

Ефективність теплонасосної установки для теплопостачання дитячого навчального закладу

Виконав: Обуховський М. В., група ТЕ – 17м

Науковий керівник: к.т.н., доц. Степанов Д.В.

Вступ

- **Метою роботи є** зменшення витрат палива та шкідливих видів при теплопостачанні дитячого навчального закладу шляхом оцінювання ефективності різних режимів роботи реверсивних чіллерів з ґрунтовими теплообмінниками.
-
- Для досягнення даної мети необхідно розв'язати такі **завдання:**
- аналіз необхідних потужностей для забезпечення опалення та гарячого водопостачання;
- збір та аналіз патентної та літературної інформації по організації системи теплопостачання на базі теплонасосної установки;
- розробка теплової схеми тепlopункту з реверсивними чіллерами та ґрунтовими теплообмінниками і підбір обладнання для її створення;
- дослідження раціональних режимів роботи реверсивних чіллерів з ґрунтовими теплообмінниками;
- розробка конструкції ґрунтового теплообмінника;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту;
- розробка системи автоматизованого керування тепlopунктом.

▪

- **Об'єкт дослідження**

- Об'єктом є теплопункт дитячого навчального закладу.

- **Предмет дослідження**

- Предметом дослідження є ефективність реверсивного чіллера з ґрунтовим теплообмінником для теплопостачання дитячого дошкільного навчального закладу.

- **Методи дослідження**

- Для виконання розробки використовуються методи математичного моделювання, системного аналізу та синтезу системи, методи економічної та екологічної оцінки.
-

Актуальність.

- Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів є найважливішою умовою економічного розвитку країни. Зміна економічної ситуації в Україні, світова економічна криза, розвиток ринкових відносин посилили вимоги до строків окупності нововведених в експлуатацію об'єктів, сильно змінилося співвідношення цін на енергоносії.
 - В якості пріоритетного напрямку більш широкого використання нетрадиційних джерел енергії найбільший інтерес представляє область теплопостачання, що є сьогодні одним з найбільш ємних світових споживачів паливно-енергетичних ресурсів. Переваги технологій теплопостачання, що використовують нетрадиційні джерела енергії, в порівнянні з їх традиційними аналогами пов'язані не тільки зі значними скороченнями витрат енергії в системах життєзабезпечення будівель і споруд, але і з їх екологічною чистотою, а також новими можливостями в галузі підвищення ступеня автономності систем теплопостачання. Саме ці якості матимуть визначальне значення у формуванні конкурентної ситуації на ринку теплогенеруючого обладнання в світі.
 - На сьогоднішній день теплові насоси (ТН) використовуються в системах теплопостачання житлових і промислових будівель і споруд. Помітно зросла кількість публікацій в науково-технічній, рекламній та патентній літературі, розробляються енергозберігаючі програми, проводяться міжнародні конференції та наради, в яких стало приділятися значно більше уваги розвитку теплонасосних технологій.
-

Мета. Завдання.

Метою роботи є дослідження ефективності застосування теплонасосної установки для забезпечення якісного, енергетично ефективного та екологічно безпечного теплопостачання дитячого навчального закладу.

Для досягнення поставленої мети сформовано наступні завдання:

- збір та аналіз патентної та літературної інформації по організації системи теплопостачання на базі теплонасосної установки;
 - аналіз необхідних потужностей для забезпечення опалення та гарячого водопостачання;
 - багатоваріантний аналіз по вибору джерела теплової енергії для теплопункту;
 - розробка теплової схеми теплопункту з тепловими насосами та підбір обладнання для її створення;
 - дослідження раціонального режиму роботи реверсивних чіллерів з ґрунтовими теплообмінниками та радіаторними системами опалення;
 - розробка технології монтажу теплопункту;
 - розробка принципової схеми автоматизації теплопункту.
-

Загальна характеристика об'єкту (частина 1)

