

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра теплоенергетики

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Енергоефективна система теплохолодопостачання
житлового будинку у місті Вінниця»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-22м
спеціальності 144 - теплоенергетика

Іщенко М.В. 

Керівник  Степанов Д.В.

« 11 » 12 2023 р.

Опонент  Бондар А.В.

« 13 » 12 2023 р.

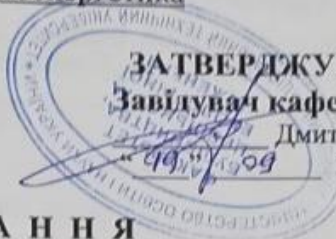
Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

« 11 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти II (магістерський)
Галузь знань 14 – електрична інженерія
Спеціальність 144 - теплоенергетика
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри ТЕ
Дмитро СТЕПАНОВ
18.09.2022 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ІЩЕНКУ МАКСИМУ ВОЛОДИМИРОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Енергоефективна система теплохолодопостачання житлового будинку у місті Вінниці»

керівник роботи Степанов Д.В., к.т.н., доцент,
(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2022 р. № 247.

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи: опалювальна площа будівлі 2770 м², опалювальний об'єм приміщень 8311 м³. Кількість поверхів – 5. Розрахункова температура для опалення -21°C. Середня внутрішня температура в приміщеннях в режимі опалення 20°C, а в режимі охолодження 24°C.

4. Зміст текстової частини: характеристика об'єкту проектування, аналітичний огляд літературної та патентної інформації; розробка математичної моделі для дослідження показників енергоефективності житлової будівлі; результати моделювання показників енергоефективності будівлі для різних джерел теплової енергії; технологія монтажу обладнання теплового пункту житлового будинку; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) фрагмент плану з розташуванням обладнання; математична модель для визначення показників енергоефективності житлової будівлі; енергетичний сертифікат будівлі; результати дослідження показників енергоефективності будівлі для різних джерел теплової енергії; схема монтажна аксонометрична; календарний план виконання монтажних робіт; техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Кобилянська І.М доц. каф. БЖДПБ		
ТЕП	Лялюк О.Г., доц. каф. БМГА		
Інші розділи	Степанов Д.В., зав.каф. ТЕ	 19.09.2023	 11.12.23

7. Дата видачі завдання 19.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Характеристика об'єкту проектування, аналітичний огляд літературної та патентної інформації	19.09.2023 – 24.09.2023	вик.
2	Розробка математичної моделі для дослідження показників енергоефективності житлової будівлі	25.09.2023 – 04.10.2023	вик.
3	Результати дослідження показників енергоефективності житлової будівлі при різних джерелах теплової енергії	05.10.2023 – 15.10.2023	вик.
4	Технологія монтажу обладнання теплового пункту житлової будівлі	16.10.2023 – 26.10.2023	вик.
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	27.10.2023 – 06.11.2023	вик.
6	Техніко-економічні показники	07.11.2023 – 18.11.2023	вик.
7	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	19.11.2023 – 06.12.2023	вик.

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Іщенко М.В.
(прізвище та ініціали)

Степанов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

УДК 621.577

Ищенко М.В. Енергоефективна система теплохолодопостачання житлового будинку у місті Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 112 с.

Бібліогр.: 54 назв; рис.: 9; табл. 17.

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена проблемі підвищення енергоефективності системи постачання теплоти та холоду для житлової будівлі в місті Вінниця шляхом аналізу показників її енергоефективності та вибору раціонального екологічно чистого джерела тепло- та холодопостачання.

В роботі проведено аналіз існуючого стану розвитку енергоефективних екологічно чистих систем тепло- та холодопостачання будівель. Проаналізовано зміни нормативної бази щодо визначення енергоефективності житлових будівель. Розроблено математичну модель для визначення показників енергоефективності будівлі на основі оновлених норм та проведені числові дослідження впливу різних джерел теплової енергії на показники енергоефективності. Виконано розробку технології монтажу обладнання теплового пункту для теплохолодопостачання житлової будівлі; виконано розробку кошторису та розрахунок техніко-економічних показників роботи джерела теплохолодопостачання житлової будівлі, розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ілюстративна частина складається з 7 аркушів.

Ключові слова: тепловий пункт, теплохолодопостачання, енергоспоживання, показники енергоефективності, житлова будівля

Annotation

Ishchenko M.V. Energy-efficient heating and cooling system residential building in the city of Vinnytsia. Master's qualification thesis on specialty 144 - thermal power engineering, educational program - thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 112 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 54 titles; Fig.: 9; table 17.

The paper analyzes the current state of development of energy-efficient and environmentally friendly heating and cooling systems for buildings. The changes in the regulatory framework for determining the energy efficiency of residential buildings are analyzed. A mathematical model was developed to determine the building's energy efficiency indicators based on the updated standards, and numerical studies of the influence of various sources of thermal energy on energy efficiency indicators were carried out. The development of the technology of installation of the equipment of the heating point for the heating and cooling of the residential building was carried out; the development of the estimate and the calculation of technical and economic indicators of the work of the source of heat and cold supply of the residential building were carried out, measures for labor protection and safety in emergency situations were developed.

The illustrative part consists of 7 sheets.

Key words: heating point, heating and cooling supply, energy consumption, energy efficiency indicators, residential building

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАЯВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	7
1.1 Характеристика об'єкту проєктування.....	7
1.2 Енергетична сертифікація житлових будівель.....	14
1.4 Джерела теплоти та холоду для опалення та охолодження житлових будівель.....	19
1.5 Висновки до розділу 1.....	23
2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ	25
2.2 Математичний опис моделі.....	27
2.3 Висновки до розділу 2.....	38
3 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ДЛЯ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	40
3.1 Результати енергетичної сертифікації житлової будівлі.....	40
3.2 Результати дослідження впливу джерела теплової енергії на показники енергоефективності житлової будівлі.....	45
3.3 Висновки до розділу 3.....	48
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОПУНКТУ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ	50
4.1 Аналіз об'єкту для виконання монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали.....	50
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт.....	57
4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань.....	61
4.4 Витрата паливно-енергетичних ресурсів.....	64
4.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт.....	65
4.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	72
4.6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	73
4.6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	76
4.6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	82
4.7 Висновки до розділу 4.....	87
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	89
5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання.....	89

5.2 Техніко-економічні показники роботи системи теплохолодопостачання будівлі	95
5.3 Висновки до розділу 5	98
ВИСНОВКИ	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	102
ДОДАТОК А Протокол перевірки роботи	107
ДОДАТОК Б Технічне завдання	108
ДОДАТОК В Ілюстративна частина	113

ВСТУП

Актуальність теми. Енергопостачання житлового фонду України пов'язане із значними витратами паливно-енергетичних ресурсів. У комульній сфері витрачається природний газ, вугілля, деревина, електроенергія для забезпечення нормативних показників внутрішнього повітря житлових приміщень. Останнім часом великим попитом користуються системи охолодження приміщень, в тому числі житлових. Підвищення енергоефективності систем теплопостачання та систем охолодження житлових будівель є ключем до енергонезалежності нашої країни та покращення комфортності проживання українців. Покращення енергетичної ефективності в свою чергу призводить до підвищення економічності енергопостачання та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище не тільки в місці використання енергії, але й в районах виробництва електроенергії.

В даній роботі пропонується системний підхід до підвищення енергоефективності, а саме, спочатку оцінка енергоефективності будівлі і потім обґрунтований вибір джерела теплоти та холоду. Тому тема магістерської роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана магістерська кваліфікаційна робота виконується у відповідності із кафедральною науково-дослідною держбюджетною роботою 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних середовищ і потоків в елементах теплобіотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплоенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування», що виконується на кафедрі теплоенергетики.

Метою роботи є підвищення енергоефективності та екологічності теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом її енергетичної сертифікації та обґрунтованого вибору раціонального джерела теплоти.

Для досягнення вищенаведеної мети розв'язані такі **завдання**:

- аналіз об'єкту проектування, аналітичний огляд наявної інформації щодо сучасного стану розвитку систем теплохолодопостачання житлових будівель;
- розробка математичної моделі для оцінки показників енергоефективності житлової будівлі;
- дослідження показників енергоефективності будівлі для різних джерел теплоти;
- розробка технології монтажу обладнання теплопункту жилової будівлі;
- розробка заходів, пов'язаних з охороною праці та цивільним захистом;
- розробка економічних показників системи теплохолодопостачання житлової будівлі.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є теплохолодопостачання житлової будівлі.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є ефективність системи теплохолодопостачання житлової будівлі.

Новизна одержаних результатів

- Завдяки використанню розробленої математичної моделі визначено показники енергоефективності житлової будівлі та досліджено вплив джерела теплоти на ці показники.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Матеріал магістерської роботи був представлений та обговорений на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ 2023 р. та МНТК «Інноваційні технології в будівництві» 2022 р., Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці 2023».

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Результати роботи опубліковані у 3 тезах доповідей науково-технічних конференцій [1 – 3].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАЯВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Характеристика об'єкту проєктування

Об'єктом енергетичної сертифікації є житлова п'ятиповерхова будівля у м. Вінниця.

Конструктивні особливості будівлі

Зовнішні стіни будівлі – виконані з червоної цегли повнотілої за стандартними розмірами на цементно-піщаному розчині марки М50. Загальна товщина цегляної кладки 510 мм. Зовнішні стіни вкриті суцільним шаром мінераловатних теплоізоляційних плит "ROCKWOOL" товщиною 150 мм та оздовлені фактурною фасадною штукатуркою з подвльшим її фарбуванням. Загальна площа зовнішніх стін, що мають контакт з навколишнім середовищем 1350 м². Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін складає 4,2 м²×К/Вт, що відповідає вимогам нормативу ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель"[4].

Креслення фасадів будівлі наведено на рис. 1.1



Рисунок 1.1 – Південний та західний фасади

План будівлі з позначеннями фасадів наведено на рис. 1.2.

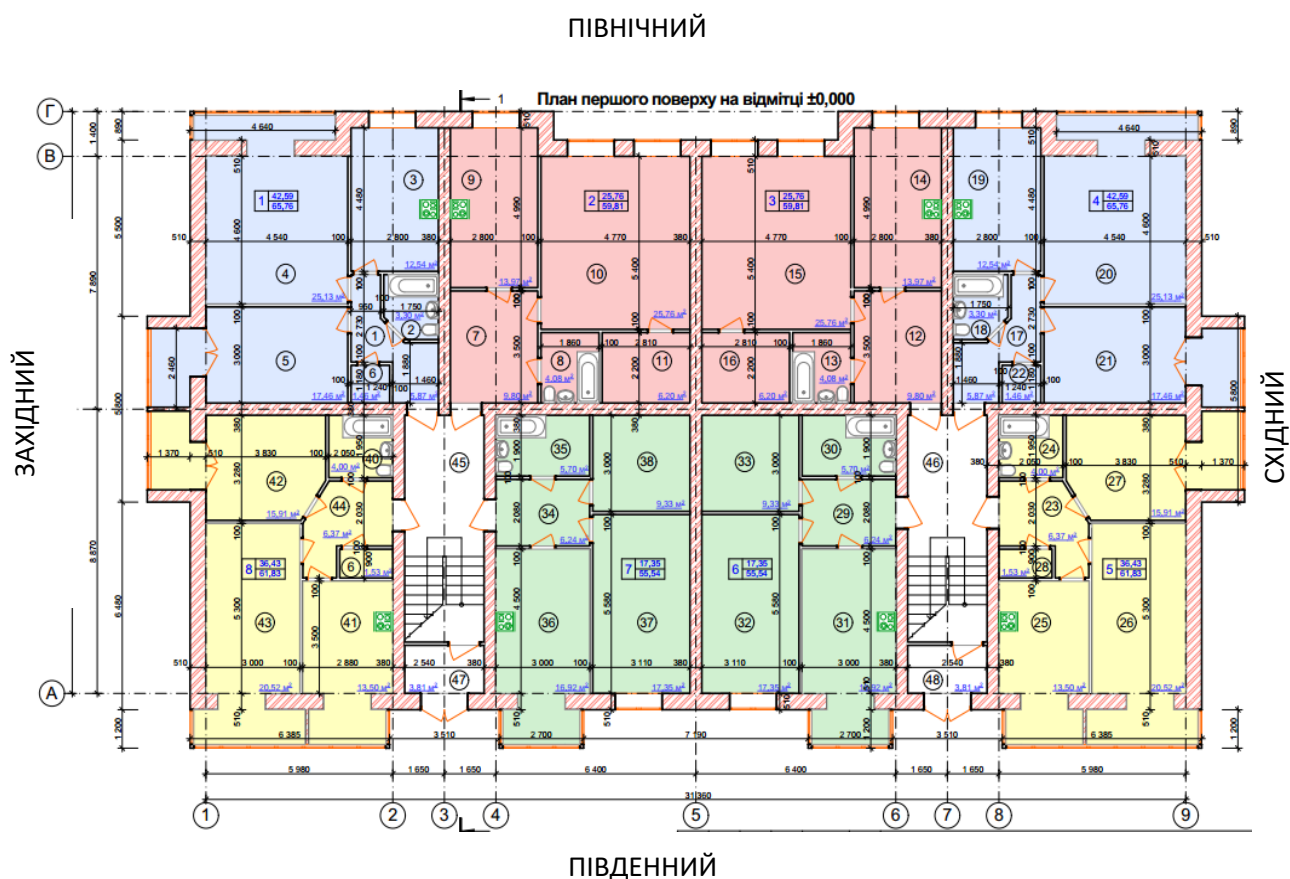


Рисунок 1.2 – План будівлі на відмітці 0.000

Віконні та балконні блоки – виконані в металопластикових профілях товщиною 80 мм. Загальна площа всіх віконних блоків складає 21,3% від загальної площі фасадів (коефіцієнт скління фасаду 0,213). Склопакети мають потрійний варіант скління, з них два скла мають енергозберіжне покриття. Приведений опір тепловій передачі для віконних конструкцій становить $1,02 \text{ м}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$, що відповідає вимогам стандарту ДБН "Теплова ізоляція будівель" 2021 року.

Зовнішні двері будівлі – в металопластикових рамах товщиною 80 мм з потрійним склопакетом, два скла мають енергоефективне покриття. Вхідні двері забезпечені тамбуром з південної сторони. Приведений опір теплопередачі зовнішніх дверей становить $0,83 \text{ м}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$, що відповідає вимогам стандарту ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Суміщене покриття будівлі – складається з залізобетонного перекриття будівлі товщиною 200 мм, вирівнювального бетонного шару товщиною

50 мм, керамзитогравійного шару товщиною 50 мм, шару товщиною 300 мм з мінераловатних базальтових плит та гідроізоляційного шару товщиною 7 мм. Термічний опір неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції суміщеного покриття складає $7,6 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$, що відповідає вимогам стандарту ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Підлога будівлі – конструкція, виконана на ґрунті, яка містить шар теплоізоляції з екструдованого пінополістиролу товщиною 50 мм, бетонну плиту товщиною 200 мм, стяжку бетонну товщиною 80 мм та плитку керамічну товщиною 10 мм. Значення опору теплопередачі підлоги становить $5,07 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$, що відповідає вимогам стандарту ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Будівля п'ятиповерхова, розташована в середмісті Вінниці. Розміри фасадів будівлі показані в рис. 1.1.

Характеристики непрозорих огороджувальних конструкцій представлені в таблиці 1.1, а характеристики віконт дверей – в таблиці 1.2

Таблиця 1.1 – Характеристика непрозорих огорожень будівлі

N з/п	Елементи огородження будівлі	Напрямок	Кут нахилу огородження	Матеріал огородження	Товщина шару, мм	А, площа і-го елемента огородження будівлі, м ²	R Spri, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі,	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента оболонки будівлі,	ΔUtb, додаткова складова за замовчуванням до коефіцієнта теплопередачі непрозорих конструкцій.	btr x, правочний коефіцієнт	Fsh, ob, k, понижувальний коефіцієнт затінення будівлі перешкодами для еквівалентної площі інсоляції поверхні	Тип некондиціонованого або кондиціонованого об'єму, до якого виконується теплопередача
							м ² x К/Вт	Вт/(м ² x К)	Вт/(м ² x К)			
1	стіни	північ	-	цегляна кладка, штукатурка вапняно-піщана, теплоізоляція	0,69	341,4	4,156	0,2406	0	1	1	некондиціонованого
2	стіни	схід	-	цегляна кладка, штукатурка вапняно-піщана, теплоізоляція	0,69	237,3	4,156	0,2406	0	1	1	некондиціонованого
3	стіни	південь	-	цегляна кладка, штукатурка вапняно-піщана, теплоізоляція	0,69	339,15	4,156	0,2406	0	1	1	некондиціонованого
4	стіни	захід	-	цегляна кладка, штукатурка вапняно-піщана, теплоізоляція	0,69	237,3	4,156	0,2406	0	1	1	некондиціонованого
5	підлога по ґрунту	-	-	екструдований пінопласт, бетонна стяжка, плитка	0,31	554,09	5,158	0,1938	0	1	-	некондиціонованого
6	суміщене покриття	-	-	залізобетонне перекриття, базальтова вата, армована бетонна стяжка, гідроізоляція	0,607	554,09	7,61270	0,13135	0	1	1	некондиціонованого

Таблиця 1.2 – Характеристика прозорих огорожень будівлі

N з/п	Елементи огороження будівлі (віконні блоки, балконні блоки)	Кількість елементів, шт.	Розмір елементів, мм	Кут нахилу огороження	A, площа і-го елемента огороження будівлі, м ²	A _Σ , загальна площа елемента оболонки будівлі, м ²	Напрямок	Матеріал рамного профілю або незрозора частина дверних блоків	Тип склопакета, вид скла у склопакеті, розміри склопакета, газове наповнення склопакета, тип скління	FF, частка площі обрамлення, від загальної площі проєкції закленого елемента	U, коефіцієнт теплопередачі рамки вікна або незрозорої частини дверного блока, Вт/(м ² x К)	U, коефіцієнт теплопередачі склопакета, Вт/(м ² x К)	U, приведений коефіцієнт теплопередачі елемента огороження будівлі, Вт/(м ² x К)	R Σпрі, приведений опір теплопередачі елемента оболонки будівлі, м ² x К/Вт	поправочний коефіцієнт btr x,	Fsh, ob, k, понижувальний коефіцієнт затінення будівлі перешкодами для еквівалентної площі інсоляції поверхні	До якого типу некондиціонового або кондиціонового об'єму виконується теплопередача
1	Віконно-балконні блоки	40	1,5x2,4	-	3,6	144	Північ	ПВХ	4i-16Kr-4-16Kr-4i	0,2	0,8	0,8	1,093	0,915	1	1	некондиціонового
2	Віконно-балконні блоки	12	1,5x2,4	-	3,6	43,2	Схід	ПВХ	4i-16Kr-4-16Kr-4i	0,2	0,8	0,8	1,093	0,915	1	1	некондиціонового
3	Віконно-балконні блоки	38	1,5x2,4	-	3,6	136,8	Південь	ПВХ	4i-16Kr-4-16Kr-4i	0,2	0,8	0,8	1,093	0,915	1	1	некондиціонового
4	Віконно-балконні блоки	12	1,5x2,4	-	3,6	43,2	Захід	ПВХ	4i-16Kr-4-16Kr-4i	0,2	0,8	0,8	1,093	0,915	1	1	некондиціонового
5	Двери	2	1,5x3,15	-	4,725	9,45	Південь	ПВХ	4i-16Kr-4-16Kr-4i	0,2	0,92	0,95	1,410	0,71	1	1	некондиціонового

Загальна інформація про будівлю наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Загальна інформація про будівлю

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	Місцезнаходження		Вінницька область, м. Вінниця, вул. Польова
2	Функціональне призначення та назва		Житловий багатоквартирний будинок
3	Загальна площа	м ²	2770,456
4	Загальний об'єм	м ³	8311,368
5	Опалювана площа	м ²	2770,456
6	Опалюваний об'єм	м ³	8311,368
7	Кількість поверхів		5
8	Рік введення в експлуатацію	рік	Нове будівництво
9	Тип конструкції		Важкий
10	Кліматична зона		I
11	Умови експлуатації		Нормальні
12	Вітрозахист основи	-	закритий простір (центр міста)
13	Середня висота приміщення	м	3,0
14	Внутрішня теплоємність	Вт х год/(м ² х К)	80

Загальна інформація про внутрішні температурні умови в приміщеннях будівлі наведена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Внутрішні умови в приміщеннях будівлі

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	Графік опалення будівлі	год/тижд.	168
2	Графік охолодження будівлі	год/тижд.	84
3	Задана температура зони будівлі для її опалення	°С	19,4
4	Задана температура зони будівлі для охолодження	°С	22
5	Температура чергового режиму охолодження будівлі	°С	-
6	Температура чергового режиму опалення будівлі	°С	-

Особливості системи тепlopостачання, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання

Система опалення

Теплохолодопостачання житлової будівлі здійснюється від двох теплонасосних установок "грунт-вода" DYNACIAT LGP 300V, обладнання яких розташоване у технічному підпіллі. В кондиціонованих приміщеннях встановлені настінні внутрішні блоки (фанкойли), що забезпечують в приміщенні підтримання заданого температурного режиму. Для кожної групи приміщень є можливість регулювати температуру використовуючи пульт дистанційного керування. Діаметри розподільних трубопроводів складають 1/2" - 2". Теплоізоляція розподільних металопластикових трубопроводів виконана відповідно до вимог нормативу ДБН В.2.5-67:2013. Сезонний показник енергоефективності теплонасосних установок в режимі нагріву складає 3,5. Температура в опалюваних приміщеннях прийнята на рівні 20°C.

Системи охолодження, кондиціонування, вентиляції

Система охолодження будівлі заживлена від теплонасосних установок "грунт-вода" DYNACIAT LGP 300V, обладнання яких розташоване у приміщенні технічного підпілля. В охолоджуваних приміщеннях встановлені настінні внутрішні блоки (фанкойли), що призначені для підтримання температурного режиму в заданому діапазоні. Для груп приміщень передбачена можливість індивідуального регулювання температури за допомогою дистанційно керованих пультів. Діаметри розподільних трубопроводів системи складає 1/4" - 2". Теплоізоляція розподільних металопластикових трубопроводів системи охолодження відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 [5]. Сезонний показник енергоефективності системи в режимі охолодження складає 5,0. Для відведення можливого конденсату від внутрішніх блоків (фанкойлів)

встановлені дренажні системи з приєднанням до каналізаційної мережі. Температура в охолоджуваних приміщеннях підтримується не вище 24°C. Вентиляція житлових приміщень – природна витяжна, організована через канали з санвузлів та кухонь, приплив свіжого повітря організований шляхом інфільтрації через прозорі огорожувальні конструкції.

