

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: «Проект теплонасосної схеми теплопостачання будинку з енергетичним парканом у первинному контурі теплового насоса»

Здобувача Бесараба В.С.

4 курсу групи ЕЕ-444

Керівник доц. Дем'яненко Ю.І.

Консультант проф. Якуб Л.М.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 09 червня 2023 р., протокол № 11.

Завідувач кафедри ЕТ та ПЕ
(назва кафедри)

(підпис)

Юрій СЕМЕНЮК
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет нафти, газу та екології
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».
Освітня програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри Ю.В. Семенюк

«31» березня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА (ЗДОБУВАЧКИ)

Бесараб Владислав Сергійович

1. Тема роботи «Проект теплонасосної схеми тепlopостачання будинку з енергетичним парканом у первинному контурі теплового насоса», затверджена наказом ОНТУ від 31.03.2023 року № 119-03

2. Термін здачі здобувачем (здобувачкою) закінченої роботи 08.06.2023 року

3. Вихідні дані роботи.

Місцезнаходження котеджу: м. Одеса

Кількість проживаючих – 6 людей.

Опалювальна площа дорівнює 180 м²

Питомі тепловтрати 0,08 кВт/м²

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Вступ. 1 Новітня технологія „Energiezaun“. 2 Теплове навантаження системи опалення та ГВП. 3 Розрахунок поверхні енергетичного паркану. 4 Економічна ефективність. 5 Охорона праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Тепловий насос повітря-вода найбільш популярний в схемах опалення та ГВП. 2. Пошуки шляхів усунення залежності теплопродуктивності повітряних ТН від температури зовнішнього повітря. 3. Новітня технологія „ENERGIEZAUN“. 4. Зарядка і розрядка енергетичного паркану. 5. Енергетичний паркан і повітряний ТН. 6. Наземна частина енергетичного паркану. 7. Лінійний траншейний колектор. 8. Буферна ємність в схемі опалення та гарячого водопостачання.

9. Бак-акумулятор. Схема приєднувальних патрубків і розміри. 10. Розрахунок енергетичного паркану 11. Підбір циркуляційного насосу. 12. Економічна ефективність. 13. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 5	Дем'яненко Ю.І.	05.04.2023	08.06.2023
6 – 7	Якуб Л.М.	05.04.2023	08.06.2023

7. Дата видачі завдання 31.03.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
	Вступ	06.04.2023	
1	Новітня технологія „Energiezaun“	18.04.2023	
2	Теплове навантаження системи опалення та ГВП	25.04.2023	
3	Розрахунок поверхні енергетичного паркану	03.05.2023	
4	Економічна ефективність	18.05.2023	
5	Охорона праці	24.05.2023	
6	Висновки	28.05.2023	
7	Презентація	03.06.2023	

Здобувач-дипломник _____ Бесараб В.С.
(підпис)

Керівник роботи _____ Дем'яненко Ю.І.
(підпис)

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Бесараб В.С. _____

(підпис)

Анотація

БЕСАРАБ В.

Тема дипломної роботи: «Проект теплонасосної схеми теплопостачання будинку з енергетичним парканом у первинному контурі теплового насосу»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Заклад освіти Одеський національний технологічний університет
Одеса, 2023 рік.

Дипломна робота присвячена проектуванню системи опалення та гарячого водопостачання котеджу на основі теплового насосу з енергетичним парканом в первинному контурі. Теплопродуктивність такого ТН не залежить від температури зовнішнього повітря. Запропоноване рішення дозволяє зберегти моновалентну схему теплопостачання об'єкту без падіння COP, виключити режими відтайки випарника, а також відмовитися від вентилятора в первинному контурі, який до того ж є джерелом шуму.

Дипломна робота бакалавра містить такі розділи:

Вступ. 1 Новітня технологія „Energiezaun“. 2 Теплове навантаження системи опалення та ГВП. 3 Розрахунок поверхні енергетичного паркану. 4 Економічна ефективність. 5 Охорона праці. Висновки. Література.

Робота містить 8 таблиць, 21 рисунок, 21 літературне джерело.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАРКАН, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, БУФЕРНА ЄМНІСТЬ,
ТРАНШЕЙНИЙ КОЛЕКТОР, НАЗЕМНИЙ КОЛЕКТОР.

Summary

BESARAB V.

Thesis topic: "Project of a heat pump scheme for heating a house with an energy fence in the primary circuit of heat pump"

Specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

Educational Institution Odesa National Technological University

Odesa, 2023.

The thesis is devoted to the design of the heating and hot water supply system of the cottage based on a heat pump with an energy fence in the primary circuit. The heat output of such a HP does not depend on the temperature of the outside air. The proposed solution makes it possible to preserve the monovalent scheme of heat supply to the object without a drop in COP, to exclude evaporator defrosting modes, and also to abandon the fan in the primary circuit, which is also a source of noise.

The bachelor thesis contains the following sections:

Introduction. 1 The latest "Energiezaun" technology. 2 Heat load of the heating and hot water system. 3 Calculation of the surface of the energy fence. 4 Economic efficiency. 5 Labor protection. Conclusions. Literature.

The work contains 8 tables, 21 figures, 21 references.

ENERGY FENCE, HEAT PUMP, BUFFER TANK, TRENCH COLLECTOR, GROUND COLLECTOR.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 НОВІТНЯ ТЕХНОЛОГІЯ „ENERGIEZAUN“	9
2 ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ГВП	19
2.1 Вихідні дані	19
2.2 Розрахунок тепловтрат	19
2.3 Витрати тепла на гаряче водопостачання та опалення. Потужність теплового насосу	20
2.4 Визначення теплової енергії для опалення будинку за середньомісячними температурами	23
2.5 Буферна ємність в схемі опалення та гарячого водопостачання	25
2.6 Втрати тепла буферною ємністю через ізоляцію	30
2.6.1 Вихідні дані	30
2.6.2 Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони води до стінки ємності.....	30
2.6.3 Визначення коефіцієнта теплопередачі через стінки ємності	32
2.6.4 Визначення тепловтрат через стінки ємності	32
3 РОЗРАХУНОК ПОВЕРХНІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАРКАНУ	34
3.1 Підземна частина енергетичного паркану (канавний колектор)	34
3.2 Конструктивний розрахунок надземної секції енергетичного паркану.....	40
3.3 Компоновка енергетичного паркану	42
3.4 Розрахунок контуру циркуляції теплоносія	42
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	46
4.1 Техніко-економічне обґрунтування	46
4.2 Капітальні та експлуатаційні затрати	46
4.3 Термін окупності.....	47

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Розрахунково-пояснювальна записка	Лім.	Лист	Листів
Розробив.	Бесараб В.						6	64
Перевірів	Дем'яненко Ю.І.							

5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
5.1 Небезпечні та шкідливі фактори	48
5.2 Електробезпека.....	48
5.2.1 Засоби захисту від ураження електричним струмом	49
5.2.2 Розрахунок заземлення	53
5.2.3 Подвійна ізоляція	55
5.3 Класифікація приміщення за вибухопожежною небезпекою.....	57
5.4 Об'ємно-планувальні рішення.....	57
5.5 Пожежна профілактика.....	57
5.6 Освітлення	57
5.7 Долікарська допомога.....	58
5.7.1 Перша допомога при ураженні електричним струмом	58
5.7.2 Перша допомога при термічних опіках шкіри	59
5.7.3 Перша допомога при отруєнні фреонами	59
ВИСНОВКИ.....	62
ЛІТЕРАТУРА.....	63

ВСТУП

Теплонасосні технології опалення знаходять дедалі ширший застосунок не тільки в громадських чи адміністративних будовах, але і в приватних житлових будинках. Найбільш радикальні зміни спостерігаються в Німеччині.

З 1 січня 2016 року спорудження нових будівель дозволено тільки в тому випадку, якщо вони використовують енергію для обігріву приміщень і гарячого водопостачання, яка виробляється з поновлюваних джерел. Це включає в себе використання сонячної енергії, спалювання біомаси, ефективних теплових насосів і т. д. Котли, що працюють на рідкому паливі, повністю заборонені як засіб для обігріву та ГВП нових будівель [1].

Так, за 2017 рік в Німеччині було продано близько 55 тис. теплових насосів повітря/вода. Динаміка поширення теплонасосних систем опалення неухильно зростає. Якщо у 2000 році систему газового опалення встановили в 74 відсотках нових квартир, то у 2010 році нею обладнали тільки 53 % новобудов, а у споруджених в 2020 році багатоквартирних та індивідуальних будинках частка блакитного палива знизилася до 39 відсотків [1].

Зараз доля теплових насосів в системах опалення та гарячого водопостачання складає 43 %. На повітряно-водяні блоки припадає близько 35%, на геотермальні – 8%.

Теплові насоси ґрунт/вода мають меншу популярність в Німеччині і в Європі в цілому, ніж повітря/вода. Це обумовлено декількома факторами. По-перше, екологічною безпекою: по-друге, меншими капітальними затратами: по-третє, терміном спорудження.

І на цьому фоні виділяються такі технології теплонасосного опалення, як Wärmepumpe Eisspeicher-System та Energiezaun[2, 3].

Якщо в першій з них живлення первинного контуру здійснюється від крижаного акумулятору за рахунок плавлення крижаної шуги, то в другому джерелом тепла для первинного контуру є повітря, сонце, вода, іній.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1 НОВІТНЯ ТЕХНОЛОГІЯ „ENERGIEZAUN“

Відомо, що з точки зору капітальних затрат і терміну будівництва повітряний ТН є найвигіднішим. Але йому притаманний суттєвий недолік: падіння теплопродуктивності при зменшенні температури зовнішнього повітря, — саме тоді, коли потреба в теплі зростає. Для покриття пікових теплонавантажень система опалення доукомплектується дублюючим джерелом тепла – як, правило, це електронагрівальна вставка.

На початку 2000-х років компанія Mitsubishi Electric вийшла на ринок з тепловими насосами Zubadan, які забезпечували номінальну теплопродуктивність до -15°C , а при -28°C – на 20 % нижчу [4]. Але споживана потужність зростала майже в два рази. При цьому величина COP ставала значно меншою, ніж дозволено європейськими нормами ($\text{COP}=3,2$).

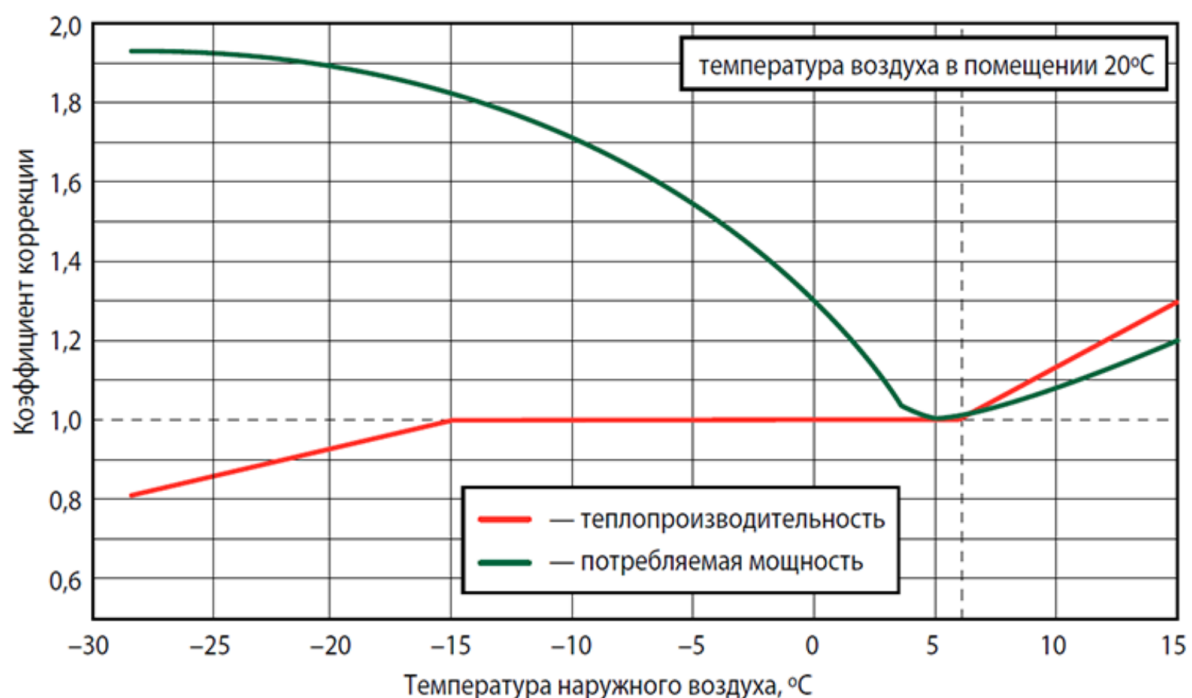


Рисунок 1.1 – Залежність теплопродуктивності і споживаної потужності ТН ZUBADAN від температури зовнішнього повітря

На цьому тлі прикладом усунення або суттєвого зменшення залежності теплопродуктивності повітряних ТН від температури зовнішнього повітря стала німецька технологія Energiezaun – енергетичний паркан – (рис.1.2) [3].

