 = 2,811$  приймаємо  $\alpha = 1,763$ .

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів  $P$  в житлових будинках для холодного водопостачання

$$P = \frac{10,5 \cdot 220}{3600 \cdot 0,2 \cdot 354} = 0,009063,$$

де  $N \cdot P = 354 \cdot 0,009063 = 3,208$  приймаємо  $\alpha = 1,917$ .

Максимальна годинна витрата гарячої води  $q_{hr}^h$ , м<sup>3</sup>/год, визначається за формулою, м<sup>3</sup>/год

$$q_{hr}^h = 0,005 q_{o,hr}^h \alpha_{hr}, \quad (2.14)$$

де  $q_{o,hr}^h$  – годинна витрата води водорозбірним приладом, ( $\frac{л}{год}$ ), (для житлових будинків, що обладнані ваннами, умивальниками і мийками допускається приймати  $q_{o,hr}^h = 200$  ( $\frac{л}{год}$ ));

$\alpha_{hr}$  – коефіцієнт, що визначається згідно [11, додаток 4], в залежності від загальної кількості приладів  $N$ , які обслуговуються системою що проектується, на ймовірність їх використання  $P_{hr}$ , що визначається за формулою

$$P_{hr} = \frac{3600 P q_o^h}{q_{o,hr}^h}. \quad (2.15)$$

$$q_{hr}^h = 0,05 \cdot 200 \cdot 168 = 168.$$

## Ймовірність використання

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot 0,010076 \cdot 0,2}{200} = 0,03627,$$

де  $N \cdot P = 0,03627 \cdot 279 = 10,12$  приймаємо  $\alpha = 168$ .

Середньо годинна часова витрата  $q_T^h$  за період найбільшого водоспоживання  $T$ , визначається за формулою, м<sup>3</sup>/год

$$q_T^h = \frac{q_n^h U}{1000 T}, \quad (2.16)$$

де  $q_n^h$  – нормальна витрата гарячої води, л, одним споживачем в сутки найбільшого водоспоживання, приймаємо по додатку 3 [11];

$U$  – кількість споживачів

$$q_T^h = \frac{110 \cdot 220}{1000 \cdot 24} = 1,008.$$

Середня годинна витрата води за середні сутки  $q_{T,m}^h$  визначається по формулі [11], л/доб

$$q_{T,m}^h = \frac{q_{n,m}^h U}{1000 T}, \quad (2.17)$$

де  $q_{n,m}^h$  – витрата гарячої води, л/доб, одним споживачем в середні сутки, приймаємо по додатку 3 [11]

$$q_{Tm}^h = \frac{90 \cdot 220}{1000 \cdot 24} = 0,825.$$

Середньогодинний тепловий потік за добу найбільшого водоспоживання  $Q_T^h$  визначається по формулі [12], кВт

$$Q_T^h = 1,16q_T^h(55 - t^c) + Q^{ht} . \quad (2.18)$$

Розрахункова величина  $Q^{ht}$  може бути визначена в долях  $K^t$  від середнього динної витрати  $Q_T^h$  по формулі [12], кВт

$$Q^{ht} = K^t Q_T^h , \quad (2.19)$$

де  $t^c$  – температура холодної води, °С, в системі водопроводу; при відсутності даних її необхідно приймати рівною 5 °С ;

$Q^{ht}$  – тепловтрати трубопроводами системи гарячого водопостачання, кВт.

При  $K^t = 0,2$

$$Q_T^h = 1,16 \cdot 1,008 \cdot (55 - 5) + 11,7 = 70,164 ;$$

$$Q^{ht} = 1,16 \cdot 1,008 \cdot (55 - 5) \cdot 0,2 = 11,7 .$$

Середньогодинний тепловий потік за середні сутки,  $Q_{T,m}^h$  визначається по формулі [12], кВт

$$Q_{T,m}^h = 1,16q_{T,m}^h(55 - t^c) + Q^{ht} . \quad (2.20)$$

Тоді

$$Q_{T,m}^h = 1,16 \cdot 0,825 \cdot (55 - 5) + 9,57 = 57,42 ;$$

$$Q^{ht} = 1,16 \cdot 0,825 \cdot (55 - 5) \cdot 0,2 = 9,57 .$$



Максимальний тепловий потік на протязі часу найбільшого водоспоживання  $Q_{hr}^h$  визначається по формулі [12], кВт

$$Q_{hr}^h = 1,16q_{hr}^h(55 - t^c) + Q^{ht} . \quad (2.21)$$

Тоді

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot 168 \cdot (55 - 5) + 1948,8 = 11692,8 ;$$

$$Q^{ht} = 1,16 \cdot 168 \cdot (55 - 5) \cdot 0,2 = 1948,8 .$$

Сумарний тепловий потік визначається за формулою [12], кВт

$$\Sigma Q^{ht} = Q_T^h + Q_{T,m}^h + Q_{h,e}^h , \quad (2.22)$$

$$\Sigma Q^{ht} = 70,164 + 57,42 + 11692,8 = 11820,4 .$$

Моделювання гідравлічного режиму системи холодного водопостачання.

Для ділянки №1

$$q^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,23 = 0,23 .$$

Втрати напору на ділянках трубопроводів систем холодного водопостачання необхідно визначати за формулою [11], м

$$H = i l (1 + K_l) , \quad (2.23)$$

де  $i$  – питомі втрати напору, що приймаються по номограмі або таблиці [12, додаток 6];

$l$  – довжина ділянки  $m$ ;

$K_l$  – коефіцієнт, який враховує втрати напору в місцевих опорах, значення якого необхідно приймати:

- 0,3 – в мережах господарсько – питних водопроводів житлових і громадських будівель;
- 0,2 – в мережах об'єднаних господарсько – протипожежних водопроводів житлових та громадських будівель, а також в мережах побутових водопроводів;
- 0,15 – в мережах об'єднаних продуктивних протипожежних водопроводів;
- 0,1 – в мережах протипожежних водопроводів.

$$H = 95,8 \cdot 3 \cdot (1 + 0,3) = 373,62$$

Моделювання гідравлічного режиму системи гарячого водопостачання.

Для ділянки №1

$$q^h = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,2 = 0,2.$$

Втрати напору на ділянках трубопроводів закритих систем гарячого водопостачання необхідно визначати з урахуванням заростання труб за формулою [11], м

$$H = i l (1 + K_l), \quad (2.24)$$

де  $i$  – питомі втрати напору, що приймаються по номограмі або таблиці [6];

$l$  – довжина ділянки  $m$ ;

$K_l$  – коефіцієнт, який враховує втрати напору в місцевих опорах, значення якого необхідно приймати [11]:

- 0,2 – для подаючи і циркуляційних розподільчих трубопроводів;

- 0,5 – для трубопроводів в межах теплових пунктів, а також трубопроводів водорозбірних стояків з рушник осушками;
- 0,1 – для трубопроводів водорозбірних стояків без рушникосушок і циркуляційних стояків.

$$H = 435 \cdot 1 \cdot (1 + 0,2) = 522$$

Циркуляційна витрата гарячої води  $q^{cir}$ , необхідно визначати по формулі [11], л/с

$$q^{cir} = \beta \frac{\sum Q^{ht}}{4,2 \Delta t} \quad (2.24)$$

де  $\sum Q^{ht}$  – сумарні тепловтрати подаючими трубопроводами системи ГВС, кВт;

$\Delta t$  – різниця температур в подаючі трубопроводах системи від водопідігрівача до найбільш віддаленої водорозбірної точки, °С ;

$\beta$  – коефіцієнт розрегулювання циркуляції.

Для даної системи приймаємо  $\Delta t = 10$  °С і  $\beta = 1$ .

Для ділянки №1

$$q^{cir} = 1 \frac{13,5}{4,2 \cdot 10} = 0,321$$

Дані розрахунку заносимо до таблиці 2.7.

Тепловтрати ділянкою трубопроводу  $Q^{ht}$  визначаються за формулою, Вт

$$Q^{ht} = ql,$$

де  $q$  – тепловтрати на 1 м трубопроводу,  $Вт/м$ ;

$l$  – довжина ділянки трубопроводу,  $м$ .

Для ділянки №1

$$Q^{ht} = 13,5 \cdot 1 = 13,5.$$

Значення  $q$  в залежності від умов прокладання приведені в [12, додаток 7]. Дані розрахунку заносимо до таблиці 2.7.