Системи постачання гарячої води

Джерело гарячої води – теплонасосна установка DYNACIAT LGP 150V та емкісний водонагрівач з потужністю змійовика 32 кВт та об'ємом 900 л. Температура гарячої води в будівлі – 55°C. Система розподілу гарячої води виконана з поліпропіленових трубопроводів, теплоізоляція трубопроводів відповідає вимогам стандарту ДБН В.2.5-67:2013. Облік спожитої гарячої води проводиться за поквартирними лічильниками гарячої води.

Системи освітлення

Для освітлення житлових та загальнобудинкових приміщень використовуються світлодіодні світильники. Світильники в місцях загального користування об'єднані в напівавтоматичну систему керування і згруповані відповідно до потреби освітлення приміщень залежно від наявності джерел природного освітлення.

1.2 Енергетична сертифікація житлових будівель

Під поняттям «клас енергетичної ефективності житлової будівлі» мається на увазі розрахунковий рівень її енергетичної ефективності, що визначається відповідно до показників енергетичної ефективності, які в свою чергу встановлюються залежно до вимог законодавства з врахуванням норм гармонізованих стандартів Євросоюзу у сфері енергоефективності будівель [6]. Згідно Закону України «Про енергетичну ефективність будівель»

обов'язковою для всіх об'єктів будівництва, які відносяться до класу СС2 та СС3; для будь-яких будівель з опалювальною площею понад 250 м², в яких розташовані, наприклад, органи місцевого самоврядування або органи державної влади, а також для будівель, які підлягають термомодернізації шляхом залучення державної підтримки є енергетична сертифікація [7].

Згідно з [8] для житлової будівлі показник енергоефективності EP (питоме енергоспоживання) визначається як сума питомих енергоспоживань (віднесених до площі будівлі) систем опалення та охолодження.

Клас енергоефективності для житлових будинків, що проектуються, закладається не нижче за «С» такі будівлі повинні мати питоме енергоспоживання не більше мінімальних вимог [9]. Для існуючих будівель, що підлягають під термомодернізацію, допускається збільшувати питоме енергоспоживання на 20%.

Клас енергоефективності встановлюють згідно відповідно розбіжності питомого енергоспоживання будівлі і мінімальних вимог до енергоефективності такого класу будівель.

Для цього, спочатку необхідно визначити тип будівлі, функціональне призначення, поверховість, вибрати контрольні показники [10-14]:

- контрольний показник норми енергоефективності, відповідних вимог будівельних норм та правил щодо показників енергоефективності новобудов;
- контрольний показник для фонду житлових будівель, відповідає показникам енергетичної ефективності, що відповідають біля 50 % національного або регіонального житлового фонду.

У випадку, коли одна і та ж будівля використовується для різних функцій, тоді й витрати енергії для таких частин можуть відрізнятися, і тоді до них застосовуються також різні вимоги щодо енергоефективності.

Алгоритм визначення класу енергоефективності житлових будівель в наведений на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Алгоритм визначення класу енергетичної ефективності за методологією Дисплей [10]

Сертифікація складається з таких етапів [13]:

- збір початкових даних для виконання сертифікації та визначення показника енергетичної ефективності EP;
- оцінка функціонального призначення будівлі;
- опис шкали ефективності;
- виявлення показників витрат енергоресурсів (за останні 3 роки) існуючої будівлі;
- уточнення розрахункових параметрів моделі енергоспоживання;
- розробка рекомендацій, що будуть включені до енергетичного сертифікату;
- оформлення енергетичного сертифікату будівлі;
- розміщення енергетичного сертифікату, витягу з сертифікату та розрахункових даних в ЄДЕССБ.

Процес сертифікації для житлового будинку виконується на замовлення ОСББ, власника будинку або управителя багатоквартирного будинку.

За результатами енергетичного аудиту складається енергетичний сертифікат будівлі, у якому вказується інформація щодо «класу будівлі» та інших показників її енергоефективності та екологічності.

У енергетичному сертифікаті житлової будівлі зазначаються [13]:

- 1) адреса житлової будівлі;
- 2) відомості про призначення даної будівлі, її конструктивні елементи, кількість поверхів, входів, опалдювальні та загальні об'єм і площу;
- 3) клас енергетичної ефективності житлової будівлі та мінімальні вимоги до енергоефективності такого типу будівель;
- 4) фактичні або проектні показники термічних опорів огорожувальних конструкцій, характеристики інженерних систем житлової будівлі;
- 5) фактичне питомих енергоспоживання житлової будівлі та розподіл енергоспоживання будівлі на різні системи;
- 6) економічно, технічно та технологічно обгрунтовані рекомендації щодо підвищення рівня енергоефективності існуючої житлової будівлі з метою досягнення мінімальних вимог щодо енергоефективності будівель в Україні на даний момент;
- 7) інформація про рівень питомих викидів парникових газів;
- 8) серія та номер атестатованого енергоаудитора, який склав даний енергетичний сертифікат.

1.3 Нормативна база визначення показників енергоефективності будівель

Нормативна база для визначення енергоефективності житлових будівель може варіюватися в залежності від країни або регіону. У багатьох країнах існують законодавчі акти, стандарти та норми, які визначають вимоги до енергоефективності будівель.

Наприклад, в Європейському Союзі існує Директива про енергоефективність будівель (Directive 2010/31/EU), яка встановлює загальні вимоги та стандарти для енергоефективності будівель [15]. У багатьох країнах Європейського Союзу цю директиву впроваджено у національне законодавство.

Крім того, організації, такі як Міжнародна рада з енергоефективності (International Energy Agency, IEA) та Європейська агенція з енергоефективності (European Agency for the Cooperation of Energy Regulators, ACER), також розробляють рекомендації та стандарти для підвищення енергоефективності [16].

Існує Директива 2010/31/EU щодо енергетичної ефективності будівель (EPBD): Ця директива встановлює загальні вимоги до енергетичної ефективності будівель у ЄС. Вона визначає, що кожна країна-член ЄС повинна розробляти національні стратегії та нормативні акти для підвищення енергоефективності будівель.

У багатьох країнах ЄС існують системи обов'язкового енергетичного сертифікування будівель. Ці сертифікати надають інформацію про енергетичні показники будівлі та рекомендації щодо покращення енергоефективності.

Енергоефективність будівель в ЄС регулюється стандартами проектування і будівництва, такі як EN 15232, EN ISO 52000, EN ISO 13790. Ці стандарти надають методології розрахунку енергоефективності, визначення енергетичних характеристик тощо [17, 18].

Багато країн ЄС рекомендують чи навіть вимагають проведення енергетичних аудитів будівель та систем моніторингу їхньої енергоспоживання.

У конкретному регіоні або країні важливо перевіряти місцеве законодавство та нормативні акти, пов'язані з енергоефективністю будівель. Деякі країни також можуть мати національні стандарти будівництва, які включають вимоги до енергоефективності. Нормативи та стандарти можуть час від часу змінюються, тому важливо слідкувати за оновленнями в цій сфері.

В Україні енергоспоживання будівель та їхню енергоефективність визначають згідно з відповідними національними нормами та стандартами [19-22]. Основні методи визначення енергоспоживання будівель в Україні включають:

1. Стандарт DSTU-N В А.2.2-21:2019 "Будівлі та споруди. Визначення енергетичних характеристик": Цей стандарт визначає методологію визначення енергетичних характеристик будівель та споруд, включаючи розрахунок споживаної енергії для опалення, кондиціонування, вентиляції та гарячого водопостачання.

2. Стандарт DSTU В А.2.2-2:2015 "Енергоефективність будівель": Цей стандарт визначає методологію визначення рівня енергоефективності будівель та встановлює вимоги до проектування, будівництва та експлуатації енергоефективних будівель.

3. Стандарт DSTU-N В А.3.1-23:2013 "Енергозбереження. Загальні вимоги до сталого розвитку будівель та споруд": Цей стандарт визначає загальні вимоги до енергозбереження та сталого розвитку будівель та споруд.

4. Будівельний кодекс України та нормативні акти Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (ДАЕЕ): Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України розробляє та впроваджує заходи з підвищення енергоефективності будівель та координує роботу у цій сфері.

При визначенні енергоспоживання будівель також можуть використовуватися різноманітні програми для розрахунків, симуляцій та моніторингу енергопотреб, оригінальні математичні моделі.

1.4 Джерела теплоти та холоду для опалення та охолодження житлових будівель

В нормативному документі [21] запропоновані такі джерела теплоти для житлових будинків:

- котли вугільні, що виготовлені до 1980 р., протягом 1980 - 2000 рр., від 2000 р.;
- каміни виконані із закритою камерою згоряння;

- кахельні печі;
- кімнатні масляні або газові печі;
- котли з відкритою камерою згоряння (атмосферні пальники) та двопозиційним регулюванням на газоподібному або рідкому паливі;
- низькотемпературні котли із закритою камерою згоряння та модульованим пальником на газоподібному або рідкому паливі з номінальною потужністю до 50 кВт до 1200 кВт;
- газові конденсаційні котли з температурним режимом (70/55°C) з номінальною потужністю до 50 кВт до 1200 кВт;
- газові конденсаційні котли з температурним режимом (55/45°C) з номінальною потужністю до 50 кВт до 1200 кВт;
- електричні проточні водонагрівачі;
- електротермічні обігрівачі;
- прилади прямого нагріву електричні: конвектори, нагрівальний підлоговий кабель, поверхнєве опалення, променєве опалення;
- теплонасосні установки типу «повітря/вода», компресор з газотурбінним приводом 55/45° С, 35/28° С;
- теплонасосні установки типу «повітря/вода» абсорбційні, з компресором з газотурбінним приводом 55/45° С, 35/28° С;
- теплонасосні установки типу «гліколь/вода», з компресором з газотурбінним приводом 55/45° С, 35/28° С;
- теплонасосні установки «гліколь/вода», абсорбційні, з компресором з газотурбінним приводом 55/45° С, 35/28° С;
- теплонасосні установки типу «повітря/повітря», з компресором з газотурбінним приводом;
- теплонасосні установки типу «повітря/повітря», абсорбційні, з компресором з газотурбінним приводом;
- теплонасосні установки типу «вода/вода», з компресором з електроприводом 55/45° С, 35/28° С;
- теплонасосні установки типу «гліколь/вода», з компресором з

електроприводом 55/45°C, 35/28°C;

– теплонасосні установки типу «пряме випаровування в ґрунті / вода», з компресором з електроприводом: 55/45° С, 35/28°С;

– теплонасосні установки типу «пряме випаровування в ґрунті / пряма конденсація в нагрівальних установках», з компресором з електроприводом;

– теплонасосні установки типу «повітря/вода», з компресором з електроприводом 55/45° С, 35/28° С;

– теплонасосні установки типу «повітря/повітря», з компресором з електроприводом;

– котли на біомасі з ручним керуванням;

– котли на біомасі (пелети, поліна, брикети, тріски), з ручним керуванням;

– котли на біомасі автоматичні потужністю до 600 кВт;

– котли на біомасі (тріски, поліна, брикети, пелети), автоматичні з механічною подачею палива, потужністю до 600 кВт та понад 600 кВт;

– централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110°C без коригування в індивідуальному тепловому пункті, але зі зрізкою;

– централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком 110° С або вище без коригування в індивідуальному тепловому пункті, але зі зрізкою;

– централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110° С без зрізки без коригування в індивідуальному тепловому пункті;

– централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням та без коригування за погодними умовами з централізованим тепловим пунктом;

– централізоване теплопостачання з постійною температурою теплоносія без коригування в індивідуальному тепловому пункті;

- централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням з коригуванням за погодними умовами з автоматичним обмеженням витрати системи опалення кожної будівлі в централізованому тепловому пункті;
- централізоване теплопостачання з якісним регулюванням і коригуванням в індивідуальному тепловому пункті за погодними умовами зі зрізкою температурного графіка;
- централізоване постачання гарячої води, теплопостачання з тепловими пунктами квартирної системи

Охолодження будівлі є не менш складним процесом ніж опалення. Ефективні технології охолодження крім іншого мають призводити до зменшення споживання первинної енергії та викидів оксиду вуглецю.

Сучасні системи охолодження використовують термодинамічні зворотні процеси та діють за законами термодинаміки. За першим законом термодинаміки – енергію не зникає і з'являється нізвідки. Враховуючи, що холод є формою теплової енергії, його потрібно подати в будівлю, щоб охолодити цей простір. Це вимагає використання додаткової зовнішньої енергії, тому що за другим законом термодинаміки тепла енергія передається від гарячого теплоносія до холодного самовільно, а в зворотному напрямку тільки під дією зовнішньої сили.

Тому енергоефективне екологічно чисте охолодження будівлі вимагає застосування багатьох методів та засобів і є достатньо складними.

Досягти високого результату в процесі охолодження будівлі можливо із використанням оптимального керування технологічними операціями.

Моніторинг та керування таким системами в режимі реального часу дозволяє зекономити до 20% підведеної енергії, що дає можливість зберігаючи комфорт досягти зменшення викидів оксидів вуглецю.

Вимоги, що висувуються до ефективних систем охолодження суворіші, ніж вимоги до підтримання комфорту опалення у житлі. Має враховуватись як температура в приміщенні так і вологість.

Щоб забезпечити рівень комфорту в різних умовах потужність охолоджувального обладнання встановлюють завищеною, а це погано впливає на регульованість та енергоефективність системи в цілому.

Охолоджувальне обладнання більш дороге ніж опалювальне обладнання, крім того системи охолодження вимагають періодичного обслуговування, ремонту. Відбувається зношування компонентів, протікання або збій, можуть виникнути неточності через неправильне підключення обладнання та елементів його керування, програмування, корегування.

Для охолодження будівлі можуть бути використані різні системи, а саме: спліт-системи фреонового кондиціонування, системи «чілер-фанкойл», системи центрального кондиціонування, напівпромислові та промислові багатозональні системи охолодження з рекуперацією теплоти тощо.

1.5 Висновки до розділу 1

В даному розділі магістерської роботи виконано аналіз об'єкту проектування МКР – житлової будівлі у місті Вінниця по вулиці Польова. Проаналізовано інформацію щодо її огорожувальних прозорих та непрозорих конструкцій та встановленого обладнання систем вентиляції, опалення, охолодження та гарячого водопостачання. Виявлено, що нова будівля на основі проектних даних має бути сертифікована із виготовленням енергетичного сертифікату. Для виконання такого завдання необхідно провести енергоаудит прийнятих проектних рішень та визначити показники енергоефективності будівлі.

Проаналізовані етапи енергетичної сертифікації житлової будівлі, вимоги до енергетичного сертифікату. Розглянуті можливі джерела теплоти та холоду для даної будівлі та проаналізовано умови використання відповідних систем.

Аналіз об'єкту проектування, наявної інформації дозволяє сформулю-

вати наступні задачі дослідження:

- розроблення математичної моделі для виконання досліджень показників енергоефективності житлової будівлі;
- дослідження показників енергоефективності житлової будівлі за умов різних джерел теплоти для її опалення;
- розробка технології монтажу обладнання теплового пункту житлового будинку;
- розробка заходів, зв'язаних з охороною праці та цивільним захистом;
- розроблення економічних показників роботи системи теплохолодопостачання житлового будинку у м. Вінниця.

2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

Розроблена модель для визначення показників енергоефективності житлової будівлі є нелінійною, вона складається з 53 лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь. Параметри моделювання для даної моделі є детермінованими, дискретними і кількісними. Дана модель є структурною, за використаними рівняннями статичною та одновимірною. Характер моделі дескриптивний (описовий), вона може бути розв'язана алгебраїчним аналітичним способом [23 - 25].

Розроблена математична модель визначення показників енергоефективності житлової будівлі реалізована в середовищі Microsoft Excel.

В основі математичного опису цієї моделі лежать рівняння, наведені в [21, 22], а саме вираз основного рівняння теплопередачі, теплові баланси втрат теплоти через огорожувальні конструкції, рівняння для визначення приведенного термічного опору непрохорих огорожувальних конструкцій, рівняння для визначення інтенсивності випромінювального теплообміну, вирази для визначення оптичних характеристик окремих елементів будівлі, затінення тощо.

Початковими даними для проведення математичного моделювання є [23 - 24]:

- географічне положення об'єкту, розташування будівлі за сторонами світу, вітрові умови, кліматичні умови;
- геометричні розміри досліджуваної будівлі та окремих її частин;
- конструктивні характеристики будівлі, а саме кількість поверховість, входів, використані конструктивні матеріали несучих та огорожувальних конструкцій;
- температурні режимні показники роботи приміщень будівлі для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання;

- значення щодо величини кратності повітрообміну в окремих приміщеннях будівлі та норми витрати повітря на одну людину і один метр квадратний будівлі, особливості функціонування систем вентиляції, попереднього нагрівання та охолодження приміщень;
- величина питомого тепло- та вологовиділення від елементів обладнання, наявних людей, систем освітлення приміщень, іншого електричного устаткування тощо;
- тижневий графік роботи досліджуваного підприємства, характеристики інженерних систем будівлі, а саме систем опалення, вентиляції, охолодження та гарячого водопостачання;
- рік пуску в експлуатацію, стан та ефективність систем теплогенерації та виробництва штучного холоду для охолодження будівлі;
- показники фактичного енергоспоживання будівлі (за наявності), а саме розрахункова (за нормами) та фактична кількість діб опалювального періоду та періоду охолодження будівлі і середні за опалювальний та охолоджувальний період температури навколишнього середовища.

Кінцевими результатами, що можуть бути отримані під час моделювання є :

- приведені термічні опори світлопрозорих та непрозорих огорожувальних конструкцій;
- розрахункова енергопотреба житлової будівлі для режимів опалення, охолодження, гарячого водопостачання;
- енергоспоживання будівлі на опалення, охолодження, освітлення, вентиляцію та гаряче водопостачання, що дозволить визначити енергоефективність будівлі та її клас за енергоефективністю;
- витрати теплової енергії в процесах відведення, транспортування, перетворення енергії для опалення, охолодження, гарячого водопостачання;
- питома витрата енергії певного джерела та первинної енергії для функціонування систем опалення, охолодження, гарячого водопостачання,

освітлення та вентиляції, а також питома маса викидів парникових газів під час функціонування цих систем.

Оцінка допущень та спрощень, які були нами використані під час створення даної математичної моделі для визначення енергоефективності житлової будівлі [27]:

- при визначенні розташування будівлі за сторонами світу цей кут визначається наближено на основі наявної гугл-карти та проектної документації, можлива похибка до 15° ;
- в виконаних розрахунках не береться до уваги різна температура для окремих приміщень, але в цілому враховується середня середня по будівлі температура повітря приміщень;
- в розрахунку теплового потоку надходження теплоти від сонячної радіації для непрозорих огорожень (стін, покрівлі) якщо маємо від'ємне значення, то надходження теплоти в такому випадку приймається рівним нулю;
- прийнята кратність повітрообміну в окремих приміщеннях не враховується, а береться до уваги осереднена кратність по всій будівлі;
- під час визначення величини теплового опору світлопрозорого огороження будівлі (вікно, двері з прозорими елементами) приймається коефіцієнт площі непрозорої частини (металопластикового профілю) рівною 0,3 від загальної площі та віконного отвору у зовнішній стіні будівлі.

2.2 Математичний опис моделі

Математичний опис моделі складається з загальновідомих рівнянь, що наведені в [21 - 25], а її особливістю є врахування конструктивних та режимних характеристик даної житлової будівлі та відповідного складу обладнання систем опалення, освітлення, охолодження, гарячого водопостачання та вен-

тиляції.

Енергоспоживання при охолодженні / опаленні

$$Q_{C \text{ use}} = Q_{C \text{ gen out}} + Q_{C \text{ gen ls}} \quad (2.1)$$

Загальні втрати теплоти підсистемами виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні/опаленні

$$Q_{C \text{ gen ls}} = Q_{C \text{ gen out}} \cdot (1 - \eta_{C \text{ gen}}) / \eta_{C \text{ gen}} \quad (2.2)$$

де $\eta_{C \text{ gen}}$ – коефіцієнт ефективності підсистеми виробництва/генерування та акумулювання енергії.

Енергія, що супроводжує вихід з підсистеми виробництва та акумулювання при охолодженні/опаленні

$$Q_{C \text{ gen out}} = Q_{C \text{ dis in}} / \eta_{C \text{ ac}} \quad (2.3)$$

де $\eta_{C \text{ ac}}$ – ефективність автоматизованого керування/регулювання системи.

Енергія, що супроводжує вхід для підсистеми розподілення в системі охолодження/опалення

$$Q_{C \text{ dis in}} = \Sigma Q_{C \text{ dis out}} / 1000 + Q_{C \text{ dis ls}} \quad (2.4)$$

Додаткова енергія, що витрачена на роботу підсистем розподілення енергії з використанням нерегульованого нагнітача система охолодження/опалення

$$W_{C_{disaux\ an}} = (1,44 \cdot A_f - 35) \cdot t_{op} / 5000 \quad (2.5)$$

Теплові втрати в підсистемах розподілення енергії систем охолодження/опалення

$$Q_{C_{disls}} = Q_{C_{nd}} \cdot \left((1 - \eta_{C_{ce}}) + (1 - \eta_{C_{ce\ sens}}) + (1 - \eta_{C_d}) \right),$$

$$Q_{H_{disls}} = \sum \psi_{L,i} (\vartheta_m - \vartheta_i) \cdot L_j \cdot t_{op\ an\ i}, \quad (2.6)$$

де $\eta_{C_{ce}}$ – ступінь утилізації теплоти при охолодженні;

$\eta_{C_{ce\ sens}}$ – ступінь явної утилізації теплоти при охолодженні;

η_{C_d} – ступінь утилізації підсистеми розподілення;

$\sum \psi_{L,i}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі;

ϑ_m, ϑ_i – середня температура теплоносія та повітря;

L_j – довжина трубопроводу системи опалення.