- Об'єктом дослідження є котельня дитячого навчального закладу.
 - Згідно проведених розрахунків техніко-економічних показників прийнято рішення по встановленню на котельні теплових насосів для забезпечення потреб опалення і гарячого водопостачання. В якості джерела теплоти обрано енергію, яка акумульована у ґрунті (слайд 8).
 - Розрахунок проводимо для опалювальної площі 1464 м², кількість персоналу та учнів 150 чоловік, час постачання гарячої води 8 годин. Розрахунок потужностей проводимо для вибору обладнання теплопункту за умов максимально-зимового навантаження – при середній температурі зовнішнього повітря за найбільш холодну п'ятиденку. Під час виконання роботи використовється нормативна література:
 - ❖ ДБ4 102:77-5.2.ВН – Котельні;
 - ❖ ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 – Будівельна кліматологія
 - ❖ та спеціалізована наукова література.
-

Загальна характеристика об'єкту (частина 2)

- За результатами розрахунку теплової схеми котельні дошкільного навчального закладу для встановлення обрано наступне обладнання:
 - тепловий насос марки Dinaciat LG 200-V, 3 шт., із тепловою потужністю конденсатора 57,1 кВт, випарника – 37,2 кВт, маса теплового насосу 394 кг;
 - для забезпечення циркуляції теплоносія по системі встановлюємо насос марки Grundfos UPS 32-120F, 8 шт., маса – 19,3 кг;
 - циркуляція розчину гліколю у випарному контурі забезпечується насосом Grundfos UPS 80-120F, 1 шт., маса – 38,6 кг.
 - Згідно теплового розрахунку умовний діаметр трубопроводу для транспортування розчину гліколю складає 150 мм та 50 мм до випарників теплових насосів, для транспортування води 50 мм.
-

Дослідження раціонального режиму роботи реверсивних чіллерів з ґрунтовими теплообмінниками та радіаторними системами опалення

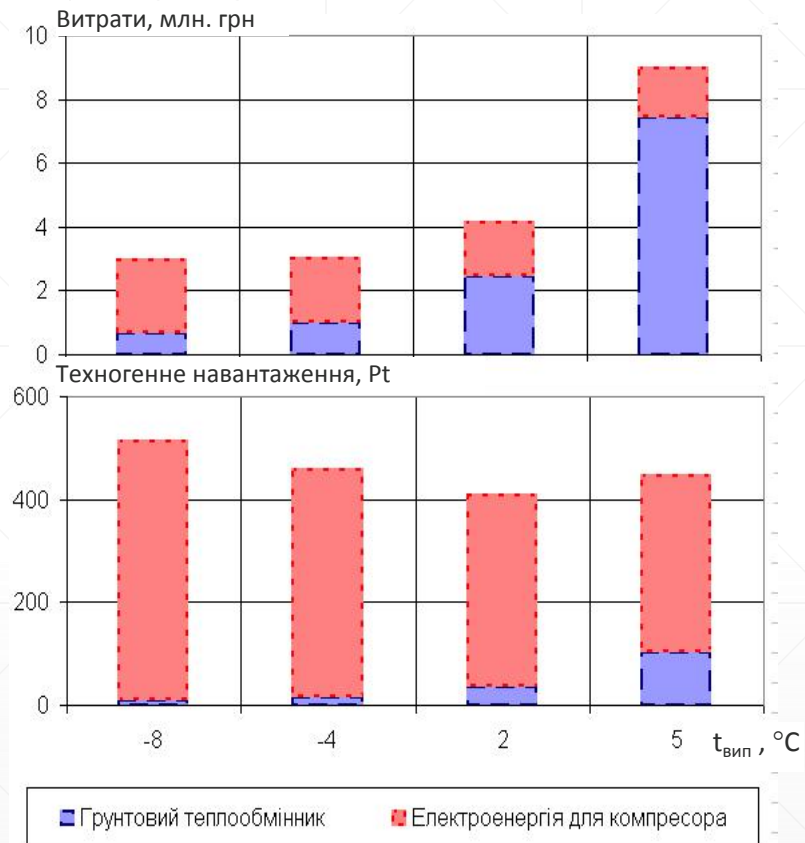


Рисунок 1 – Залежність витрат при роботі теплового насоса «вода-вода» з ґрунтовим теплообмінником від температури теплоносія на виході з випарника в грошових та екологічних показниках