В даному розділі за результатами теплотехнічного розрахунку встановлено загальні тепловтрати будівлі, які складають 386,89 кВт, а також підібрані обігрівальні прилади для системи опалення. Обігрівальні прилади та розводка трубопроводів системи опалення нанесені на типових поверхах будинку. На основі розроблених аксонометричних схем та за результатами моделювання гідравлічного режиму системи опалення підібрано діаметри трубопроводів, а також розраховано сумарні витрати тиску в системі опалення, які склали 371,3 кПа.

В даному розділі були визначені розрахункові витрати холодної та гарячої води для кожної ділянки трубопроводу. Визначені розрахункові витрати теплових потоків на потреби гарячого водопостачання, які склали 11820,4 кВт. На основі розроблених аксонометричних схем та за результатами моделювання гідравлічного режиму систем холодного та гарячого водопостачання підібрано діаметри трубопроводів, а також розраховано втрати напору на ділянках. Сумарні втрати напору для ХВП склали 90,824 м. Сумарні втрати напору для ГВП: для секції 1,1 – 24 м; 1,2 – 22,6 м; 2,1 – 16,2 м; 2,2 – 11,1 м; 2,3 – 16,2 м; 2,4 – 21,1 м. Також, були розраховані тепловтрати і циркуляційні витрати у подаючі трубопроводах системи ГВП для кожної ділянки.

Таблиця 2.7 - Розрахунок тепловтрат і циркуляційних витрат

Секції	№ ділянки	Довжина L, м	Діаметр d, мм	Втрати теплоти			$q^{cir}$ , л/с	$K_{cir}$
				$q$ , Вт/м	$Q^{ht}$ , Вт	$\Sigma Q^{ht}$ , Вт		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,1	1	1	15	13,5	13,5	13,5	0,321429	0
	2	13,85	15	13,5	186,98	200,475	4,773214	0
	3	6	15	13,5	81	281,475	6,701786	0
	4	9,3	15	13,5	125,55	407,025	9,691071	0
	5	4	15	13,5	54	461,025	10,97679	0
1,2	1	1	15	13,5	13,5	13,5	0,321429	0
	2	6	15	13,5	81	94,5	2,25	0
	3	13,85	15	13,5	186,98	281,475	6,701786	0
	4	10,52	15	13,5	142,02	423,495	10,08321	0
2,1	1	1	15	13,5	13,5	13,5	0,321429	0
	2	2,5	15	13,5	33,75	47,25	1,125	0
	3	1	15	13,5	13,5	60,75	1,446429	0
	4	10,5	15	13,5	141,75	202,5	4,821429	0
	5	6,2	15	13,5	83,7	286,2	6,814286	0
	6	2	15	13,5	27	313,2	7,457143	0
2,2	1	1	15	13,5	13,5	13,5	0,321429	0
	2	5,5	15	13,5	74,25	87,75	2,089286	0
	3	3	15	13,5	40,5	128,25	3,053571	0
	4	6,2	15	13,5	83,7	211,95	5,046429	0
	5	2	15	13,5	27	238,95	5,689286	0
2,3	1	1	15	13,5	13,5	13,5	0,321429	0
	2	2,5	15	13,5	33,75	47,25	1,125	0
	3	1	15	13,5	13,5	60,75	1,446429	0
	4	10,5	15	13,5	141,75	202,5	4,821429	0
	5	6,2	15	13,5	83,7	286,2	6,814286	0
	6	2	15	13,5	27	313,2	7,457143	0
2,4	1	1	15	13,5	13,5	13,5	0,321429	0
	2	6,2	15	13,5	83,7	97,2	2,314286	0
	3	3	15	13,5	40,5	137,7	3,278571	0
	4	10,7	15	13,5	144,45	282,15	6,717857	0
	5	1	15	13,5	13,5	295,65	7,039286	0
	6	2,5	15	13,5	33,75	329,4	7,842857	0
	7	2	15	13,5	27	356,4	8,485714	0

### 2.7 Витрата води для даної системи

Лічильник холодної води типу ВТГ – 50. Технічні характеристики наступні.

Діаметр умовного проходу, мм – 50.

Витрата води, м<sup>3</sup>/год:

- $Q_{\min}$  – мінімальна – 2,4;
- $Q_{\text{ном}}$  – номінальна – 15;
- $Q_{\max}$  – максимальна – 30.

Поріг чутливості, м<sup>3</sup>/год – 1,0.

Габаритні розміри, мм:

- довжина монтажна – 155;
- висота – 214;
- ширина – 160.

Балансувальний вентиль ASV-M призначений, насамперед, для підключення імпульсної трубки балансувального клапана до подаючого стояка. Клапани ASV-P і ASV-M також дозволяють відключити стояк від розподільчих магістралей і спустити з нього воду через дренажний кран, змонтований на корпусі ASV-P. ASV-P і ASV-M можуть бути додатково забезпечені вимірювальними ніпелями для визначення фактичної витрати теплоносія у стояках системи опалення та регульованого перепаду тисків. Ніпелі встановлюються на клапани замість пробок на їх корпусах за відсутності води в системі, а також на дренажному крані.

Технічні характеристики [20]:

- максимальний робочий тиск – 10 бар;
- випробуваний тиск – 16 бар;
- максимальний перепад тиску на клапані – 1,2 бар (120кПа);
- максимальна температура теплоносія – 120 °С.

Матеріал деталей, що контактують з водою:

- корпус клапана, шпindel, конус та ін. – латунь
- діафрагма і кільцеве ущільнення – синтетичний каучук EPDM
- пружина – нержавіюча сталь.

Підбір балансувального вентиля ASV-M і автоматичного регулятора перепаду тиску ASV-P для одного із стояків двохтрубної водяної системи опалення. Вихідними даними для розрахунку є:

- розрахункова витрата теплоносія через стояк  $G = 2156,041 \text{ кг/год} = 2,2 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- втрати тиску на стояку  $\Delta P_{\text{ст}} = 0,05 \text{ бар} = 5440,976 \text{ Па} = 5,44 \text{ кПа}$ ;
- умовний діаметр стояка  $D_y = 35 \text{ мм}$ ;
- тиск в магістральних трубопроводах в точці приєднання стояка.

Тиск в магістральних трубопроводах в точці приєднання стояка вимірюється наступним чином, бар

$$\Delta P_o = \Delta P_m + \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{бк}} = 0,3 + 0,05 + 0,1 = 0,45,$$

де  $\Delta P_o$  – різниця тисків в магістральних трубопроводах;

$\Delta P_m$  – втрати тиску в клапані ASV-M;

$\Delta P_{\text{ст}}$  – перепад тиску на стояку;

$\Delta P_{\text{бк}}$  – втрати тиску в балансувальному клапані ASV-P.

В якості балансувального вентиля вибираємо клапан ASV-M. Вибираємо автоматичний регулятор перепаду тиску ASV-PV, так як перепад тиску, який він повинен підтримувати, рівний 0,05 бар, тобто знаходиться в діапазоні налаштування клапана до 0,1 бар. Діаметр обох клапанів приймаємо по діаметру стояка  $D_y = 32 \text{ мм}$ .

Втрати тиску на клапані ASV-M  $D_y = 32 \text{ мм}$  розраховуються за формулою, бар

$$\Delta P_m = (G / K_v)^2 = (2,2 / 6,3)^2 = 0,12.$$

Втрати тиску в клапані ASV-P становлять, бар

$$\Delta P_{\text{бк}} = \Delta P_o - \Delta P_{\text{ст}} - \Delta P_m = 0,5 - 0,05 - 0,12 = 0,33.$$

Умови роботи клапана визначаються по діаграмі, для чого точка  $2,2 \text{ м}^3/\text{год}$  на шкалі витрати  $G$  з'єднується лінією з точкою  $0,33 \text{ бар}$  на шкалі втрат тиску в балансувальному клапані  $\Delta P_{\text{бк}}$ . Далі ця лінія продовжується до шкали  $K_v$ , де рахується необхідна пропускна здатність клапана ASV-P, рівна  $4 \text{ м}^3/\text{год}$ . Далі від цього значення  $K_v$  проводиться горизонтальна лінія до перетину з вертикальною шкалою значень  $K_v$  у % для клапана прийнятого діаметра  $D_y = 32 \text{ мм}$ , де видна ступінь його відкриття –  $60 \%$ . На шкалі знизу діаграми напроти величини  $K_v$  у % можна знайти величину зони пропорційності  $X_p = 0,2 \text{ кПа}$  ( $0,02 \text{ бар}$ ) для вибраного клапана при заданих умовах роботи.