Утилізаційні втрати в системі охолодження не враховують через малий перепад температур з повітрям в приміщенні, а для опалення враховують з поправкою.

Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі охолодження/опалення включає електроенергію для вентиляторів фанкойлів, циркуляційних насосів тощо

$$W_{C_{emaux}} = f_{C_{emaux}} \cdot Q_{C_{nd}} \cdot t_{C_{op}} / 1000 \quad (2.9)$$

де $f_{C_{em\ aux}}$ – відносна енергопотреба вторинних вентиляторів системи охолодження або циркуляційних насосів;

$t_{C_{op}}$ – тривалість часу на охолодження / опалення.

Енергопотреба для охолодження/опалення будівлі

$$Q_{C,nd} = Q_{c,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}, \quad (2.10)$$

Коефіцієнт ефективності використання втрат енергії для охолодження/опалення будівлі

$$\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}}, \quad (2.11)$$

Безрозмірний числовий параметр, що враховує конструкцію будівлі

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}}, \quad (2.12)$$

де $a_{C,0}$ – табличний безрозмірний числовий параметр житлової будівлі;

$\tau_{C,0}$ – довідкова часова константа житлової будівлі;

Часова константа для даної житлової будівлі

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \quad (2.13)$$

де $H_{ve,extra,adj} = 0$ – коефіцієнт теплової передачі додаткової вентиляції (в разі наявності).

Внутрішня теплоємність даної житлової будівлі

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (2.14)$$

Загальні теплові надходження житлової будівлі для режиму охолодження/опалення

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}, \quad (2.15)$$

Загальні сонячні теплонадходження в житлову будівлю

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t, \quad (2.16)$$

Теплонадходження від Сонця через даний елемент огороження житлової будівлі

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (2.17)$$

де $F_{sh,ob,k}$ – знижуючий коефіцієнт для затінення будівлі перешкодами для даної житлової будівлі площі інсоляції поверхні;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, що визначена для енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні житлової будівлі за середніх умов хмарності, Вт/м²;

$F_{r,k}$ – коефіцієнт, що враховує взаємний вплив між елементом житлової будівлі та небосхилом для незатіненої вертикальної стіни житлової будівлі.

Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів даної житлової будівлі (вікна або двері)

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (2.18)$$

де $F_{sh,gl}$ – знижувальний коефіцієнт при затіненні за відсутності засобів рухомого затінення вікон житлової будівлі;

F_F – частка площі обрамлення світлопрозорого огороження житлової будівлі;

$A_{w,p}$ – загальна площа зашкленого елемента житлової будівлі, m^2 ;

Загальний коефіцієнт пропускання наявної падаючої сонячної енергії для умов світлопрозорої частини елемента даної будівлі

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n, \quad (2.19)$$

де F_w – уточнювальний коефіцієнт для нерозсіяного скління прийнятого для даної будівлі;

g_n – коефіцієнт загального пропускання падаючої сонячної енергії для випадку нормального кута падіння для варіанту потрійного скління (задані умови).

Еквівалентна площа інсоляції для непрозорих елементів житлової будівлі

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (2.20)$$

де $\alpha_{s,c}$ – коефіцієнт, що обирається для умов поглинання сонячної радіації непрозорою частиною житлової будівлі.

Додатковий потік теплоти за рахунок випромінювання від огороження будівлі в атмосферу Землі

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (2.21)$$

де R_{se} – поверхневий тепловий опір теплообміну непрозорої частини будівлі;

U_c – загальний коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини даного огороження житлової будівлі, $Вт/(m^2 \cdot K)$;

A_c – площа елемента непрозорого огородження житлової будівлі в залежності від її орієнтації за сторонами світу, m^2

$\Delta\theta_{er}$ – температурна різниця між зовнішнім повітря та умовною температурою атмосфери.

Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі шляхом випромінювання

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3, \quad (2.22)$$

де ε – безрозмірний коефіцієнт випромінювання для стін наприклад, $\varepsilon = 0,94$ – для вікон та дверей;

σ – стала Стефана–Больцмана;

θ_{ss} – осереднена поверхнева температура та умовна температура атмосфери.

Тоді внутрішні теплонадходження в житловій будівлі

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f \right) \cdot t, \quad (2.23)$$

де A_f – розрахункова площа житлової будівлі, що кондиціонується/опалюється;

t – тривалість розрахункового місяця охолодження/опалення, год.

Внутрішні теплонадходження в будівлю

Середній внутрішній тепловий потік теплонадходжень

$$\sum \Phi_{int,mn,k} = \Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,A}, \quad (2.24)$$

де $\Phi_{int,Oc}$ – потік теплових надходжень від людей;

$\Phi_{\text{int,L}}$ – тепловий потік теплонадходжень від освітлення;

$\Phi_{\text{int,A}}$ – тепловий потік теплонадходжень від обладнання.

Сумарна теплопередача в житловій будівлі

$$Q_{\text{C,ht}} = Q_{\text{tr}} + Q_{\text{ve}}, \quad (2.25)$$

Сумарна теплопередача системи вентиляції будівлі для режиму охолодження/опалення

$$Q_{\text{ve}} = H_{\text{ve,adj}} \cdot (\theta_{\text{int,set,H,z}} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^{24} f_{\text{ve,extra,j,k}} \cdot H_{\text{ve,extra,j,k}} \cdot (\theta_{\text{int,set,C,z}} - \theta_{e,j}) \right), \quad (2.26)$$

Загальний розрахунковий коефіцієнт теплопередачі шляхом вентиляції

$$H_{\text{ve,adj}} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum b_{\text{ve,k}} \cdot q_{\text{ve,k,mn}} \right), \quad (2.27)$$

де $\rho_a \cdot c_a$ – величина теплоємності повітря, віднесений до одиниці об'єму;

$q_{\text{ve,k,mn}}$ – середня витрата вентилязованого повітря;

$b_{\text{ve,k}}$ – температурний поправковий коефіцієнт для вентиляції.

Сумарна теплопередача шляхом трансмісії в режимі охолодження/опалення для кожного розрахункового місяця року

$$Q_{\text{tr}} = H_{\text{tr,adj}} \cdot (\theta_{\text{int,set,C}} - \theta_c) \cdot t, \quad (2.28)$$

де $\theta_{\text{int,set,C}}$ – середня температура зони будівлі для умов охолодження/опалення;

θ_c – середньомісячна температура зовнішнього повітря для режиму охоло-

дження/опалення, °С;

t – тривалість розрахункового місяця для охолодження/опалення, год;

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією для охолодження/опалення

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (2.29)$$

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт передачі теплоти для охолодження/опалення трансмісією до ґрунту через підлогу

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_g, \quad (2.30)$$

де ψ_g – орієнтовний лінійний коефіцієнт теплопередачі через теплопровідне включення вузла сполучення підлоги на ґрунті із зовнішньою стіною житлової будівлі.

Еквівалентна товщина підлоги на ґрунті для даної житлової будівлі

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (2.31)$$

де w – загальна товщина шарів зовнішніх стін житлової будівлі;

λ – теплопровідність ґрунту в районі будівництва;

R_f – термічний опір підлоги на ґрунті згідно проектних даних

R_{se} – зовнішній тепловий поверхневий опір стіни;

Якщо $d_t < B'$, то коефіцієнт теплопередачі від підлоги житлової будівлі до ґрунтів

$$U = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right), \quad (2.32)$$

Характерний еквівалентний розмір підлоги на ґрунті житлової будівлі

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (2.33)$$

де A – площа підлоги житлової будівлі;

P – периметр підлоги будівлі.

Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента огороження будівлі

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ex}}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{int}}}} + \Delta U_{\text{tb}} \quad (2.34)$$

де α_{ex} , α_{int} – коефіцієнти інтенсивності теплопередачі на зовнішній та внутрішній поверхні огороження житлової будівлі, м^2 ;

δ , λ – товщини та коефіцієнти теплопровідності елементів огорожувальної оболонки будівлі, м , $\text{Вт/м}\cdot\text{К}$

ΔU_{tb} – уточнювальний коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта теплової передачі огороження, враховується для існуючих будівель.

Взагалі значення коефіцієнту теплопередачі трансмісією H_x , що відображається окремо для стін, ґрунту та прозорих огорожень H_D , H_g , H_U або H_A , визначається для кожного з трьох доданків за виразом

$$H_x = b_{\text{tr},x} \sum A_i \cdot U_i, \quad (2.35)$$

де A_i – площа даного елемента огороження житлової будівлі, м^2 ;

U_i – приведений розрахунковий коефіцієнт теплопередачі даного елемента огороження будівлі, $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$ визначений відповідно до вимог [27]

$b_{\text{tr},x} = 1$ – поправковий коефіцієнт для всіх випадків розрахунків.

Енергоспоживання вентиляторів системи вентиляції визначається

$$Q_{V \text{ use}} = P_{Lh} \cdot t_{vh} + P_{LC} \cdot t_{vc}, \quad (2.36)$$

де P_{Lh} , P_{LC} – електрична потужність вентиляторів для періоду опалення/охолодження, кВт.

Ці величини визначається

$$P_{Lh} = q_{veh} \cdot SFP/3600, \quad (2.37)$$

де SFP – питома потужність вентиляторів механічної вентиляції.

Енергопотреба гарячого водопостачання

$$Q_{DHW} = q_{DHW} \cdot A_f, \quad (2.38)$$

де q_{DHW} – питома витрата теплоти на підготовку гарячої води.

Тепловтрати в підсистемі підготовки гарячої води

$$Q_{H \text{ dis ls}} = \sum \psi_{W,i} (g_w - g_{amb}) \cdot L_w t_{wi}. \quad (2.39)$$

Енергоспоживання освітлення

$$Q_{WL} = (P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_o \cdot F_D) + (t_N \cdot F_o)] \cdot A_f / 1000, \quad (2.40)$$

де P_N – питома потужність встановленого штучного освітлення;

F_C , F_o , F_D – постійні коефіцієнти яскравості освітлення, коефіцієнт використання освітлення, коефіцієнт природного освітлення.

Витрата первинної енергії

$$E_p = E_{del} \cdot f_{p del} , \quad (2.41)$$

де E_{del} – поставлена енергія в будівлю, кВт·год;

$f_{p del}$ – фактор первинної енергії, що використана.

Маса викидів парникових газів для забезпечення будівлі

$$m_{CO_2} = E_{del} \cdot K_{del} , \quad (2.42)$$

Отже, математичний опис даної моделі для житлової будівлі складається з модулів визначення енергопотреби для опалення, охолодження, освітлення, гарячого водопостачання та енергоспоживання при роботі систем опалення, охолодження, вентиляції, гарячого водопостачання та освітлення. Також визначаються питомі енергоспоживання для потреб опалення і охолодження та порівнюється результат розрахунку з мінімальними вимогами до будівель такого типу. Крім того визначаються сумарна витрата первинної енергії та сумарні викиди парникових газів для даної будівлі.

2.3 Висновки до розділу 2

В цьому розділі показана загальна характеристика та елементи математичного опису розробленої математичної моделі для визначення показників енергоефективності житлової будівлі.

Охарактеризовано початкові дані та кінцеві результати моделювання, проаналізовані можливі допущення та спрощення, прийняті під час розробки такої моделі. Охарактеризовані окремі модулі моделі.

Наведена математична модель дозволяє виконувати числові дослідження для визначення енергоефективності житлової будівлі і проводити оцінку доцільності впровадження окремих енергозберіжних заходів та обґрунтовувати вибір джерела теплоти та холоду для енергозабезпечення жит-

лової будівлі, оцінювати енергоефективність окремих процесів енергозабезпечення, а саме: опалення, охолодження, освітлення, вентиляції та гарячого водопостачання, здійснювати обґрунтування заходів для підвищення класу енергоефективності будівлі і перевіряти його відповідність нормативним вимогам.

3 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ДЛЯ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

За допомогою математичної моделі, яка описана в попередньому розділі магістерської роботи проведено математичне моделювання для визначення показників енергоефективності житлової будівлі.

Перед проведенням моделювання показників даної житлової будівлі виконана енергетична сертифікація будівлі для аналізу виконання вимог нормативних документів щодо термічних опорів будівлі та щодо забезпечення мінімальних вимог до енергоефективності будівлі.

3.1 Результати енергетичної сертифікації житлової будівлі

Форма розробленого енергетичного сертифікату для заданої житлової будівлі представлена на рис. 3.1.

Нижче наведені результати енергетичного аудиту отримані в результаті аналізу проектної документації, вони впливають з проведених розрахунків відповідно до «Методики визначення енергетичної ефективності будівель», «Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності» та ряду норм і стандартів, наведених в даній магістерській кваліфікаційній роботі.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі: Вінницька область, м. Вінниця, вулиця Польова
 Функціональне призначення та назва: Житловий будинок

Відомості про конструкцію будівлі:

загальна площа, м²: 2770,46
 загальний об'єм, м³: 8311,37
 опалювана площа, м²: 2770,46
 опалюваний об'єм, м³: 8311,37
 кількість поверхів: 5
 рік прийняття в експлуатацію: Нове будівництво
 кількість під'їздів або входів: 2

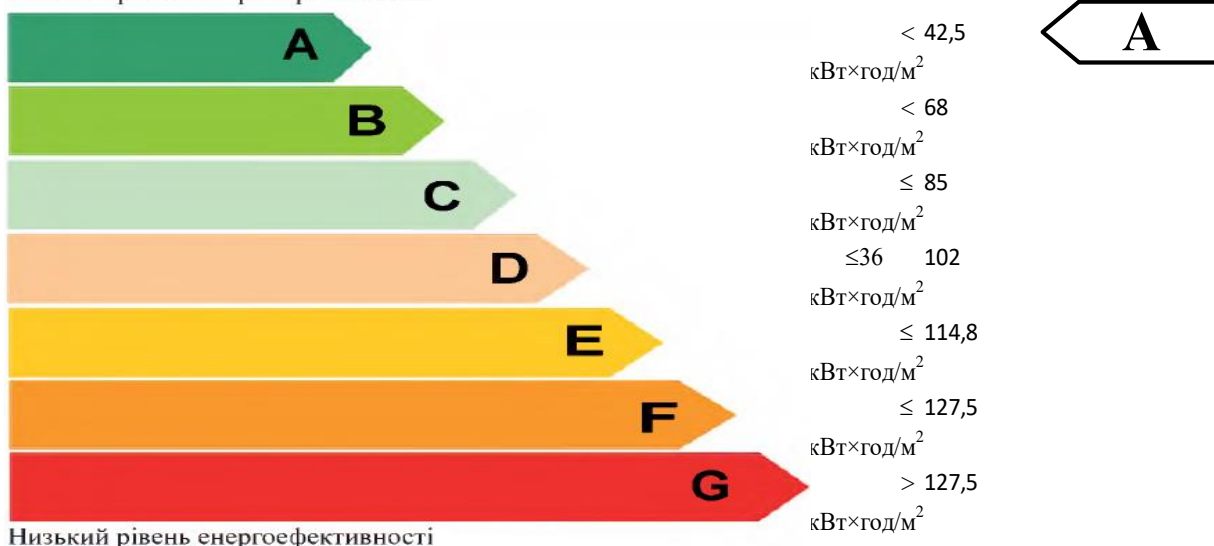
Фото



Шкала класів енергетичної ефективності

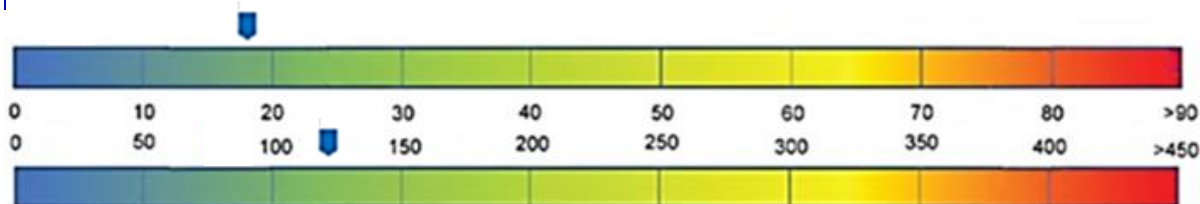
Клас енергетичної ефективності

Високий рівень енергоефективності



Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт×год/м³ 30,4

Питомі викиди парникових газів кг/м³ за рік: 18,2



Питоме споживання первинної енергії, кВт×год/м³ за рік: 108,4

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора: АЕБ 025

Рисунок 3.1 – Форма енергетичного сертифікату житлової будівлі в м. Вінниця по вулиці Польова

Основні показники термічних опорів прозорих та непрозорих неоднорідних огорожувальних конструкцій, розраховані за моделлю, що наведеною в попередньому розділі показані на рис. 3.2. Тут також наведені нормативні показники термічного опору окремих зовнішніх огорожень, що дає змогу оцінити відповідність проектних показників будівлі вимогам нормативних документів.

I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій			
Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, $m^2 \times K/Wt$		Площа А, m^2
	існуюче приведенне значення (проектне приведенне значення)	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	4,2	4,00	1155,2
Суміщені перекриття	7,6	7,00	554,1
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	-	-
Горищні перекриття неопалюваних горищ	-	-	-
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	-	-	-
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,91	0,9	367,2
Зовнішні двері	0,71	0,7	9,5

Рисунок 3.2 – Розраховані технічні характеристики (термічні опори та площі) огорожувальних конструкцій будівлі (мінімальні вимоги, наведені в ДБН «Теплова ізоляція будівель» 2021 року

Як видно з рис. 3.2 термічний опір для зовнішніх стін житлової будівлі відповідає мінімальним вимогам ДБН 2.6-31, термічний опір суміщеного перекриття також відповідає мінімальним вимогам ДБН 2.6-31, термічні опори вікон та дверей також відповідають мінімальним вимогам, що показані в ДБН «Теплова ізоляція будівель» 2021 року.

За допомогою математичної моделі, що наведена в попередньому розділі МКР, визначено основні показники енергоефективності житлової будівлі. На рис. 3.3 показано результати розрахунку основних показників енерго-

потреби та енергоспоживання систем опалення, вентиляції, охолодження, гарячого водопостачання та освітлення.

II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі		
Показники енергетичної ефективності будівлі		
Назва показника	Існуюче значення кВт×год/м ² (кВт × год/м ³) за рік	Мінімальні вимоги кВт×год/м ² (кВт×год/м ³) за рік
Питома енергопотреба на опалення та охолодження	23,6	-
Питоме енергоспоживання при опаленні	20,4	
Питоме енергоспоживання при охолодженні	2,2	
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	7,8	
Питоме енергоспоживання системи вентиляції	0	
Питоме енергоспоживання при освітленні	13,0	
Питоме споживання первинної енергії, кВт × год/м ³ за рік	108,4	
Питомі викиди парникових газів, кг/м ³ за рік	18,2	

Рисунок 3.3 – Розраховані показники енергетичної ефективності житлової будівлі, а саме питомі енергопотреби та питомі енергоспоживання систем гарячого водопостачання, опалення, вентиляції, охолодження

Як видно з рис. 3.3, основна частина енергоспоживання припадає на системи опалення та освітлення. Оскільки за останніми нормативами питома енергопотреба не обмежена мінімальними вимогами, то перевірити відповідність показників будівлі нормам діючого законодавства з енергоефективності будівель немає змоги.

Енергоспоживання систем опалення та охолодження згідно проведених розрахунків складає 22,6 кВт·год/м², що значно менше мінімальних вимог до енергоефективності такого типу будівель, а саме 85 кВт·год/м², таким чином ця житлова будівля відповідає класу енергоефективності «А».

Величини річного та питомого енергоспоживання систем опалення, вентиляції, охолодження та гарячого водопостачання показані на рис. 3.4.

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис.кВт×год	кВт×год/м ² (кВт×год/м ³)	тис.кВт×год	кВт×год/м ² (кВт×год/м ³)
Енергоспоживання систем опалення			56,5	20,4
Енергоспоживання систем вентиляції			0	0
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання			21,7	7,8
Енергоспоживання систем охолодження			6	2,2
Енергоспоживання систем освітлення			36	13
УСЬОГО:			120,2	43,4

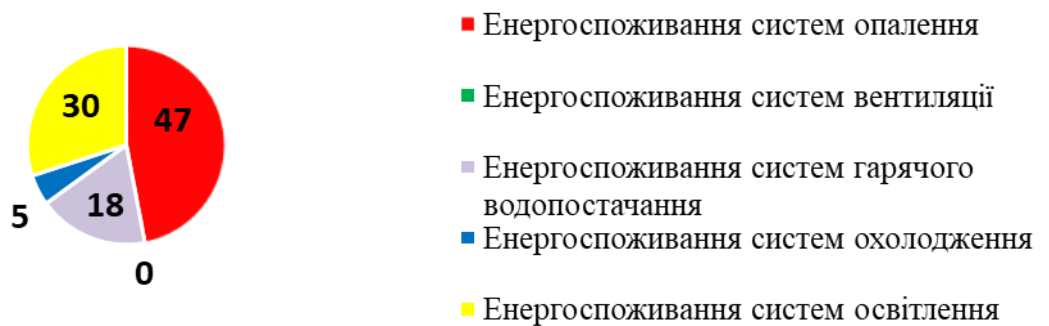


Рисунок 3.4 – Річні показники енергоспоживання та величина питомого енергоспоживання окремих систем житлової будівлі

Як видно з рис. 3.4, сумарне розрахункове енергоспоживання систем опалення, вентиляції, освітлення, охолодження та гарячого водопостачання даної житлової будівлі складають понад 120 000 кВт·год.

Основна складова енергоспоживання даної житлової будівлі припадає на систему опалення. Енергоспоживання системи освітлення має таке суттєве значення в зв'язку із недоліками розрахункової методики моніторингу енергетичних сертифікатів.

3.2 Результати дослідження впливу джерела теплової енергії на показники енергоефективності житлової будівлі

За допомогою показаної в попередньому розділі розробленої математичної моделі проведено дослідження впливу різних джерел теплоти на показники енергоефективності житлової будівлі.

Результати моделювання показані на рис. 3.5 та 3.6.