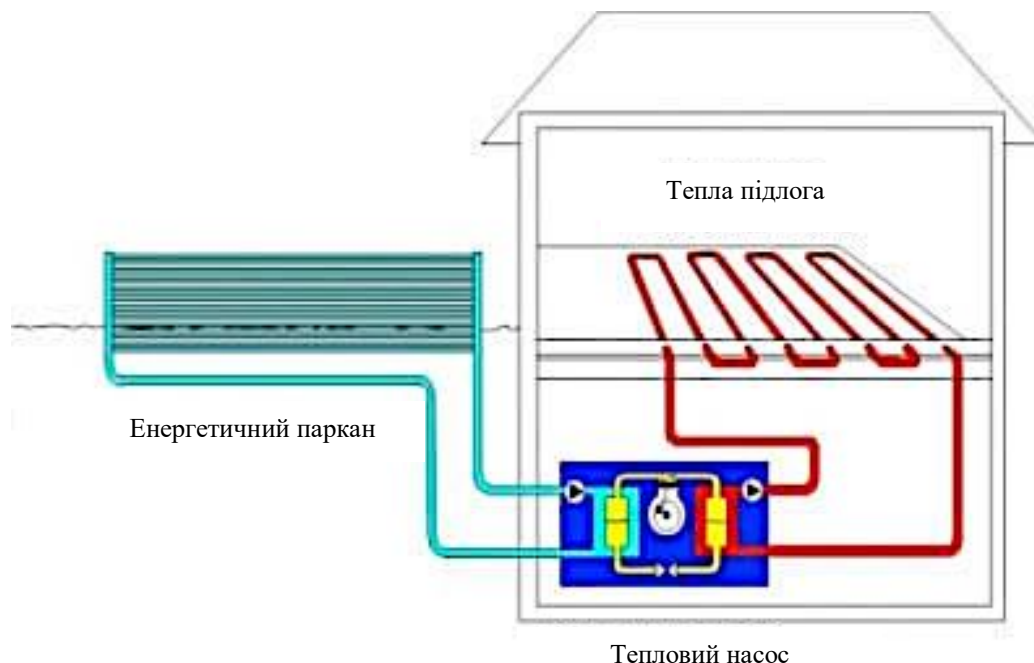


Рисунок 1.2 – Схема системи опалення з енергетичним парканом

Огорожа слугує первинним контуром теплового насосу і складається з чорних гофрованих труб із стійкого до ультрафіолетового випромінювання гнучкого пластику, які по черзі проходять повз стовпи, як у плетеному паркані (рис.1.3). Це забезпечує надійну опору і водночас компенсує теплове розширення.

По трубах циркулює теплоносій – водний розчин пропіленгліколю. Колектор відбирає тепло від повітря, вітру та дощу, тепло конденсації водяної пари з повітря, коли температура падає нижче точки роси.

Крім того, через свій чорний колір енергетичний паркан також поглинає пряме випромінювання сонця подібно до сонячного колектора. Таким чином сезонний коефіцієнт продуктивності (SPF) паркану зазвичай вищий, ніж у теплового насоса повітря-вода.

Енергетичні огорожі рідко використовуються окремо, але переважно в поєднанні з підземним колектором. З одного боку, земля служить джерелом тепла для холодних днів без сонця або холодних ночей, оскільки енергетичний паркан майже не поглинає тепла в цих умовах.



Рисунок 1.3 – Наземна частина енергетичного паркану

Тому траншейний колектор бере на себе повне енергопостачання теплового насосу. Наземний колектор збільшує річний коефіцієнт продуктивності ТН порівняно з конструкцією паркана з чисто наземним колектором. З іншого боку, земля служить буферним накопичувачем тепла, який заряджається у теплі та сонячні дні, коли енергетичний паркан виробляє надлишок тепла. Завдяки накопиченню тепла комбінований колектор огорожа – земля досягає такої ж ефективності, як і чисто ґрунтовий колектор, незважаючи на меншу площу.

Фірма Nautes декларує, що на 1 кВт теплового навантаження потрібно приблизно 1,5 м довжини наземної частини паркану і 7,5 м² ґрунту [3]. При

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

цьому не треба брати дозвіл на будівництво паркану – відсутнє глибоке буріння.

Компанія Schlemmer пропонує на продаж енергопаркани холодопродуктивністю 7,5, 10 і 12 кВт [3]. В проспектах вказується, що площа наземного колектора повинна бути в 1,5-2 рази більшою за площу, що підлягає обігріву. Залежно від властивостей ґрунту необхідна площа траншейного колектору може бути ще більшою: це стосується, наприклад, дуже сухих і піщаних ґрунтів, які мають досить погану здатність зберігати тепло. Діаметр труб для паркану становить від 20 до 40 мм.

У Німеччині, в землі Північний Рейн-Вестфалія, в м. Неттетале з 2012 р. системами опалення і ГВП на основі енергопаркану оснащені 24 житлових будинки.

Енергетичні огорожі, як і інші енергозберігаючі рішення, підтримуються через різні програми державного фінансування.

Альтернативні варіанти опалення часто мають той недолік, що не можуть використовувати всі джерела енергії. Це виглядає інакше з первинним контуром теплового насоса у вигляді енергетичного паркану від Schlemmer ecotech [5]. Його плетені гофровані труби заповнені водним розчином пропіленгліколю і поглинають навколишнє тепло від сонця, повітря та води. Гофровані труби особливо підходять, оскільки збільшена площа поверхні та турбулентний потік означають, що поглинання тепла краще, ніж у гладких труб з ламінарним потоком.

Перш, ніж потрапити у випарник ТН, теплоносії проходить через траншейний колектор, який зрештою є підземною силовою огорожею. Ця опція також дозволяє експлуатувати систему вночі і особливо в холодні та похмурі дні, так як температура землі вища, ніж зовнішнього повітря.

Продуктивність енергетичного паркану нижча, ніж у геотермальних колекторів. Це залежить від кліматичної зони, властивостей ґрунту, погодних умов та системи опалення. В середньому можна розраховувати приблизно на

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

0,5 – 1 кіловат теплової потужності на метр огорожі. Досвід показує, що для будинку одну родину необхідна енергетична огорожа від 10 до 12 метрів. Вартість близько 200 євро за метр [5].

на



Рисунок 1.1 – Енергетичний паркан взимку. Наземна частина



а)

б)

Зм.	

Рисунок 1.2 – Підземний колектор (а) та наземна частина (б) енергетичного паркану.

Ця система підходить як джерело тепла для двовалентних або моноенергетичних систем опалення з тепловими насосами. При моноенергетичній роботі частина огорожі закладена в землю, щоб створити буферний варіант для ночі та холодних днів. У сонячні дні земля знову «заряджається» від сонячної радіації (працює наземна частина енергетичної огорожі).

Навіть у дуже холодні дні з великою кількістю сонячного світла енергетичний паркан забезпечує значну частку холодопродуктивності, необхідної тепловому насосу, і регенерує ґрунт. Тоді температура теплоносія дуже часто значно перевищує зовнішню температуру (рис. 1.3, 1.4 а).

У холодні дні або ночі без сонячного світла повітряна частина енергетичної огорожі поглинає мало тепла. Підземний колектор виробляє всю енергію, необхідну для опалення та ГВП (рис. 1.4, б).

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.3 – Енергетичний паркан у сонячний день взимку

Порівняно з повітряним ТН тепловий насос з енергетичним парканом має ряд переваг. По-перше, площа надземної частини паркану в рази перевищує площу випарника ТН «повітря – вода», який при від’ємних температурах не в змозі забезпечити збільшення холодо- а, отже, і теплопродуктивності. По-друге, тепло від повітря надходить у випарник не тільки за рахунок різниці температур, але і від сонячної радіації, інію. По-третє, відсутній вентилятор, що є джерелом шуму.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.4 – Наземна частина енергетичного паркану

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

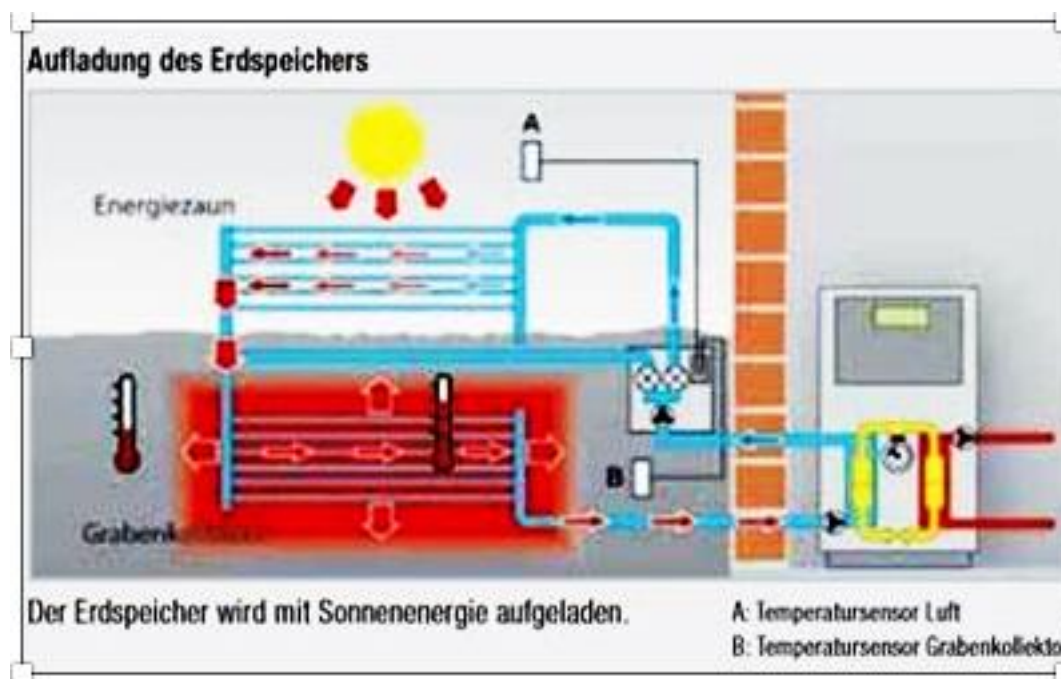


Рисунок 1.5, а – Зарядка наземної частини енергетичного паркану: енергетичний паркан; траншейний колектор; А – повітряний температурний датчик; В – температурний датчик траншейного колектору

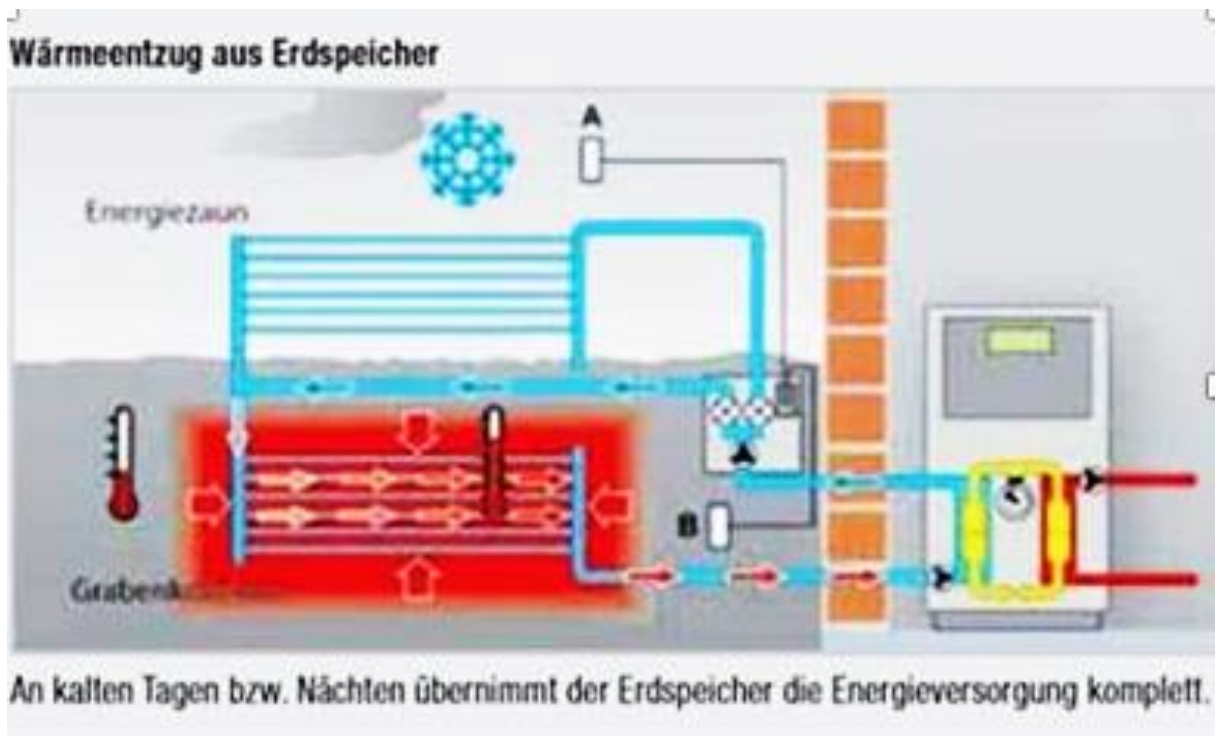


Рисунок 1.5, б – Відбір тепла для випарника ТН із підземної частини енергетичного паркану (вночі і в хмарні дні)

Це підтверджується досвідом експлуатації такого ТН: енергетична огорожа при температурах до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ забезпечувала температуру в приміщенні $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5].