Клапани ASV-P спроектований таким чином, що він підтримує перепад тиску, на який виконане налаштування, при відкритті клапана на  $62,5 \%$ . При іншій ступені відкриття балансувальний клапан буде підтримувати перепад з відхиленням, рівним  $X_p$ .

## 2.8 Оцінка надійності та довговічності

Ступінь надійності залежить від складності інженерної системи і від надійності кожного елемента, який складає дану систему.

Визначення терміну служби конструктивних елементів визначено нижче.

Дана система складається з установок приготування гарячої води УГВнс, сталевих трубопроводів, поліетиленових трубопроводів, болтів, гайок, гумових прокладок тощо. Відповідна якість кожного елемента забезпечує можливість довготривалої роботи. Поліетиленові труби не схильні до корозії і не засмічуються осіданнями.

Гарантійні строки експлуатації основного обладнання системи водопостачання:

- сталеві труби – 10-15 років;



- поліетиленові труби RAUTITAN – 50 років;
- УГВнс – більше 10 років;
- прилади контролю та обліку – більше 12 років.

Середні строки експлуатації складають:  $(10+50+10+12)/4=20,5$  років.

Даний період визначає надійний строк служби системи.

Визначення технічного стану системи водопостачання, що експлуатується 2 роки. Оцінка щільності теплової мережі наведено у таблиці 2.8. Оцінка стану ізоляції у таблиці 2.9. Оцінка стану системи водопостачання у таблиці 2.10.

Таблиця 2.8 - Оцінка щільності теплової мережі

Випадки протікання на 10 м теплової мережі	Оцінка , бали $A_1$	Необхідний вид ремонту
Протікання не було	5	–

Таблиця 2.9 - Оцінка стану ізоляції

Стан ізоляційних покриттів	Оцінка , бали $A_2$	Необхідний вид ремонту
Добрий	4	Ремонт окремих місць пошкоджень ізоляції

Таблиця 2.10 - Оцінка стану системи водопостачання

Стан металу	Оцінка , бали $A_3$	Необхідний вид ремонту
Незначна корозія	5	Ремонт пошкоджених ділянок ізоляції з очисткою продуктів корозії

Загальна оцінка технічного стану теплової мережі визначається за сумарною кількістю балів

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 5+4+5 = 14.$$

Отже, за результатами оцінки надійності та довговічності системи, дана система водопостачання має задовільний стан та придатна до експлуатації.

## 2.9 Обґрунтування енергозбереження

В дипломній роботі розроблено проект пропозицій систем опалення та водопостачання громадської будівлі. Передбачено двотрубну систему водяного опалення. Така система економна, оскільки вона найменш металоємна і найбільш прийнята для будинку.

Прокладання трубопроводів відбувається у плінтусній системі. Повітря випускається з системи за допомогою спускних кранів, які встановлені на нагрівальних приладах.

Створення необхідних параметрів мікроклімату досягається за допомогою підбраного обладнання для системи опалення та гарячого водопостачання.

Визначені параметри наводяться в таблиці 2.11. Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.11 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_e$	°C	20
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_z$	°C	-22
Розрахункова температура теплового горища	$t_{BG}$	°C	-
Тривалість опалювального періоду	$z$	доба	189
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{OPZ}$	°C	-1
Розрахункова кількість градусо – днів опалювального періоду	$D_d$	°C·доба	3750
Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку			
Призначення		Громадська будівля	
Розміщення в забудові		Вбудовані приміщення	
Типовий проект, індивідуальний		Індивідуальний проект	
Конструктивне рішення		-	

Таблиця 2.13 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Назва показника	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (проектне) 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
- входних дверей	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$	–	29,4	29,4
- покриття	$F_{\text{ПК}}, \text{м}^2$	–	8282,288	8282,288
- горизонтальних 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	$F_{\text{в}}, \text{м}^2$	–	8282,288	8282,288
Розрахункова площа (для громадських будинків)	$F_{\text{Ір}}, \text{м}^2$	–	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

Продовження таблиці 2.13

Теплотехнічні та енергетичні показники				
Теплотехнічні показники				
1	2	3	4	5
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень - стін - вікон і балконних дверей - вхідних дверей, воріт - покриття - горищних перекриттів - перекриття над технічними підвалами	$R_{\Sigma PR}$ , $m^2 \cdot K/W$			
	$R_{\Sigma PRHT}$ ,	2,8	2,8	
	$R_{\Sigma PRSPB}$ ,	0,5	0,5	
	$R_{\Sigma PRD}$ ,	0,44	0,44	
	$R_{\Sigma PRPK}$ ,	2,8	2,8	
	$R_{\Sigma PRGP}$ ,	3,3	3,3	
	$R_{\Sigma PRCI}$ ,	3,5	3,5	
	Енергетичні показники			
Розрахункові питомі тепловтрати	$Q_{\text{буд}}$ , $kW \cdot \text{год} / m^2$ [ $kW \cdot \text{год} / m^3$ ]	51,1 [29,12]		
Максимально допустиме значення питомих тепловтрат на опалення	$E_{\text{max}}$ , $kW \cdot \text{год} / m^2$ [ $kW \cdot \text{год} / m^3$ ]	79 [29]		

Для енергозбереження будинку з вбудованими приміщеннями проведено теплотехнічний розрахунок загальних тепловтрат на  $1 \text{ м}^2$  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  $1 \text{ м}^2$  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  $R_{0n}^1 = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  і  $R_{0n}^2 = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  становить:

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

### 3 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ

Аналіз економічної доцільності було розраховано відносно базового рівня споживання.

Зважаючи на зростання фінансових видатків, кожного року на оплату усіх видів енергії витрачається значна частка коштів на утримання будівлі. Експертами на основі даних про споживання за минулі роки було побудовано діаграму фінансових витрати, які власник будівлі витрачає на енергію. Дана діаграма містить дані з врахуванням зростання тарифів щороку на 15 % (відносно існуючого тарифу), на всі види енергоресурсів на найближчі 15 років.

Потенціал енергозбереження для визначених першочергових енергоефективних заходів стосовно будівлі та інженерних систем зведений в наступній таблиці. Горизонт планування приймався 15 років. Орієнтовна тривалість реалізації запропонованих заходів наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Орієнтовна тривалість впровадження заходів

Заходи:		Тривалість впровадження (дд.мм.рр)
1	Утеплення фасадів будівлі	До 20 тижнів
2	Заміна вікон	До 8 тижнів
3	Заміна системи опалення	До 16 тижнів
4	Модернізація системи вентиляції	До 14 тижнів
5	Модернізація котельні	До 12 тижнів
6	Модернізація системи освітлення	До 2 тижнів
7	Модернізація системи холодного водопостачання	До 5 тижнів
8	Впровадження енергоменеджменту та енергомоніторингу	До 3 тижнів

Для обґрунтування та оцінки економічної ефективності впровадження енергоощадних заходів, що потребують значних фінансових інвестицій та залучення коштів банківських установ, за обома варіантами впровадження енергоефективних заходів проведено фінансовий аналіз, який базується на визначенні:

- первинні інвестиції EUR - це сума первинних інвестицій в захід, що перерахована в іноземну валюту, а саме Євро;
- первинні інвестиції UAH - це сума первинних інвестицій в захід, що розрахована в державній валюті;
- загальна економія - це сума збережених коштів при впровадженні енергоефективного заходу, в розрахунку кількості збережених коштів на рік;
- чиста економія - це сума збережених коштів при впровадженні енергоефективного заходу з урахуванням витрат на поточну експлуатацію і обслуговування обладнання та можливу заміну обладнання, в розрахунку кількості збережених коштів на рік;
- проста окупність - це період окупності заходу в роках, що був розрахований відносно базового рівня споживання при чистій економії (розраховано від чистої економії);
- ESR - це показник, який відображає відсоток збереженої енергії відносно загального споживання того чи іншого енергетичного ресурсу (теплова енергія, електроенергія, холодна вода і тп.) ;
- IRR (Внутрішня норма прибутковості, або з англ. Internal Rate of Return, IRR) – це процентна ставка яка описує рентабельність інвестиції. Термін «внутрішня» підкреслює факт, що ця процентна ставка є характеристикою інвестиції і не залежить від оточення, нп., від ринкових процентних ставок, вартості капіталу, інфляції(розраховано від чистої економії);
- NPV (Чиста приведена вартість, або з англ. Net Present Value, NPV)- це різниця між величиною грошового потоку, дисконтованого за



прийнятної ставки доходності і сумою інвестицій (розраховано від чистої економії);

- строк служби - це період часу, протягом якого будівлі, споруди, обладнання повинні, зберігати свою моральну та фізичну працездатність, а також враховуючи певні вимоги до періоду експлуатації певного обладнання.