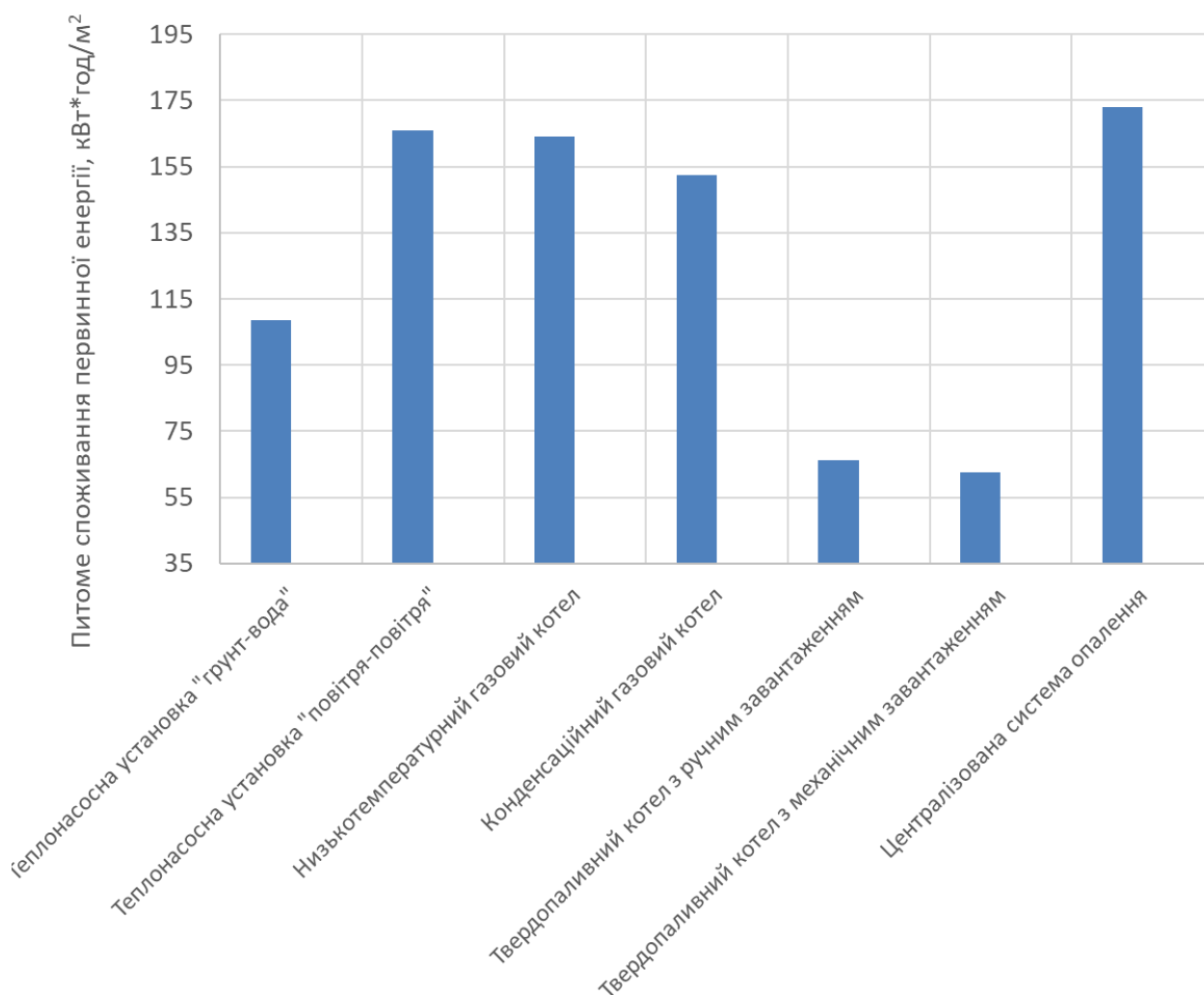


Рисунок 3.5 – Результати числового моделювання зміни питомого споживання первинної енергії для різних джерел теплової енергії

Для проведення досліджень обрані такі варіанти джерела теплової енергії:

- низькотемпературний газовий котел потужністю до 120 кВт для забезпечення потреб житлової будівлі на опалення та гаряче водопостачання і встановлення фреонових систем кондиціонування для охолодження будівлі;
- котел газовий конденсаційний з температурним режимом 55/45°C та тепловою потужністю до 120 кВт для забезпечення потреб системи опалення та гарячого водопостачання і використання фреонових систем кондиціонування для охолодження;
- реверсивна теплонасосна установка «грунт-вода» з температурним режимом 35/28°C для роботи системи опалення та охолодження та реверсивна теплонасосна машина з режимом 55/45°C для роботи системи підготовки гарячого водопостачання;
- реверсивний тепловий насос «повітря-повітря» для забезпечення потреб будівлі в опаленні та охолодженні та електричні бойлерні установки для забезпечення системи гарячого водопостачання;
- котел твердопаливний на біомасі з ручною загрузкою із тепловою потужністю понад 100 кВт, призначений для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання і встановлення фреонових систем охолодження;
- твердопаливний пелетний котел з автоматичним механізованим завантаженням тепловою потужністю понад 100 кВт для забезпечення опалення та гарячого водопостачання будівлі і встановлення фреонових систем охолодження;
- централізована система теплопостачання будівлі.

На рис. 3.6 показаний вплив вибору джерела теплової енергії на питомі викиди парникових газів пов'язані з функціонуванням інженерних систем житлової будівлі.

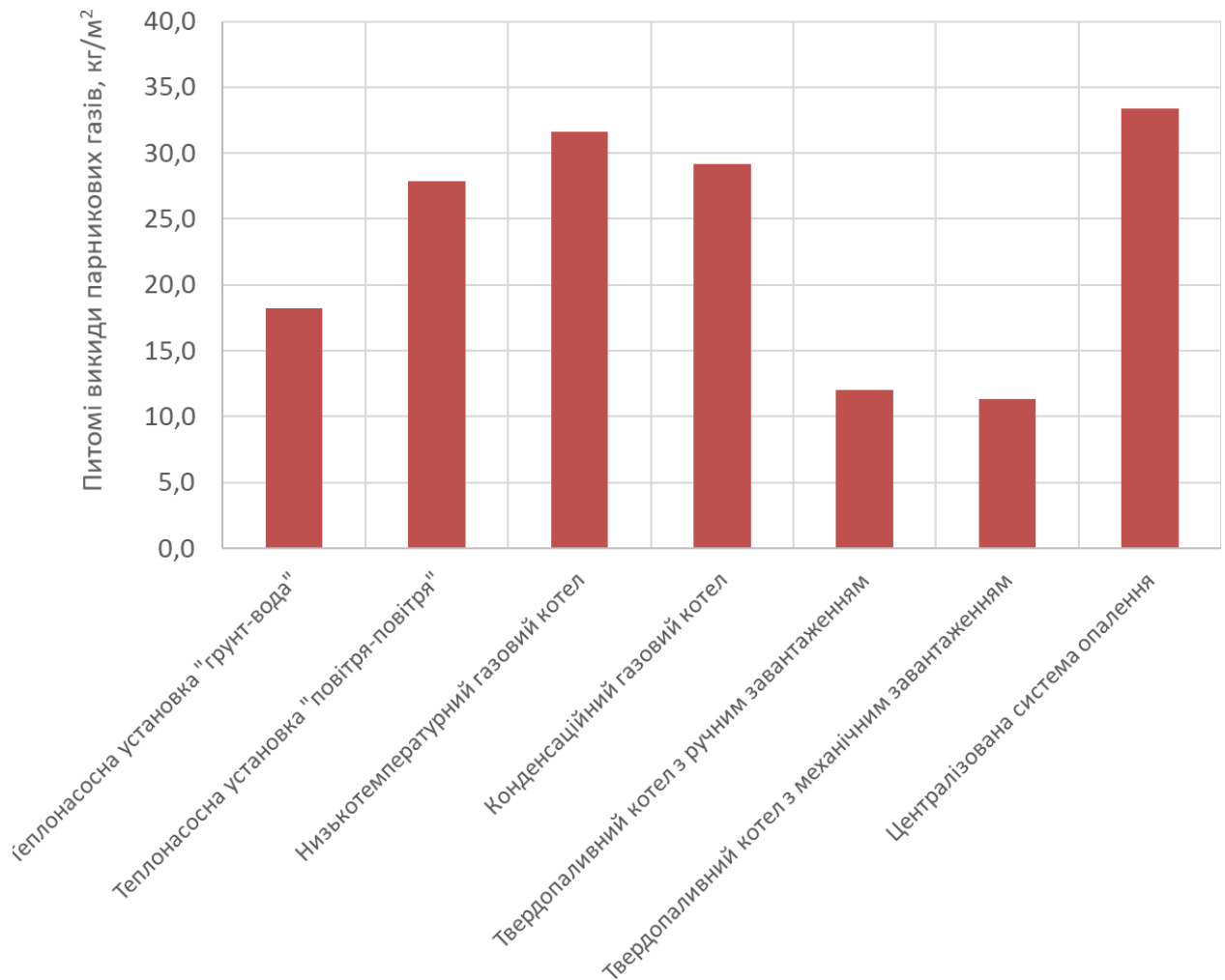


Рисунок 3.6 – Результати числового моделювання зміни питомих викидів парникових газів для різних джерел теплозабезпечення житлової будівлі

Як видно з результатів моделювання, найменші значення витрати первинної енергії (62 та 66 кВт·год/м²) та питомих викидів парникових газів (11,3 та 12 кг/м²) мають варіанти з котлами на біомасі. Попри низькі сезонні ККД такого твердопаливного обладнання, їх ефективність пов'язана із відносно низьким фактором використання первинної енергії для такого відновлюваного енергоресурсу як біомаса та малими значеннями коефіцієнтів викидів парникових газів під час спалювання біомаси, тому що біомаса є CO₂ - збалансованим видом палива. Адже кількість утвореного вуглекислого газу CO₂ при спалюванні біомаси прирівнюється до кількості CO₂, що поглинає деревина при зростанні.

Проте такі варіанти, на нашу думку, не можуть бути використані для житлової будівлі в умовах щільної міської забудови за теперішнього рівня розвитку газочисних технологій від золи та окислів вуглецю і азоту.

Найменшу ефективність має варіант з централізованим джерелом тепlopостачання.

Високі значення питомих витрат первинної енергії (164 та 152 кВт·год/м²) та питомих викидів парникових газів (31,6 та 29,2 кг/м²) мають варіанти з низькотемпературним та конденсаційним газовими котлами. Навіть використання конденсаційного газового котла для забезпечення теплових потреб, згідно отриманих результатів, не можна рекомендувати для впровадження.

Відносно низьку енергетичну та екологічну ефективність має також варіант з встановленням фреонових теплонасосних систем «повітря-повітря» та електробойлерів для підготовки гарячої води. Хоча коефіцієнт сезонної ефективності при роботі системи опалення та охолодження для такого варіанту досить високий (3,0 та 5,0), проте великі питомі витрати первинної енергії при використанні електронагріву не дозволяють вважати цей варіант близьким до оптимального. Крім того, в кліматичних умовах м. Вінниці є необхідність використовувати пікове джерело теплоти в найбільш холодний період року, коли коефіцієнт перетворення такого теплонасосного обладнання впаде до одиниці [26, 28].

Отже, для забезпечення потреб опалення, гарячого водопостачання та охолодження даної будівлі пропонується використати реверсивний тепловий насос «грунт-вода» з обов'язковим розрашуванням фанкойлів в кожному опалюваному приміщенні.

3.3 Висновки до розділу 3

В цьому розділі проведено енергетичну сертифікацію та моделювання основних показників енергоефективності і викидів парникових газів для жи-

тлової багатоквартирної будівлі по вул. Польовій у м. Вінниця.

Розроблено сертифікат енергоефективності будівлі, визначено її пито-
ме енергоспоживання для систем опалення і охолодження, яке склало
22,6 кВт·год / м².

Відзначено, що дана будівля відноситься до класу «А» за енергоспожи-
ванням.

Розраховано питому енергопотребу будівлі на опалення та охолоджен-
ня, що склала 23,6 кВт·год / м².

Визначені характеристики огорожувальних конструкцій будівлі. Тер-
мічний опір зовнішніх стін 4,2 м²·К/Вт, термічний опір суміщеного перекрит-
тя 7,6 м²·К/Вт, термічний опір світлопрозорих огорожень та дверей 0,91 та
0,71 м²·К/Вт. Аналіз показує, що ці значення відповідають нормам.

Проаналізовано вплив вибору джерела теплової енергії для забезпечен-
ня потреб будівлі в опаленні та гарячому водопостачанні на пито-
ме споживання первинної енергії та питоми викиди парникових газів.

Виявлено, що найкращі показники мають варіанти з використанням
твердопаливних котлів на біомасі. Найгірші результати у центрального теп-
лопостачання. Також низькі показники у варіантів низькотемпературного і
конденсаційного газового котлів та у теплового насосу «повітря-повітря».

Рішення з котлами на біомасі на даному етапі важко впроваджувати че-
рез значні проблеми із очищенням та відведенням продуктів спалювання в
умовах щільної міської забудови.

Отже, для покриття потреб опалення, охолодження та гарячого водопо-
стачання пропонується використати реверсивну теплонасосну установку
«грунт-вода» та систему фанкойлів для підтримання оптимальних темпера-
тур в приміщеннях.

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОПУНКТУ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

4.1 Аналіз об'єкту для виконання монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали

В даній магістерській кваліфікаційній роботі виконується монтаж реверсивних теплових насосів у тепловому пункті житлового будинку в м. Вінниця з допоміжним обладнанням та комунікаціями.

Реверсивні теплові насоси тип DYNACIAT LG 300 типу “вода - вода”. Такі теплові насоси стандартно поставляються у комплектації: конденсатор з водяним охолодженням, випарник чиллера, система контролю потужності на виході охолодженої або гарячої води, електроуправління, джерело живлення, логічна схема. У тепловій схемі монтується два реверсивних теплових насоси, кожен з яких має максимальну теплову потужність 85,7+42,0 кВт, номінальна споживана потужність 34,2 кВт + 17,1, габаритні розміри : 880 × 1474 × 901 мм [29].

Для забезпечення потреб гарячого водопостачання у тепловому пункті встановлюється тепловий насос тип DYNACIAT LG 150 типу “вода - вода”, що має максимальну теплову потужність 42,0 кВт, номінальна споживана потужність 17,1 кВт, габаритні розміри : 600 × 1044 × 901 мм [29].

Для роботи в режимі «охолодження» ці пристрої повинні охолоджуватися циркуляцією води із зовнішнього джерела, або підключені до зовнішнього водяного охолоджувача у даному випадку до ґрунтового теплообмінника. Циркуляція теплоносія (етиленгліколю) через ґрунтовий теплообмінник виконується за допомогою насосів Насос Grundfos TP 65-90 для потреб опалення (взимку) та охолодження (влітку) (2 шт. з характеристиками : подача 25,5 м³/год, напір 7,2 м вод. ст., потужність 0,75 кВт, монтажна довжина – 360 мм, тип з'єднання – фланцеве) та насосу Grundfos TP 50-80 для потреб гарячого водопостачання (1 шт. з характеристиками: подача 20,2 м³/год, напір 7,58 м

вод. ст., потужність 0,75 кВт, монтажна довжина – 440 мм, тип з'єднання – фланцеве) [30].

Циркуляція теплоносія від теплового насосу DYNACIAT LG 150 до теплообмінника гарячого водопостачання здійснюється за допомогою насосу Grundfos UPS 32-60, що має характеристики: подача 3,3 м³/год, напір 6 м вод. ст., потужність 0,06 кВт, монтажна довжина 180 мм, тип з'єднання – муфтове.

Циркуляція теплоносія у контурі тепло- / холодопостачання фенкойлів забезпечується двома циркуляційним насосом Grundfos UPS 40-100. Дані насоси має такі характеристики : максимальна подача - 14,5 м³/год, висота нагнітання – 10 м, максимальна споживана потужність – 345 Вт, монтажна довжина – 250 мм. Приєднання насосу до мережі здійснюється за допомогою фланців DN 40 [30].

Циркуляція теплоносія від реверсивних теплових насосів DYNACIAT LG 300 до розподільчих гребінок систем теплохолодопостачання забезпечується двома циркуляційними насосами Grundfos UPS 40-60 F. Дані насоси мають такі характеристики : максимальна подача - 8,57 м³/год, напір – 6 м, максимальна споживана потужність – 250 Вт, монтажна довжина – 250 мм. Приєднання насосу до мережі здійснюється за допомогою фланцевого з'єднання DN 40 [30].

Транспортування теплоносіїв виконується сталевими електрозварними трубами за ДСТУ 8943:2019 [31]. Для забезпечення можливості ремонту обладнання передбачені засувки типу «Баттерфляй». Для перемикання режиму роботи реверсивних теплових насосів передбачені триходові клапани.

Всі трубопроводи після монтажу та приєднання теплових насосів згідно з "Правилами устроювання и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды" мають бути піддані гідравлічному випробуванню з використанням тиску, що дорівнює 1,25 робочого тиску.

Монтаж контрольно-вимірювальних приладів та приладів автоматичного керування даним проектом не передбачено.

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Таблиця 4.1 – Відомість монтажних матеріалів і виробів

№ п.п	Найменування монтажного матеріалу	Один. вимір.	Кількість одиниць	Маса одної одиниці, кг	Маса загальна, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних монтажних матеріалах					
1	Реверсивна теплонасосна установка DYNACIAT LG 300	шт	2	441	882
2	Тепловий насос DYNACIAT LG 150	шт	1	220	220
3	Насос Grundfos UPS 40-60 F	шт	2	17,9	35,89
4	Насос Grundfos TP 65-90	шт	2	47,1	94,2
5	Насос Grundfos UPS 40-100	шт	2	9,6	19,2
6	Насос Grundfos UPS 32-60	шт	1	2,6	2,6
7	Насос Grundfos TP 50-80	шт	1	65	65
8	3-ходовий клапан MUT VDF 3 1000 DN65	шт	8	10	80
9	Сервопривід M1000	шт	8	1,2	9,6
10	Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 50 (L=200)	шт	1	11	11
11	Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 65 (L=240)	шт	4	15	60
12	Зворотний клапан муфтовий DN40	шт	3	2,4	7,2
13	Засувка типу "Батерфляй" DN 40	шт	9	2,6	23,4
14	Засувка типу "Батерфляй" DN 50		6	3	18

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
15	Засувка типу "Батерфляй" DN 65		24	3,6	86,4
16	Засувка типу "Батерфляй" DN 80		4	4,15	16,6
17	Гребінка розподільча Ø159×4,5 L = 1400 мм		2	38,1	76,2
18	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 76×3 мм	м	58,7	5,4	316,98
19	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 57×3 мм	м	22,1	4	88,4
20	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 89×3,5 мм	м	12,4	7,3	90,52
21	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 45×2,5 мм	м	10,8	2,6	28,08
22	Теплоізоляційний циліндр марки Тех- хИзол , діаметром 76 мм товщиною 40 мм	м	58,7	0,58	34,05
23	Теплоізоляційний циліндр марки ТехИ- зол , діаметром 89 мм товщиною 40 мм	м	12,4	0,65	8,06
24	Теплоізоляційний циліндр марки Тех- хИзол , діаметром 57 мм товщиною 40 мм	м	22,1	0,49	10,83
25	Теплоізоляційний циліндр марки Тех- хИзол , діаметром 45 мм товщиною 40 мм	м	10,8	0,43	4,64
					2289

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Потреба у допоміжних монтажних матеріалах					
Для монтажу насосів [32]					
26	Електроди, діаметром 4 мм, марка Е42	т	8	0,00039	3,12
27	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	8	0,07	0,56
28	Болти з гайками та шайбами, діаметром 16 мм	т	8	0,00127	10,16
29	Анкерні деталі, виконані із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою (в комплекті з шайбами та гайками або без них), такі, які поставляються окремо	т	8	0,0022	17,6
30	Розчин важкий готовий цементний кладковий, марка М50	м ³	8	0,014	201,6
31	Фланці плоскі приварні виконані із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 40 мм	шт	8	1,71	13,68
32	Фланці плоскі приварні виконані із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	2	2,06	4,12
33	Фланці плоскі приварні виконані із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 65 мм	шт	4	2,8	11,2
Для монтажу розподільчих гребінок [32]					
34	Електроди, діаметром 4 мм, марка Е42	т	2	0,00018	0,36
35	Оліфа натуральна	кг	2	0,02	0,04

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
36	Розчин готовий складковий важкий цементний, марка М50	м ³	2	0,005	18
37	Очіс льняний	т	2	0,00001	0,02
38	Фарба олійна земляна густотерта, мумія, сурик залізний	т	2	0,00001	0,02
Для монтажу фланцевих зворотних клапанів, засувок типу «Баттерфляй» та 3-ходових клапанів [33]					
39	Електроди, діаметром 5 мм, марка Е42	т	9 7 36 4	0,00037 0,00037 0,00054 0,00054	27,52
40	Болти з гайками та шайбами, діаметром 16 мм	т	16 40	0,0011 0,00207	100,4
41	Прокладки паронітові, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	1000 шт.	0,002*16	18	0,58
42	Прокладки паронітові, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 100 мм	1000 шт.	0,002*40	37	2,96
43	Фланці плоскі приварні сталеві ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 80 мм	шт	8	3,19	25,52
44	Фланці плоскі приварні сталеві ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 65 мм	шт	80	2,8	224
45	Фланці плоскі приварні сталеві ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 50 мм	шт	14	2,06	28,84

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
46	Фланці плоскі приварні сталеві ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²], діаметр 40 мм		18	1,71	30,78
для монтажу теплових насосів [34]					
42	Шпали з деревини не просочені, I тип, довжина 2,75 м, для залізниці широкої колії	шт.	3*1	85	255
43	Скоби будівельні	кг	3	0,6	1,8
Для монтажу трубопроводів [35]					
44	Круги зачисні армовані абразивні Ø 180 x 6 мм	шт	0,0281*1,32 0,0884*0,8128 0,317*0,762 0,0905*0,635	0,36	0,36
45	Пароніт	т	0,0281 0,0884 0,317 0,0905	0,008 0,007 0,005 0,003	2,7
46	Електроди , діаметр 4 мм, марка Е55	т	0,0884 0,317 0,0905	0,006 0,005 0,005	2,39
47	Дріт зварний легований, діаметр 2 м	т	0,0281	0,0023	0,065
Для влаштування теплової ізоляції трубопроводів [36]					
48	Стрічка стальна пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7 мм x (20 мм - 50 мм	т	1,08 2,21 5,87 1,24	0,00177 0,00233 0,00253 0,00267	25,22
49	Пряжки	кг	10,4	0,09	9,36

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
для гідравлічного випробовування труб [32]					
50	Сурик залізний, мумія, фарба земляна густотерта олійна	т	0,329 0,711	0,00005	0,052
515 2	Натуральна оліфа	кг	0,329 0,711	0,02	0,021
53	Очіс льняний	т	0,329 0,711	0,00002	0,021
54	Вода	м ³	0,329 0,711	1 3,8	3024,74
					1018,7

Загальна маса обладнання та основних матеріалів – 2289 кг.