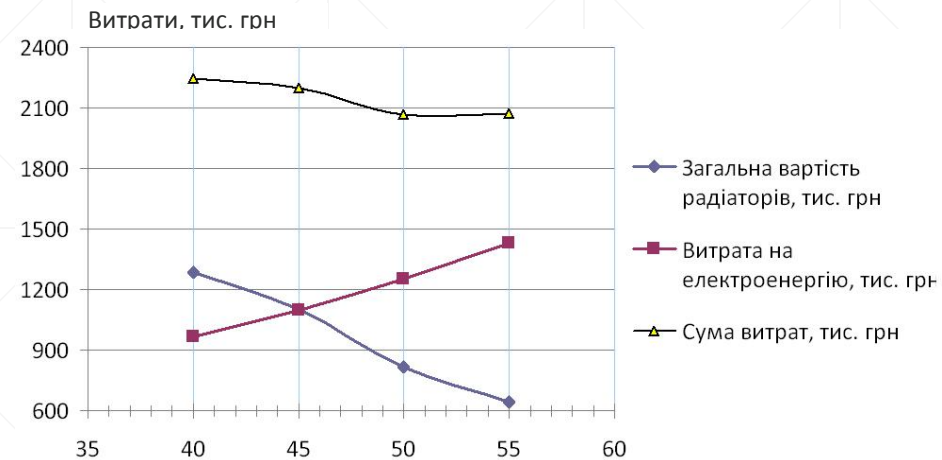


Рисунок 2 – Залежність витрат при роботі реверсивного чіллера з радіаторною системою опалення від температури теплоносія на виході з конденсатора

Таблиця 1 – Результати дослідження впливу температурного режиму теплоносія в конденсаторі на ефективність роботи реверсивного чіллера

Показник	Температурний режим, °C			
	55/45	50/40	45/35	40/30
Коефіцієнт перерахунку потужності радіатора	1,96	2,5	3,37	3,93
Розрахункова опалювальна потужність, кВт	105	105	105	105
Питома вартість радіаторів, грн/кВт	5098	7630	1030	1199
Загальна вартість радіаторів, тис. грн	639,9	816,3	1100,4	1283,2
Потужність компресора, кВт	59	52,9	47,4	42,5
Загрузка компресора теплового насоса	0,315	0,307	0,300	0,294
Споживана потужність компресора в середньому опалювальному режимі	18,577	16,24	14,228	12,514
Витрата на електроенергію за весь термін роботи, тис грн	1 430	1 250	1 095	963,7