Результати розрахунків представлено в таблицях 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 – Термін окупності впроваджених впровадження заходів

ЕЕ Заходи		Економія		Окупність роки
		Гкал/рік	кВтлгод/рік	
1	Утеплення фасадів будівлі	169,33	196 804	5,83
2	Заміна вікон	82,17	95 503	14,07
3	Заміна системи опалення	36,05	41 901	41,19
4	Модернізація системи вентиляції	5,04	5 867	566,82
5	Модернізація системи освітлення	9,41	10 938	32,01
6	Модернізація системи холодного водопостачання	-	-	63,69
7	Впровадження енергоменеджменту та енергомоніторингу	12,32	14 326	4,73
Всього по пакету енергоефективних заходів		397,44	461 953	16,3

Наведена економія енергоресурсів порахована від фактичного рівня споживання енергії в будівлі.

Таблиця 3.3 – Аналіз економічних факторів при впровадженні заходів

Заходи з підвищення енергетичної ефективності (ЕЕ)	Первинні інвестиції	Первинні інвестиції	Загальна економія	Чиста економія	Проста Окупність	ESR	IRR	NPV	Строк служби
	[UAH]	[EUR]*	[UAH] /рік	[UAH] /рік	[рік]	[%]	[%]	[UAH]	[рік]
Утеплення фасадів будівлі	1 397 000	44 349	239 519	239 519	5,83	29,7	29,1	4 977 707	25
Заміна вікон	1 634 850	51 900	116 231	116 231	14,07	14,4	13,9	1 458 601	20
Заміна системи опалення	1 846 908	58 632	50 995	44 839	41,2	6,32	1,41	-653 536	30-40
Модернізація системи вентиляції	2 533 124	80 417	6 989	4 469	567	0,91	-19,0	-2 414 183	25
Модернізація системи освітлення	863 100	27 400	24 064	26 964	32,01	22,96	3,99	-145 475	15-20
Модернізація системи холодного водопостачання	79 065	2 510	1 637	1 241	63,69	29,0	-2,7	-46 027	30
Впровадження енергоменеджменту та енергомоніторингу	78 750	2 500	17 435	16 648	4,73	2,16	34,0	364 327	X
РАЗОМ по розділу ЕЕ:	9 130 192	289 847	574 455	560 106	16,3	65,0	26,66	47 686 807	24-26

\*- Перераховано за курсом Євро - 31,5 грн

До підпорядкування МОН України належать навчальні заклади та установи державної та недержавної форм власності: дошкільні навчальні заклади, загальноосвітні школи, ЗВО I-II р.а. (професійно-технічні училища, технікуми, коледжі), ЗВО III-IV р.а. (інститути, університети, академії). Протягом 2016/2017 навчального року [39] кількість дошкільних навчальних закладів складала 14,9 тис.; загальноосвітніх навчальних закладів - 16,9 тис.; ЗВО I—II рівнів акредитації (коледжів, технікумів і училищ) - 742 заклади; ЗВО III - IV рівнів акредитації - 232 заклади. Всі ці заклади підпорядковані МОН в питаннях розробки навчальних програм, методичних планів, фінансове ж підпорядкування МОН мають ЗВО I-II та III-IV р.а. державної форми власності, дошкільні та загальноосвітні заклади підпорядковуються місцевим та районним держадміністраціям, з бюджетів яких фінансується їх будівництво, ремонт та обслуговування. В роботі досліджується ефективність споживання енергетичних ресурсів ЗВО III-IV р.а., підпорядкованих МОН.

Проведений аналіз будівель досліджуваних ЗВО показав, що близько: 47 % з них збудовано до 1970 року, 20 % – 1970-1980 року, 30 % – 1980-1996, 3 % – здано в експлуатацію після 2007 року. Тобто, існуючий фонд будівель ЗВО у більшості створений в післявоєнні роки, коли при проектуванні та будівництві будинків в першу чергу заощаджувалися початкові витрати, а енергетичні експлуатаційні витрати у розрахунках кінцевої ефективності приймалися як вторинні показники.

Розглядаючи специфіку енергоспоживання навчальних закладів МОН, відмітимо основні її властивості: основними об'єктами – споживачами первинних енергетичних ресурсів є будівлі та споруди; основні витрати енергії пов'язані з системами опалення, ГВП та вентиляції; підвідомчі об'єкти територіально розподілені по всіх областях України, тобто знаходяться в різних температурних зонах, відповідно до державних будівельних норм [25]; кількість об'єктів МОН нараховує декілька тисяч, на балансі кожного з яких знаходиться від однієї до кількох десятків будівель різного призначення; ефективність використання енергії низька; існують

об'єкти не оснащені приладами обліку теплової енергії; збір первинної статистичної інформації про енергоспоживання та стан енергогосподарств об'єктів на рівні МОН ускладнений у зв'язку з територіальною розпорошеністю ЗВО та низькою кваліфікацією енергообслуговуючого персоналу; недостовірність надаваної інформації з енерговикористання; брак фінансових ресурсів на реалізацію заходів з енергозбереження; відсутність мотивації серед персоналу ЗВО; недотримання комфортних умов у приміщеннях будівель, однією з причин якого є невиконання енергопостачальними організаціями договірних умов тепlopостачання [21].

Загалом об'єктами міністерства та науки України за даними [22] спожито 318 729 т.у.п. Рисунок 3.1 ілюструє частки енергоресурсів у загальному їх споживанні навчальними закладами за 2009 рік в натуральних та грошових одиницях.

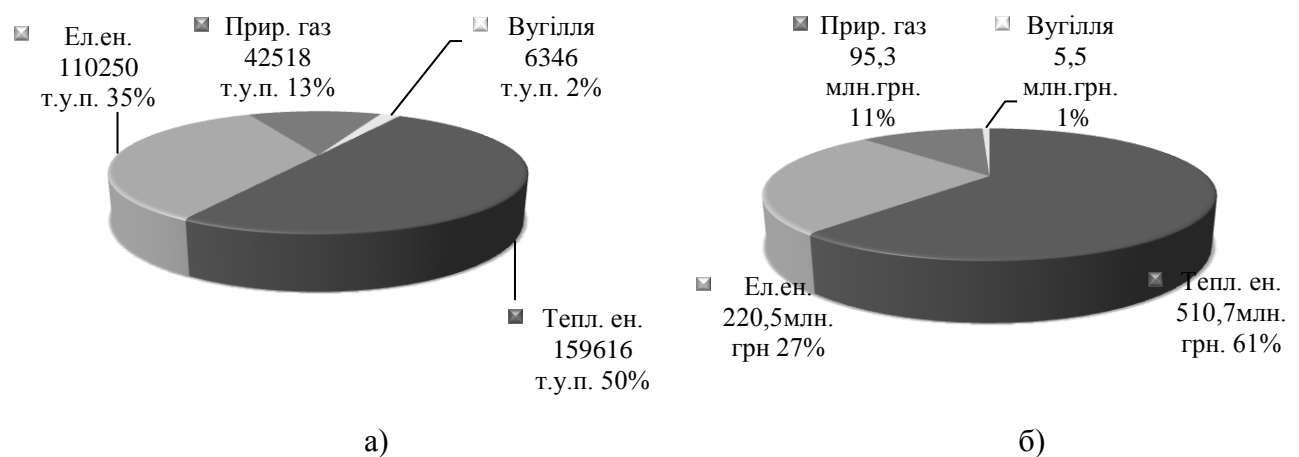


Рисунок 3.1 - Дольовий розподіл енергоресурсів, спожитих підвідомчими об'єктами МОН (а) та витрат коштів на їх оплату (б) у 2009 році.