Загальна маса усіх монтажних матеріалів, що потрібні на встановлення системи, складає 1018,07 кг.

Загальна маса допоміжного обладнання та інструменту 292,75 кг.

Загальна маса води – 3024,74 кг.

Загальна маса (для доставки) – 3600 кг.

4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

Склад монтажних робіт:

1. Доставка теплових насосів, допоміжного обладнання та трубопроводів до місця монтажу та їх складування.
2. Розмічування місць прокладання трубопроводів.
3. Монтаж реверсивних теплонасосних установок тип DYNACIAT LG 300.
4. Монтаж теплового насосу тип DYNACIAT LG 150.
5. Встановлення гребінок розподільчих $\varnothing 159 \times 4,5$ мм, L = 1400 мм.

6. Прокладання трубопроводів діаметром 89x3,5 мм.
7. Встановлення засувки «Баттерфляй» фланцевих DN 80.
8. Прокладання трубопроводів діаметром 76x3 мм.
9. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos TP 65-90 та Grundfos UPS 40-60 F.
10. Встановлення засувки «Баттерфляй», зворотних та триходових клапанів фланцевих з DN 65.
11. Прокладання трубопроводів діаметром 57x3 мм.
12. Монтаж циркуляційного насосу Grundfos TP 50-80.
13. Встановлення засувки «Баттерфляй», зворотного клапану фланцевих з DN 50.
14. Прокладання трубопроводів діаметром 45x2,5 мм.
15. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos UPS 40-100 та Grundfos UPS 32-60.
16. Встановлення засувки «Баттерфляй» з DN 40.
17. Випробування трубопроводів обв'язки теплових насосів.
18. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 89 мм і товщиною 40 мм.
19. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 76 мм і товщиною 40 мм.
20. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 57 мм і товщиною 40 мм.
21. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 45 мм і товщиною 40 мм.
22. Остаточна перевірка системи і здача в експлуатацію.
23. Повертання допоміжного обладнання на склад.

Об'єми монтажних робіт

Об'єми монтажних робіт визначаються відповідно до [32 – 36].

1. Доставка теплових насосів, допоміжного обладнання та трубопро-

водів до місця монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса всього обладнання і матеріалів 3600 кг (3,6 т). Приймаємо об'єм $V=3,6$.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки теплових насосів складає $L=104$ м. Приймаємо $V=1,04$.

3. Монтаж реверсивних теплових насосів тип DYNACIAT LG 300. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 2 реверсивних теплових насоси. Отже, приймаємо $V=2$.

4. Монтаж теплового насосу тип DYNACIAT LG 150. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 1 тепловий насос. Отже, приймаємо $V=1$.

5. Встановлення гребінок розподільчих $\varnothing 159 \times 4,5$ мм, $L = 1400$ мм. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 2 розподільчі гребінки $\square 159 \square 4,5$ мм. Отже, приймаємо $V=2$.

6. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 89 \times 3,5$ мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 90,52 кг. Приймаємо $V=0,0905$.

7. Встановлення засувок «Баттерфляй» фланцевих DN 80. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 4 фланцевих засувки. Приймаємо $V=4$.

8. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 76 \times 3$ мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 316,98 кг. Приймаємо $V=0,317$.

9. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos TP 65-90 та Grundfos UPS 40-60 F. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 4 насоси вказаних марок. Приймаємо $V=4$.

10. Встановлення засувок «Баттерфляй», зворотних та триходових клапанів фланцевих з DN 65. Одиниці вимірювання - штуки. В тепловому пункті монтується 4 зворотний клапан , 24 засувки і 8 триходових клапанів даного умо-

вного проходу. Приймаємо $V=36$.

11. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 57 \times 3$ мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 88,4 кг. Приймаємо $V=0,0884$.

12. Монтаж циркуляційного насосу Grundfos TP 50-80. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 1 насос вказаного типу. Приймаємо $V=1$.

13. Встановлення засувок «Баттерфляй», зворотного клапану фланцевих з DN 50. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 1 зворотний клапан та 6 засувок вказаного умовного проходу. Приймаємо $V=7$.

14. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 45 \times 2,5$ мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 28,08 кг. Приймаємо $V=0,0281$.

15. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos UPS 40-100 та Grundfos UPS 32-60. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 3 насоси вказаних марок. Приймаємо $V=3$.

16. Встановлення засувок «Баттерфляй» з DN 40. Одиниці вимірювання в штуках. В тепловому пункті монтується 9 засувок даного типорозміру. Приймаємо $V=9$.

17. Випробування трубопроводів обв'язки теплових насосів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки складає $L=104$ м. Приймаємо $V=1,04$.

18. Ізолювання трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром $\varnothing 89$ мм і товщиною 40 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводу 12,4 м. Приймаємо $V=1,24$.

19. Ізолювання трубопроводів циліндрами мінераловатними діаметром $\varnothing 76$ мм і товщиною 40 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводу 58,7 м. Приймаємо $V=5,87$.

20. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром $\varnothing 57$ мм і

товщиною 40 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводу 22,1 м. Приймаємо $V=2,21$.

21. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром $\varnothing 45$ мм і товщиною 40 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводу 10,8 м. Приймаємо $V=1,08$.

22. Остаточна перевірка системи і здача її в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина труб обв'язки складає $L=104$ м. Приймаємо $V=1,04$.

23. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса допоміжного обладнання 292,75 кг (0,293т). Приймаємо $V=0,293$.

4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, конструкції, деталі та обладнання завозяться одночасно автомашиною HYUNDAI EX8. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2.

Для виконання зварювальних робіт використовується зварювальний напівавтомат Vitals Professional MIG 2000 LCD Alu Synergy [38]. Його технічні характеристики:

- тип – інверторний;
- максимальна потужність, кВт – 7,5;
- напруга холостого ходу, В – 72;
- мінімальний діаметр дроту, мм – 0,6;
- максимальний діаметр електродів, мм – 5;
- маса – 14 кг

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики HYUNDAI EX8 [37]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	4970
Коля передніх коліс	мм	1695
Коля задніх коліс	мм	1650
Мінімальний радіус повороту	м	8,2
Колісна база	мм	4200
Об'єм	м ³	27
Витрата палива (дизель)	л/100 км	17
Розміри бортової платформи:		
Довжина		5750
Ширина		2300
Висота		2200
Повна маса	кг	7500

Для монтажу трубопроводів використовуємо кутову шліфмашину Mächtz MAG-18/1970 VS з такими характеристиками [39]: діаметр диска – 180 мм; потужність – 1970 Вт; регулювання швидкості – 4000 – 8000 об/хв., маса – 4,2 кг.

Для випробовування труб на міцність та їх щільність використовуємо насос опресувальний електричний НОЕ 8-40, його характеристика в таблиці 4.3.

Для монтажу теплонасосного, допоміжного обладнання та комунікацій використовуємо лебідку електричну KCD-HD-2 380V [41], технічні характеристики якої наведні в табл. 4.4.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики насосу опресувального електричного НОЕ 8-40 [40]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність	л/хв	8
Робочий тиск	бар	40
Габарити	мм	230x300x200
Потужність	Вт	750
Напруга живлення	В	220 – 240
Маса	кг	14

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом KCD-HD-2 380V [41]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тяглове зусилля в канаті	кг	2000
Орієнтовна швидкість навивки каната в першому шарі	м/хв	10-12
Діаметр каната	мм	14
Довжина каната	м	80
Потужність двигуна	кВт	3
Габарити:		
Довжина	мм	850
Ширина	мм	450
Висота	мм	530
Маса	кг	249

Монтажна ланка оснащена набором інструментів у переносному ящику, що містить, в тому числі: Ключ двохсторонній гайковий М17х19 мм (6 шт.), ключ М19х22 мм (6 шт.); комбіновані плоскогубці (6 шт.), викрутки

монтажні (6 шт.); слюсарний молоток (6 шт.); зубило довжиною 200 мм слюсарне (6 шт.); гумовий молоток (6 шт.); стрічка для вимірювання, 20 м (6 шт.); рівень сталевий (2 шт.). Загальна монтажна маса 11,75 кг.

Загальна маса усього допоміжного обладнання складає 292,75 кг.

4.4 Витрата паливно-енергетичних ресурсів

Розрахунок витрат електроенергії на роботи монтажних електроприладів [42]

$$E = P \times \tau \times k, \quad (4.1)$$

де P – номінальна потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – розрахунковий термін роботи приладу, год;

k – поправковий коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [42].

Затрати електроенергії для роботи лебідки електричної KCD-HD-2 380V

$$E_{\text{леб}} = 3 \cdot (17,6 \cdot 0,0281 + 16 \cdot 0,0884 + 12,8 \cdot 0,317 + 9,6 \cdot 0,0905 + 0,02 \cdot 56 + 0,09 \cdot 8 + 1,23 \cdot 3) = 37,1 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи зварювального апарату Vitals Professional MIG 2000 LCD Alu Synergy

$$E_{\text{звар}} = 7,5 \cdot (80 \cdot 0,0281 + 51,4 \cdot 0,0884 + 35,5 \cdot 0,317 + 30,1 \cdot 0,0905 + 0,49 \cdot 16 + 0,89 \cdot 40 + 0,85 \cdot 8) = 532,6 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи кутової шліфмашини Mächtz MAG-18/1970 VS

$$E_{\text{шм}} = 1,97 \cdot (5,2 \cdot 0,0281 + 3,2 \cdot 0,0884 + 3 \cdot 0,317 + 2,5 \cdot 0,0905) = 3,2 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Затрати електроенергії для роботи насосу опресувального електричного НОЕ 8-40

$$E_{\text{он}} = 0,75 \cdot 4,14 \cdot 1,04 = 3,2 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Загальні витрати електроенергії для роботи монтажного електрострументу

$$E_{\Sigma} = E_{\text{леб}} + E_{\text{звар}} + E_{\text{шм}} + E_{\text{он}}. \quad (4.2)$$

$$E_{\Sigma} = 37,1 + 532,6 + 3,2 + 3,2 = 576,1 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Необхідна кількість пального для доставки теплонасосного та допоміжного обладнання [42]

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l = 0,17 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 70 = 23,8 \text{ л.} \quad (4.3)$$

4.5 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість виконання монтажних робіт із встановлення теплових насосів і системи для транспортування теплоносія визначається на основі об'ємів робіт, розрахованих у розділі 4, п. 4.2 даної роботи.

Трудомісткість виконання монтажних робіт [43]

$$Q = V \cdot N_{\text{ч}} / B \text{ [люд}\cdot\text{дні]}, \quad (4.4)$$

де V – розрахунковий об'єм робіт;

$N_{\text{ч}}$ – стандартна норма часу на одиницю виміру, люд/год [32 – 36];

B – кількість годин в зміні, год.

У даній кваліфікаційній роботі передбачається виконання монтажних робіт працівниками у одну зміну. Тривалість зміни робітників визначається у відповідності із трудовим законодавством України і береться 8 годин.

Тривалість виконання монтажних робіт [43]

$$T = Q/n \text{ [дні]}, \quad (4.5)$$

де Q – розрахункова трудомісткість монтажних робіт, люд·дні

n – орієнтовна кількість робітників, люд.

Кількість кваліфікованих робітників (n), необхідних для виконання певної роботи з монтажу обладнання системи забезпечення паливом парогенератора та їх кваліфікація наведена у підрозділі 4.5 даної роботи.

Результати обрахунку за формулами (4.4) та (4.5) наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування монтажних робіт	Один. вимірюв	Об'єм монт. робіт	Стан. норма часу, люд/год	Розрах.. трудомісткість люд/дні	Виконавці		Тривалість робіт, дні
					кількість, чол	Склад бригади	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка теплових насосів, допоміжного обладнання та трубопроводів до місця монтажу та їх складування	т	3,6	4,4	1,98	2	1 робітник 1 водій	0,99
Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	1,04	1,6	0,208	6р-1 3р-1	Монтажн. 4,5 розряд	0,104

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Монтаж реверсивних теплових насосів тип DYNACIAT LG 300	шт.	2	44,8	11,2	6р-1 5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	2,8
Монтаж теплового насосу тип DYNACIAT LG 150	шт.	1	44,8	5,6	6р-1 5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,4
Встановлення гребінок розподільчих $\varnothing 159 \times 4,5$ мм, L = 1400 мм	шт.	2	12,94	3,24	5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,08
Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 89 \times 3,5$ мм	т	0,0905	264,4	2,99	4р-2 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,0
Встановлення засувок «Баттерфляй» фланцевих DN 80	шт.	4	4,26	2,13	4р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,07
Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 76 \times 3$ мм	т	0,317	321,3	12,73	4р-2 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	4,24

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Монтаж циркуляційного насосів Grundfos TP 65-90 та Grundfos UPS 40-60 F	шт.	4	24,52	12,26	5р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	6,13
Встановлення засувки «Баттерфляй», зворотних та триходових клапанів фланцевих з DN 65	шт.	36	4,26	19,17	4р-2 3р-2	Монтажн. 4,2 розряд	4,79
Прокладання трубопроводів діаметром 57×3 мм	т	0,0884	410,2	4,53	4р-2 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,51
Монтаж циркуляційного насосу Grundfos TP 50-80.	шт.	1	24,52	3,07	5р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,53
Встановлення засувки «Баттерфляй», зворотного клапану фланцевих з DN 50.	шт.	7	2,41	2,1	4р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,05
Прокладання трубопроводів діаметром 45×2,5 мм	т	0,0281	486	1,71	4р-2 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	0,57
Встановлення циркуляційних насосів Grundfos UPS 40-100 та Grundfos UPS 32-60	шт.	3	24,52	9,2	5р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	4,6

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Встановлення за- сувок «Баттер- фляй», з DN 40.	шт.	9	2,41	2,71	4р-1 3р-1	Монтажн. 4,2 розряд	1,36
Ізоляція трубопро- водів мінерало- ватними циліндрами діа- метром 89 мм і товщиною 40 мм	10 м	1,24	6,03	0,93	4р-1 2р-2	Ізолюваль- ники 3,6 розр	0,31
Ізоляція трубопро- водів мінерало- ватними циліндрами діа- метром 76 мм і товщиною 40 мм	10 м	5,87	5,07	3,72	4р-1 2р-2	Ізолюваль- ники 3,6 розр	1,24
Ізоляція трубопро- водів мінерало- ватними циліндрами діа- метром 57 мм і товщиною 40 мм.	10 м	2,21	4,75	1,31	4р-1 2р-2	Ізолюваль- ники 3,6 розр	0,66
Ізоляція трубопро- водів мінерало- ватними циліндрами діа- метром 45 мм і товщиною 40 мм.	10 м	1,08	3,63	0,49	4р-1 2р-2	Ізолювальники 3,6 розр	0,16

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Остаточна перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	1,04	2,4	0,312	6р-1 5р.-1	Монтажн. 4,2 розряд	0,16
Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,293	4,4	0,16	2	1 робітник 1 водій	0,08

Склад монтажних бригад та середній розряд кваліфікованих робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно до нормативних документів [33 – 40].

1. Доставка теплових насосів, допоміжного обладнання та трубопроводів до місця монтажних робіт та їх складування. Водій і робітник.
2. Розмічування місць прокладання труб. Два досвідчених монтажника 6 і 3 розрядів.
3. Монтаж реверсивних теплових насосів тип DYNACIAT LG 300. Чотири монтажника 6 розряду, 5 розряду, 4 розряду, 3 розряду .
4. Монтаж теплового насосу тип DYNACIAT LG 150. Чотири монтажника, що відповідають 6 р озряду, 5 розряду, 4 розряду, 3 розряду .
5. Встановлення гребінок розподільчих $\varnothing 159 \times 4,5$ мм, $L = 1400$ мм. Три монтажники 3, 4 і 5 розрядів.
6. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 89 \times 3,5$ мм. Монтажники: 3 розряду – 1 чол. і 4 розряду – 2 чол.
7. Встановлення засувок «Баттерфляй» фланцевих DN 80. Два монтажники 3 і 4 розрядів.

8. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 76 \times 3$. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.
9. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos TP 65-90 та Grundfos UPS 40-60 F. Два монтажники 3 і 5 розрядів.
10. Встановлення засувок «Баттерфляй», зворотних та триходових клапанів фланцевих з DN 65. Два монтажники відповідно 3 і 4 розрядів.
11. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 57 \times 3$ мм. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.
12. Монтаж циркуляційного насосу Grundfos TP 50-80. Два монтажники 3 і 5 розрядів.
13. Встановлення засувок «Баттерфляй», зворотного клапану фланцевих з DN 50. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
14. Прокладання трубопроводів діаметром $\varnothing 45 \times 2,5$ мм. Монтажники: 3 розряду – 1 людина і 4 розряду – 2 людини.
15. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos UPS 40-100 та Grundfos UPS 32-60. Два монтажники 3 і 5 розрядів.
16. Встановлення засувок «Баттерфляй» з DN 40. Два монтажники 3 і 4 розрядів.
17. Випробування трубопроводів обв'язки теплових насосів. Три монтажники 3, 4 і 5 розрядів.
18. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром $\varnothing 89$ мм і товщиною 40 мм. Вимога ізолювальники : 4 розряду – 1 людина, 2 розряду – 2 людини.
19. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром $\varnothing 76$ мм і товщиною 40 мм. Ізолювальники : 4 розряду – 1 людина, 2 розряду – 2 людини.
20. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром $\varnothing 57$ мм і товщиною 40 мм. Ізолювальники : 4 розряду – 1 людина, 2 розряду – 2 людини.

21. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром $\varnothing 45$ мм і товщиною 40 мм. Норма ізолювальники : 4 розряду – 1 людина, 2 розряду – 2 людини.

22. Остаточна перевірка системи і здача в експлуатацію. Два кваліфікованих монтажники 5 і 6 розрядів.

23. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій і робітник.

4.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому підрозділі розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час монтажу обладнання енергоефективної системи тепlopостачання житлової будівлі в місті Вінниця. На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання будівель і споруд (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [44, 45]: фізичні, хімічні та трудового процесу.

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфрашум; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд необхідно вживати заходів із запобігання впливу на працівників визначених вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За наявності цих факторів, безпека праці під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд повинна відповідати вимогам ДБН «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [46] та заходам безпеки, що зазначені в проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР тощо), зокрема: під час виконання робіт на висоті робочі місця повинні бути обладнані вентиляцією, засобами пожежогасіння; додержанням заходів безпеки під час виконання робіт у траншеях і колодязях; додержанням спеціальних заходів безпеки під час травлення і знежирення трубопроводів.

Заготівлю та припасування труб необхідно виконувати в заготівельних майстернях. Виконання цих робіт на риштуваннях, призначених для монтажу трубопроводів, забороняється.

Ліквідацію недоліків, виявлених під час випробувань змонтованої системи та обладнання, необхідно виконувати на підставі розроблених і затверджених замовником і генеральним підрядником разом із субпідрядними організаціями заходів щодо безпеки виконання цих робіт.

Встановлення і зняття перемичок (зв'язків) між змонтованим і діючим устаткуванням, а також підключення тимчасових установок до діючих систем (електричних, парових, технічних тощо) без письмового дозволу генерального підрядника і замовника не допускається.

Монтаж трубопроводів і повітроводів на естакадах необхідно виконувати з інвентарного риштування, обладнаного сходами для піднімання та спускання працівників. Піднімання та спускання конструкціями естакад не допускається. Забороняється перебування людей під обладнанням, що встановлю-

ється, монтажними вузлами обладнання і трубопроводів до їх остаточного закріплення.

Опускати труби у закріплену траншею необхідно так, щоб не порушувати кріплення траншеї. Не дозволяється скочувати труби в траншею за допомогою ломів і ваг, а також використовувати розпірки кріплення траншеї як опори для труб.

У приміщеннях знежирення трубопроводів забороняється користуватися відкритим вогнем і допускати іскроутворення. Місце, де проводиться знежирення, необхідно відгородити та позначити знаками безпеки. Електроустановки у зазначених приміщеннях повинні бути у пожежо- вибухобезпечному виконанні. Приміщення, в яких проводиться знежирення, повинно бути обладнано припливно- витяжною вентиляцією. В разі виконання робіт на відкритому повітрі працівники повинні перебувати з навітряної сторони. Працівники, зайняті на знежиренні трубопроводів, повинні бути забезпечені відповідними протигазами, спецодягом, рукавицями і гумовими рукавичками згідно з нормами безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2-1, ДСТУ ГОСТ 12.4.041.

Монтаж обладнання, трубопроводів і повітропроводів поблизу електричних мереж (у межах відстані, яка дорівнює найбільшій довжині вузла чи ланки трубопроводу, що монтується) виконується при знятій напрузі. За неможливості зняття напруги роботи необхідно виконувати за нарядом-допуском, затвердженим у визначеному порядку.

Під час продування труб стисненим повітрям забороняється перебувати в камерах і колодязях, де встановлено засувки, вентилі, крани тощо. Під час продування трубопроводів необхідно встановлювати на кінцях труб щити для захисту очей від окалини та піску. Персоналу забороняється перебувати проти чи поблизу кінців труб, що продуваються.

Під час монтажу трубопроводів і обладнання стикування та з'єднання отворів і перевіряння їх збігу в деталях, що монтуються, необхідно викону-

вати за допомогою спеціального інструменту (конусних оправок, складальних пробок тощо). Перевіряти збіг отворів у деталях, що монтуються, пальцями рук не допускається.