Дослідження показників роботи системи теплопостачання

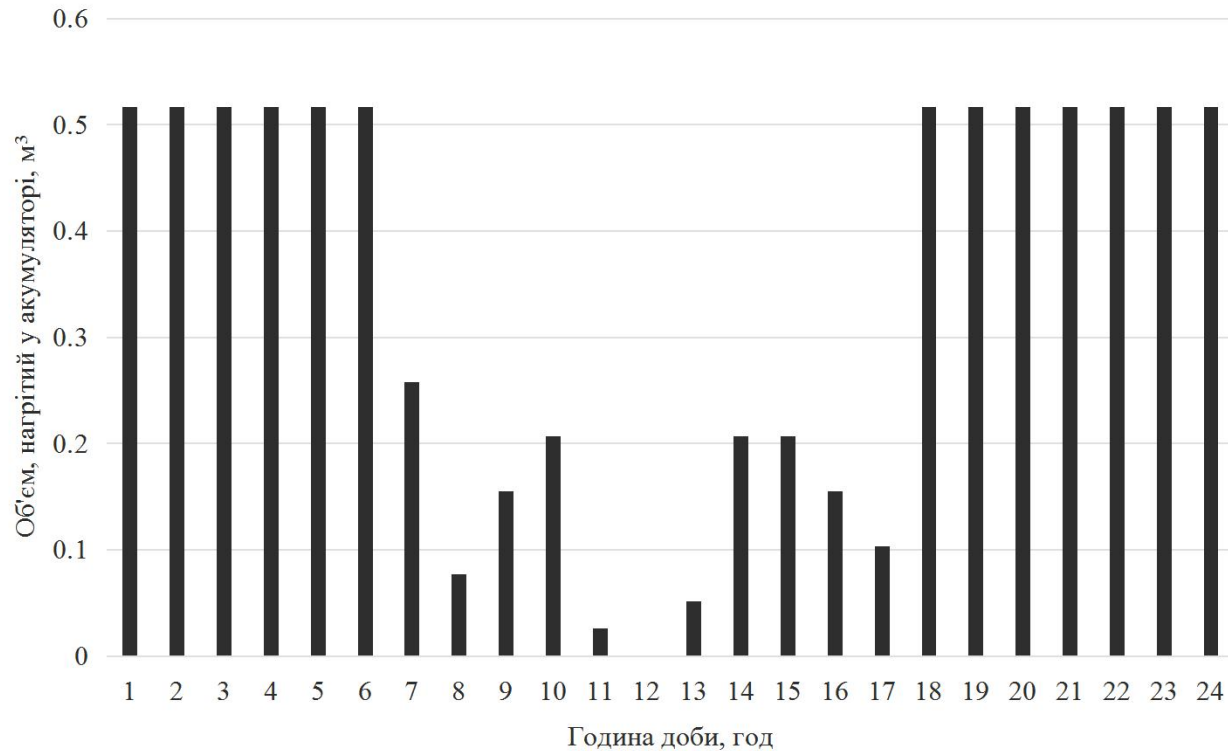


Рисунок 3 – Об'єм води, який можна закумуляувати у теплоакумуляторі за кожну годину доби

Як видно з рисунка 3 у період з 18 до 6 години ранку кожну годину можна акумулювати 0,5 м³ гарячої води, температурою 60 °С. Існує варіант із зменшенням споживаної потужності тепловим насосом на 26% і встановлення теплоакумулятора на 1350 літрів. При цьому буде забезпечена розрахункова теплова потужність і рівномірна робота теплового насосу у період відборів гарячої води. Це рішення дасть змогу зменшити витрати електричної енергії на тепловий насос і забезпечить його стабільну і довговічну роботу.

Багатоваріантний аналіз по вибору джерела теплової енергії для теплопункту

Назва	Розмірність	Тип джерела енергії				
		Природний газ	Вугілля	Деревина	Електроенергія	ТНУ
1	2	3	4	5	6	7
Витрати на паливо	млн.грн./рік	0,45	0,25	0,37	-	-
Витрати на електроенергію	млн.грн/рік.	0,07	0,09	0,09	0,864	0,3207
Встановлена теплова потужність котельні	МВт	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102
Загальні річні експлуатаційні витрати	млн.грн./рік	0,884	0,44	0,56	0,94	0,45
Річний відпуск теплоти	ГДж/рік	1607,5	1607,5	1607,5	1607,5	1607,5
Собівартість теплової енергії	грн./ГДж	550	271	351	586	277
Річний економічний ефект від виробництва теплової енергії	грн./рік	642996	642996	642996	642996	642996
Термін окупності капіталовкладень	років	Не окуповується	1,45	3,81	Не окуповується	5,01

Нормативні документи для виконання монтажних робіт

- EN378-1:2008 Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements – Part1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria (Системи охолодження та теплові насоси – Вимоги з безпеки і екології – Частина 1: Основні вимоги, визначення, класифікація і критерії відбору)
- EN 12828:2003 Heating systems in buildings – Design for water-based heating systems (Системи опалення будівель – Проектування систем водяного опалення)
- EN 12831:2003 Heating systems in buildings– Method for calculation of the design heat load (Системи опалення будівель – Методи розрахунку проектних теплових навантажень)
- EN 13831:2007 Closed expansion vessels with built-in diaphragm for installation in water (Закриті розширювальні баки з вбудованими мембранами для використання у водному середовищі)
- EN 14336:2004 Heating systems in buildings – Installation and commissioning of water based heating systems (Системи опалення будівель – Установка та пуск в експлуатацію систем водяного опалення)
- EN 14511-1:2004 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling – Part 1: Terms and definitions (Кондиціонери, компактні пристрої охолодження рідини та теплові насоси з компресорами з електричним приводом для опалення та охолодження приміщень – Частина 1: Терміни та визначення)
- EN 15316-4-2:2008 Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 4-2: Space heating generation systems, heat pump systems (Системи опалення будівель – Метод розрахунку енергетичних потреб системи і ефективності системи – Частина 4-2: Теплогенеруючі системи опалення приміщень, теплонасосні системи)
- EN 60730-2-9 Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls (IEC 60730-2-9:2000, modified) (Автоматичний електричний контроль для побутового і подібного призначення – Частина 2-9. Особливі вимоги до здійснення контролю температури).