Отже, енергетичний паркан є безшумною альтернативою тепловому насосу повітря-вода для нових будівель, а також для модернізації систем опалення існуючого житлового фонду.

2 ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ГВП

2.1 Вихідні дані

Місцезнаходження котеджу - м. Одеса

Опалювальна площа – 180 м²

Кількість мешканців – 6

2.2 Розрахунок тепловтрат

Для визначення потреби в тепловій енергії перш за все необхідно підрахувати тепловтрати будівлі. Детальна покрокова методика містить розрахунки:

- площі огорожувальних конструкцій будівлі (стін, вікон, даху) згідно з архітектурно-будівельною частиною проекту;
- коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій [6];
- тепловиділень від людей та побутового або промислового обладнання (за відповідними нормативними документами);
- теплових потоків через огорожувальні конструкції за максимального температурного напору (зовнішня температура за [6], внутрішня за відповідними нормативними документами для конкретної будівлі);
- теплового навантаження джерела тепла як різниці між тепловтратами і тепловиділеннями;

Для приблизної оцінки потужності теплогенератора для житлових будинків досить знати опалювальну площу $F_{оп}$ та скористатися рекомендаціями фірми Viessmann [7].

В цьому разі тепловтрати будинку становитимуть, Вт:

$$Q_{ТВ}^{max} = q \cdot F_{оп} = 80 \cdot 180 = 14400$$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.1 – Питомі тепловтрати житлового будинку в залежності від стану теплоізоляції [7].

Стан огорожувальних конструкцій будинку	Питомі тепловтрати q , Вт/м ²
Пасивний дім	10
Енергозберігаючий дім	40
Новий дім	50
Дім до 1995 р з нормальною теплоізоляцією	80
Старий дім (без теплоізоляції)	120

2.3 Витрати тепла на гаряче водопостачання та опалення. Потужність теплового насосу

Додаткове теплове навантаження джерела тепла для гарячого водопостачання розраховується за добовими нормами витрат гарячої води. Для тих об'єктів, де сучасна нормативна документація ще не розроблена, слід керуватися європейськими нормами. Згідно з даними Viessmann [7] норма гарячої води в котеджі складає $v_v = 30$ л/люд за температури 60 °С.

Для цього необхідна додаткова потужність 0,25 кВт/люд:

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{потуж}} = 0,25 \cdot 6 = 1,5 \text{ кВт}$$

Потужність теплогенератора для опалення та гарячого водопостачання будинку за розрахункової температури повітря дорівнює:

$$Q_{\text{тепл}}^{\text{потуж}} = Q_{\text{ТВ}}^{\text{max}} + Q_{\text{ГВ}}^{\text{потуж}} = 14,4 + 1,5 = 15,9 \text{ кВт}$$

Потужність теплогенератора з коефіцієнтом запасу $k=1,1$ становитиме:

$$Q_{\text{Т.Г}} = k \cdot Q_{\text{тепл}}^{\text{потуж}} = 1,1 \cdot 15,9 = 17,49 \text{ кВт}$$

Згідно з даними Viessmann [7] потужність ТН вибирається в діапазоні 0,5 – 0,7 від номінальної: температура - 18 °С [7] трапляється раз на 12 років,

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

взагалі ж середньодобові температури значно вищі (таблиця 2.2). Для покриття пікових навантажень в буферній ємності системи опалення встановлюється електронагрівальна вставка.

Таблиця 2.2 – Середньомісячні параметри повітря впродовж опалювального сезону

Місяць	10	11	12	1	2	3	4
Кількість днів, n	15	30	31	30	28	31	15
Середньодобова температура, °C	11,3	5,8	1,1	-1,3	-0,6	2,9	9,2
Відносна вологість, %	76	82	83	82	81	79	75
Точка роси, °C	6,3	3,4	-1	-3,6	-3,0	0,0	4,8
Тепловтрати $Q_{\text{ТВ}}$, кВт	3,21	5,23	6,96	7,85	7,59	6,30	3,98

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики теплового насосу Vitocal 300 тип BW110 в робочій точці

Рабочая точка		B0/ W35	B2/ W45	B2/ W55
Тепловая мощность	кВт	10,80	11,10	10,60
Холодопроизводительность	кВт	8,40	8,10	7,00
Потребляемая электрическая мощность	кВт	2,40	3,00	3,60
Коэффициент мощности ϵ		4,50	3,70	2,94

Отже, потужність ТН становитиме:

$$Q_{T.G} = 0,6 \cdot Q_{T.G} = 0,6 \cdot 17,49 = 10,49 \text{ кВт}$$

Вибираємо тепловий насос фірми Viessmann Vitocal 300 тип BW110 [8].

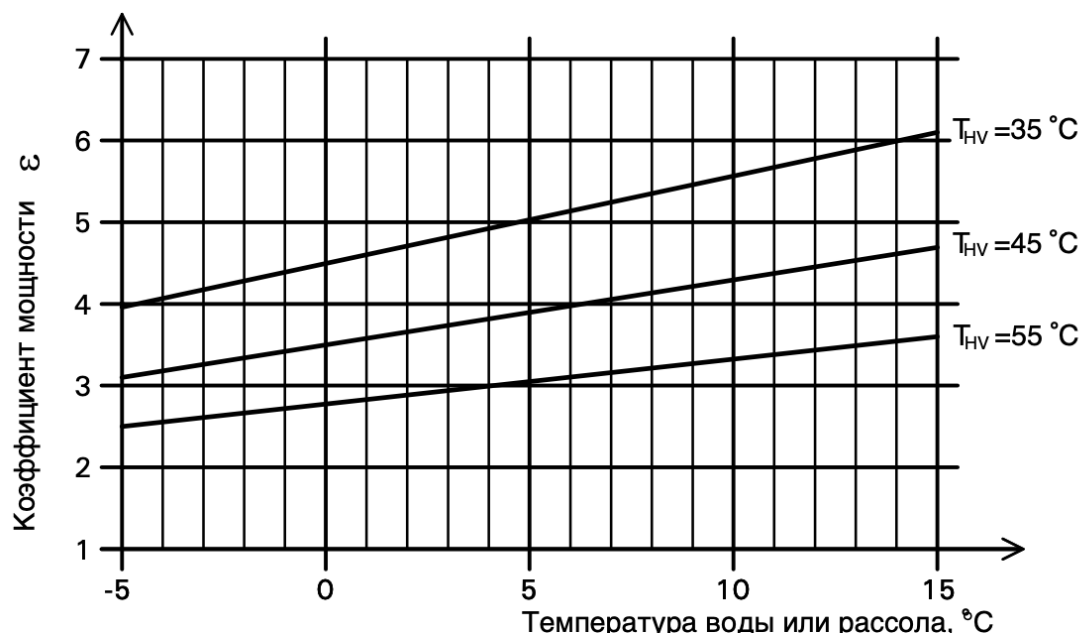


Рисунок 2.1–Залежність коефіцієнта потужності (COP) від температури теплоносія у вторинному контурі для ТН Viessmann Vitocal 300 тип BW110

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики теплового насосу Vitocal 300 тип BW110

Vitocal 300 (однотупенчатый)		Тип	BW 104	BW 106	BW 108	BW 110
Технические характеристики						
Номинальная тепловая мощность		кВт	4,8	6,4	8,3	10,8
Рабочая точка B0/W35* ¹ согласно EN 255						
Холодопроизводительность		кВт	3,7	5,0	6,5	8,4
Потребляемая электрическая мощность		кВт	1,1	1,4	1,8	2,4
Коэффициент мощности ϵ			4,36	4,57	4,61	4,50
Рассольный контур (первичный)						
Объем		л	1,7	2,3	2,8	3,7
Минимальный расход* ²		л/ч	1150	1600	2100	2700
Гидродинамическое сопротивление		мбар	90	90	90	90
Макс. температура на входе		°C	25	25	25	25
Мин. температура на входе		°C	-5	-5	-5	-5

2.4 Визначення теплової енергії для опалення будинку за середньомісячними температурами

В поточному режимі теплопродуктивність ТН відповідатиме тепловтратам $Q_{\text{ТВ}}^i$ за середньомісячних температур повітря [6]. Між тепловтратами і температурою зовнішнього повітря (за постійної внутрішньої) існує лінійна залежність. Так, якщо температури зовнішнього і внутрішнього повітря однакові: $t_3 = t_{\text{в}}$, то тепловтрати відсутні ($Q_{\text{ТВ}} = 0$), а за мінімальної зовнішньої температури t_3^{min} вони максимальні ($Q_{\text{ТВ}} = Q_{\text{ТВ}}^{\text{max}}$). Отже, тепловтрати будинку в діапазоні температур зовнішнього повітря від t_3^{min} до $t_3 = t_{\text{в}}$ для і-того місяця можна знайти з виразу:

$$Q_{\text{ТВ}}^i = \frac{Q_{\text{ТВ}}^{\text{max}}}{t_{\text{В}} - t_3^{\text{min}}} (t_{\text{В}} - t_3^i)$$

Тут температура повітря у приміщенні $t_{\text{В}} = 20^\circ\text{C}$, мінімальна зовнішня температура $t_3^{\text{min}} = -18^\circ\text{C}$.

Знаючи необхідну потужність джерела тепла, визначимо теплову енергію на опалення для кожного місяця опалювального періоду (n , діб), кДж:

$$Q_{\text{оп}}^i = Q_{\text{ТВ}}^i \cdot 24 \cdot 3600 \cdot n$$

Наприклад, у січні потужність джерела тепла дорівнюватиме:

$$Q_{\text{ТВ}}^{\text{с}} = \frac{17,49}{20 - (-18)} (20 + 1,3) = 9,8 \text{ кВт}$$

Необхідна енергія для опалення за січень становитиме:

$$Q_{\text{оп}}^{\text{с}} = Q_{\text{ТВ}}^{\text{с}} \cdot 24 \cdot n = 9,8 \cdot 24 \cdot 30 = 7056 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Аналогічно підраховуємо для інших місяців опалювального періоду. Результати заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Потужність джерела тепла і енергія для опалення впродовж опалювального сезону

Місяць	10	11	12	1	2	3	4
Кількість діб, n	15	30	31	30	28	31	15
Середньодобова температура, $^\circ\text{C}$	11,3	5,8	1,1	-1,3	-0,6	2,9	9,2
Потужність джерела тепла $Q_{\text{ТВ}}$, кВт	4,0	6,5	8,7	9,8	9,5	7,87	4,97
Енергія на опален. $Q_{\text{ТВ}}$, кВт• год	1440	4680	6473	7056	6384	5855	1789

2.5 Буферна ємність в схемі опалення та гарячого водопостачання

В схемі опалення неодмінно повинна бути буферна ємність. Це обумовлено тим, що споживання тепла в будинку часто не відповідає кількості енергії, отриманої від ТН– тепловий насос працює з постійною теплопродуктивністю навіть тоді, коли немає необхідності в опаленні приміщень або нагріванні води. В цих випадках буферна ємність поглинає надлишкову енергію і зберігає її для використання в разі потреби.

