

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

«Допущений до захисту»

В.о. завідувача кафедри ЕСЕУ та ТЕ

_____ *Личко Б.М.*

“ ” 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

на тему: Проект систем життєзабезпечення спортивного комплексу з басейном загальною площею 1100м² з дослідженням комбінованих систем опалення

Виконав: студент групи 6241м

_____ *Крута С.М.*
(підпис)

Керівник роботи

канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ

(посада, науковий ступінь, вчене звання)
_____ *Бондаренко М.С.*
(підпис)

Миколаїв 2024 р.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

Ступінь
Галузь знань
Спеціальність
Освітня програма

магістр
14 «Електрична інженерія»
144 «Теплоенергетика»
«Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ЕСЕУ та ТЕ

Личко Б.М.
“ ” 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти МАГІСТР

Студенту Крутий Світлані Миколаївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект систем життєзабезпечення спортивного комплексу з басей-
ном загальною площею 1100м² з дослідженням комбінованих систем опалення
(проект, реконструкція, модернізація енергетичної установки, інженерних систем та ін. з розробкою конструктивного елемента об'єкту)

керівник роботи Бондаренко Микола Степанович, канд.техн.наук, доцент кафедри
ЕСЕУ та ТЕ

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

затверджені наказом ректора № _____ від “ ” 2024 року

2. Термін подання роботи _____

3. Вихідні дані по роботі _____

(призначення, умови експлуатації, технічні дані з потреб в енергії чи енергоносіях)

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

Вступ (Обґрунтування актуальності теми роботи. Мета роботи. Об'єкт і предмет
дослідження)

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (за
необхідності)

1. Загальний розділ (Стисла характеристика об'єкту та місце його розташування,
Опис існуючих систем життєзабезпечення).

2. Теоретичний розділ (Проектування системи опалення. Розрахунок потужності
опалювальної системи. Розрахунок теплових притоків. Розрахунок опалювальних
приладів. Гідравлічний розрахунок системи опалення. Система вентиляції спортив-
ної зали. Системи холодного та гарячого водопостачання. Підбір джерела теплопо-
стачання).

3. Розрахунковий розділ (Розробка підпідлогового опалення спортивної зали. Вибір обладнання системи «тепла підлога». Структура та організація підпідлогового опалення).

4. Дослідницький розділ. Дослідження комбінованих систем опалення (Аналіз проблеми і формулювання задачі дослідження. Загальна інформація про комбіновані системи опалення. Аналіз роботи обладнання інтегрованої системи. Розробка схеми комбінованої системи і вибір основного обладнання. Алгоритм керування турбокаміном з елементами Пельтьє. Висновки).

5. Конструкторський розділ. (Розробка калориферів).

6. Заключний розділ (Висновки та заключення по роботі).

5. Перелік презентаційних матеріалів (План приміщень. Сема системи опалення №1, №2. Схема систем вентиляції В1, Т3, Т4. Схема систем теплих підлог. Схема автоматизації пропливних установок П1-П5, принципова схема обв'язування калориферних схем. Вентиляція Розріз 1-1. Розріз 2-2. Дослідження комбінованих систем опалення. Принципова схема комбінованої системи опалення. Схема теплозабезпечення калориферів).

6. Дата видачі завдання _____

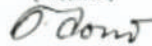
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдань у керівника та консультантів	I-II	
2.	Вступ	III	
3.	Загальний розділ	IV	
4.	Теоретичний розділ	V- VI	
5.	Розрахунковий розділ	VII-X	
6.	Дослідницький розділ	X-XII	
7.	Конструкторський розділ	XIII-XIV	
8.	Заключний розділ	XV	
9.	Графічна частина	XVI	
10.	Підпис у керівника. Розглядання роботи на кафедрі	XVII	
11.	Захист роботи перед ЕК	XVIII	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Круга С.М.
(прізвище та ініціали)

Бондаренко М.С.
(прізвище та ініціали)

Анотація

В кваліфікаційній роботі розроблений проєкт систем життєзабезпечення двоповерхового спортивного комплексу з басейном з дослідженням комбінованої системи опалення.