Під час монтажу обладнання повинні бути вжиті заходи із запобігання самовільному чи випадковому його вмиканню. Під час монтажу обладнання з використанням домкратів необхідно вжиття заходів, що запобігають перекосу чи перекиданню домкратів.

4.6.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380×220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [47, 48]:

для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

застосування електрозахисних засобів захисту:

- персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту;

- використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби до 1000В. Основні: ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками; додаткові: діелектричні калоші; діелект-

ричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки;

- перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

4.6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.6.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [49] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [50]:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

3. Для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проек-

том передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.6.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [49]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [50]. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати металевий пил якнайчастіше, щодня протирати гарячі поверхні, при високих концентраціях пилу обробляти запилені поверхні по частинам. Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу під час прибирання.

Планувати прибирання потрібно на час, коли устаткування вимкнене,

зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.6.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [51] розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в табл. 4.8.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів).

Таблиця 4.8 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{н пр}$	Сумісне $E_{сум}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

4.6.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [52].

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в табл. 4.8.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Таблиця 4.8 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.6.2.5 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань [53].

У нашому цеху присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в табл. 4.9.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружно-демпферуючим низом.

Таблиця 4.9 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

4.6.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [44]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) - більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) - більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

4.6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

4.6.3.1 Розрахунок надмірного тиску вибуху пилоповітряної суміші

Надлишковий тиск вибуху пилоповітряної суміші ΔP , кПа

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_H},$$

де коефіцієнт Z участі пилу у завислому стані (аерозоль) у вибуху

$$Z = 0,5 \cdot F,$$

де F – масова частка частинок пилу розміром менше критичного. З перевищенням критичного розміру частинок пилу аерозоль стає вибухобезпечним.

Приймаємо $Z = 0,5$;

H_T – теплота згоряння, $H_T = 15700$ кДж/кг ;

P_0 – початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);

C_p – теплоємність повітря, $C_p = 1,01 \cdot 10^3$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

T_0 – початкова температура повітря, К.

Розрахункову масу пилу, що знаходиться у стані аерозолі в об'ємі

приміщення в результаті аварійної ситуації, m , кг, визначаємо за формулою

$$m = m_{зв} + m_{ав},$$

де $m_{зв}$ – розрахункова маса частини відкладеного у приміщенні пилу, що перейшла у стан аерозолі, кг;

$m_{ав}$ – розрахункова маса пилу, що надійшла до приміщення в результаті аварійної ситуації з апаратів та технологічного обладнання, кг.

Розрахункова масу пилу, що перейшов у стан аерозолі

$$m_{зв} = K_{зв} \cdot m_{п},$$

де $K_{зв}$ – частка пилу, що відклався у приміщенні, яка здатна перейти у стан аерозолі в результаті аварійної ситуації. Приймаємо $K_{зв} = 0,9$;

$m_{п}$ – маса пилу, що відкладалась у приміщенні до моменту аварії

$$m_{п} = 3600(\gamma_{п.д.} \cdot F_{д} \cdot n_{д} + \gamma_{п.в.} \cdot F_{в} \cdot n_{в})(1 - K_{пр})K_{г} \cdot t_{р},$$

де $F_{д}$, $F_{в}$ – площа доступної та важкодоступної поверхні при прибиранні пилу відповідно (за завданням $F_{д} = 378 \text{ м}^2$);

$t_{р}$ – тривалість одного циклу пиловиділення (зміни), $t_{р} = 24$ год;

$n_{д}$, $n_{в}$ – кількість циклів роботи обладнання між поточними на доступних та генеральними прибираннями на важкодоступних поверхнях відповідно;

$K_{пр}$ – коефіцієнт ефективності пилоприбирання;

$K_{г}$ – частка горючого пилу в загальній масі відкладень, $K_{г} = 0,9$;

$\gamma_{п.д.}$, $\gamma_{п.в.}$ – інтенсивність відкладення пилу на доступних та важкодоступних поверхнях відповідно, $\gamma_{п.д.} = 2,06 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$ (за завданням).

Технологічний процес по завантаженню та розвантаженню палива ручний, видалення пилу виконується тільки вручну, тому в розрахунку прийма-

ємо, що вся площа накопичення пилу (робоча поверхня сушарки та навколишній простір) є доступною з ефективністю пилоприбирання $K_{\text{пр}} = 0,6$.

$$m_{\text{п}} = 3600(2,06 \cdot 10^{-6} \cdot 378 \cdot 1)(1 - 0,6)0,9 \cdot 24 = 24,22 \text{ (кг)}.$$

Отже, розрахункова масу пилу, що перейшов у стан аерозолі, становить: $m_{\text{зв}} = 0,9 \cdot 24,22 = 21,8 \text{ (кг)}$.

Розрахункову масу пилу, що потрапила до приміщення з апарата в результаті аварійної ситуації, $m_{\text{ав}}$, визначаємо за формулою:

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{ап}} + q \cdot \tau) \cdot K_{\text{п}},$$

де $m_{\text{ап}}$ – маса горючого пилу, що викидається до приміщення з апарата (5% максимальної кількості палива в топці), $m_{\text{ап}} = 12 \text{ кг}$;

q – витрата, з якою продовжують надходити пилоподібні речовини до аварійного апарата до моменту припинення, $q = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$;

τ – час перекривання, який визначається за пунктом, $\tau = 30 \text{ с}$;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт пилення, для пилу з дисперсністю менше ніж 350 мкм приймаємо $K_{\text{п}} = 1,0$.

$$m_{\text{ав}} = (12 + 0,1 \cdot 30) \cdot 1 = 15 \text{ (кг)}.$$

Отже, розрахункова масу пилу, що знаходиться у стані аерозолі

$$m = 21,8 + 15 = 36,8 \text{ (кг)}.$$

Вільний об'єм приміщення (розміри приміщення за завданням)

$$V_{\text{в}} = 24 \times 17 \times 7 = 2856 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Густина повітря при температурі 20° С до вибуху

$$\rho_v = \frac{352}{t_{\text{п}} + 273} = \frac{352}{23 + 273} = 1,18 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Надлишковий тиск вибуху

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_{\text{г}} \cdot P_o \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} = \frac{35,3 \cdot 15700 \cdot 101 \cdot 0,5}{2856 \cdot 1,18 \cdot 1,01 \cdot (20 + 273)} \cdot \frac{1}{3} = 9,35 \text{ (кПа)}.$$

Отже, в технологічному процесі обертається вибухопожежо-небезпечний пил, який при виникненні аварії може вибухнути, створивши надлишковий тиск 9,35 кПа. Вибух такої потужності може призвести до повного руйнування легких та слабкого руйнування капітальних конструкцій.

4.6.3.2 Заходи запобігання вибухів пилу

Для запобігання вибухонебезпечних ситуацій приймається комплекс заходів, які залежать від виду продукції, що випускається. Багато заходів є специфічними і можуть бути притаманні лише одного або декількох видів виробництв.

В першу чергу для всіх вибухонебезпечних виробництв, складів і т.п., що мають у своєму складі вибухові речовини, пред'являються вимоги до території для їх розміщення, які вибираються по можливості в незаселених або малозаселених районах.

Для захисту застосовуються автоматичні системи захисту, метою яких є: сигналізація і оповіщення про аварійні ситуації виробничого процесу; виведення з передаварійного стану потенційно небезпечних технологічних процесів при порушенні регламентних параметрів (температури, тиску, скла-

ду, швидкості); виявлення загазованості виробничих приміщень та автоматичного включення пристроїв, що попереджають про утворення суміші газів і парів з повітрям вибухонебезпечних концентрацій.

Джерелами аварій можуть бути припинення подачі електроенергії, зниження подачі пари і води в трубопроводах, у результаті чого порушується технологічний режим і створюються надзвичайно небезпечні аварійні ситуації. У зв'язку з цим вживаються заходи по надійному забезпеченню енергопостачання обладнання, удосконалення технологічних засобів, що забезпечують його безпечну зупинку і наступний пуск.

Неодмінною умовою надійної безаварійної роботи будь-якого виробництва є висока професійна підготовленість штатного персоналу, а також спеціальних аварійних бригад, які здійснюють ремонт, нагляд та ліквідацію аварій.

Вибуху великих обсягів пилоповітряних сумішей, як правило, передують невеликі місцеві удари і локальні вибухи всередині обладнання і апаратури. При цьому виникають слабкі ударні хвилі, струшуючі і піднімаючі у повітря великі маси пилу, що накопичилися на поверхні підлоги, стін і обладнання. Щоб виключити вибух пилоповітряних сумішей, необхідно не допускати значних скупчень пилу. Це досягається: поліпшенням технології виробництва, підвищенням надійності обладнання, правильним розрахунком і монтажем вентиляційних пиłosосних установок.

Ініціатором практично всіх вибухів газо-, паро-і пилоповітряних сумішей є іскра, тому там, де можливе утворення цих сумішей, необхідно забезпечувати надійний захист від статичної електрики, передбачати заходи проти іскріння електроприладів та іншого обладнання.

Будь-яке обладнання підвищеного тиску повинно бути укомплектовано системами вибухозахисту, які припускають: застосування обладнання, розрахованого на тиск вибуху; застосування гідрозатворів, вогнеперепиначів, інертних або парових завіс; захист апаратів від руйнування під час вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапа-

ни, швидкодіючі засувки, зворотні клапани і т.д.).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами; розробкою інструктивних матеріалів, регламентів, норм і правил ведення технологічних процесів; організацією навчання та інструктажу обслуговуючого персоналу; контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промислової санітарії та пожежної безпеки і т.п..

4.7 Висновки до розділу 4

В даному розділі розроблено технологію монтажу обладнання системи опалення та вентиляції громадської будівлі у м. Вінниця з використанням спліт систем інверторного типу та електроконвекторів.

Розроблено монтажну схему обладнання системи опалення та вентиляції.

Складено комплектувальну відомість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для монтажу системи опалення та вентиляції торговельного центру. При цьому маса основного обладнання і матеріалів склала 345,73 кг, а допоміжного – 68,57 кг.

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах. Так для транспортування матеріалів використовується вантажний автофургон Ford Transit 100 MT L3H3, для зварювання використовується зварювальний напівавтомат Powermat PM-IMG-220KL 220, для зварювання поліпропіленових трубопроводів плоский паяльник Wezer CF63-15A, для формування отворів – перфоратор WRH13-26DFR, для випробування трубопроводів на міцність та щільність – прес гідравлічний REMS Push, для переміщення вантажу – візок гідравлічний ручний Skipper DB2000P.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Загальна маса обладнання – 90,75 кг.

Визначено затрати паливно-енергетичних ресурсів для виконання монтажних робіт. Так витрата електроенергії на роботу електроінструменту складає 31,69 кВт год, а витрата пального для доставки вантажу 1,992 л.

Визначено трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт. Так загальна трудомісткість складає 40,57 люд-дні. Розроблено календарний план виконання монтажних робіт, згідно з яким загальна тривалість виконання монтажних робіт складає 12,42 діб

В підрозділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто небезпечні виробничі фактори та технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори. Розраховано тиск вибуху пилоповітряної суміші та розроблено заходи запобігання вибуху.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання

Для розрахунку кошторсної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог КНУ Настанова з визначення вартості будівництва і використовували кошторисну програму “АВК”.

Для визначення кошторсної вартості влаштування обладнання робляємо локальні кошториси на внутрішні санітарно-технічні роботи за допомогою програмного комплексу АВК (табл.5.1) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН), на монтаж обладнання; поточних кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до Настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітну плату будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатацію будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат [54].

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Таблиця 5.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 06-001-001

на внутрішні санітарно-технічні роботи.

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість

1727.795 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість

0.74378 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата

56.188 тис. грн.

Середній розряд робіт

3.7 розряд

Складений в поточних цінах станом на 3 листопада 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	за-робітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										за-робітної плати	в тому числі за-робітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ18-13-1	Установлення насосів Grundfos UPS 40-100, Grundfos UPS 32-60	1 насос	3.0	2565.60	162.55	7697	4598	488	21.3200	63.96
					1532.69	38.80			116	0.5002	1.50
2	КБ18-13-2	Установлення насосів Grundfos UPS 40-60 F	1 насос	2.0	3862.37	287.34	7725	3843	575	26.7300	53.46
					1921.62	71.91			144	0.9228	1.85
3	КБ18-13-3	Установлення насосів Grundfos TP 65-90, Grundfos TP 50-80	1 насос	3.0	3950.22	406.94	11851	6543	1221	30.3400	91.02
					2181.14	104.82			314	1.3439	4.03
4	КБ18-13-4	Установлення насосів Теплових DYNACIAT LG 150	1 насос	1.0	5963.28	728.07	5963	2995	728	41.6600	41.66
					2994.94	193.46			193	2.5230	2.52
5	КБ18-13-5	Установлення Реверсивного теплового насосу DYNACIAT LG 300	1 насос	2.0	7300.70	826.41	14601	7310	1653	50.8400	101.68
					3654.89	221.82			444	2.8779	5.76
6	C130-513	Реверсивний тепловий насос DYNACIAT LG 300	шт	2.0	336870.00		673740				
7	C130-513	Тепловий насос DYNACIAT LG 150	шт	2.0	122670.00		245340				
8	C130-513	Насос Grundfos TP 50-80	шт	1.0	69630.00		69630				
9	C130-513	Насос Grundfos UPS 40-60 F	шт	2.0	36990.00		73980				
10	C130-513	Насос TP 65-90	шт	2.0	75750.00		151500				
11	C130-513	Тепловий насос Grundfos UPS 40-100	шт	2.0	12510.00		25020				
12	C130-513	Насос Grundfos UPS 32-60	шт	1.0	6390.00		6390				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	C1630-50	Гребінки розподільча 159 4,5 L = 1400 мм	комплект	2.0	13155.90		26312				
14	KB18-15-1	Установлення гребінок розподільча 159 4,5 L = 1400 мм	1 гребінка	2.0	5593.00	100.13	11186	1675	200	11.2500	22.50
					837.56	23.62			47	0.3054	0.61
15	KB16-17-3	Установлення клапанів 3-ходовий клапан MUT VDF 3 1000 DN65	шт	8.0	720.90	45.58	5767	1754	365	3.0500	24.40
					219.26	10.27			82	0.1380	1.10
16	C113-2301	Клапан 3-ходовий MUT VDF 3 1000 DN65	шт	8.0	676.02		5408				
17	KM8-54-3	Монтаж Сервопривіда M1000	шт	8.0	715.27	151.77	5722	3222	1214	5.4100	43.28
					402.77	37.48			300	0.4400	3.52
18	C1513-6	Сервопривід M1000	шт	8.0	10843.45		86748				
19	KB16-16-1	Установлення Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 65 (L=200)	шт	4.0	382.75	5.61	1531	416	22	1.4800	5.92
					103.93	2.27			9	0.0272	0.11
20	KB16-15-2	Установлення Зворотний клапан поворотний фланцевий DN 50 (L=200)	шт	1.0	434.05	82.50	434	175	83	2.4100	2.41
					175.28	14.38			14	0.1814	0.18
21	C113-2301	Клапан зворотній поворотний фланцевий DN 50 (L=200)	шт	1.0	10876.02		10876				
22	C113-2302	Клапан зворотній поворотний фланцевий DN 65 (L=200)	шт	4.0	12534.39		50138				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	КБ16-15-2	Установлення Зворотний клапан муфтовий DN40	шт	3.0	434.05	82.50	1302	526	248	2.4100	7.23
					175.28	14.38			43	0.1814	0.54
24	С113-2302	Зворотний клапан муфтовий DN40	шт	3.0	1314.39		3943				
25	КБ16-16-1	Установлення Засувка типу "Батерфляй" DN 40, 50,65	шт	39.0	382.75	5.61	14927	4053	219	1.4800	57.72
					103.93	2.27			89	0.0272	1.06
26	КБ16-16-2	Установлення Засувка типу "Батерфляй" DN 80	шт	4.0	545.99	18.49	2184	727	74	2.5900	10.36
					181.87	5.14			21	0.0572	0.23
27	С113-2302	Засувка типу "Батерфляй" DN 40	шт	9.0	1314.39		11830				
28	С113-2302	Засувка типу "Батерфляй" DN 50	шт	6.0	1722.39		10334				
29	С113-2302	Засувка типу "Батерфляй" DN 65	шт	24.0	1926.39		46233				
30	С113-2302	Засувка типу "Батерфляй" DN 80	шт	4.0	2334.39		9338				
31	КБ16-7-6	Прокладання трубопроводів сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 45 2,5 мм	100 м трубопроводу	0.108	69410.03	1530.42	7496	571	165	71.0100	7.67
					5286.69	329.63			36	4.3530	0.47
32	КБ16-7-7	Прокладання трубопроводів сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 57 3 мм	100 м трубопроводу	0.221	89058.88	1980.41	19682	1429	438	91.0200	20.12
					6467.88	395.57			87	5.2270	1.16
33	КБ16-7-8	Прокладання трубопроводів водопостачання зі сталених водогазопровідних оцинкованих труб діаметром 80 мм	100 м	0.587	99176.08	1980.41	58216	3797	1163	91.0200	53.43
					6467.88	395.57			232	5.2270	3.07

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	КБ16-7-9	Прокладання трубопроводів електрозварні ДСТУ 8943:2019, 45 2,5 мм	100 м трубопроводу	0.124	128631.27	2802.30	15950	997	347	113.1600	14.03
					8041.15	607.14			75	8.0075	0.99
35	КБ26-1-1	Ізоляція трубопроводів діаметром до 76 мм [циліндрами][напівциліндрами][сегментами з пінопласту], товщина ізоляційного шару 40 мм	10м трубопроводу	10.4	353.86	39.15	3680	2125	407	3.0200	31.41
					204.36	10.89			113	0.1463	1.52
		Разом прямих витрат по кошторису					1702674	46756	9610		652.26
									2359		30.22
		Разом прямі витрати				грн.	1702674				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	1646308				
		вартість ЕММ				грн.	9610				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		2359			
		заробітна плата робітників				грн.		46756			
		всього заробітна плата				грн.		49115			
		Загальновиробничі витрати				грн.	25121				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					61.30
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		7073			
		Всього по кошторису				грн.	1727795				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					743.78
		Кошторисна заробітна плата				грн.		56188			

5.2 Техніко-економічні показники роботи системи теплохолодопостачання будівлі

Загальні витрати проекту представлені в таблиці 5.2, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості влаштування обладнання (значення приймається із об'єктного кошторису таблиці 5.1).

Таблиця 5.2 – Перелік інноваційних витрат

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	17,28
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	3,46
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	25,92
Проектування	2,5	4	43,19
Експертиза інноваційного рішення	1	1	17,28
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	34,56
Виготовлення нового виробу	100	6	1727,80
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	51,83
Витрати на підготовку кадрів	5	2	86,39
Всього		21	2007,70

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-141,68	-1997,02	604,45	789,45	1102,87	1253,15	1132,66
2	Сальдо реальних грошей	-141,68	-1528	604,45	747,22	1060,64	1215,04	1098,67
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-141,68	-1669,68	1065,23	-318,01	742,63	1957,67	3056,34
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість (п.1×п.4)	-164,35	-1997,02	521,08	586,69	706,56	692,10	539,27
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п 5 ((t)+(t-1))	-164,35	-2161,37	1640,29	-1053,60	-347,04	345,06	884,34

З таблиці 5.3 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на 3-4 році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями визначаються за формулою [54]:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

де NCF_t - чистий грошовий потік на t -ому році;

R_t - результат виручки у t -й рік;

Z_t - витрати у t -й рік;

N_t - податки у t -й рік;

K_t – інвестиції у t -й рік;

T_p – розрахунковий період.

$$NV = 2743,88 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де η_t – коефіцієнт дисконтування, при нормі дисконта 16%.

$$NPV = 884,34 \text{ тис. грн.}$$

Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації;

якщо $NPV < 0$, то проект необхідно відхилити;

$NPV = 0$, то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

Висновок. Оскільки NPV та NV є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

Термін окупності

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t. \quad (5.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t -го періоду, грн.,

CIF_t – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-164,35	-1997,02	521,08	586,69	706,56	692,10	539,27
Кумулятивна	-164,35	-2161,37	-1640,29	-1053,60	-347,04	345,06	884,34

Як видно з таблиці 5.4 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 3 та 4 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T = 3 + 347,04 / 692,1 = 3,5 \text{ років.}$$

5.3 Висновки до розділу 5

Склали локальний кошторис на монтаж обладнання, на придбання обладнання. В кошторисі пораховано:

- Кошторисна вартість $K_v = 1727,795$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 56,188 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 0,744$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 1646,308 тис. грн.

Розраховували основні показники ефективності інвестицій в проект:

- Чисті грошові надходження – 2743,88 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість –884,34 тис. грн.;

Термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 3,5 роки.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглянута проблема підвищення ефективності теплохолодопостачання житлової будівлі у місті Вінниця по вулиці Польова.

Проаналізовано об'єкт дослідження щодо характеристик його світлопрозорих та непрозорих огорожувальних конструкцій, розглянуті особливості встановленого обладнання систем опалення, освітлення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання. Виявлено, що така житлова будівля потребує проведення енергетичної сертифікації для визначення її відповідності нормативам по енергоефективності будівель.

Проаналізовані етапи та методи енергетичної сертифікації будівель, технології проведення енергоаудиту та визначення показників енергетичної ефективності житлових будівель і методи підвищення енергоефективності систем теплохолодопостачання.

Розроблена математична модель для визначення показників енергоефективності житлової будівлі. Дана загальна характеристика математичної моделі та наведені основні рівняння її математичного опису.

Дана модель дозволила виконати енергетичну сертифікацію, а саме розробити енергетичний сертифікат будівлі, визначити клас енергоефективності будівлі, а також провести дослідження впливу джерела теплоти на показники енергоефективності житлової будівлі, тобто питоме енергоспоживання систем опалення та охолодження, витрати первинної енергії та питомі викиди парникових газів.

Показано, що термічні опори огорожувальних конструкцій відповідають вимогам ДБН «Теплова ізоляція будівель». Виявлено, що питоме енергоспоживання будівлі на опалення та охолодження складає 22,6 кВт·год/м², що не тільки не перевищує мінімальні вимоги до енергоефективності, але й відповідає класу будівлі «А».