Крім того, опалювальна система може працювати рівномірно, і не будуть виникати часті тактування насосу. Це захищає обладнання і забезпечує більш тривалий термін служби системи [9].

Наявність бака-акумулятора допомагає уникнути частих пусків-зупинок компресору, а також накопичити тепло вночі за нічним тарифом.

Як правило, для акумулювання теплоти використовується вода. Це недорогий, доступний і технічно легкокерований теплоносій (акумулювання, нагрівання, наповнення і злив). Крім того, вода має найвищу теплоємність: $c_p = 4,19 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$.

Для визначення необхідного об'єму бака-акумулятора потрібно враховувати температурний діапазон системи, яка споживає теплоту: максимальна температура обмежена термодинамічними властивостями води. Тому головним параметром для визначення необхідного об'єму бака-акумулятора є мінімально можлива температура в баку. При розрахунку бака-акумулятора для системи гарячого водопостачання як мінімальна температура використовується середня температура холодної води (наприклад, 10°C).

Незалежно від об'єму бак принципово виконується у вигляді вертикального циліндра подовженої форми - саме так, внаслідок різної густини теплої і холодної води, можна отримати гарну стратифікацію – температурне розшарування. При цьому легша тепла вода «плаває» на більш важкій холодній воді.

Оскільки це не призводить до виникнення турбулентності, таке розширення є досить стабільним. Об'єм бака-акумулятора обчислюється із рівняння теплового балансу:

$$V = \frac{Q}{c \cdot \Delta T} ,$$

де:

Q – кількість енергії;

c_p – теплоємність води;

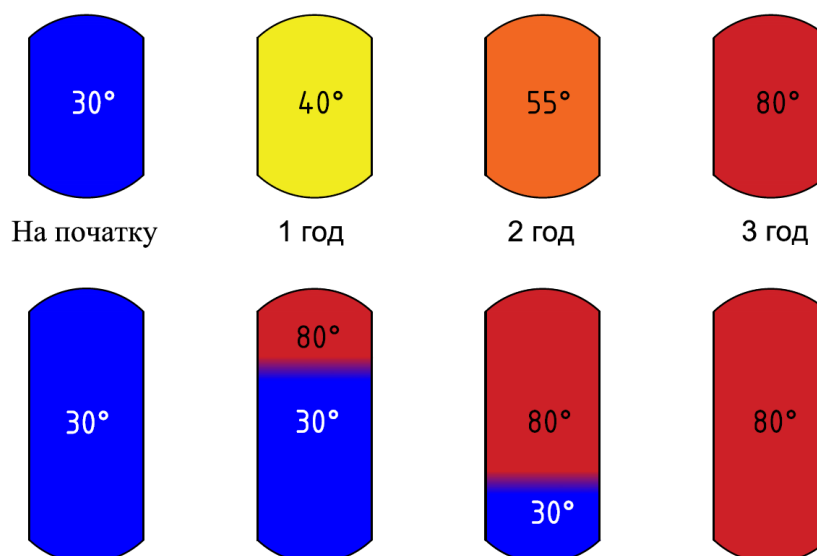
В схемах опалення рекомендований розмір буферної ємності складає 50-70 літрів на кожен кіловат необхідної теплової потужності:

$$V_{\text{буф}} = 70 \cdot 10,5 = 734 \text{ л}$$

Добре ізольовані ємності здатні утримувати тепло протягом декількох днів.

Температурні шари в баку необхідно захистити від турбулентності. З огляду на вищесказане співвідношення висоти бака до його діаметру в деяких джерелах рекомендується вибирати в діапазоні від 3:1 до 4:1.

Бак з поганим розширенням



Бак з хорошим розширенням

Рисунок 2.2 – Тривалість зарядки баку в залежності від розшарування холодної і гарячої води

Наприклад:

Заряджається теплоаккумулятор з поганим розподілом шарів (верхня половина рис. 2.2). Гарячу воду можна отримати тільки після трьох годин нагрівання.

У теплоаккумуляторі з хорошим розшаруванням гарячу воду отримують набагато раніше (на рис. 2.2 вже після години нагріву).

В такій ємності забезпечене ламінарне струминне надходження теплоносія без об'ємного його змішування, і можна використовувати високотемпературний теплоносій у верхній частині для приготування гарячої води для ГВП або ж для радіаторного опалення, а коли охолоджений теплоносій потрапляє назад до баку, він не змішується напряму з гарячим середовищем, тобто безпосередньо не охолоджує верхню частину ємності. Застосування ємності з пошаровим накопиченням тепла також зменшує кількість ввімкнень ТН для донагрівання рідини, що, в свою чергу, економить енергію та кошти, збільшує практичний ресурс теплового насосу.

Таблиця 2.4 – Геометричні характеристики баку

Об'єм, л	Розміри, мм							
	a	b	c	e	h	s	d	D
900	200	350	1900	2050	2250	50	750	850

Таблиця 2.5 – Приєднувальні патрубки і діаметри

Позначення	Найменування	Різьба приєднувальна
T1	Лінія подачі	G1, 1/2"
T2	Лінія зворотня	G1, 1/2"

Д	Датчики температури і тиску	G 1/2''
В	Місце запобіжного клапану	G 1/2''
С	Місце зливного клапану	G 1/2''

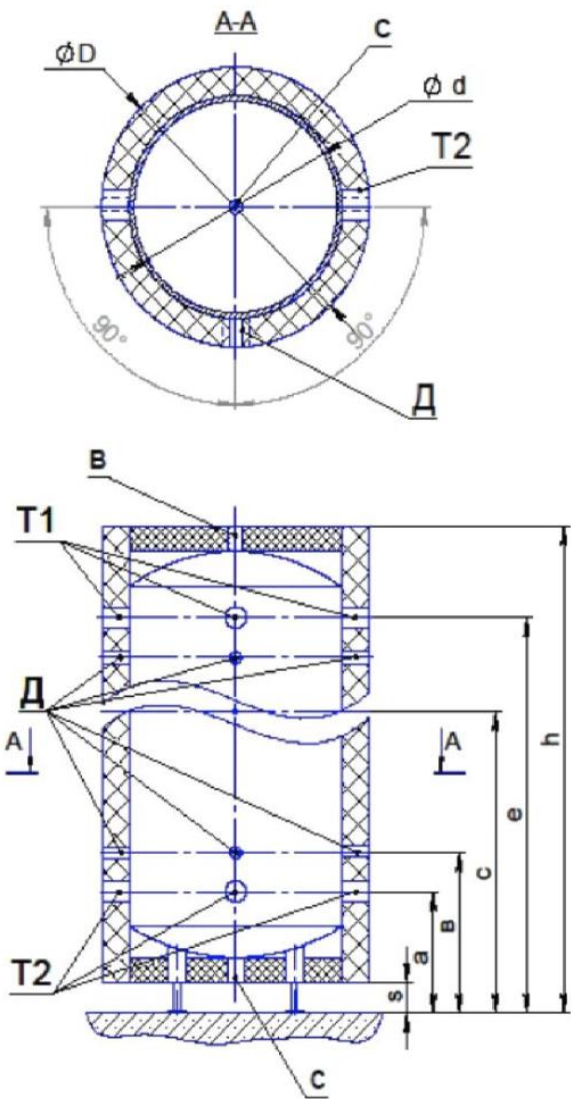


Рисунок 2.3 – Бак-акумулятор. Схема приєднувальних патрубків і розміри [10]

2.6 Втрати тепла буферною ємністю через ізоляцію

2.6.1 Вихідні дані

Як було визначено в п. 2.5, об'єм буферної ємності становитиме 900 л.

Середня температура води в баку:

$$t_{cp} = 30^{\circ} \text{C}$$

Температура повітря в технічному приміщенні $t_{пов} = 18^{\circ} \text{C}$

2.6.2 Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони води до стінки ємності

В об'ємі баку має місце вільна конвекція. Цей процес описується за теорією подібності рівнянням виду [11]:

$$Nu_B = C \cdot (Gr_B \cdot Pr_B)^a \left(\frac{Pr_B}{Pr_{ст}} \right)^b$$

Тут:

Gr_B – критерій Грасгофа, що характеризує ефективність підйомної сили за вільної конвекції;

Pr_B є теплофізичною характеристикою середовища, яке нагрівається (води):

Pr_B – критерій Прандтля води за її середньої температури в ємності;

$Pr_{ст}$ – критерій Прандтля води за температури стінки ємності;

Для даної ємності вважаємо

$$\frac{Pr_B}{Pr_{ст}} = 1$$

Коефіцієнт C , показники a і b залежать від режиму течії: ламінарна чи турбулентна, які в свою чергу ідентифікуються величиною добутку $Gr_B \cdot Pr_B$.

Як відомо, критерій Грасгофа визначається з виразу [11]:

$$Gr_B = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \frac{l^3}{\nu^2}$$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Тут:

g – прискорення вільного падіння;

β – коефіцієнт об'ємного розширення води;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – середній температурний напір в ємності;

l – висота ємності;

ϑ – коефіцієнт кінематичної в'язкості води.

Визначальною температурою при цьому є середня температура води в ємності:

$$t_{\text{ср}} = +30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Отже, критерій Грасгофа дорівнює:

$$Gr_{\text{в}} = 9,81 \cdot 43,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot \frac{1,9^3}{(1,006 \cdot 10^{-6})^2} = 2,45 \cdot 10^{10}$$

Критерій Прандтля за цієї ж температури дорівнює:

$$Pr_{\text{в}} = 5,45$$

Тепер можемо визначити добуток критеріїв Грасгофа і Прандтля:

$$Gr_{\text{в}} \cdot Pr_{\text{в}} = 2,45 \cdot 10^{10} \cdot 5,45 = 13,35 \cdot 10^{10}$$

Відомо, що турбулентний режим настає при $Gr_{\text{ж}} \cdot Pr_{\text{ж}} > 10^9$, отже, в ємності існує турбулентна конвективна течія, для якої тепловіддача описується виразом [11]:

$$Nu_{\text{в}} = 0,15 \cdot (Gr_{\text{в}} \cdot Pr_{\text{в}})^{0,33}$$

$$Nu_{\text{в}} = 0,15 \cdot (13,35 \cdot 10^{10})^{0,33} = 776,57$$

Звідси коефіцієнт тепловіддачі всередині ємності:

$$\alpha_{\text{в}} = \frac{Nu_{\text{в}} \cdot \lambda_{\text{в}}}{h} = \frac{776,57 \cdot 0,612}{2,15} = 221,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Тут h – висота баку

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.6.3 Визначення коефіцієнта теплопередачі через стінки ємності

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі в приміщення через стінки буферної ємності:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}}$$

Тут:

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні ємності до повітря приміщення [12]:

$$\alpha_3 = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$\Sigma \delta/(\lambda)$ – сума термічних опорів теплопередачі. Вона складається із опорів зовнішньої і внутрішньої стінок, а також ізоляції. Термічні опори стінок ємності і обичайки, через їх малість, не враховуються.

δ – товщина ізоляції ($\delta = 50$ мм);

λ – коефіцієнт теплопровідності ізоляції.

Тоді коефіцієнт теплопередачі для ємності дорівнює:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{221,05} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{8}} = 0,73 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

2.6.4 Визначення тепловтрат через стінки ємності

Площа зовнішньої поверхні водонагрівача складається із суми площ бокової поверхні і двох донець:

$$F_{\text{в.н.}} = F_{\text{бок.пов.}} + 2F_{\text{дн}} = 3,14 \cdot 0,85 \cdot 2,25 + 2 \cdot 0,785 \cdot 0,85^2 = 7,14 \text{ м}^2$$

Теплові втрати становитимуть:

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Q_{\text{тп}} = k \cdot F_{\text{в.н.}} \cdot \Delta t$$

$$Q_{\text{тп}}^{\text{в.н.}} = 0,73 \cdot 7,14 \cdot (50 - 30) = 104,24 \text{ Вт}$$

В даному випадку добові теплові втрати дорівнюватимуть:

$$Q_{\text{тп}}^{\text{буф}} = 0,104 \cdot 24 = 2,5 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

що вкладається в норматив (згідно з [7] норми становлять від 1,5 до 3 кВт · год).

3 РОЗРАХУНОК ПОВЕРХНІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАРКАНУ

3.1 Підземна частина енергетичного паркану (траншейний колектор)

Енергетичний паркан і траншейні колектори використовуються разом, але при проектуванні враховується лише продуктивність канавних колекторів, оскільки надземна частина паркану за дуже низьких зовнішніх температур не забезпечує потрібну холодопродуктивність в первинному контурі ТН.