Спроектовані системи: водяного опалення, гарячого водопостачання, припливної та витяжної вентиляції.

Проведені розрахунки: теплового балансу будівлі, системи водяного опалення, аеродинамічний розрахунок систем вентиляції, гідравлічні розрахунки систем водопостачання. Підібрано обладнання припливно-витяжної вентиляції басейну.

Розроблена система підпідлогового опалення спортивної зали.

Проведене дослідження комбінованої системи опалення з метою розробки високоефективної системи теплопостачання будівлі.

Розроблений калорифер для припливної установки.

Ключові слова: теплоносій, система опалення, вентиляція, гаряче водопостачання, калорифер.

Abstract

In the qualifying work, a project of life support systems of a two-story sports complex with a swimming pool was developed with a study of a combined heating system.

Designed systems: water heating, hot water supply, supply and exhaust ventilation.

Conducted calculations: thermal balance of the building, water heating system, aerodynamic calculation of ventilation systems, hydraulic calculations of water supply systems. The supply and exhaust ventilation equipment of the pool has been selected.

A system of underfloor heating of the sports hall has been developed.

A study of the combined heating system was carried out in order to develop a highly efficient system of heating the building.

A heater for a supply unit has been developed.

Keywords: coolant, heating system, ventilation, hot water supply, heater.

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Опис об'єкту.....	
1.2 Системи життєзабезпечення.....	
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1. Проектування системи опалення.....	
2.1.1 Розрахунок потужності опалювальної системи.....	
2.1.2 Розрахунок теплових притоків.....	
2.1.3 Розрахунок опалювальних приладів.....	
2.1.4 Гідравлічний розрахунок системи опалення.....	
2.2. Система вентиляції спортивної зали.....	
2.3 Системи холодного та гарячого водопостачання	
2.4 Підбір джерела теплопостачання для спортивного комплексу.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1. Розробка підпідлогового опалення спортивної зали.....	
3.2. Вибір обладнання системи «тепла підлога»	
3.3 Розрахунок системи «тепла підлога»	
3.4 Структура та організація підпідлогового опалення.....	
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.	
4.1 Аналіз проблеми і формулювання задачі дослідження.....	
4.2 Загальна інформація про комбіновані системи опалення.....	
4.3 Аналіз роботи обладнання інтегрованої системи.....	
4.4 Розробка схеми комбінованої системи і вибір основного обладнання..	
4.5 Алгоритм керування турбокаміном з елементами Пельтьє.....	
4.6 Висновки.....	

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....

5.1 Розробка калориферів.....

РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

					КР.144.6241м.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проеєктування систем життєзабезпечення є важливою задачею, вирішення якої є необхідною для створення комфортних умов перебування людини.

Система вентиляції та кондиціювання забезпечують створення повітряного середовища сприятливого для здоров'я людини або для потреб технологічного процесу, збереження обладнання та будівельних конструкцій.

Система водопостачання призначена для забезпечення водою споживачів (населення, промислових підприємств, сільського господарства та ін.)

Система гарячого водопостачання призначена для постачання гарячої води споживачам, для господарсько-побутових та виробничо-технологічних цілей.

Система газопостачання забезпечує передачу та розподіл газу споживачам.

Система водовідведення призначена для забезпечення збирання та відведення за межі населених місць та промислових підприємств забруднених стічних вод, а також їх очищення та знешкодження перед утилізацією або скиданням у водоймища.

Задачею проєктування систем життєзабезпечення є зменшення затрат на паливо, зокрема на природний газ, який наразі є одним із найдорожчих палив, що використовується для опалення і гарячого водопостачання. Вирішенню цієї задачі сприяє поява комбінованих систем опалення, в яких можуть бути використані різні джерела енергії, що споживають різні палива (наприклад, газове і тверде).

Системи теплопостачання заданого об'єкту повинні бути спроектовані таким чином, щоб параметри робочого середовища відповідали санітарним нормам та підтримувались незалежно від часу доби та пори року.