Аналіз грошових витрат на енергетичні ресурси за останні роки показує динаміку їх щорічного зростання, а також збільшення частки видатків на оплату послуг з тепlopостачання. По-перше це спричинено ростом тарифів, а по-друге зношеністю фонду будівель галузі освіти, оскільки кліматичні умови протягом аналізованого періоду були подібними.

Дані про енергоспоживання ЗВО за 2008-2010 роки, аналізувалися з урахуванням низки факторів, використання яких рекомендовано в [20, 21] та досліджено їх вплив в [41, 42], зокрема: температурна зона розміщення, загальна площа навчальних корпусів та гуртожитків, тип ЗВО, дані щодо зайнятості та кількості користувачів, рівень забезпечення комфортних умов у приміщеннях тощо.

Враховуючи залежність теплоспоживання для потреб опалення від погодних умов та територіальну розпорошеність ЗВО, для можливості адекватного порівняння ефективності теплоспоживання, проведено аналіз доцільності використання наступних показників для нормалізації цієї величини [12]: нормативна кількість ГД ОП; тривалість ОП; норми витрати теплоти для будівель ЗВО, збудованих з 1981 р. за [32]; норми витрати теплоти для будівель ЗВО, збудованих після 2000р. за [32]; нормативні максимальні тепловитрати багатопверхових будинків, споруджених після 2007р. за [25]; фактичне приведення теплоспоживання ЗВО III-IV р.а.

За результатами дослідження, для нормалізації витрат теплоти для потреб опалення прийнято показники: нормативна кількість ГД ОП та нормативні максимальні тепловитрати багатопверхових будинків, згідно [25]

$$Q_{\text{нормаліз } i}^{\text{опал}} = Q_{\text{опал } i}^{\text{привед}} \cdot \frac{q_n^{\text{серед } У}}{q_n^{\text{темп зони}} \cdot \frac{ГД_{\text{серед } У}^{\text{норм}}}{ГД_{\text{темп зони}}^{\text{норм}}}},$$

де  $ГД_{\text{серед } У}^{\text{норм}}$  - нормативна середня по Україні кількість ГД ОП;

$ГД_{\text{темп зони}}^{\text{норм}}$  - нормативна кількість ГД ОП для температурної зони;

$q_n^{\text{серед } У}$  - нормативна середня по Україні величина максимальних витрат на опалення будівель, кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік);

$q_n^{темп\ зони}$  - нормативна для температурної зони величина максимальних витрат на опалення будівель, кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік).

Результати впливу приведення та нормалізації енергоспоживання для потреб опалення наведено на рисунку 3.2, в таблиці 3.4 наведено узагальнені показники ЗВО України.

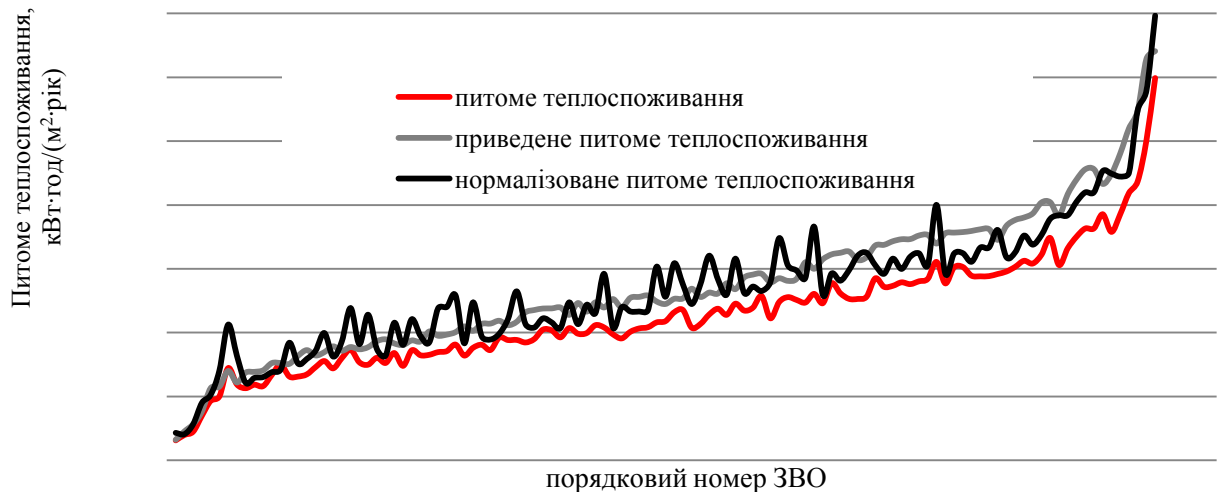


Рисунок 3.2 – Порівняння питомих величин теплопоживання ЗВО до та після нормалізації

Використовуючи методи статистичного аналізу даних визначено оптимальну чисельність вибірки ЗВО для отримання результатів, що з ймовірністю 0,95 відображають генеральну сукупність. Генеральна сукупність досліджуваних об'єктів складається з 133 ЗВО (розглядаємо ЗВО III-IV р.а. державної форми власності). Наявна вибіркова сукупність складає 115 ЗВО.

В таблиці 3.5 наведено розрахунок основних статистичних показників для визначення чисельності неповторної вибірки за величинами: питоме приведенне теплопоживання, питоме електроспоживання, питоме водоспоживання, питоме загальне нормалізоване енергоспоживання, за формулами:

- чисельність без повторної вибірки  $n = \frac{t^2 \cdot \sigma_0^2 \cdot N}{\Delta_x^2 \cdot N + t^2 \cdot \sigma_0^2}$ ;
- вибіркова дисперсія  $\sigma_0^2 = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot f}{\sum f}$ ;
- скорегована вибіркова дисперсія  $\sigma_0'^2 = \sigma_0^2 \cdot \frac{n}{n-1}$ ;
- гранична помилка вибірки  $\Delta x = t \cdot \sqrt{\frac{\sigma_0'^2}{n} \cdot (1 - \frac{n}{N})}$ .

Таблиця 3.4 – Узагальнені енергетичні та експлуатаційні показники ЗВО України

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Мінімум	Максимум	Середнє значення	Середньо-квадратичне відхилення
Загальна площа навчально-лабораторних корпусів	м <sup>2</sup>	3729,9	474503	62425,56	60134,8
Загальна площа гуртожитків	м <sup>2</sup>	0	147404	28901,40	26581,8
Кількість студентів	осіб	1170	23951	5884,93	4017,4
Кількість професорсько-викладацького складу	осіб	50	3166	588,16	457,4
Питоме електроспоживання	кВт·год/м <sup>2</sup>	0,058	120,68	33,70	15,46
Питоме приведене теплоспоживання	кВт·год/м <sup>2</sup>	16,02	554,99	141,48	71,08
Питоме нормалізоване загальне енергоспоживання	кВт·год/м <sup>2</sup>	29,1	546,9	172,5	72,88
Питоме водоспоживання	м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	0,208	5,92	1,74	1,169
Фактична кількість ГД ОП	градусо-діб	1926,0	3245,7	2837,6	232,8
Нормативна кількість ГД ОП	градусо-діб	1863,0	3997,0	3394,14	384,0

Отже, наявна чисельність вибірки є достатньою для представлення генеральної сукупності із ймовірністю 0,95 та заданою граничною помилкою.

З використанням даних статистичної звітності за 2008 рік проведено аналіз теплоспоживання ЗВО залежно від температурної зони, серед яких у I зоні розташовано – 85, у II – 60. Відповідно до цього встановлено, що питома приведене до нормативних умов споживання теплоти ЗВО становить в середньому для: I зони – 152,7 кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік); II зони – 109,6 кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік).