Виявлено, що найкращі показники енергоефективності (питомі витрати первинної енергії 62 та 66 кВт·год/м²) мають варіанти з використанням твре-

допаливних котлів на біомасі для теплопостачання житлової будівлі. Найгірші результати – центрального теплопостачання. Також низькі показники (164 та 152 кВт·год/м²) у варіантів газового низькотемпературного і конденсаційного котла та у теплонасосної установки «повітря-повітря».

Для забезпечення потреб опалення, охолодження та гарячого водопостачання пропонується використати реверсивну теплонасосну установку «грунт-вода» та систему фанкойлів для підтримання оптимальних температур в приміщеннях, оскільки варіанти з котлами на біомасі мають суттєві проблеми із відведенням продуктів згорання в умовах щільної міської забудови

В роботі розроблено технологію монтажу обладнання теплового пункту житлового будинку в м. Вінниця з реверсивними тепловими насосами типу «вода-вода». Встановлено, що маса обладнання, основних та допоміжних матеріалів і обладнання для монтажу обладнання теплового пункту складає 2289 кг та 1018,07 кг відповідно. Необхідна кількість пального для доставки основного та допоміжного обладнання становить 23,8 л. Витрата електроенергії на роботу допоміжного обладнання дорівнює 576,1 кВт·год. Визначено загальну трудомісткість яка становить 97,82 люд-дні. Тривалість виконання монтажних робіт на тепловому пункті дорівнює 27 днів

Визначено небезпечні виробничі фактори та заходи з охорони праці під час монтажу. Запропоновані заходи для запобігання вибуху.

В роботі складений локальний кошторис на будівельні роботи із створення системи теплохолодопостачання житлової будівлі. Виявлено, що кошторисна вартість складає 1 727 тис. грн., з яких вартість матеріалів, конструкцій, обладнання 1 646 тис. грн, а кошторисна трудомісткість робіт склала 0,744 тис. люд.-год.

Розрахунки техніко-економічних показників показали, що чисті грошові надходження 2 743 тис. грн., чиста поточна вартість 884,3 тис. грн., термін окупності за кумулятивним методом складає 3,5 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Степанов Д. В., Скородзієвська Л.В., Іщенко М. В. Вибір джерела для системи теплопостачання житлового будинку./. Доповідь на МНТК «Інноваційні технології в будівництві - 2022», Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16694/13858> (дата звернення: 110.12.2023)
2. Степанов Д. В., Іщенко М. В., Мартиненко В. В. Показники ефективності джерела теплоти для житлового будинку // Доповідь на Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegr/all-fbtegr-2023/paper/view/17729/14725> (дата звернення: 10.12.2023)
3. Степанов Д. В., Іщенко М. В. Енергоефективна система теплохолодопостачання житлового будинку у місті вінниця // Доповідь на Науково-технічній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/author/saveSubmit/5> (дата звернення: 10.12.2023)
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2012 р. Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/06/dbn-v.2.6-31.pdf> (дата звернення: 09.12.2023).
5. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря. К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р.
6. Енергоефективність будівель в Україні. URL: <https://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivellua.html> (дата звернення: 09.12.2023)
7. Про енергоефективність будівель : Закон України від 17.10.2019. №199 – IX. Дата оновлення 1.12.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text> (дата звернення: 09.12.2023).
8. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0822-18#Text>. (дата звернення: 09.12.2023)
9. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель, затверджені Наказом Міністерства розвитку громад та територій України 27 жовтня 2020 року № 260
10. Панадій Є. С. Підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі м. Києва з побудовою системи моніторингу витрат енергоносіїв. Магістерська кваліфікаційна робота. URL: <https://core.ac.uk/reader/323527200> (дата звернення 09.12.2023)
11. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. -50 с. (Національний стандарт України)

12. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення. [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2016. -40 с. (Національний стандарт України)

13. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007.Настанова з розроблення та складання енергетичного паспортубудинків при новому будівництві та реконструкції. [Чинний від 2008-07-01]. Київ, 2008. -49 с. (Національний стандарт України).

14. ДСТУ Б EN15217:2013. Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN15217:2007, IDT).[Чинний від 2014-04-01]. Київ, 2014. -44 с. (Національний стандарт України)

15. Парубець О.М. Напрями вдосконалення механізму фінансування житлово-комунального господарства України [Електронний ресурс] / О.М. Парубець, Д.О. Сугоняко, Ю.В. Краснянська // Східна Європа: економіка, бізнес та управління.–2017. –Вип. 3 (08). URL : http://www.easterneurope-bm.in.ua/journal/8_2017/57.pdf

16. Праховник А.В., Дешко В.І., Шевченко О.М. Енергетична сертифікація будівель. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2011. №5. С. 140-153.

17. Фаренюк, Є., & Фаренюк, Г. (2023). Методичні основи нового покоління будівельних норм з енергоефективності будівель. *Наука та будівництво*, вип. 33. URL : <http://journal-niisk.com/index.php/scienceandconstruction/article/view/197> (дата звернення 09.12.2023)

18. Фаренюк Г.Г. Наукові основи нормативного забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 2010, вип.14. С.52-60.

19. ДСТУ Б EN 15316-2-1:2011 Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-1. Тепловіддача системою опалення.[Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2013. -64 с. (Національний стандарт України)

20. ДБН В.1.2-11:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність». Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022

21. ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

22. ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»

23. Степанов Д.В., Степанова Н.Д. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 81 с.

24. Математичне моделювання: навчальний посібник / В.Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014.–519 с.

25. Радченко С.Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища шк., 2001. 315 с.

26. Кондиціонування та охолодження. Навчальний посібник / Друкований М.Ф., Фіалковська Л.В., Друкований О.М. — Вінниця: ВНАУ, 2012 – 273 с.

27. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. [Електронний ресурс]: – URL : <http://dwg.ru/dnl/10758>. (дата звернення 09.12.2023).

28. Мокляк В.Ф. Теплонасосні установки в харчовій та інших галузях. Серія на-вчально-методичних матеріалів. URL: http://www.reee.org.ua/download/trainings/%D0%A2%D0%9C_12.pdf

29. DYNACIAT™ LG. URL: <https://www.ciat.com/en/uk/products-systems/heat-pumps-and-chillers/water-cooled-units/dynaciat-lg/> (дата звернення : 09.12.2023 р.)

30. Grundfos. Насоси. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/categories/pumps?tab=categories>

31. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389. (дата звернення:09.12.2023 р.)

32. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні сантехнічні роботи (Збірник 15). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnycztva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-remontno-budivelni-roboty/zbirnyky-resursnyh-elementnyh-koshtorysnyh-norm-na-remontno-budivelni-roboty/attachment/zbirnyk-%E2%84%96-15/> (дата звернення:09.12.2023 р.)

33. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Трубопроводи внутрішні (Збірник 16). URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-truboprovody-vnutrishni.-zbirnyk-16.pdf> (дата звернення 09.12.2023)

34. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Компресорні установки, насоси і вентилятори. (Збірник 17). URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/knu-rekpmu.-kompresorni-ustanovky-nasosy-i-ventylyatory-zbirnyk-7.pdf> (дата звернення 09.12.2023)

35. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж технологічних трубопроводів (Збірник 12). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti->

budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-montazh-ustatkuvannya/ (дата звернення 09.12.2023)

36. ДСТУ Б Д.2.2-26:2016. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). - [Чинний від 2016-08-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житло-во-комунального господарства України, 2016. – 83 с.

37. Вантажівка HYUNDAI EX8 борт-тент. URL: <https://imax-avto.com.ua/ua/p737361229-gruzovik-hyundai-ex8.html> . (дата звернення 09.12.2023)

38. Зварювальний напівавтомат Vitals Professional MIG 2000 LCD Alu Synergy. URL: <https://romb.ua/ua/svarochnyj-apparat-vitals-professional-mig-2000-lcd-alu-synergy.html> . (дата звернення 09.12.2023)

39. Болгарка Mächtz MAG-18/1970 VS. URL: <https://machtz.com.ua/ua/products/bolgarka-mchtz-mag-181970-vs> (дата звернення 09.12.2023)

40. Насос опресувальний електричний НОЕ 8-40. URL: <https://rhi.com.ua/ua/p50646095-nasos-opressovochnyj-elektricheskij.html>. (дата звернення 09.12.2023)

41. Лебідка електрична KCD-HD 380V. URL: <https://cargoset.com.ua/ua/lebedka-elektricheskaya-kcd-hd> (дата звернення 09.12.2023)

42. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції : навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003–122 с.

43. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

44. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073 .

45. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->

46. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

47. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
48. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
49. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
50. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
51. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
52. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
53. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
54. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.

109

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Енергофективна система теплохолодопостачання житлового будинку у місті Вінниця

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (вказати))

Підрозділ ФБЦЕІ, кафедра теплоенергетики
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник завідувач кафедри ТЕ, к.т.н., доц. Степанов Д.В.
(прізвище, ініціали, посада)


Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	89,2%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	10,8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

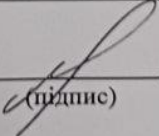
- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор  Іщенко М.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Допустити роботу Іщенка М.В. до захисту, як таку, що успішно пройшла перевірку на плагіат

Особа, відповідальна за перевірку  Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Експерт _____ _____
(за потреби) (підпис) (прізвище, ініціали, посада)

ДОДАТОК Б

ПОГОДЖЕНО

« » 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри теплоенергетики
доц. к.т.н. Д.В. Степанов

« » 2023 р.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

тема:

«Енергоефективна система теплохолодопостачання
житлового будинку у місті Вінниця»

Керівник к.т.н., доц.

Д. В. Степанов

(підпис)

Розробив студент гр. ТЕ-22м

М. В. Іщенко

(підпис)

Вінниця 2023

1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується комунальної теплоенергетики і призначена вирішенню проблеми підвищення енергоефективності системи теплохолодопостачання житлової будівлі та зменшенню споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів. Підставою для виконання роботи є наказ ректора та виконаний аналіз показників роботи тепlopункту житлової будівлі.

2 Мета та призначення розробки

Метою є підвищення енергоефективності та екологічності теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом її енергетичної сертифікації та обґрунтованого вибору раціонального джерела теплоти.

3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є геометричні характеристики будівлі, режимні параметри роботи системи опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання, а також нормативні дані по методиках визначення енергоефективності будівель, допустимих термічних опорах зовнішніх огорожень, наведених в теплоенергетичних літературних джерелах:

1. Бабенко О. В. Моделювання комплексної дії заходів з термомодернізації будівлі з урахуванням інвестиційних обмежень [Текст] / О. В. Бабенко, Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова // Вісник Хмельницького національного університету. серія «Економічні науки». – 2023. – № 1 (314). – С. 85-88.
2. Степанов Д. В., Степанова Н.Д., Оникієнко С. М., Мартиненко В.В., Показники енергоефективності громадської будівлі. *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*, вип. 34, вип. 1, с. 134–139, Сер 2023.

3. Степанов Д. В., Степанова Н.Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві*. 2017. №1. С.118-122.
4. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0822-18#Text>. (дата звернення: 11.12.2022)
5. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : Мінрегіон України, 2014.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2022 р.

4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 247 від 18.09.2023 р. Основою для розробки є детальний аналіз конструктивних та технологічних особливостей даної житлової будівлі, температурних режимів її роботи та можливостей впровадження реверсивних теплонасосних установок для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання. Це дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище.

5 Технічні вимоги

Запроектowana система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення мінімальної енергопотреби, енергоспоживання будівлі та високого рівня її енергоефективності;
- забезпечення житлової будівлі теплотою та холодом з відповідними параметрами (витрата та температура енергоносія);
- розробка заходів для підвищення ефективності та екологічної чистоти енергопостачання житлової будівлі;

Проектні роботи включають розробку технології монтажу обладнання теплопункту житлової будівлі, але не обмежуються даними видами робіт.

Необхідно зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів для забезпечення теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом використання реверсивних теплових насосів типу «грунт-вода».

Технічні вимоги до виконання розрахунків енергоспоживання будівлі приймаються згідно ДСТУ 9190 – «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувавши набір обладнання теплопункту, витрати матеріалів та енергоресурсів для виконання монтажних робіт, затрати на обґрунтування, експертизу, пусконаладжувальні роботи та підготовку кадрів обрати найбільш раціональний варіант.

Необхідно оцінити доцільність впровадження теплонасосного обладнання типу «грунт - вода» для теплохолодопостачання житлової будівлі.

7 Заходи з енергозбереження

При розробці проектних рішень в магістерській роботі розглянуто такі заходи з енергозбереження:

- виконано оцінку впливу вибору джерела теплоти для теплопостачання житлової будівлі;
- виконано енергетичну сертифікацію житлової будівлі;
- виконано розробку технології монтажу обладнання теплопункту житлової будівлі, що супроводжується мінімальними витратами механізмів, матеріалів та енергоресурсів;

- на всіх трубопроводах подавання теплоти та холоду передбачено теплову ізоляцію із забезпеченням вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря.

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість ремонту чи заміни деталей та вузлів обладнання системи, вони повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими.

Вимоги з надійності

На надійність та довговічність обладнання теплохолодопостачання житлової будівлі впливають якість проекту, якість монтажу та якість обслуговування. Параметри показників надійності та безпечності встановлюють у відповідних державних стандартах, нормативах, Правилах.

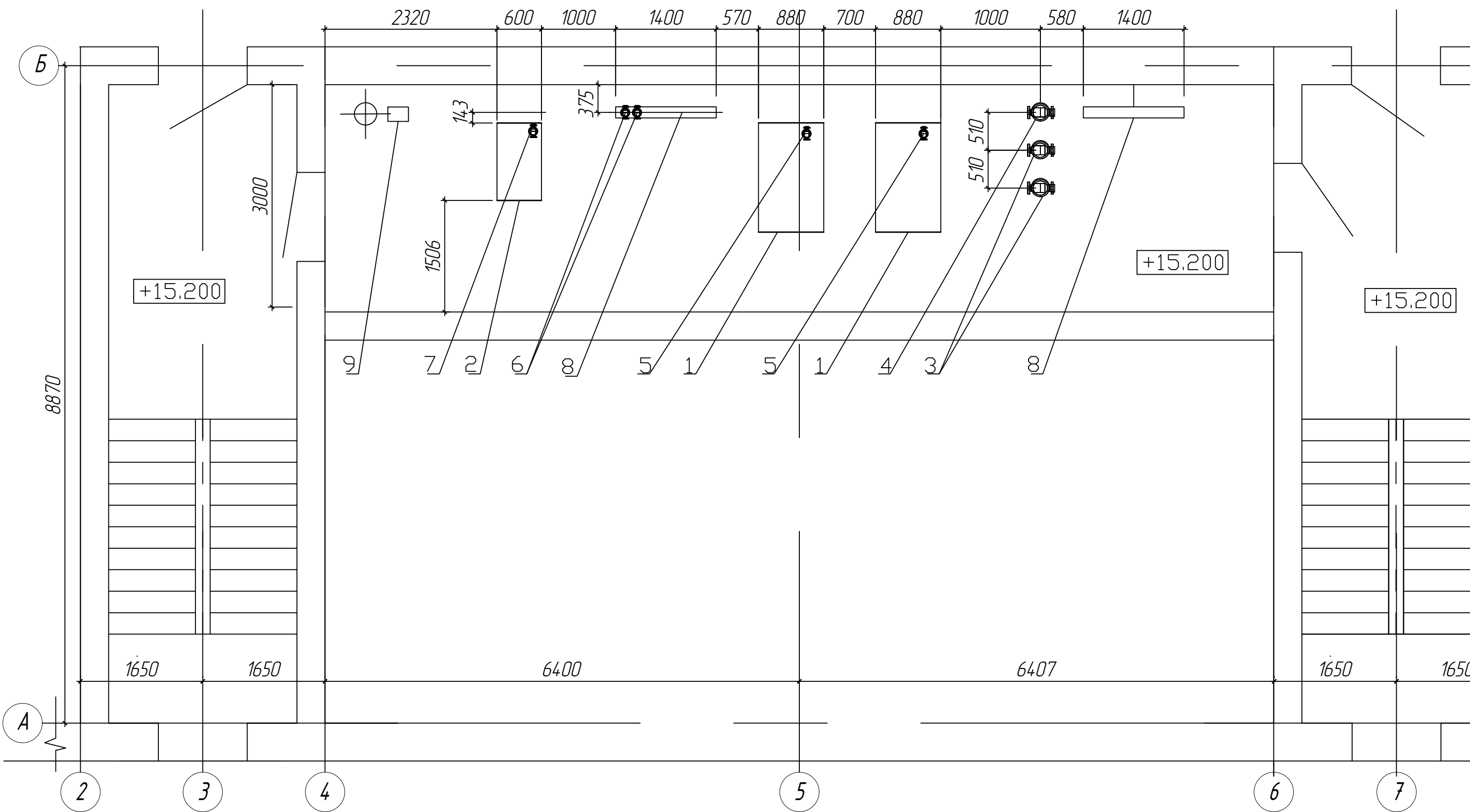
9 Стадії і етапи розробки

- характеристика об'єкту проектування;
- аналітичний огляд наявної інформації;
- розробка математичної моделі для дослідження показників енергоефективності житлової будівлі;
- результати моделювання та дослідження впливу вибору джерела теплоти на показники енергоефективності житлової будівлі;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту житлової будівлі;
- розробка економічних показників тепlopункту житлової будівлі;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ДОДАТОК В

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ У МІСТІ ВІННИЦЯ**



Погоджено:
Замість Інв. N
Підпис і дата
Інв. N орг.

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Виконав					
Перевірив					
Т.контроль					
Н.контроль					
Опонент					
Затвердив					

08-15.МКР.003.01.00.000 АР

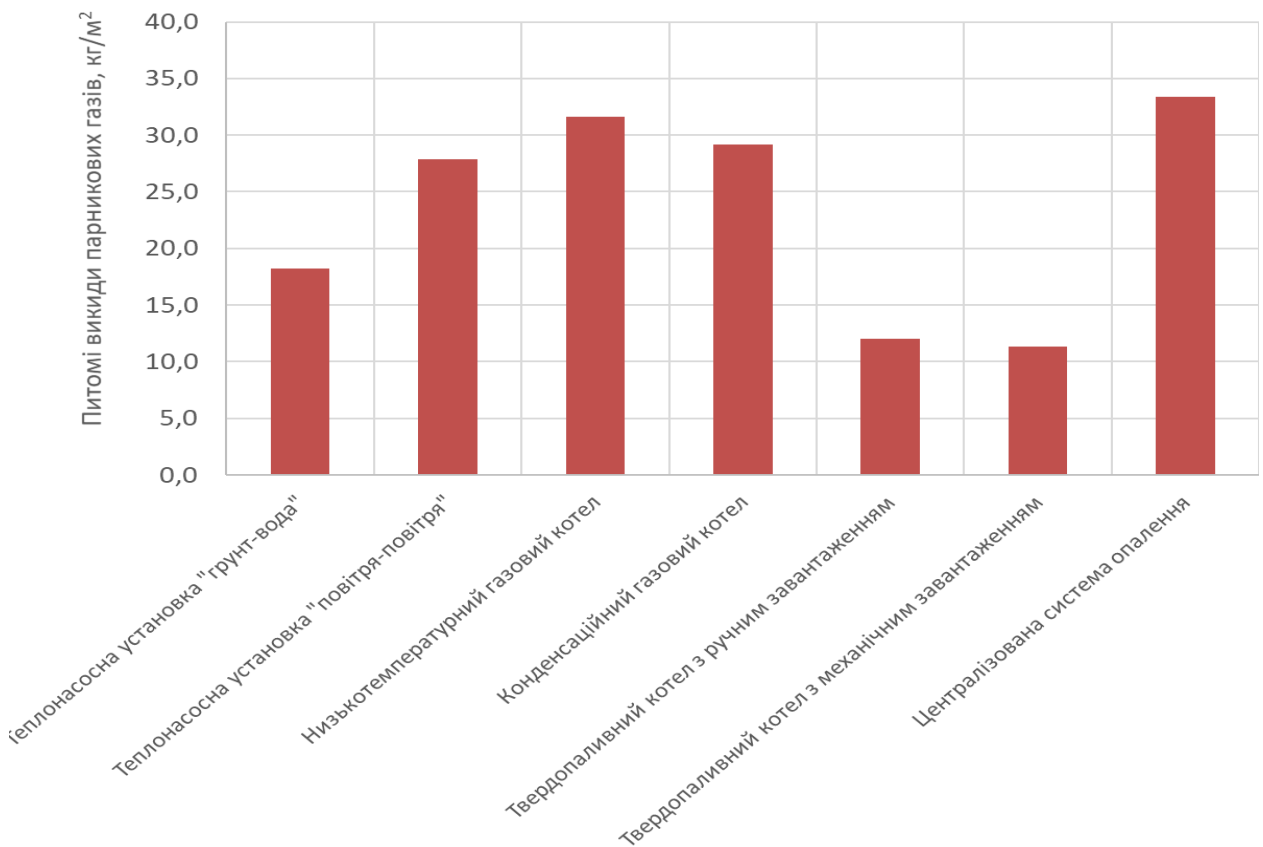
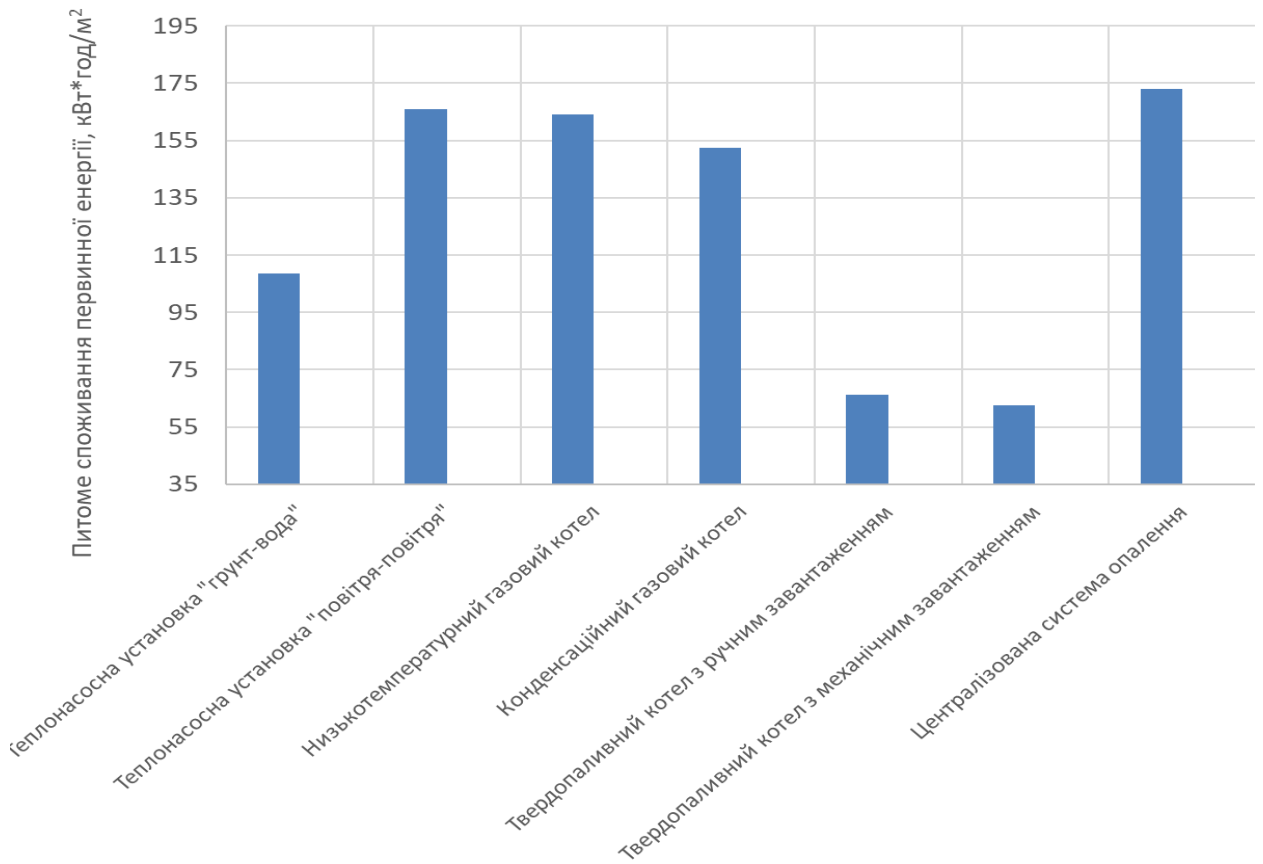
м. Вінниця