Канавний колектор служить буферним накопичувачем тепла, який регенерується (заряджається) у теплі та сонячні дні, коли енергетичний паркан забезпечує надлишок тепла. Це збережене тепло можна потім знову використати в чистому геотермальному режимі. Завдяки накопиченню тепла комбінований колектор огорожа-земля досягає такої ж ефективності, як і чисто ґрунтовий колектор, незважаючи на меншу площу.

В принципі для геотермального колектора технічно можливі всі типи конструкції (поверхневий колектор, спіралі, корзини). Проте зазвичай найкращим варіантом є лінійна форма, яка проходить під землею паралельно огорожі, наприклад, як траншейний колектор (рис. 3.1). У своїй найпростішій формі паркан просто частково заглиблений (приблизно на третину) в землю, створюючи ефект, що він знаходиться як над землею, так і під землею.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 3.1 – Лінійний траншейний колектор

В останні роки ґрунтові теплообмінники широко використовуються для забезпечення низькопотенційною теплотою теплових насосів, для охолодження повітря в системах кондиціонування та для нагрівання повітря для різних потреб.

Процеси теплопередачі, що відбуваються при цьому в ґрунті, є нестационарними. Аналітичні рішення не дають конкретних, доступних для інженерних розрахунків результатів. Тому у розрахунках теплонасосних систем приймають наближені значення щільності теплового потоку, виражені у Вт/м труби без вказівок на її діаметр, який визначає площу теплообміну.

Скористаємося рекомендаціями фірми Viessmann до проектування геотермальних ТН. За допомогою теплообмінника, розміщеного у верхньому шарі ґрунту, можна знімати від 10 до 35 Вт/м² (табл. 3.1). Приймемо питоме наванта-ження на одиницю зовнішньої по-верхні труби $q_F = 20 \text{ Вт/м}^2$ [13].

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

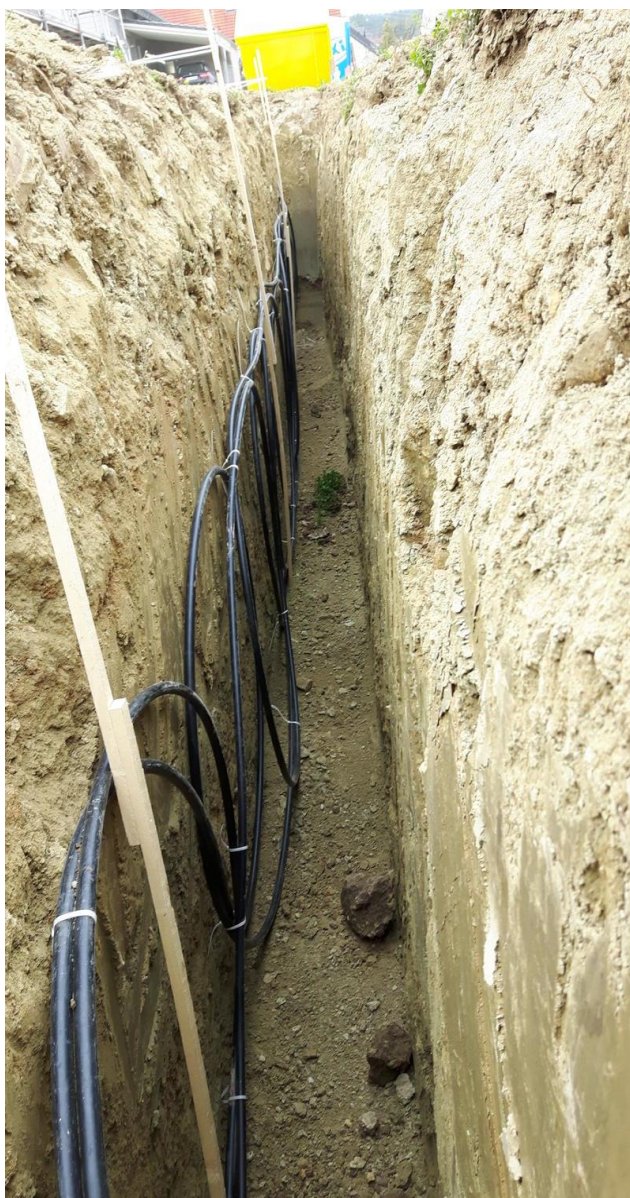


Рисунок 3.2 – Різновид розміщення труб в траншейному колекторі

Отже, щоб зняти 1 кВт, необхідно мати площу землі:

$$F_3 = \frac{1000}{35} \approx 30 \text{ м}^2$$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.1 – Питома довжина $l_{\text{пит}}$, м/м² і шаг труб для горизонтального геотермального колектору ТН [13]

Діаметр труби, мм	Шаг між нитками, м	Довжина труб $l_{\text{пит}}$, м/1 м ² ґрунту
20×2,0	0,33	3,0
25×2,3	0,50	2,0
32×2,9	0.70	1,5

З допомогою теплообмінника, розміщеного у верхньому шарі ґрунту, можна знімати від 10 до 35 Вт/м², зокрема по ґрунтам [14]:

- - Сухий піщаний – 10 – 15 Вт/м²;
- - Вологий піщаний – 15 – 20 Вт/м²;
- - Сухий глинистий – 20 – 25 Вт/м²;
- - Вологий глинистий – 25 – 30 Вт/м²;
- - З ґрунтовими водами – 30 – 35 Вт/м²

Довжина труби при цьому становитиме:

$$l_{\text{тр з}} = l_{\text{пит}} \cdot F_3 = 2 \cdot 30 = 60 \text{ м}$$

При довжині секції 1,5 м кількість труб в одній секції:

$$n_{\text{тр.з 1}} = \frac{l_{\text{тр з}}}{1,5} = \frac{60}{1,5} \approx 40$$

Розміщуємо труби в три ряди по 13 шт в ряду з шагом 150 мм (рис. 3.3).

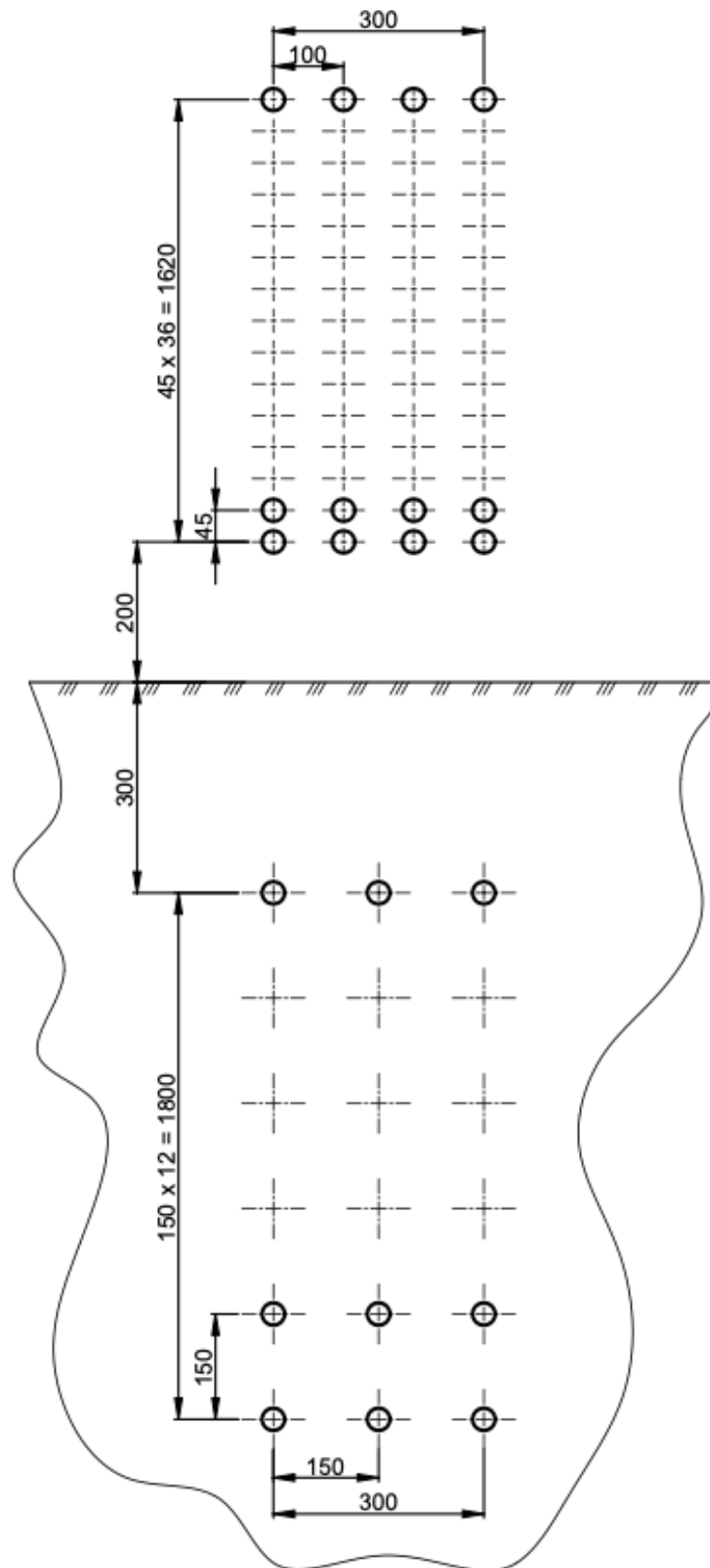


Рисунок 3.3 – Профіль трубного пучка підземної і наземної частини енергетичного паркану

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1

Лист
36

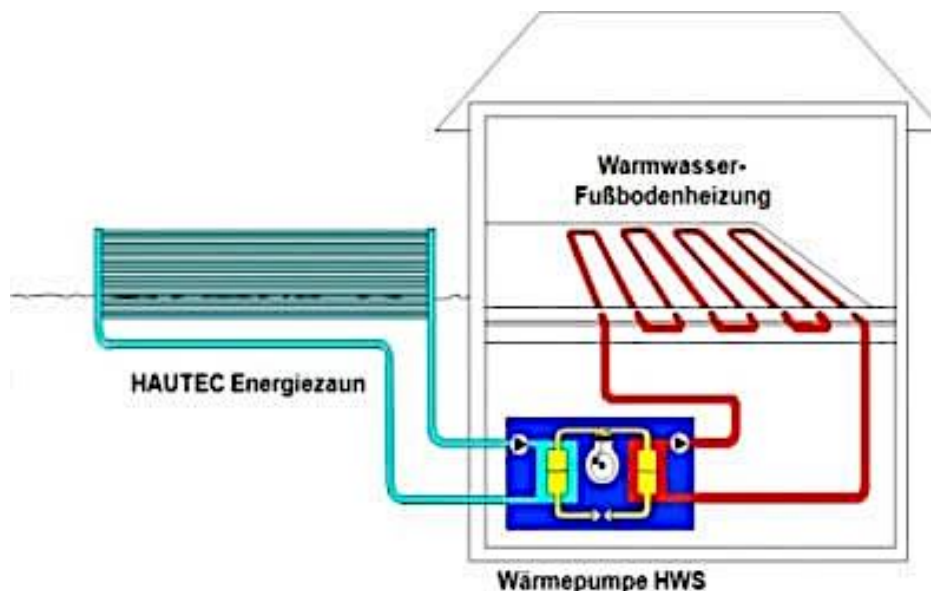


Рисунок 3.4 – Облаштування первинного контуру ТН з енергетичним парканом (принципова схема)

Потребує дослідження шаг труб в траншейному колекторі енергетичного паркану. Очевидно, що теплообмін ґрунт – труба в траншейному теплообміннику (ТТ) енергопаркану відрізняється від теплообміну в горизонтальному ґрунтовому колекторі (ГК) геотермального ТН.

Якщо в ТТ регенерація ґрунту, який прилягає до труби (активного шару), відбувається щодоби (вдень, коли в ґрунт надходить тепло інсоляції від надземної частини енергопаркану), то в геотермальних ТН з горизонтальним колектором вона проходить після закінчення опалювального сезону і потребує півроку.

Тому шаг між трубами в траншейному теплообміннику може бути меншим, ніж в ГК.

В одному із експериментів для поодинокі труби за короткочасних режимів експлуатації встановлено, що час повернення системи в початковий стан у разі кількогодинного та добового режимів експлуатації складає 1...2 години [15]. Відмічається також, що умовний коефіцієнт теплообміну між

грунтом і поодинокую трубою лежить в межах 17,6 – 31,9 Вт/(м² · К), а розміри активного шару ґрунту коливаються від 0,015 до 0,15 м.