Таблиця 3.5 – Розрахунок статистичних показників

Статистичний показник	Значення статистичних показників вибірки			
	питомого приведеного тепло- споживання, кВт·год/м <sup>2</sup>	питомого електро- споживання, кВт·год/м <sup>2</sup>	питомого загального нормалізованого енергоспоживан- ня, кВт·год/м <sup>2</sup>	питомого водоспоживання , м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
Чисельність генеральної сукупності	133	133	133	133
Чисельність наявної вибіркової сукупності	115	115	115	115
Задана помилка вибірки	5	1,5	6,5	0,1
Дисперсія вибірки	3570,53	231,134	6213,683	1,382
Скорегована дисперсія вибірки	3601,85	233,162	6268,671	1,394
Оптимальна чисельність вибірки	107,23	115,805	107,837	106,5
Середнє значення вибіркової сукупності	137,85	33,997	175,02	1,75
Розрахована гранична помилка вибірки (при n=115)	4,15	0,269	7,698	0,002



В таблиці 3.6 наведено характеристики температурних зон України від найхолоднішої до найтеплішої, що підтверджує отримані результати розрахунків питомого теплоспоживання.

Оскільки ЗВО знаходяться в різних температурних зонах, для можливості порівняння їх між собою розраховано питома теплоспоживання з урахуванням нормативної кількості ГД ОП для кожної зони: I зона – 0,0425 кВт·год/(м<sup>2</sup>·ГД); II зона – 0,0386 кВт·год/(м<sup>2</sup>·ГД).

Таблиця 3.6 – Температурні зони України

Найменування температурної зони	Області, що відносяться до температурної зони	Кількість ГД ОП
I температурна зона	Київська, Чернігівська, Житомирська, Рівненська, Черкаська, Сумська, Вінницька, Кіровоградська, Харківська, Луганська, Донецька, Полтавська, Хмельницька, Тернопільська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Дніпропетровська, Волинська	ГД>3501
II температурна зона	Закарпатська, Запорізька, Одеська, Миколаївська, Херсонська, АРК	ГД<3500

За вимогами сучасних норм [25] нормативні максимальні тепловитрати новозбудованих будівель та споруд навчальних закладів ( $E_{max}$ ) повинні становити в I температурній зоні не більше 28 кВт·год/м<sup>3</sup>, та 30 кВт·год/(м<sup>3</sup>) – для II температурної зони.

Для порівняння питома теплоспоживання університетів європейських країн проілюстровано на рисунку 3.3. При цьому нормативна кількість ГД ОП (при температурі внутрішнього повітря 18 °С) становить у: Німеччині

3252, Великобританії 2810, Франції 2478, Греції 1269, Данії 3621 та Нижньгородській області РФ 4751 відповідно.

Приведення питомих витрат енергії до  $1 \text{ м}^2$  площі застосовується в багатьох країнах та є об'єктивною величиною, яка зазвичай пов'язана з вимогами санітарно-гігієнічних норм. Ще одним широко використовуваним показником, є приведення величини витрат енергії на одного викладача та студента в рік (див.табл. 3.7).

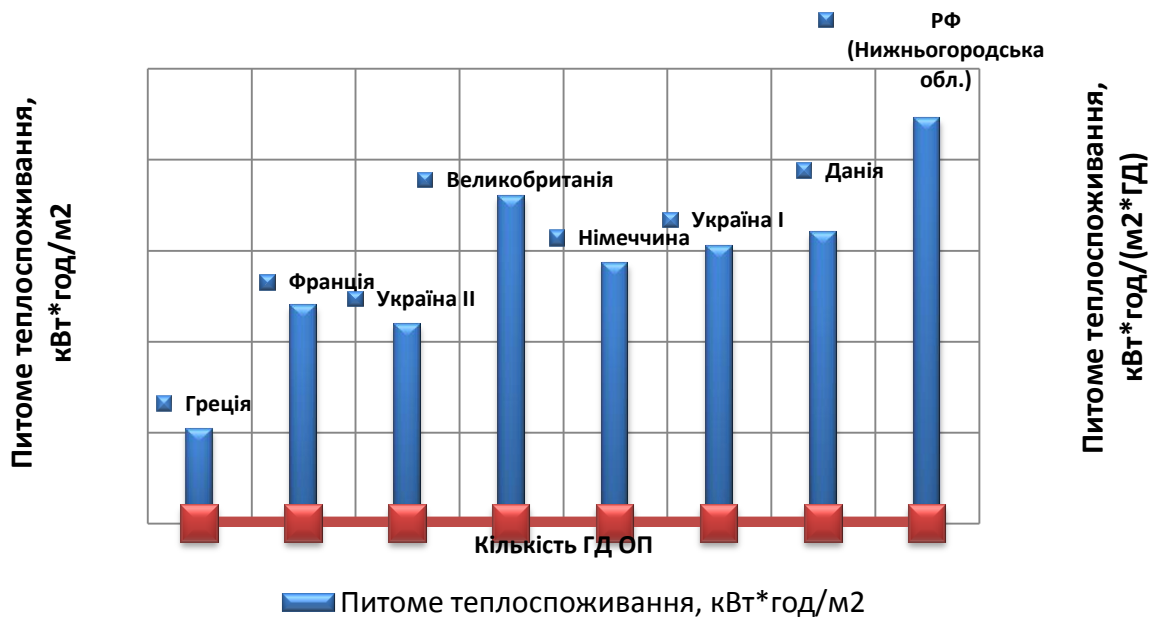


Рисунок 3.3 – Показники питомого теплоспоживання університетів [23, 45]

Таблиця 3.7 – Порівняння питомих витрат енергоносіїв ЗВО, приведених до однієї особи

Температурна зона	Електроспоживання, кВт*год/(особу*рік)	Теплоспоживання, Гкал/(особу*рік)	Водоспоживання, м³/(особу*рік)
I	431,2	1,4	23,5
II	519,7	0,9	21,1

Примітка: розрахунок кількості осіб, проводився з урахуванням студентів денної форми навчання та професорсько-викладацького складу ЗВО

Порівняння нормативних витрат теплоти приведених до  $1 \text{ м}^2$  опалювальної площі для будівель споруджених з 2000 року [32], норми для будівель споруджених з 2007 року [25] (див.рис. 3.4), засвідчило фактичну незмінність норм витрат теплоти за винятком будівель, розміщених в другій температурній зоні, де вони зменшилися менше ніж на 1 %, в решті зон норми витрати теплоти зросли від 3 до 7 %. При цьому фактичні витрати теплоти будівель ЗВО не відповідають вимогам сучасних норм та перевищують їх у деяких регіонах в 1,5...2 рази. Причиною фактичної незмінності нових норм може бути надмірна агрегація типів споруд за [25], що нівелює особливості режимів роботи ЗВО. У новій редакції [25], що набрала чинності 01 травня 2017 виділено окремий тип будівель «будівлі та споруди навчальних закладів».