Особлива увага при проектуванні звертається на системи опалення, вентиляції, а також на системи холодного та гарячого водопостачання.

					КР.144.6241м.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Мета роботи:

Метою роботи є розробка систем життєзабезпечення спортивного комплексу з басейном.

Розробити схеми, розрахувати та підібрати обладнання для систем опалення, припливно-витяжної вентиляції та ГВП.

Провести дослідження комбінованої системи опалення з метою розробки високоефективної системи теплопостачання будівлі.

Об'єкт розробки: двоповерховий спортивний комплекс з басейном загальною площею 1100м², який розташований у м. Вознесеньск Миколаївської обл.

Предмет розробки: системи опалення, припливно-витяжної вентиляції та гарячого водопостачання; система підпідлогового опалення спортивної зали.

Методи розробки: аналітичні методи розрахунку теплових навантажень та розрахункові методи вибору системи життєзабезпечення та комп'ютерні технології.

Одержані результати: розроблений проєкт систем життєзабезпечення двоповерхового спортивного комплексу з басейном.

Спроектовано системи: водяного опалення, гарячого водопостачання, припливної та витяжної вентиляції.

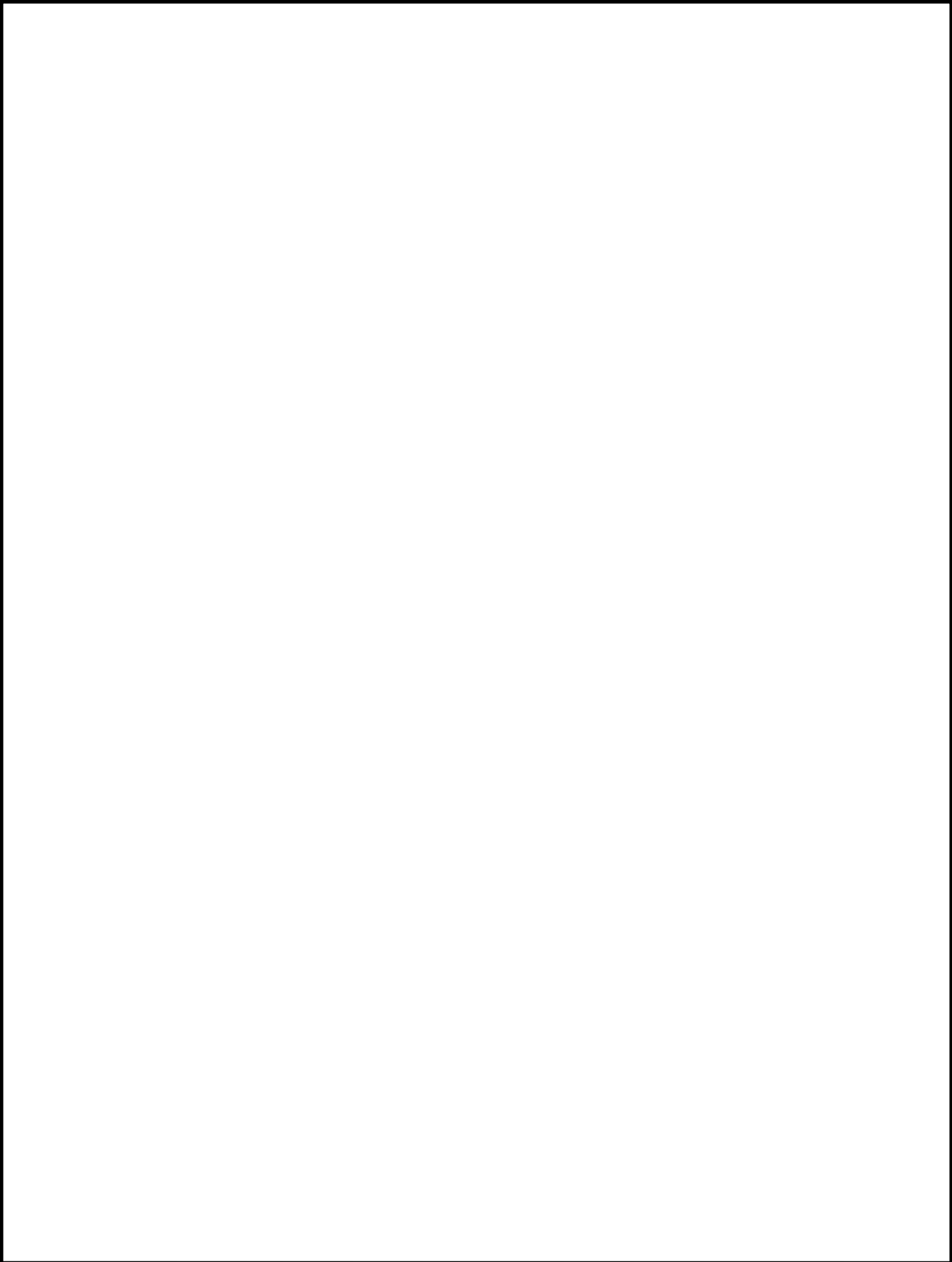
Проведено розрахунки: теплового балансу ділянки, системи водяного опалення, аеродинамічний розрахунок систем вентиляції, гідравлічні розрахунки систем водопостачання. Виконаний розрахунок калорифера для припливної установки.