Рекомендації фірм-виробників енергетичних парканів не мають конкретної прив'язки до умов, за яких вони отримані, і тому використовувати їх можливо лише орієнтовно (наприклад, [16]: підземна частина енергетичного паркану глибиною 0,5 м та площею 7,5 м² забезпечує теплову потужність 1 кВт).

Очевидно, що проблема потребує багатофакторного експериментального дослідження.

3.2 Конструктивний розрахунок надземної секції енергетичного паркану

Підраховуємо питомі характеристики паркану – для 1 кВт холодопродуктивності Q_o . Площа поверхні надземної частини паркану, м²:

$$F_1 = \frac{Q_o}{\alpha \cdot \Delta t} = \frac{1000}{23 \cdot 5} = 8,7$$

Тут α – коефіцієнт тепловіддачі «повітря – труби енергетичного паркану» [6].

Поверхня (зовнішня) 1 пог.м. труби діаметром $d = 25 \times 2,3$ мм, м²:

$$f_3 = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 1 = 0,0785$$

Загальна довжина труби, м:

$$L_{\text{тр } 1} = \frac{F_1}{f_3} = \frac{8,7}{0,0785} = 110,83$$



Рисунок 3.5 – Надземна частина (чотирирядна) енергетичного паркану

При довжині однієї секції паркану (а, отже, і труби) $l_{\text{тр } 1} = 1,5$ м кількість труб в секції:

$$n_{\text{тр } 1} = \frac{L_{\text{тр } 1}}{l_{\text{тр } 1}} = \frac{110,83}{1,5} = 74$$

Якщо відстань між трубами приймемо $\delta = 20$ мм (шаг $s = d + \delta = 25 + 20 = 45$ мм), то висота паркану буде:

$$h_{\Pi} = 45 \cdot 73 = 3285 \text{ мм}$$

Це перевищує рекомендовану величину: ≤ 1800 мм. Отже, труби треба розміщувати в два ряди по 37 шт в ряду (рисунок 3.3). Тоді висота паркану буде:

$$h_{\Pi} = 45 \cdot 36 = 1620 \text{ мм}$$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3.3 Компоновка енергетичного паркану

Як було відмічено вище, поверхня енергетичного паркану визначається по підземній частині – саме вона бере на себе основне навантаження в холодні дні і вночі.

Так, в січні теплове навантаження системи опалення та ГВП найбільше: $Q_{ТВ} = 9,8$ кВт (табл. 2.3). Як було показано в розділі 3.1, 1 кВт теплового навантаження потребує 100 погонних метрів труби, розміщеної в траншеї довжиною 1,5 м і глибиною 1,9 м пучком в три ряди (рис. 3.3). Отже, для $Q_{ТВ} = 9,8$ кВт паркан складатиметься з 10 секцій загальною довжиною 15 м.

Надземна частина секції має вигляд чотирирядного трубного колектору з шагом труб в ряду 45 мм і 100 мм між рядами (рис. 3.3 і 3.5).

3.4 Розрахунок контуру циркуляції теплоносія

Теплоносієм слугує водний розчин пропіленгліколю з температурою замерзання $t_{зам} = -20^{\circ}\text{C}$. Об'ємна витрата теплоносія за рекомендованого

температурного перепаду $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$ становитиме:

$$V_{\Pi} = \frac{Q_{ТВ}}{c_p \cdot \Delta t \cdot \rho_{п.г}} = \frac{9,8}{c_p \cdot 5 \cdot \rho_{п.г}} = \frac{9,8}{3,95 \cdot 5 \cdot 1030} = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість розчину приймаємо $v_{\Pi} = 0,5$ м/с

Переріз поліпропіленової труби 25×2,3:

$$f_{тр} = 0,785 \cdot d_{тр}^2$$

Кількість труб, в які одночасно входить розчин пропіленгліколю:

$$n_{тр} = \frac{V_{\Pi}}{v_{\Pi} \cdot f_{тр}} = \frac{0,48 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 0,785 \cdot 0,02^2} = 3,06 \text{ шт}$$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Отже, подаємо розчин в три труби одночасно. Швидкість розчину пропіленгліколю в трубі складатиме:

$$v_{\text{розр}} = \frac{V_{\text{п}}}{n_{\text{тр}} \cdot f_{\text{тр}}} = \frac{0,48 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 0,785 \cdot 0,02^2} = 0,51 \text{ м/с}$$

В одній надземній секції кількість ходів теплоносія складає

$$n_{\text{х1}} = \frac{37}{3} = 12$$

В підземній частині секції кількість ходів

$$n_{\text{х2}} = 4 \cdot 3 = 12$$

При довжині секції 1,5 м довжина труб в ній:

в надземній частині

$$l_{\text{нз}} = 37 \cdot 2 \cdot 1,5 = 111 \text{ м}$$

в підземній частині

$$l_{\text{пз}} = 13 \cdot 3 \cdot 1,5 = 58,5 \text{ м}$$

Загальна довжина труб в секції

$$l_{\text{секц}} = 169,5 \text{ м}$$

Режим течії в трубі визначається числом Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{v_{\text{вн2}} \cdot d_{\text{вн}}}{\vartheta} = \frac{0,5 \cdot 0,02}{4,0 \cdot 10^{-6}} = 2500$$

Тут ϑ – коефіцієнт кінематичної в'язкості розчину пропіленгліколю [17].

Режим ламінарний.

Тоді коефіцієнт опору тертя

$$\lambda_1 = \frac{64}{Re_1} = \frac{64}{2500} = 0,026$$

Всі секції підключені до розподільчого колектору паралельно. Тому втрата напору по довжині секції дорівнює втраті напору в одній трубі довжиною $l = 1,5$ м:

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$R_l = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \frac{0,026 \cdot 1,5 \cdot 1030 \cdot 0,5^2}{0,02 \cdot 2} = 251 \text{ Па}$$

Додамо 50 % на місцеві опори (вхід – вихід з колектору, течія в колекторі), втрати напору по довжині прямого і зворотного трубопроводів до технічного приміщення:

$$R_{\text{нас}} = 376,5 \text{ Па}$$

Гідростатичний напір, що дорівнює висоті підземної і надземної частин паркану становить:

$$R_{\text{г.с.}} = 1,8 + 0,5 + 1,62 = 3,47 \text{ м}$$

Необхідний напір циркуляційного насосу становитиме:

$$R_{\text{нас}} = 0,038 + 3,47 = 3,51 \text{ м. в. ст.}$$

За об'ємною витратою $V_{\text{п}} = 1,73 \text{ м}^3/\text{год}$ і напором $R_{\text{нас}} = 3,51 \text{ м. в. ст.}$ підбираємо насос Wilo-Yonos PICO 15/1-6 циркуляційний з мокрим ротором, з різьбовим з'єднанням, з двигуном з електронною комутацією і електронним регулюванням потужності [18]. Споживана потужність $P = 38 \text{ Вт}$ (рис.3.6).

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

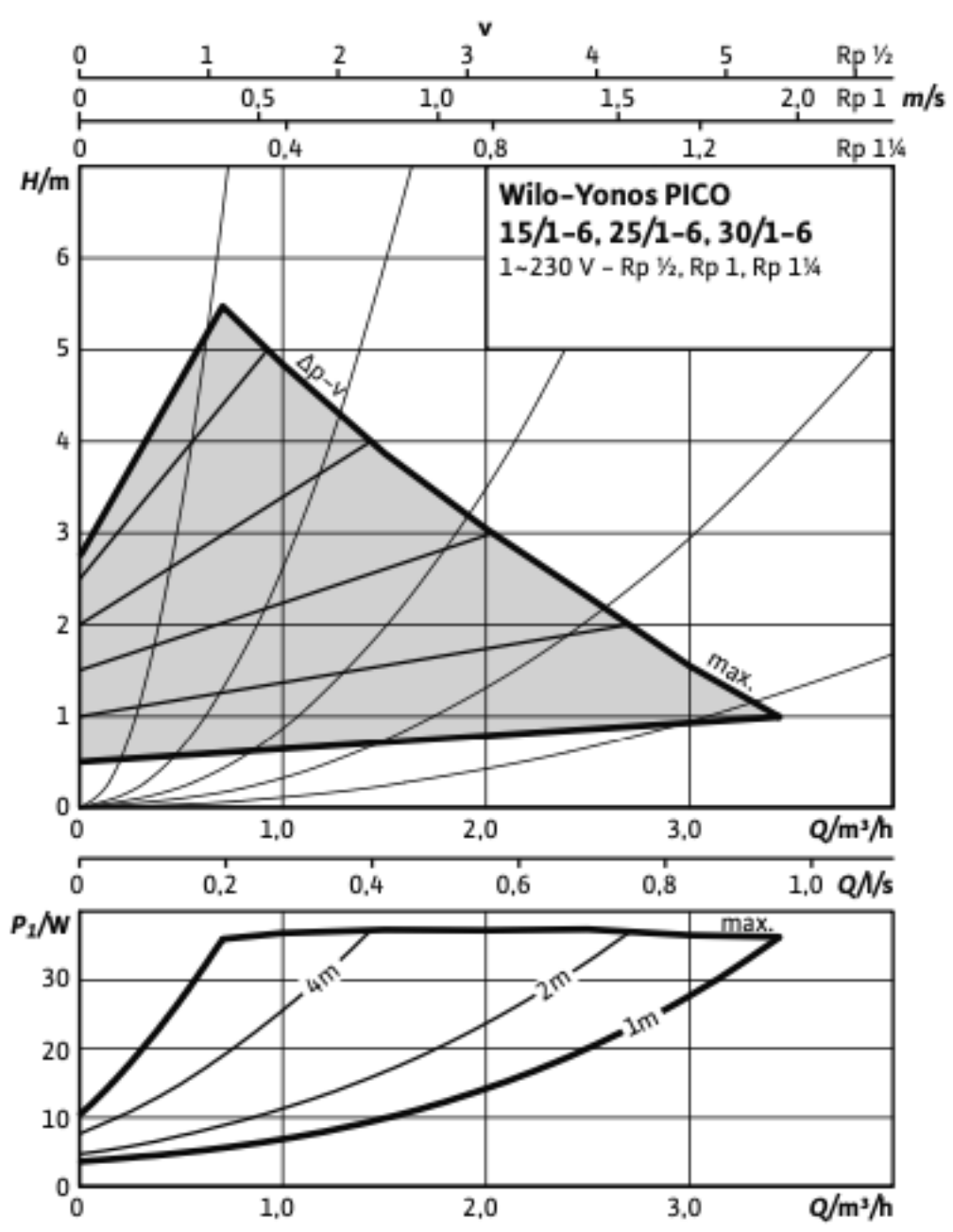


Рисунок 3.6 – Характеристика циркуляційного насосу

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування

Постійне здорожчання енергоносіїв є рушійною силою енергозбереження, воно спонукає до пошуку альтернативних джерел енергії. Поширення нетрадиційної енергетики не тільки заощаджує кошти споживачів енергії, але також зменшує антропогенне навантаження на довкілля. Одним із напрямків енергозаощадження є використання теплонасосних схем в системах гарячого водопостачання та опалення.

Живлення первинного контуру теплового насосу здійснюється від повітря, сонця, атмосферної вологи через енергетичний паркан (технологія „Energiezaun“). Це дозволяє використовувати моновалентну схему тепlopостачання, забезпечуючи стабільний коефіцієнт перетворення ($COP \geq 3,2$).

4.2 Капітальні та експлуатаційні затрати

В табл.2.3 представлені дані по затратам енергії на опалення щомісяця. За опалювальний період ця сума становить 33677 кВт·год. Якщо джерелом тепла є електрокотел з ккд 95%, то буде спожито електроенергії:

$$E_{\text{ел.кот}} = \frac{Q_{\text{ТВ}}}{\eta} = \frac{33677}{0,95} = 35449 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Якщо джерелом тепла буде тепловий насос з $COP = 4,5$, то електроенергії буде спожито:

$$E_{\text{ТН}} = \frac{Q_{\text{ТВ}}}{COP} = \frac{33677}{4,5} = 7484 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Капітальні витрати:

Тепловий насос $K_{\text{ТН}} = 187000$ грн

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Труби енергопаркану $K_{\text{труб}} = 24,3 \cdot 1695 = 41190$ грн

Разом $K_{\text{раз}} = 228190$ грн

Електрокотел $K_{\text{ек}} = 13234$ грн

Експлуатаційні витрати:

Система з електрокотлом

$$C_{\text{ел.кот}} = E_{\text{ел.кот}} \cdot c_{\text{ел}} = 35449 \cdot 1,68 = 59554 \text{ грн}$$

Система з тепловим насосом

$$C_{\text{тн}} = E_{\text{тн}} \cdot c_{\text{ел}} = 7484 \cdot 1,68 = 12573 \text{ грн}$$

$$C_{\text{тн}} = 13234 \text{ грн}$$

4.3 Термін окупності

Приріст капітальних витрат при установці теплового насосу порівняно з електрокотлом становить:

$$\Delta K = 228190 - 31395 = 196795 \text{ грн}$$

Економія експлуатаційних витрат при роботі з ТН

$$\Delta C = 59554 - 13234 = 46320 \text{ грн}$$

Термін окупності

$$\tau \approx \frac{\Delta K}{\Delta C} = \frac{196795}{46320} = 4,25 \text{ року}$$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Небезпечні та шкідливі фактори

До небезпечних факторів відноситься електричний струм, фреон R410, до шкідливих – термічні опіки, можливі при дотику до металевих частин неізольованих трубопроводів контуру циркуляції теплоносія.