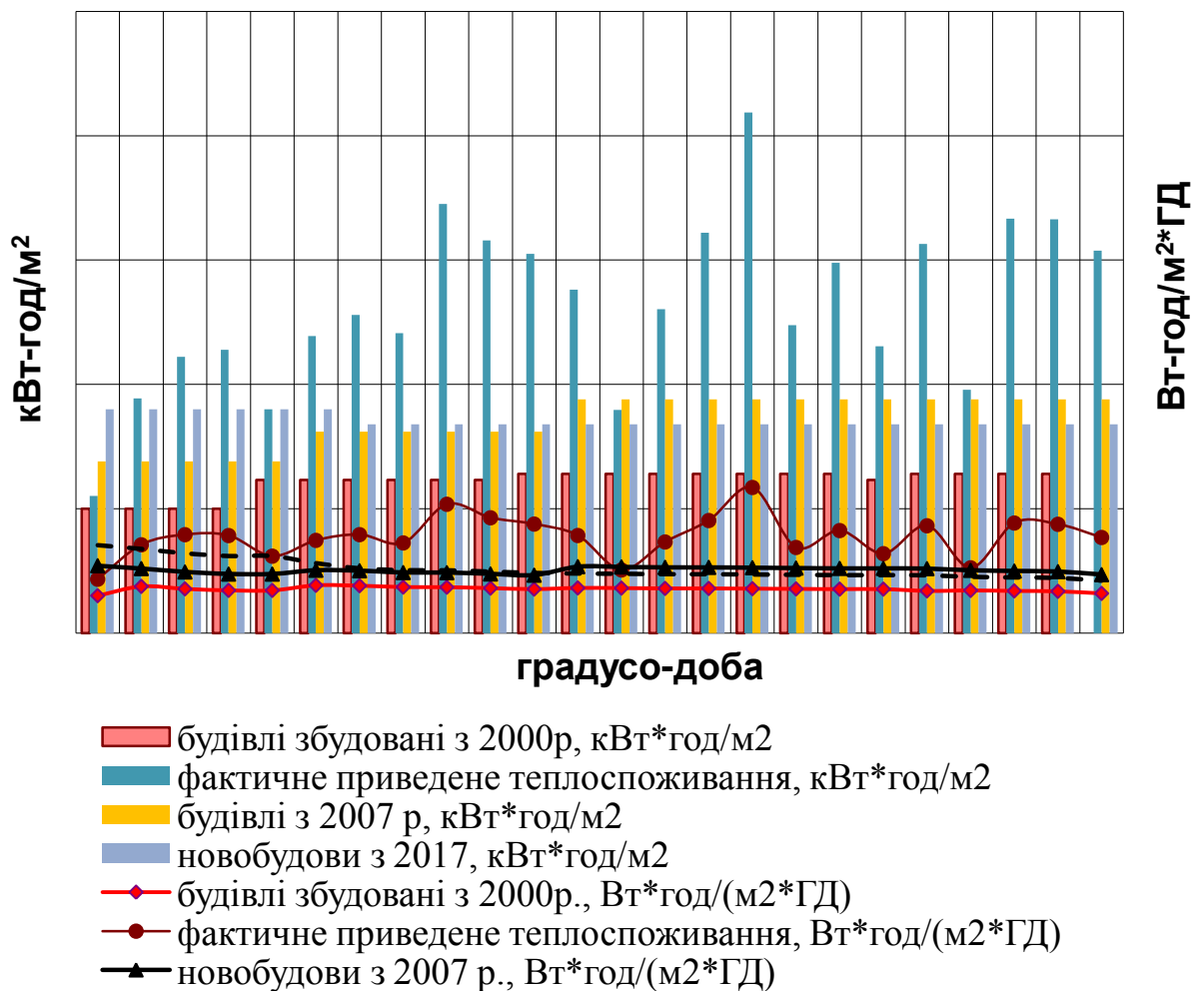


Рисунок 3.4 – Порівняння нормативних та фактичних витрат теплоти на опалення будівель ЗВО в Україні

Норми витрати електричної енергії для забезпечення функціонування будівель різного типу повинні враховувати призначення приміщень, оснащеність їдальнями, склад та характеристики електроспоживального обладнання, наявність систем охолодження повітря, тривалість світлового дня тощо. Норми витрати електричної енергії за [31] побудовані на основі аналізу статистичних даних по електриспоживанню конкретних характерних організацій за даними Департаменту енергозбуту ПАТ «Київенерго» та аналізу структури комунально-побутового електроспоживання за 10 років (з 1990-2000 рр.) на основі даних Держкомстат України. На рисунку 3.5 наведено порівняння норм витрат електричної енергії для навчальних і лабораторних корпусів [31] з фактичними витратами ЗВО за регіонами України. При цьому, фактичні витрати електричної енергії, використані для аналізу, включають витрати всіма будівлями окремого ЗВО, в т.ч. гуртожитками, та витрати пов'язані з зовнішнім освітленням території (може складати близько 1 % від загального річного електроспоживання ЗВО) й іншими витратами для забезпечення функціонування комплексу будівель (в т.ч. ремонтні роботи).

Оскільки, фактичні витрати електричної енергії узагальнені за показниками окремих ЗВО по регіонах з використанням тих же припущень, що й при розробці норм [31], то при аналізі рисунку 3.5 необхідно зауважити, що показники електроспоживання 2008 року в середньому за регіонами на 19 % вищі від норм, розробка яких базується на даних 1990-2000 рр. Причинами цьому може бути: по-перше підвищення енергоємності ЗВО, що пов'язана з комп'ютеризацією, по-друге значна частка застарілого енергоємного обладнання, що продовжує використовуватися у навчальному процесі.

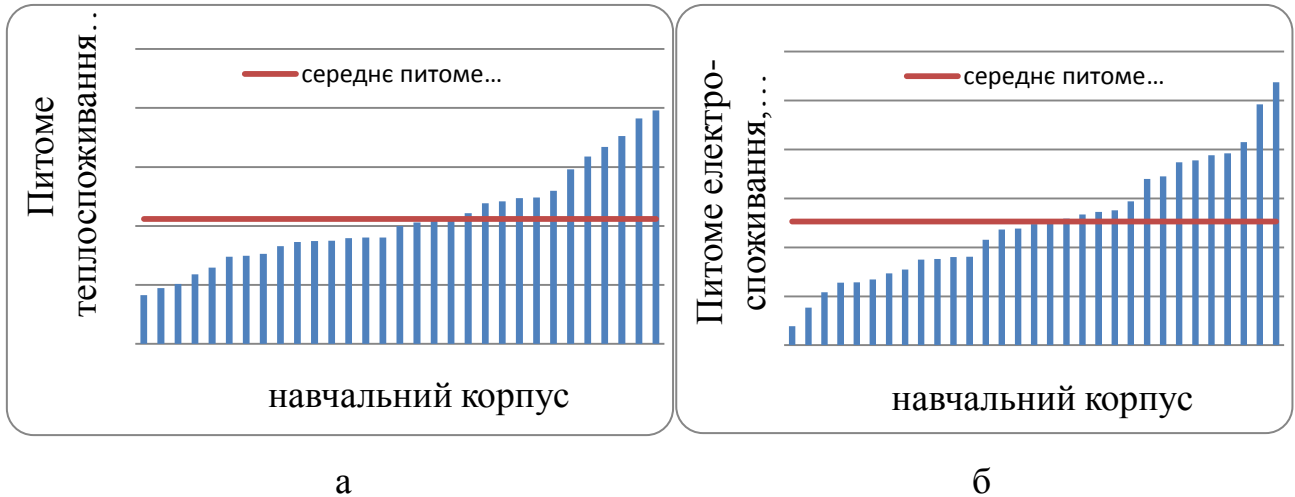


Рисунок 3.5 – Порівняння нормативних та фактичних витрат електричної енергії навчальними та лабораторними корпусами ЗВО

Під час аналізу енергоспоживання будівель необхідно враховувати такі важливі фактори, як: призначення, рік побудови, умови клімату [11], дотримання комфортності у приміщеннях [10, 14], тощо. Означені особливості вказують на необхідність об'єднання будівель у групи за певними ознаками для можливості подальшого аналізу та порівняння. Рисунок 3.6 ілюструє описану ситуацію, коли в загалі будівель, різко вирізняються питомі показники енергоспоживання.

Для спрощення процесів аналізу, порівняння та моніторингу величин енергоспоживання будівель проводять типологізацію існуючого фонду на основі узагальнення їх енергетичних та експлуатаційних показників з

подальшою розробкою будівель-еталонів [15], для моделювання витрат енергоносіїв різними типами будівель. При цьому статистичну обробку даних та виявлення їх характерних особливостей можна проводити з використанням методів статистичного та кластерного аналізів [16].



а – теплоспоживання на опалення, б – електроспоживання

Рисунок 3.6 – Питоме енергоспоживання будівель навчальних корпусів університету у 2009 році

Енергоефективні заходи на стороні споживача здійснюють прямий вплив на викиди через всю енергосистему. Викиди від системи виробництва енергії викликані спалюванням викопних видів палива (нафта, природний газ і т.д.).

CO<sub>2</sub> вуглекислий газ - не ядовитий газ. Нешкідливий для життя і навколишнього середовища при нормальній концентрації в атмосфері, але вважається одним із основних газів, що впливають на зміну клімату.

В таблиці 3.8 представлено зменшення викидів вуглекислого газу по кожному із заходів модернізації будівлі.

Таблиця 3.8 - Порівняння питомих витрат енергоносіїв ЗВО, приведених до однієї особи

Заходи:		Зменшення викидів CO <sub>2</sub> тон/рік
1	Утеплення фасадів будівлі	39,52
2	Заміна вікон	19,18
3	Заміна системи опалення	8,41
4	Модернізація системи вентиляції	1,07
5	Модернізація системи освітлення	9,8
6	Модернізація системи холодного водопостачання	0,0
7	Впровадження енергоменеджменту та енергомоніторингу	2,88
	РАЗОМ	100,26

Враховане зниження рівня викидів CO<sub>2</sub> тільки від централізованого опалення за умови виконання першочергових заходів (тепломережа живиться від газової котельні). Викиди CO<sub>2</sub> від зміни споживання електроенергії не враховуємо через невизначеність первинного джерела живлення на електростанції.