Основні показники монтажних робіт

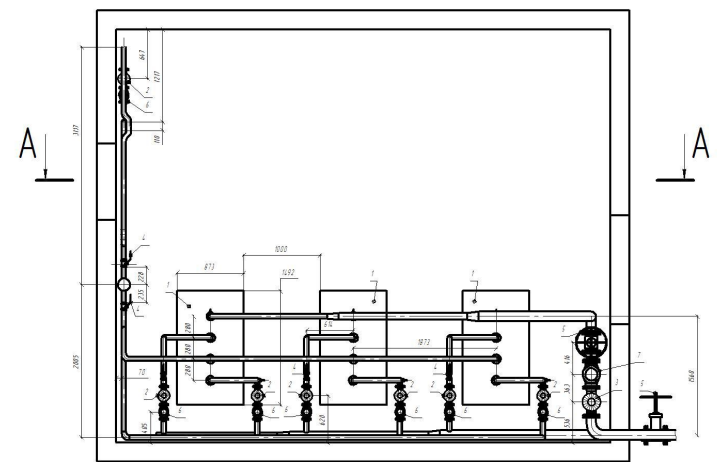
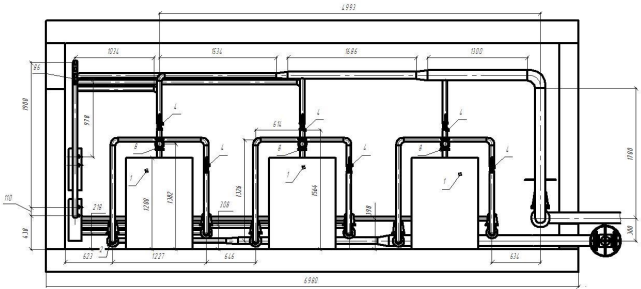
- Загальна маса всіх вантажів: $\Sigma M_{\text{заг.}} = 5085$ (кг);
- Тип автомашини для транспортування: «ТОНАР 45252»;
- Апарат для зварювання: IGBT Дніпро-М САБ-258Н;
- Машина для встановлення обладнання: автокран КАМАЗ КС-5572.

Склад робіт:

- Доставка деталей до місця монтажу.
 - Розмітка місць прокладання трубопроводу.
 - Монтаж теплового насосу марки Dinaciat LG 200-V.
 - Прокладання трубопроводів діаметром 165, 140, 101, 60 мм.
 - Встановлення запірно-регулюючої арматури $\varnothing 50, 125$ мм.
 - Встановлення фільтрів $\varnothing 50$ мм.
 - Встановлення зворотнього клапана $\varnothing 50, 125$ мм.
 - Монтаж циркуляційних насосів марки UPS 32-120F, UPS 80-120F.
 - Випробування трубопроводів.
 - Ізоляція трубопроводів.
 - Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.
-

Монтажні креслення (частина 1)