5.2. Електробезпека

Для живлення обладнання системи опалення та гарячого водопостачання використовується електричний струм напругою 220 В.

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму. На відміну від інших небезпечних факторів електричний струм не може бути виявлений людиною за допомогою органів, якими її наділила природа. Крім того, небезпека виявляється уже тоді, коли людина уражена. Аналіз смертельних нещасних випадків показує, що на долю травм від ураження електричним струмом на виробництві припадає до 40%, в енергетиці - до 60 % ; велика частина травм (до 80 %) відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (110- 380 В).

Проходячи через живі тканини людини, електричний струм чинить термічну (опіки), електролітичну (електроліз) і біологічну дії. Розрізняють також механічні пошкодження від дії електричного струму. Це призводить до різних порушень в організмі, викликаючи як місцеві травми тканин і органів, так і загальне ураження організму. Розрізняють два види електротравм: місцеві електричні травми і електричні удари.

Однофазні замикання струму, які можуть виникнути в електричних машинах, апаратах, приладах, небезпечні тим, що на корпусах і опорах

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

з'являється напруга, достатня для ураження людини і виникнення пожежі. Струм замикання створює небезпечну напругу не лише на самому устаткуванні, але і біля нього, розтікаючись з корпусів і фундаментів.

Захист від ураження електричним струмом можна здійснити захисним відключенням (відключають пошкоджену ділянку мережі швидкодіючим захистом), захисним заземленням (знижують напругу дотику і кроку), зануленням (відключають устаткування і знижують напругу дотику і кроку на період, поки не спрацює апарат вимикання).

5.2.1 Засоби захисту від ураження електричним струмом

До засобів захисту від ураження електричним струмом відносяться: захисне заземлення, занулення, подвійна ізоляція.

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання з землею металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус (рис. 5.1).

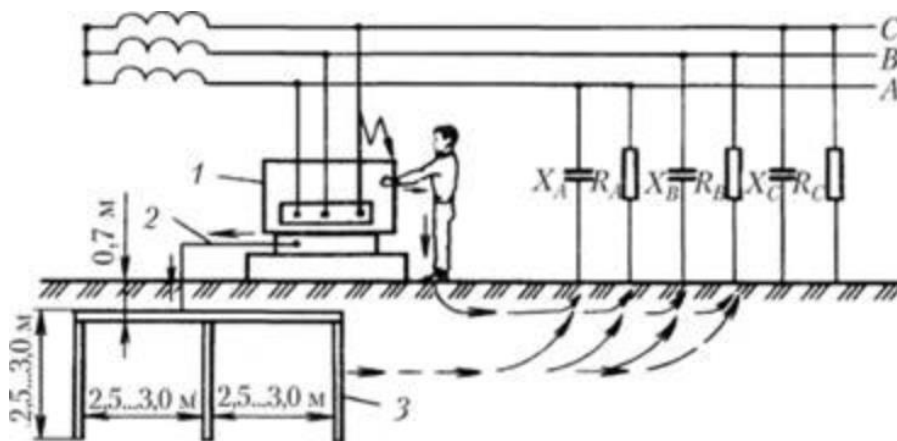


Рисунок 5.1 – Схема захисного заземлення: 1 – електроустановка; 2 – заземлюючий провідник; 3 – заземлювач

Принцип дії захисного заземлення - зниження до безпечних значень напруги дотику і кроку, обумовлених замиканням на корпус. Це досягається шляхом зменшення потенціалу заземленого устаткування (зменшенням опору заземлювача), а також шляхом вирівнювання потенціалів підстави, на якій стоїть людина, і заземленого устаткування (підйомом потенціалу підстави, на якій стоїть людина, до значення, близького до значення потенціалу заземленого устаткування).

Неприпустимо послідовне заземлення приладів і підключення декількох заземлюючих провідників до одного контакту заземлювальної шини. Це загрожує тим, що аварія однієї установки викличе ланцюгову реакцію, потягне за собою інші.

Захисне заземлення застосовують у мережах з ізольованою нейтраллю при будь-якій напрузі, а також у мережах із заземленою нейтраллю напругою вище 1000 В.

Занулення — це навмисне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою, з глухозаземленою нейтраллю джерела струму (генератора або трансформатора) або з нульовою шиною на розподільному щитку.

Використання занулення доцільніше на промислових об'єктах. Адже у разі потрапляння фази на зовнішню сторону обладнання струм нікуди не зникає. Повноцінного захисту для людей не спостерігається, можна швидше говорити про наявність своєрідного індикатора несправностей в мережі, який також перешкоджає появі спалаху при замиканні.

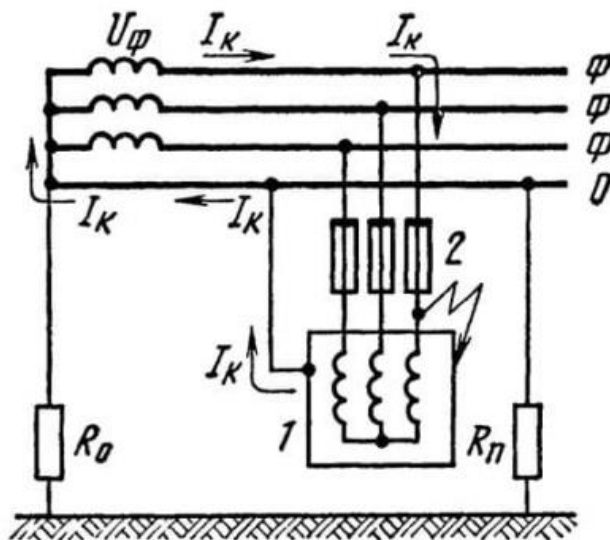


Рисунок 5.2 – Схема захисного занулення

В квартирі або будинку не варто покладатися виключно на занулення. При виході з ладу нульової жили різкий стрибок напруги може вивести з ладу побутову техніку та обладнання.

Нульовий провідник необхідний для швидкого реагування диференціального захисного автомата на КЗ, але не для захисту людини від ураження струмом. Тому його прийнято використовувати тільки на виробництві, де потрібне швидке відключення живлення в разі аварійної ситуації (рис.5.2).



Рисунок 5.3 – Відмінність заземлення і занулення

Як штучні заземлювачі застосовують одиночні або з'єднані в групи металеві електроди довжиною 2,5-3,0 м, забиті вертикально в землю з відстанню один від одного 2,5-3,0 м або укладені горизонтально в землю. Електроди виготовляють з відрізків металевих труб, кутової сталі, швелерів з товщиною стінок не менше 4 мм. Більш тонкі профілі внаслідок корозії швидко виходять з ладу.

Вертикальні електроди в груповому заземленні з'єднують між собою за допомогою зварювання перемичкою, виконаною з аналогічних матеріалів і тих же перерізів, що й самі електроди. Заземлючий пристрій повинен мати вихід назовні (на поверхню землі), виконаний зварюванням з таких же матеріалів. Як правило, він має різьбу і слугує для приєднання заземлюючого провідника.

Для здійснення заземлюючих функцій опір заземлюючого пристрою в електроустановках напругою до 1000 В в мережі з ізольованою нейтраллю повинен бути не більше 4 Ом.

Залежно від місця розміщення заземлювача щодо устаткування, яке заземлюється, розрізняють виносні і контурні заземлюючі пристрої.

Виносні заземлювачі розташовують на деякій відстані від устаткування. При цьому заземлення корпусу електроустановок знаходяться на землі з нульовим потенціалом, а людина, торкаючись корпусу, опиняється під повною напругою заземлювача.

Контурні заземлювачі розташовують по контуру навколо обладнання в безпосередній близькості, тому обладнання знаходиться в зоні розтікання струму. У цьому випадку при замиканні на корпус потенціал ґрунту на території електроустановки (наприклад підстанції) набуває значення, близькі до потенціалу заземлювача і заземленого устаткування електрообладнання, і напруга дотику знижується.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

5.2.2 Розрахунок заземлення

Визначимо основні параметри системи штучного заземлення – число, розміри й порядок розміщення одиночних заземлювачів і заземлюючих провідників.

Вихідні дані:

- зовнішній діаметр труби, $d = 0,05$ м;
- довжина вертикальних заземлювачів, $l = 2,0$ м;
- ширина сталевोї смуги, $b = 0,06$ м;
- тип ґрунту – кам'янистий ґрунт;
- питомий опір ґрунту, $\rho_{\phi} = 700$ Ом·м;
- кліматичний коефіцієнт, $\psi = 1,6$;
- відношення відстані між заземлювачами до їх довжини, $\frac{l'}{l} = 3$

Розрахункове значення питомого опору ґрунту визначається за формулою:

$$\rho_p = \rho_{\phi} \cdot \psi, \quad (1)$$

де ρ_{ϕ} – питомий опір ґрунту;
 ψ – кліматичний коефіцієнт.

$$\rho_p = 700 \cdot 1,6 = 1120 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

Опір одного вертикального заземлювача визначається за формулою:

$$R_o = \frac{\rho_p}{2\pi l} \cdot \left[\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right], \quad (2)$$

де ρ_p – розрахункове значення питомого опору ґрунту;

l – довжина вертикальних заземлювачів;

d – зовнішній діаметр труби;

t – відстань від поверхні до середини заземлювача, яка визначається

формулою:

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$t = t_0 + \frac{l}{2}, \quad (5.3)$$

де l – довжина вертикальних заземлювачів;

t_0 – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача, $t_0 \leq 0,5$ м.

$$t = 0,5 + \frac{2}{2} = 1,5(\text{м})$$

$$R_o = \frac{1120}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 2}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 2}{4 \cdot 1,5 - 2} \right] = 21,53 \text{ (Ом)}$$

Кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_o}{R_{\text{треб}}}, \quad (5.4)$$

де R_o – опір одного вертикального заземлювача;

$R_{\text{треб}}$ – необхідний опір заземлюючого пристрою в електроустановках з напругою до 1000 В, $R_{\text{треб}} \leq 4 \text{ Ом}$.

$$n = \frac{21,53}{4} = 5,3 \Rightarrow n' = 6 \text{ (шт)}$$

Опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_B = \frac{R_o}{n' \cdot \eta_B}, \quad (5.5)$$

де R_o – опір одного вертикального заземлювача;

n' – округлена кількість заземлювачів до найближчого стандартного;

η_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, згідно з таблицею 12[1], $\eta_B = 0,85$.

$$R_B = \frac{21,53}{6 \cdot 0,85} = 4,22 \text{ (Ом)}$$

Опір з'єднувальної смуги (шини) розраховується за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot L \cdot \eta_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{L^2}{t_0 \cdot d}, \quad (5.6)$$

де ρ_p – розрахункове значення питомого опору ґрунту;

t_0 – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача, $t_0 \leq 0,5$ м;

d – діаметр труби. В нашому випадку використовується стальна смуга, тому:

$$d = 0,5 \cdot b, \quad (5.7)$$

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$d = 0,5 \cdot 0,06 = 0,03 \text{ (м)}$$

η_r – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів, згідно з таблицею 13 [1], $\eta_r = 0,88$;

L – довжина смуги (шини). При розміщенні заземлювачів по контуру розраховується згідно з формулою:

$$L = n' \cdot l', \quad (5.8)$$

де n' - округлена кількість заземлювачів до найближчого стандартного;

l' - відстань між заземлювачами, вираховується з виразу

$$\frac{l'}{l} = 3 \Rightarrow l' = l \cdot 3 = 2 \cdot 3 = 6 \text{ (м)}$$

$$L = 6 \cdot 6 = 36 \text{ (м)}$$

$$R_r = \frac{1120}{2 \cdot 3,14 \cdot 36 \cdot 0,88} \cdot \ln \frac{36^2}{0,5 \cdot 0,05} = 6,97 \text{ (Ом)}$$

Загальний опір системи заземлення обчислюється за формулою:

$$R_{\text{сист}} = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B + R_r}, \quad (5.9)$$

де R_B – опір системи вертикальних заземлювачів;

R_r – опір з'єднувальної смуги (шини).