Енергоефективна система тепло-холодопостачання житлового будинку в м. Вінниця	Стадія	Аркуш	Аркушів
		1	
Фрагмент плану з розташуванням обладнання		ТЕ-22 м, ВНТУ	

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

$$\begin{aligned}
 Q_{C \text{ gen ls}} &= Q_{C \text{ gen out}} \cdot (1 - \eta_{C \text{ gen}}) / \eta_{C \text{ gen}}, & a_c &= a_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}}, & \gamma_c &= \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}}, \\
 Q_{C \text{ gen out}} &= Q_{C \text{ dis in}} / \eta_{C \text{ ac}}, & & & & \\
 Q_{C \text{ dis ls}} &= Q_{C \text{ nd}} \cdot \left((1 - \eta_{C \text{ ce}}) + (1 - \eta_{C \text{ ce sens}}) + (1 - \eta_{C \text{ d}}) \right), & \eta_{c,ls} &= \frac{1 - \gamma_c^{-a_c}}{1 - \gamma_c^{-(a_c+1)}}, \\
 Q_{C,nd} = Q_{c,nd,cont} &= Q_{C,gn} - \eta_{c,ls} \cdot Q_{C,ht}, & \tau &= \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \\
 \\
 W_{C \text{ em aux}} &= f_{C \text{ em aux}} \cdot Q_{C \text{ nd}} \cdot t_{C \text{ op}} / 1000, & \sum \Phi_{\text{int,mn,k}} &= \Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,L}} + \Phi_{\text{int,A}}, \\
 Q_{\text{int}} &= \left(\sum_k \Phi_{\text{int,mn,k}} \cdot A_f \right) \cdot t, & \Phi_{\text{sol,k}} &= F_{\text{sh,ob,k}} \cdot A_{\text{sol,k}} \cdot I_{\text{sol,k}} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \\
 A_{\text{sol}} &= F_{\text{sh,g1}} \cdot g_{g1} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, & U &= \frac{2\lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right), \\
 A_{\text{sol}} &= \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, & H_{tr,adj} &= H_D + H_g + H_U + H_A, \\
 \\
 \Phi_r &= R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, & d_t &= w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}), \\
 h_r &= 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3, & Q_{C,ht} &= Q_{tr} + Q_{ve}, \\
 g_{g1} &= F_w \cdot g_n, & H_{ve,adj} &= \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right), & Q_{tr} &= H_{tr,adj} \cdot (\theta_{\text{int,set,C}} - \theta_c) \cdot t, \\
 Q_{ve} &= H_{ve,adj} \cdot (\theta_{\text{int,set,H,z}} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j,k} \cdot H_{ve,extra,j,k} \cdot (\theta_{\text{int,set,C,z}} - \theta_{e,j}) \right), \\
 U &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ex}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{int}}} + \Delta U_{tb}, & B' &= \frac{A}{0,5 \cdot P}, & P_{Lh} &= q_{veh} \cdot SFP / 3600, \\
 H_x &= b_{tr,x} \sum A_i \cdot U_i, & Q_{DHW} &= q_{DHW} \cdot A_f \\
 Q_{H \text{ dis ls}} &= \sum \psi_{w,i} \cdot (\vartheta_w - \vartheta_{\text{amb}}) \cdot L_w \cdot t_{w,i}, & Q_{V \text{ use}} &= P_{Lh} \cdot t_{vh} + P_{LC} \cdot t_{vc} \\
 \\
 Q_{WL} &= (P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_o \cdot F_D) + (t_N \cdot F_o)] \cdot A_f / 1000, & H_g &= A \cdot U + P \cdot \psi_g, \\
 E_p &= E_{\text{del}} \cdot f_p \text{ del}, & m_{\text{co}_2} &= E_{\text{del}} \cdot K_{\text{del}},
 \end{aligned}$$

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ДЛЯ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ



ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Вінницька область, м. Вінниця, вулиця Польова

Функціональне призначення та назва:

Житловий будинок

Відомості про конструкцію будівлі:

Фото

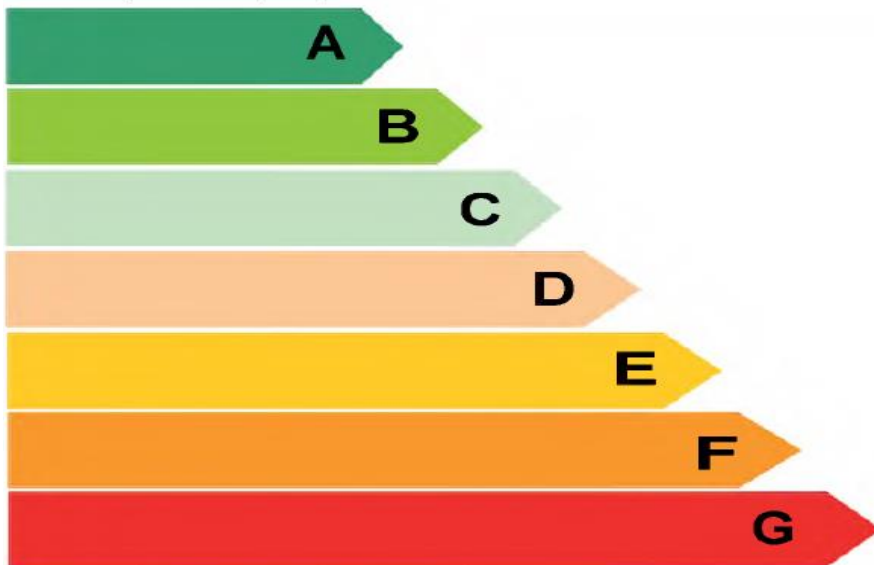
загальна площа, м ² :	2770,46
загальний об'єм, м ³ :	8311,37
опалювана площа, м ² :	2770,46
опалюваний об'єм, м ³ :	8311,37
кількість поверхів:	5
рік прийняття в експлуатацію:	Нове будівництво
кількість під'їздів або входів:	2



Шкала класів енергетичної ефективності

Клас енергетичної ефективності

Високий рівень енергоефективності



кВт×год/м²

кВт×год/м²

кВт×год/м²

кВт×год/м²

кВт×год/м²

кВт×год/м²

кВт×год/м²

кВт×год/м²



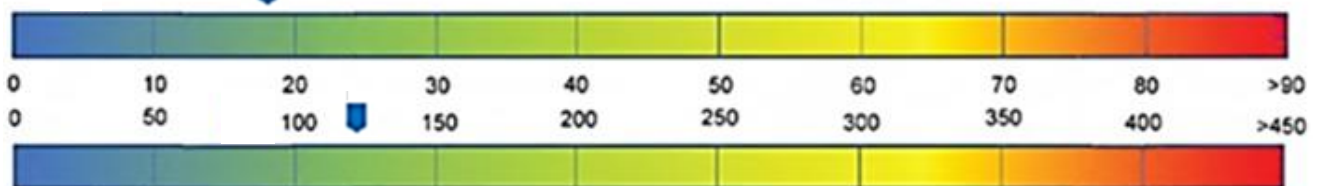
Низький рівень енергоефективності

Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт×год/м³

30,4

Питомі викиди парникових газів кг/м³ за рік:

18,2



Питоме споживання первинної енергії, кВт×год/м³ за рік:

108,4

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора:

АЕБ 025

I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{m}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$		Площа А, m^2
	існуюче приведенне значення (проектне приведенне значення)	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	4,2	4,00	1155,2
Суміщені перекриття	7,6	7,00	554,1
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	-	-
Горищні перекриття неопалюваних горищ	-	-	-
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	-	-	-
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,91	0,9	367,2
Зовнішні двері	0,71	0,7	9,5

Опис технічного стану огорожувальних конструкцій

Зовнішні стіни:

Стіни будівлі самонесучі, виконані з керамічної цегли. Стіни теплоізовані плитами мінераловатними плитами Rockwool Фасад Батте Оптіма товщиною 150 мм. Зовнішнє облицювання декоративне оштукатурення товщиною 1 см, зсередини опоряджені вапняно-піщаною штукатурою, товщиною 10 мм. Загальна площа стін, що контактують з зовнішнім повітрям 1350 m^2 . Приведений опір теплопередачі становить $4,2 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Віконні та балконні блоки:

Загальна площа віконних блоків складає 21,3% від загальної площі фасадів (коефіцієнт скління фасаду 0,2127). Вікна виконані в металопластикових рамах. Склопакети з потрійним склінням, два скла мають енергоефективне покриття. Приведений опір теплопередачі віконних конструкцій становить $0,91 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Зовнішні двері:

Зовнішні двері - в металопластикових рамах з потрійним склопакетом, два скла мають енергоефективне покриття. Двері тамбура з південної сторони металопластикові з утеплювачем. Приведений опір теплопередачі зовнішніх дверей становить $0,71 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Суміщене покриття:

Суміщене покриття будівлі складається з залізобетонного перекриття товщиною 200 мм, вирівнювального шару бетону товщиною 50 мм, шару керамзитового гравію товщиною 50 мм, мінераловатних базальтових плит товщиною 300 мм, шару гідроізоляції товщиною 7 мм. Приведений коефіцієнт теплопередачі становить $7,6 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Підлога:

Підлога, над технічним підпіллям і на ґрунті містить шар екструдованого пінопласту товщиною 50 мм, бетонну плиту товщиною 200 мм, бетонну стяжку товщиною 80 мм та керамічну плитку товщиною 10 мм або інше декоративне покриття. Значення опору теплопередачі підлоги становить $5,07 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$.

II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення кВт×год/м ² (кВт × год/м ³) за рік	Мінімальні вимоги кВт×год/м ² (кВт×год/м ³) за рік
Питома енергопотреба на опалення та охолодження	23,6	-
Питоме енергоспоживання при опаленні	20,4	
Питоме енергоспоживання при охолодженні	2,2	
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	7,8	
Питоме енергоспоживання системи вентиляції	0	
Питоме енергоспоживання при освітленні	13,0	
Питоме споживання первинної енергії, кВт × год/м ³ за рік	108,4	
Питомі викиди парникових газів, кг/м ³ за рік	18,2	

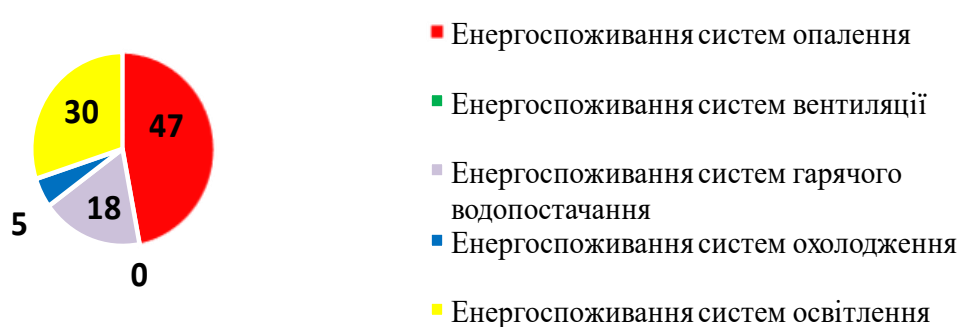
Енергоспоживання будівлі

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис.кВт×год	кВт×год/м ² (кВт×год/м ³)	тис.кВт×год	кВт×год/м ² (кВт×год/м ³)
Енергоспоживання систем опалення			56,5	20,4
Енергоспоживання систем вентиляції			0	0
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання			21,7	7,8
Енергоспоживання систем охолодження			6	2,2
Енергоспоживання систем освітлення			36	13
УСЬОГО:			120,2	43,4

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

-

Річне енергоспоживання будівлі, %



III. Фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення

Опалення будівлі здійснюється від двох теплонасосних установок "грунт-вода" DYNACIAT LGP 300V, обладнання яких розташоване у технічному підпіллі. В кондиціонованих приміщеннях встановлені настінні внутрішні блоки (фанкойли), що забезпечують підтримання температурного режиму. Забезпечена можливість регулювання температури в приміщенні за допомогою пультів дистанційного керування. Діаметри розподільних трубопроводів 1/2" - 1". Теплоізоляція розподільних металопластикових трубопроводів відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013. Сезонний показник енергоефективності в режимі охолодження опалення 3,5. Температура в опалюваних приміщеннях 20°C.

Системи охолодження, кондиціонування, вентиляції

Система охолодження в будівлі працює від теплонасосних установок "грунт-вода" DYNACIAT LGP 300V, обладнання якої розташоване у приміщенні технічного підпілля. В приміщеннях встановлені настінні внутрішні блоки (фанкойли), що забезпечують підтримання температурного режиму. Забезпечена можливість регулювання температури в приміщенні за допомогою пультів дистанційного керування. Діаметри розподільних трубопроводів 1/2" - 2". Теплоізоляція розподільних металопластикових трубопроводів відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013. Сезонний показник енергоефективності в режимі охолодження 5,0. Для відведення конденсату від внутрішніх блоків встановлені дренажні системи. Температура в приміщеннях не вище 22°C. Вентиляція житлових приміщень природна витяжна каналами з санвузлів та кухонь, приплив свіжого повітря організований шляхом інфільтрації через прозорі огорожувальні конструкції.

Системи постачання гарячої води

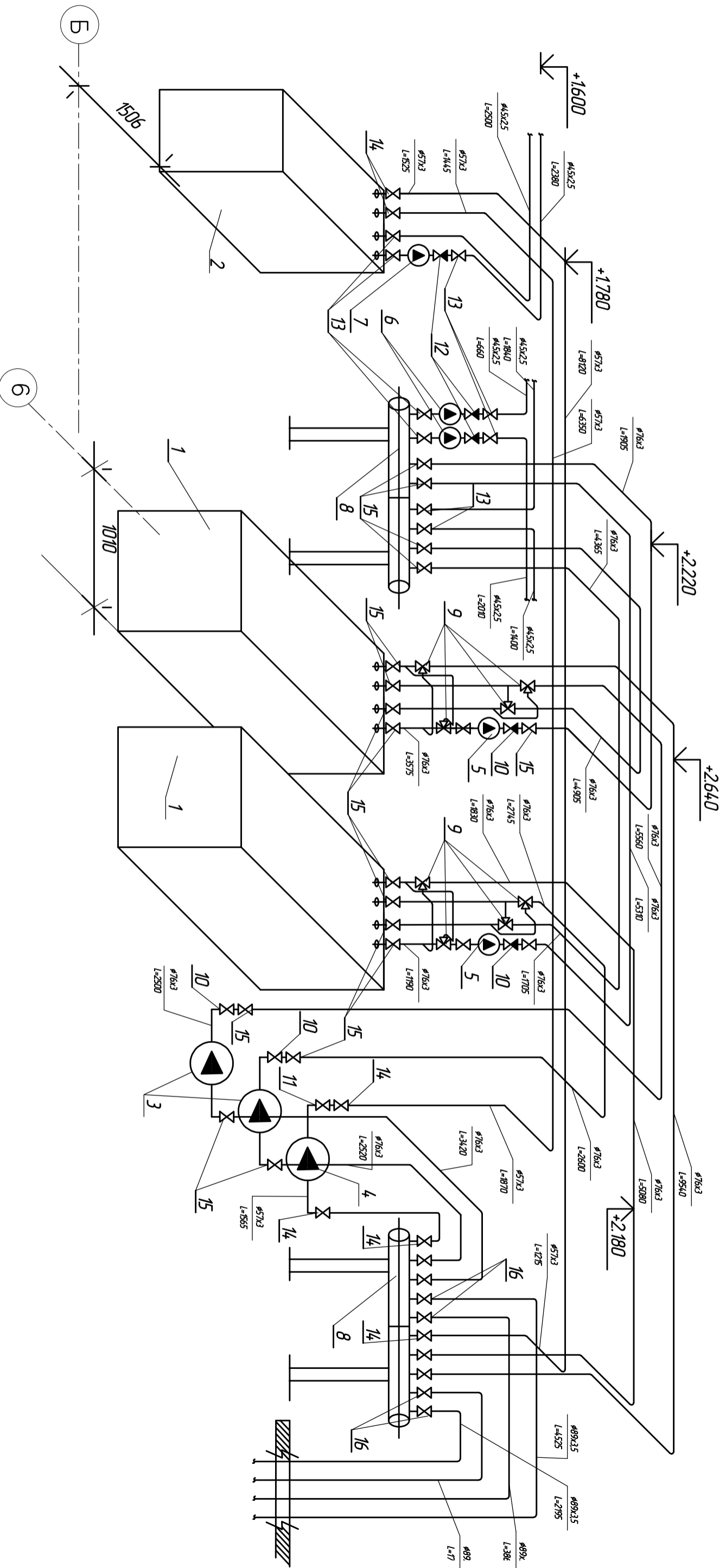
Джерело гарячої води – теплонасосна установка DYNACIAT LGP 150V та ємкісний водонагрівач з потужністю змійовика 32 кВт та об'ємом 900 л. Температура гарячої води в будівлі – 55°C. Система розподілу виконана з поліпропіленових трубопроводів, тепла ізоляція трубопроводів відповідає діючим вимогам. Облік спожитої гарячої води проводиться за поквартирними лічильниками гарячої води.

Системи освітлення

Для освітлення використовуються світлодіодні світильники, об'єднані в напівавтоматичну систему керування і згруповані поквартирно відповідно до потреби освітлення приміщень залежно від наявності природного освітлення.

Согласовано			

Инв. № подл	Подпись и дата	Взам инв №



ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Поз.	Найменування	Кіл.	Прим.
1	Револьвюний тепловий насос ДУНАСАТ LG 300	2	
2	Тепловий насос ДУНАСАТ LG 150	1	
3	Насос Grundfos TP 65-90	2	
4	Насос Grundfos TP 50-80	1	
5	Насос Grundfos UPS 40-60 F	2	
6	Насос Grundfos UPS 40-100	2	
7	Насос Grundfos UPS 32-60	1	
8	Трєбінка розподільча $\phi 150$ мм, L = 1400 мм	2	
9	3-ходовий клапан МУТ VDF 3 1000	8	DN65
10	Зворотний клапан поворотний фланцевий (L=240)	4	DN65
11	Зворотний клапан поворотний фланцевий (L=200)	1	DN50
12	Зворотний клапан муфтовий	3	DN40
13	Зсувана ступу "Ватерфай" DN 40	9	
14	Зсувана ступу "Ватерфай" DN 50	6	
15	Зсувана ступу "Ватерфай" DN 65	24	
16	Зсувана ступу "Ватерфай" DN 80	4	

Розробив		Щенко М. В.		Побр.		Дата	
Перевірив		Степанов Д.В.					
Т. контроль		Степанов Д.В.					
Опонецм		Бондар А.В.					
Н. контроль		Степанов Д.В.					
Замвердив		Степанов Д.В.					
Енергофективна система теплохолодопостачання житлового будинку в м. Вінниця							
м. Вінниця 08-15.МР.003.02.00.000 Г5							
Схема монтажна аксонометрична				ВНТУ, зр. ТЕ-22М			
Смадя		Лист		Листов			

Перелік інноваційних витрат

Орієнтовний вид робіт	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	17,28
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	3,46
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	25,92
Проектування	2,5	4	43,19
Експертиза інноваційного рішення	1	1	17,28
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	34,56
Виготовлення нового виробу	100	6	1727,80
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	51,83
Витрати на підготовку кадрів	5	2	86,39
Всього		21	2007,70

Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-141,68	-1997,02	604,45	789,45	1102,87	1253,15	1132,66
2	Сальдо реальних грошей	-141,68	-1528	604,45	747,22	1060,64	1215,04	1098,67
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-141,68	-1669,68	-1065,2	-318,01	742,63	1957,67	3056,34
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість	-164,35	-1997,02	521,08	586,69	706,56	692,10	539,27
6	Інтегральний економічний ефект (накопичена чиста вартість)	-164,35	-2161,37	-1640,3	-1053,6	-347,04	345,06	884,34