A-A M 1:40

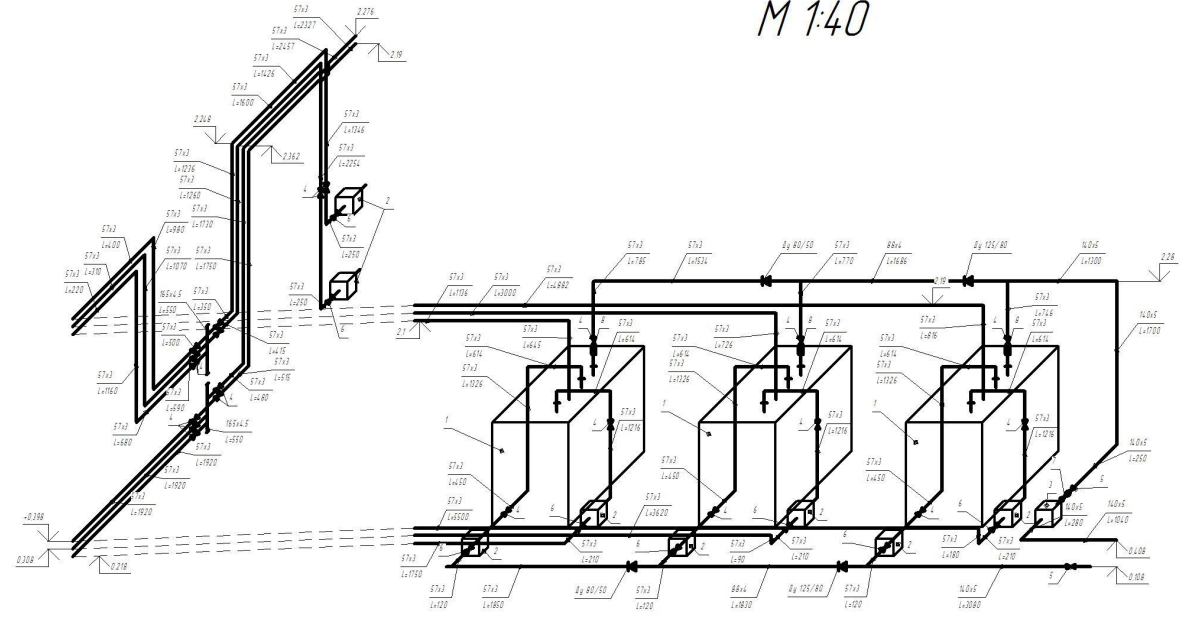


Аксонетрична схема
08-11.МКР.008.05.00.000

План та розріз з розташуванням триходових
Монтажні креслення ВНТУ, гр ТЕ-17м

Лист	Матриця	Лист	Матриця	Лист	Матриця
Розробив	Перевірив	Лист	Матриця	Лист	Матриця
Розробив	Перевірив	Лист	Матриця	Лист	Матриця

M 1:40



Аксонетрична схема
08-11.МКР.008.05.00.000

Аксонетрична схема
Стандія Лист Листов
2 3
ВНТУ, гр ТЕ-17м

Лист	Матриця	Лист	Матриця	Лист	Матриця
Розробив	Перевірив	Лист	Матриця	Лист	Матриця
Розробив	Перевірив	Лист	Матриця	Лист	Матриця

Складено
Варч. шиф. №
Лист. шиф. №

Складено
Варч. шиф. №
Лист. шиф. №

Монтажні креслення (частина 2)

Календарний план монтажу обладнання котельні

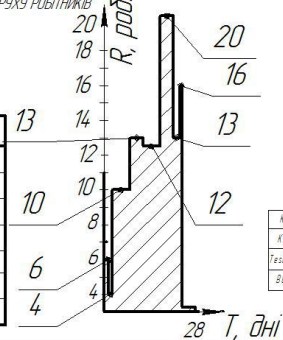
Липень-Серпень, 2018

№	Назва робіт	Од. вим.	Об'єм робіт	Норма часу, год/год	Трудоємність, люд.дні	Кіл. люд.	Склад бригади	Тривалість, дні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30	31	32	33	
1	Доставка деталей до місця монтажу та їх складання	т	5,085	3	1,9	6	4 робітники	0,32	5x0,32																																
2	Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,657	1,3	0,11	4	Слесар 4 розряду	0,027	4x0,027																																
3	Монтаж теплового насосу	шт	3	639,8	239,9	10	Слесар 3 4 розряду	23,9	10x23,9																																
4	Прокладання трубопроводів діаметром 57 мм	100м	0,534	90,69	6,05	4	Слесар 4 розряду	1,51	4x1,51																																
5	Прокладання трубопроводів діаметром 88 мм	100м	0,035	118,9	0,52	4	Слесар 4 розряду	0,13	4x0,13																																
6	Прокладання трубопроводів діаметром 140 мм	100м	0,0765	170,56	1,63	4	Слесар 4 розряду	0,41	4x0,41																																
7	Прокладання трубопроводів діаметром 165 мм	100м	0,011	170,56	0,23	3	Слесар 4 розряду	0,078	3x0,078																																
8	Встановлення запірної арматури Ду50	шт	2,9	2,41	2,57	3	Слесар 3 4 розряду	0,3	3x0,3																																
9	Встановлення запірної арматури Ду140	шт	0,3	9,92	1,24	3	Слесар 3 4 розряду	1,24	3x1,24																																
10	Встановлення фільтру фланцевого Ду50	шт	3	4,98	1,87	3	Слесар 3 7 розряду	1,87	3x1,87																																
11	Монтаж циркуляційного насоса Grundfos UPS 32-120F	шт	8	37,8	37,8	10	Слесар 4 розряду	3,8	10x3,8																																
12	Монтаж циркуляційного насоса Grundfos UPS 80-120F	шт	1	37,8	4,73	4	Слесар 4 розряду	1,2	4x1,2																																
13	Перше робоче випробування окремих частин	100 м	0,657	8,22	0,675	6	Слесар 5 розряду	0,11	6x0,11																																
14	Ізоляція трубопроводів підшляндом з мінвати, Д 57 мм, товщ 60 мм	10 м	5,34	4	2,67	2	Слесар 4, 2 розряду	1,33	2x1,33																																
15	Ізоляція трубопроводів підшляндом з мінвати, Д 88 мм, товщ 60 мм	10 м	0,35	4,77	0,21	2	Слесар 4, 2 розряду	0,1	2x0,1																																
16	Ізоляція трубопроводів підшляндом з мінвати, Д 140 мм, товщ 60 мм	10 м	0,765	5,58	0,533	2	Слесар 4, 2 розряду	0,27	2x0,27																																
17	Ізоляція трубопроводів підшляндом з мінвати, Д 165 мм, товщ 60 мм	10 м	0,11	5,58	0,077	2	Слесар 4, 2 розряду	0,04	2x0,04																																
18	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,657	2,4	0,2	2	Слесар 5 розряду	0,1	2x0,1																																