Таким чином, загальний опір системи заземлення становить:

$$R_{\text{сист}} = \frac{4,22 \cdot 6,97}{4,22 + 6,97} = 2,49 \text{ (Ом)}$$

Допустимий опір системи заземлення становить 4 Ом. Розрахунок виконано вірно.

5.2.3 Подвійна ізоляція

Для захисту від дотику до частин приладу, що нормально чи випадково знаходяться під напругою, застосовується подвійна ізоляція, що складається з робочої і додаткової ізоляції.

Робоча ізоляція - ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від ураження електричним струмом.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Додаткова ізоляція - ізоляція, передбачена додатково до робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом в разі ушкодження робочої ізоляції.

Подвійна ізоляція здійснюється покриттям металевих корпусів і рукояток електричного обладнання шаром електроізоляційного матеріалу і застосуванням ізолюючих ручок. Поверхневий шар ізоляції схильний до механічних впливів і пошкоджень. При руйнуванні цього шару розкривається доступ до металевих частин, які можуть виявитися під напругою. Пошкодження і навіть повне руйнування другого шару ізоляції не перешкоджає продовженню роботи і не подає, таким чином, сигналу про втрату захисту. Тому такий метод виконання подвійної ізоляції не забезпечує надійного захисту і може бути рекомендований тільки в рідкісних випадках - для обладнання, що не піддається ударному навантаженню.

Більш досконалий вид подвійної ізоляції – корпус із ізолюючого матеріалу. Такий корпус несе на собі всі струмопровідні частини, металеві неструмоведучі частини і механічну частину. При руйнуванні корпусу звільняється доступ до металевих струмоведучих і неструмоведучих частин і електричне обладнання працювати не може, тому що порушено взаємне розташування його частин.

Згідно з Правилами улаштування електроустановок [19] всі електричні установки діляться на дві групи залежно від напруги: до 1000 В і понад 1000 В. Електрообладнання системи сонячного гарячого водопостачання відноситься до першої групи – з напругою до 1000 В.

Виробничі приміщення всіх типів залежно від ступеня небезпеки ураження електричним струмом діляться на три категорії [20].

Дане приміщення відноситься до першої категорії – без підвищеної небезпеки – сухе, з нормальною температурою, без струмопровідного пилу, з ізолюючою підлогою.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

5.3 Класифікація приміщення за вибухопожежною небезпекою

Згідно з [20] за вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення та будинки поділяють на категорії А, Б, В, Г та Д.

Приміщення, в якому розміщено обладнання, відноситься до категорії Д.

5.4 Об'ємно-планувальні рішення

Обладнання, що входить до складу установки, встановлено в технічному приміщенні будинку.

5.5 Пожежна профілактика

Будинок, в якому розміщена установка, має перший ступінь вогнестійкості – несучі конструкції та сходові клітки – 2,5 год, самонесучі – 1,25 год, несучі конструкції перекрить – 0,5 год, балки, ферми, рами – 0,5 год. Технічне приміщення відділяється від суміжних приміщень перекриттями, що не згорають, з границею вогнестійкості не менше 0,75 год.

Як засіб пожежогасіння передбачено вуглекислотний вогнегасник ОУ-2А [21].

5.6 Освітлення

Освітлення відноситься до одного з основних зовнішніх чинників, що постійно впливають на людину в процесі праці. Позитивний вплив освітлення на продуктивність праці і його якість не викликає сумніву. Так, сонячне освітлення збільшує продуктивність праці в середньому на 10%, а штучне на 13%, при цьому можливість браку знижується на 20-25%.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Ретельний і регулярний догляд за установками природного і штучного освітлення має важливе значення для створення раціональних умов освітлення, зокрема, забезпечення необхідних величин освітленості без додаткових витрат електроенергії.

Чищення скла світлових отворів повинне проводитися не рідше 2 раз на рік для приміщень з незначним виділенням пилу і не рідше 4 раз на рік для приміщень із значними виділеннями пилу, для світильників - 4 - 12 раз на рік, залежно від характеру запиленості виробничого приміщення.

Своєчасно потрібно замінювати лампи, що перегоріли, перевіряти рівень освітленості в контрольних точках виробничого приміщення.

5.7 Долікарська допомога

5.7.1 Перша допомога при ураженні електричним струмом

Долікарська допомога потерпілому від електричного струму складається з двох послідовних етапів. Перш за все необхідно швидко звільнити людину, що потерпіла від дії струму, і потім негайно приступити до надання першої допомоги.

Звільнити людину, що потерпіла від дії струму, можна декількома засобами.

Найбільш простий засіб - відключення відповідної частини електроустановки. Окрім того, при напрузі до 1000 В можна перерізувати або перерубати дроти або відтягнути потерпілого від струмоведучої частини, відкинути від нього дріт і так далі. При напрузі вище 1000 В застосовують ті ж способи, але при цьому обов'язково застосовують діелектричні рукавички, боти.

Після звільнення потерпілого від дії струму, йому надають необхідну медичну допомогу тут же на місці.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Заходи першої медичної допомоги залежать від його стану. Якщо потерпілий в свідомості, але до цього був в непритомності або нетривалий час знаходився під впливом струму, йому необхідно створити повний спокій. За відсутності свідомості, але якщо збереглося дихання, слід укласти потерпілого на м'яку підстилку, забезпечити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт.

За відсутності ознак життя, тобто за відсутності дихання серцебиття, пульсу, не можна вважати потерпілого мертвим - необхідно робити штучне дихання і масаж серця до прибуття швидкої допомоги.

5.7.2 Перша допомога при термічних опіках шкіри

При опіках першого ступеню (почервоніння і припухлість шкіри) на уражене місце накладають примочки із слабого розчину марганцевокислого калію, після чого місце опіку забинтовують. При опіках другого ступеня (водяні міхури) і третього (глибокі пошкодження і омертвіння тканин) одяг або взуття краще не знімати, а розрізати, зробити перев'язку, як при пораненнях, і направити потерпілого в медпункт.

При дуже сильних опіках викликають швидку допомогу; потерпілий повинен лежати непорушно; уражені місця накривають чистим простирадлом.

5.7.3 Перша допомога при отруєнні фреонами

Властивості фреону

Як робоча речовина в холодильній установці використовується холодоагент R410C - азеотропна суміш R32/R125/R134a (масові долі компонентів відповідно 23/25/52%). За звичайної температури і тиску це безбарвний газ.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Даний фреон був розроблений як альтернатива холодоагенту R22 за холодовидатністю і тиском насиченої пари.

Гранично допустима концентрація на робочому місці ГДК – 1000 ppm.

Температура самозаймання – 733 °С.

За високої температури в результаті розкладання фреону може утворюватися фосген.

Фосген – безбарвний газ з неприємним запахом прілого сіна або гнилих яблук. У газоподібному стані важче повітря в 3,5 рази.

Температура кипіння $t_{\text{кип}} = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{ПДК}_{\text{ср}} = 0,003\text{ мг/м}^3$, $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,5\text{ мг/м}^3$. Погано розчиняється у воді.

Для знезараження рекомендується вода, розчини лугів і лужні оксиди виробництва, газоподібний аміак і його водні розчини. Симптоми ураження – солодкуватий присмак в роті, нудота, кашель, задуха, ніжковість в грудях, загальна слабкість. Газоподібний фосген потрапляє в організм через органи дихання і викликає набряк легенів. Потрапляючи в легені, фосген викликає певні біохімічні і структурні зміни в легеневій тканині і капілярах, підвищуючи проникаючу здатність останніх, що призводить до заповнення легенів плазмою крові (набряк легенів). Токсичний набряк легенів розвивається швидко. При цьому з'являється часте і поверхневе дихання, болісний кашель з рясним виділенням пінявої мокроти, синюшність обличчя та рук. Подальше наростання кисневого голодування і ослаблення серцево-судинної діяльності погіршує стан людини. За відсутності необхідної невідкладної допомоги настає смерть.

Оскільки в приміщенні може потрапити холодоагент, існує можливість поразки цією шкідливою речовиною, тому потрібно передбачити необхідні заходи захисту.

Долікарська допомога

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Потерпілий внаслідок отруєння фреоном мусить бути винесений на свіже повітря або у чисте тепле приміщення. У разі необхідності слід негайно застосувати штучне дихання.

Необхідно звільнити потерпілого від одягу, який заважає диханню, змінити забруднений одяг, надати йому повний спокій.

Зробити інгаляцію теплою парою /крізь паперову трубку/ з чайника, у якому міститься 1-2%-ний розчин лимонної кислоти у гарячій воді.

Дати випити міцний чай, каву, лимонад або 2%-ний розчин молочної кислоти.

Рекомендується в усіх випадках отруєння вдихання кисню протягом 30-45 хвилин, зігрівання потерпілого /обкласти грілками/.

За наявності ознак подразнення носоглотки її слід полоскати 2%-ним розчином соди або водою. Незалежно від стану потерпілий повинен бути направлений до лікаря.

При спостереженні явищ ядухи, кашлю потерпілого слід транспортувати у лежачому положенні.

При потраплянні фреону в очі необхідно промити їх сильним струменем чистої води. Після цього до лікарського огляду слід одягнути темні захисні окуляри. Не можна бинтувати очі та накладати на них пов'язку.

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1</i>	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

Представлена в проекті теплонасосна схема опалення з енергетичним парканом в первинному контурі (технологія „Energiezaun“) є різновидом теплового насоса повітря – вода. Проте теплопродуктивність такого ТН не залежить від температури зовнішнього повітря. Запропоноване рішення дозволяє зберегти моновалентну схему теплопостачання об'єкту без падіння COP, виключити режими відтайки випарника, а також відмовитися від вентилятора в первинному контурі, який до того ж є джерелом шуму.

Енергетичний паркан поглинає сонячну енергію та використовує її для нагрівання контуру теплоносія. Тепло відводиться в траншейний колектор, який зрештою є підземною силовою огорожею. Ця опція буфера також дозволяє експлуатувати систему вночі і особливо в холодні та похмурі дні. Температура джерела значно вища за фактичну температуру зовнішнього повітря. Через посилення сонячної енергії система може бути значно економічнішою, ніж тепловий насос повітря-вода, оскільки він може використовувати тільки температуру повітря, яке є значно холоднішим джерелом. Це також застосовується вночі і в холодні дні, оскільки температура землі вища, ніж зовнішнє повітря, навіть коли накопичувальний бак випорожнюється.

При моноенергетичному режимі роботи частина огорожі вбудована в землю, щоб створити буферний варіант для ночі та холодних днів. У сонячні дні земля знову «заряджається» сонячним випромінюванням від енергетичного паркану. Це також працює при від'ємних температурах: у холодні дні без сонячних променів або вночі наземна частина енергетичної огорожі поглинає мало тепла. Тому земля бере на себе енергопостачання теплового насоса. У дуже холодні дні з великою кількістю сонячного світла енергетичний паркан

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

забезпечує значну частку охолоджувальної потужності, необхідної тепловому насосу, та регенерує землю. Тоді температура теплоносія дуже часто перевищує зовнішню. Це означає, що частку річної потужності опалення можна значно збільшити.

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://freenergy.com.ua/teplovi-nasosi-v-nimechchyni/>
2. <http://ww25.schlemmer-ecotech.com/?subid1=20230105-1738-43b1-83f8-6d9e831f03c5>
3. https://www.tab.de/artikel/tab_Energiezaun_1822594.html
4. https://www.shk-profi.de/artikel/shk_Energie_per_Zaun_1489818.html
5. ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія"
7. Viessmann. Книга о солнце. Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения – 2010 г. – 186 с.
8. Viessmann.VITOCAL 300/350 Тепловые насосные установки. Инструкция по проектированию. 2004 г. – 96 с. – Viessmann Werke GmbH&Co KG.
9. Техпаспорт VITOCAL 300/350, BW / BWH / WW / WWH
11. Пуховий І. І. Експериментальні дослідження теплообміну з ґрунтом в ґрунтових колекторах – Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2010. № 3, с. 60 – 63.
12. www.hautec.eu

					<i>ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1</i>	Лист
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

					ОНТУ КРБ.ЕТ та ПЕ.1.119-03.1.1	Лист
						63
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		