Дані щодо екологічної вигоди від модернізації навчального закладу, можуть знадобитися в разі отримання кредиту від Європейських та українських фінансових установ чи банків.

## ВИСНОВКИ

У роботі запропоновано шляхи підвищення ефективності енерговикористання об'єктів галузі освіти України, що базуються на вдосконаленні існуючих і розробці нових наукових та управлінських методів, технічних рішень оцінювання енергоефективності та впровадження системи енергетичного менеджменту галузі на базі міжнародних стандартів та з використанням енергетичного рейтингу і енергетичної сертифікації.

В роботі розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності ІІ корпусу ЗНУ. Проаналізований сучасний стан енергоспоживання та проведено енергетичне оцінювання системи теплопостачання корпусу. Запропоновано перелік заходів для зниження використання енергетичних ресурсів Запорізьким національним університетом.

В роботі за підсумками енергоаудиту був сформований варіант для впровадження на об'єкті.

Термін простої окупності наведених варіантів складає: 16,3 років.  
Повний список заходів включає в себе:

1. Утеплення фасадів будівлі.
2. Заміна вікон.
3. Заміна системи опалення.
4. Модернізація системи вентиляції.
5. Модернізація системи освітлення.
6. Модернізація системи холодного водопостачання.
7. Впровадження системи енергоменеджменту та енергомоніторингу.

Водночас, при виконанні термомодернізації будівлі слід добре розпланувати ефективне використання об'єкту нерухомості, оскільки це створює прямий вплив на енергоефективність в даній будівлі.

Аналіз економічних факторів при впровадженні заходів було розраховано відносно базового рівня споживання.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Раб`яш, Р. Системи опалення приміщень в аспекті теплового комфорту та технологічних вимог К.: Ринок інсталяційний, 1997. 26 с.
2. Сканава, А.И. Отопление. М.: Стройиздат, 1988. 416 с.
3. Мачкаши, А. Лучистое отопление. М.: Стройиздат, 1985.— 464 с.
4. Гухман, А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло- и массообмена. М.: Стройиздат, 1987. – 216 с.
5. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена. М.:Стройиздат, 1962. – 386 с.
6. Шаповалов, И.С. Проектирование панельно-лучистого отопления. М.: Стройиздат, 1986. – 124 с.
7. Шорин, С.И. Теплопередача излучением при лучистом отоплении. М.:Стройиздат, 1999. – 86 с.
8. Plechec, L. Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirodzenym obehem obeje. Electrotechnic obz. 1972. №1. P.5-10.
9. Petras, V. Kriho L., Fiedle T. Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim. Transformatory. 1984. №2. P. 7-13.
10. Guerra, F. Isaac Moreira. Primeira abordagem a utilização de modelos reduzidos para a determinacao experimental do campo termico de transformadores arrefecidos por conveceáo natural. Electricidade. 1987. № 233. P. 141-145.
11. Тихомиров, К. В. Теплотехніка, теплогазопостачання і вентиляція М.: Стройиздат, 1974.– 186 с.
12. Єрьомкін, А. І. Тепловий режим будівель. К.: АСВ, 2003. 56 с.
13. Гусев, В. Н. Теплопостачання та вентиляція. Л.: Стройиздат, 1975. 56 с.
14. Юркевич, О.О. Опалення громадянського будинку. Іжевськ: ІжГТУ, 2001. 108 с.
15. Бондаренко, В. В. Опалення та вентиляція житлового будинку. Перм: ПДТУ, 1995. 98 с.

16. Pivnek, M. Vyzkum tepelnych zavislosti na modelech vinuti transformatoru / M. Pivnek, K.Havlichek // Electrotechn. obz. 1974. №4. pp. 175-181.
17. Lobenstein H. Die Darstellung das Wärmeüberganskoeffizienten im transformator mit Kriteriellen Potenzfunktion. Elektric. 1979. №4. pp. 218-220.
18. Хованський С.О., Колісніченко Е.В., Панченко В.О. Розрахункові дослідження теплового стану приміщення. Технологический аудит и резервы производства. № 6/3(26), 2015, с. 45-48.
19. Файл IWEC для міст України.: <https://energyplus.net/weather/sources> (дата звернення: 11.11.20).
20. ДБН Б В.2.6-23-2009. Блоки віконні та дверні. [Чинний від 2009-08-01]. Київ, 2009. (Інформація та документація).
21. EN 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008.–53 p.
22. ДСТУ Б В.2.7-110. Скло загартоване будівельне. [Чинний від 2000-04-17]. Київ, 2001. (Інформація та документація).
23. ДСТУ Б В.2.7-107. Будівельні матеріали. [Чинний від 2010-01-01]. Київ, 2010. (Інформація та документація).
24. EN 15251. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. [Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2012. (Інформація та документація).
25. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://pbe.ua/energo-certifikate-50> (дата звернення 16.04.2020).
26. Про регулювання містобудівельної діяльності: Закон України від 20.11.2012р. №34. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> (дата звернення 16.04.2020).

27. Енергетичний сертифікат – що це таке. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://akvilonpro.ua/ua/energoberezhnie/energeticheskij-sertifikat.html> (дата звернення 16.04.2020).
28. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. №33. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення 21.04.2020).
29. Що таке енергетичний аудит. *Енергетичний аудит* : веб-сайт. URL: <https://spilka.pro/shho-take-energoaudyt-ta-yak-znajty-sertyfikovanogo-audytora/> (дата звернення 29.04.2020).
30. ДСТУ Б В.2.6-189. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
31. ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-10-01]. Київ, 2011. (Інформація та документація).
32. ДБН В.2.5-67. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
33. ДБН В.2.2-2005. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2010-09-28]. Київ, 2010. (Інформація та документація).
34. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию. /Под ред. Н.К.Громова, Е.П.Шубина.- М.: Энергоатомиздат, – 1988, – 376 с.
35. Крючков Є.М. Проектування систем теплопостачання. Навчально-методичний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, – 2010. - 303с.
36. Державні санітарні норми та правила «Дезінфекція, передстерилізаційне очищення та стерилізація медичних виробів в закладах охорони здоров'я» Наказ Міністерства охорони здоров'я України 11.08.2014 № 552.
37. ДСТУ Б В.2.5-38; 2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування захисту від блискавок будівель і споруд».

38. Вовк Ю. Організаційно-економічний механізм управління раціональним використанням ресурсів. Соціально-економічні проблеми і держава. 2011.
39. Вишнеvский Е.П. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха [Электронный ресурс] // «Экологические системы» №4, апрель 2008. URL: [http://www.esco.co.ua/journal/2008\\_4/index.htm](http://www.esco.co.ua/journal/2008_4/index.htm) (дата звернення: 20.01.18).
40. Галузева програма з енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 року . К. : Мінпромполітики України. 2009. 123 с.
41. Джеджула В. В. Енергозбереження в системі управління розвитком промислових підприємств. Вісн. Хмельниц. нац. університету. Економічні науки. 2012. № 2. Т. 2. С. 88–92.
42. Крючков Є.М. Проектування систем теплопостачання. Навчально-методичний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2010. 303с.
43. Державні санітарні норми та правила «Дезінфекція, передстерилізаційне очищення та стерилізація медичних виробів в закладах охорони здоров'я» Наказ Міністерства охорони здоров'я України 11.08.2014 № 552.
44. Справочник проектировщика. Часть 1, Отопление. М.: Стройиздат, 1990, 89 с.
45. Соловьев, Ю.П. Проектирование крупных центральных котельных для комплекса тепловых потребителей. М.: Энергия, 1976, 196 с.
46. Соловьев, Ю.П. Проектирование теплоснабжающих установок для промышленных предприятий. М.: Энергия, 1978, 198 с.
47. Либерман, Н.Б. Справочник по проектированию котельных установок. / Н.Б. Либерман, Н.Б. Нянковская, М.: Энергия, 1979, 224 с.
48. Роддатис, К.Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности / К.Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий.– М.: Энергоатомиздат, 1989. 488 с.

49. ДБН В.2.5-20-2001 Інженерне обладнання будинків і споруд.  
Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання

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