Соголасовано

Мін. № подл. Погод. і дата. Взам. інв. №

ГРАФІК РУХУ РОБІТНИКІВ



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Одиниця
1	$Q_{\text{сез}}$	Q	300,34	люд*дні
2	$T_{\text{сез}}$	-	34,5	дні
3	$R_{\text{сез}}$	-	20	люд
4	$R_{\text{сез}}$	$Q_{\text{сез}} / T_{\text{сез}}$	8,7	люд
5	$T_{\text{сез}}$	-	28	дні
6	\pm	$R_{\text{сез}} / R_{\text{сез}}$	0,44	-
7	\pm	$T_{\text{сез}} / T_{\text{сез}}$	0,81	-

ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

КАМАЗ 5320	0,076						
КАМАЗ КС-5572	16,6						
Теліс Weld MMA 350	16,6						
ВЗСН-СН 2-18 RE	16,6						

08-11.МКР.008.07.00.000

Технологія монтажу теплонасосної установки

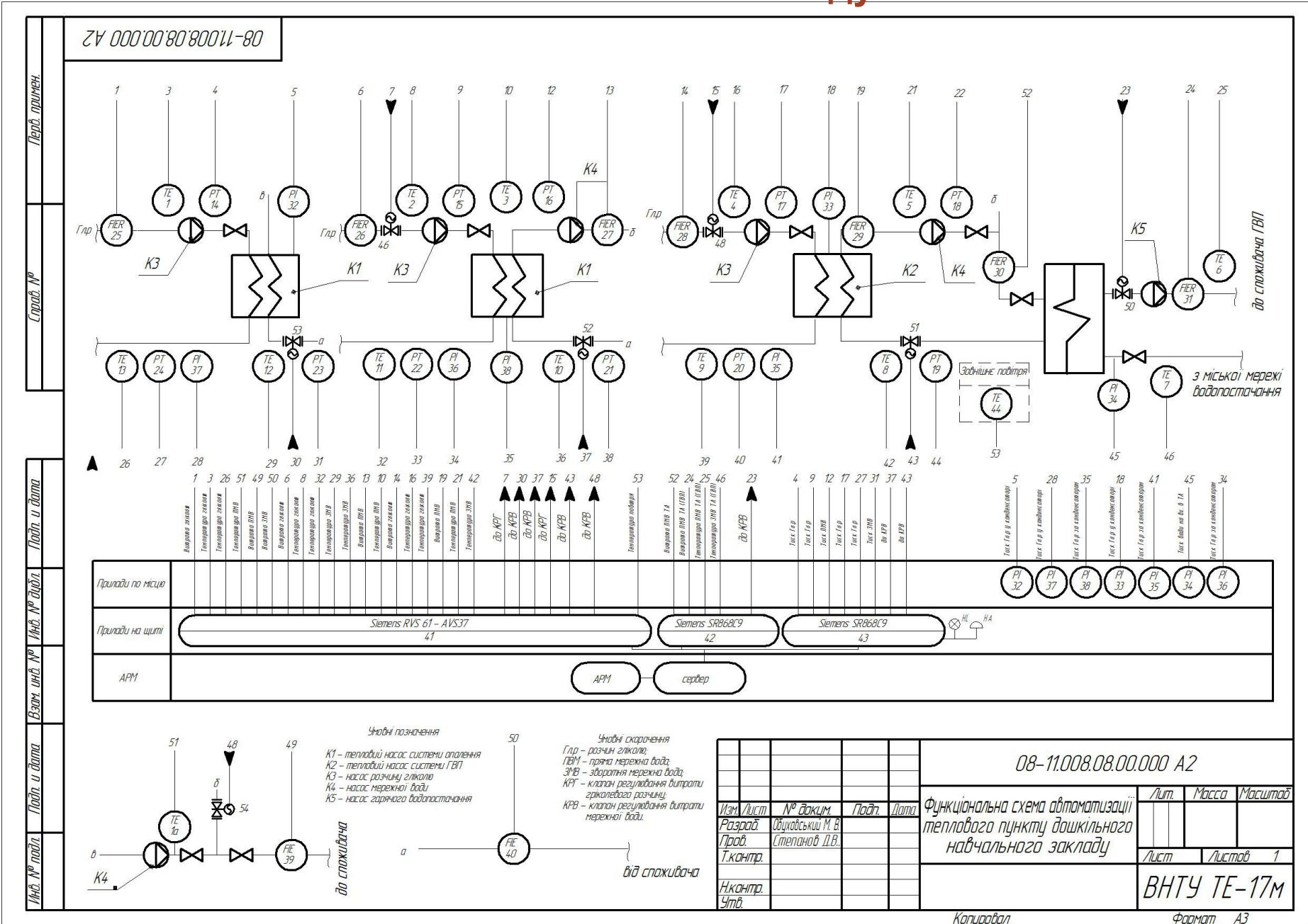
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Підп.	Дата
Розробив	Обуховський М. В.				
Перевірив	Степанов Д. В.				

Календарний план монтажних робіт

Студія	Лист	Листов
		1

ВНТУ, зр ТЕ-17М

Функціональна схема автоматизації теплового пункту дитячого навчального закладу



- Аналіз доступної інформації по теплопостачанню дав змогу визначити найбільш перспективні методи організації системи забезпечення теплом дитячий навчальний заклад. На даний час найбільш доцільно використовувати систему ТП з використанням теплових насосів, джерелом енергії для якої є теплота поверхневих шарів ґрунту, хоча вона і має значні капітальні затрати на її спорудження.
- Виконано багатоваріантний аналіз по вибору раціонально джерела енергії для забезпечення опалення і ГВП дошкільного навчального закладу, серед газових котлів, вугільних котлів; деревних котлів; електричних котлів; ТНУ за результатами якого найменший термін окупності у вугільних котлів – 1,45 роки, а у котлів на природному газі та електроенергії капітальні вкладення не докуповуються. Вибір ТНУ пояснюється високою екологічністю, енергетичною ефективністю та світовими тенденціями до енергозбереження.
- Виявлено, що за економічними показниками раціональні температури теплоносія на виході з випарника чіллера знаходяться в межах $-8...0^{\circ}\text{C}$. А за екологічними – близько 2°C . Виявлено, що для радіаторів системи опалення Korado, на даний момент, раціональна температура теплоносія на виході з конденсатора теплового насоса складає біля 50°C . Аналіз результатів дозволив зробити висновок, що для теплонасосних систем використання високовартісних марок радіаторів, на нашу думку, не є економічно та енергетично доцільним.
- Досліджено роботу системи гарячого водопостачання, та визначено що за умов встановлення теплообмінного апарату – тепло акумулятора ємністю 1350л можна досягти економії електричної енергії на ТНУ для ГВП на 26%.
- Розроблено технологію монтажу теплопункту. Виконано компоновку обладнання, схеми прокладення трубопроводів, враховані відомості по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи теплонасосної установки, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машин, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт.
- Розроблено автоматизацію системи опалення на базі котельні з теплонасосними установками. Була розроблена система автоматичного контролю і регулювання температури прямої мережної води відповідно до температури навколишнього середовища, контуру випарника, температури гарячої води на виході з теплообмінника ГВП.