Для спортивної зали спроектована підпідлогова опалювальна система «тепла підлога».

Проведене дослідженням комбінованої системи опалення.

Розроблена конструкція калорифера, який використовується для подачі теплого повітря.

					КР.144.6241м.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



					КР.144.6241м.06.01.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Загальний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Крута С.М.										
Керівник	Бондаренко М.С										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис об'єкту

Проект систем життєзабезпечення розробляється для спортивного комплексу з басейном, який розташований у м. Вознесенськ Миколаївської обл. Побудований спортивний комплексу вигляді двоповерхового будинку з басейном. Загальна площа складає 1100м², корисна – 900м².

Таблиця 1.1

Експлікація приміщень спортивного комплексу

Номер прим.	Назва приміщення	Номер прим.	Назва приміщення
Підвал			
001	Салон	009	Хол
002	Винний погріб	010	Пральня
003	Погріб	011	Гардеробна
004	Хол	012	Гардеробна
005	Хол	013	Коридор
006	Санвузол з душовою	014	Ванна
007	Приміщення персоналу	015	Технічне приміщення
008	Приміщення для білизни	016	Технічне приміщення басейну
Перший поверх:			
101	Прихожа	109	Хол зі сходами
102	Гардеробна	110	Санвузол
103	Кабінет	111	Спортивна зала
104	Гардеробна	112	Санвузол з душовою
105	Санвузол	113	Роздягальня
106	Хол	114	Сауна

Номер прим.	Назва приміщення	Номер прим.	Назва приміщення
107	Кухня	115	Хамам
108	Вітальня	116	Басейн
Другий поверх			
201	Кімната відпочинку	211	Гардеробна
202	Ванна	212	Кімната відпочинку
203	Гардеробна	213	Гардеробна
204	Ванна	214	Кімната відпочинку
205	Кімната відпочинку	215	Балкон
206	Хол	216	Спортивна зала
207	Ванна	217	Гардеробна
208	Балкон	218	Будуар
209	Ванна	219	Ванна
210	Ванна		

Розрахункові температури прийняті згідно ДБН В.2.5-67:2013. Температура зовнішнього повітря приймаємо $t_z = -20^{\circ}\text{C}$ для м. Вознесенська Миколаївської обл.

На першому та другому поверхах встановлені дерев'яні двері розміром 800×2000мм. Вікна метало-пластикові 1000×2000мм. Спортивний комплекс побудований із піноблоків. Внутрішні стіни з білої силікатної цегли. Підлога виконана з цементної стяжки, на яку покладений лінолеум. У спортивному, тренажерному залах та залі силових підготовки на цементну стяжку покладені гумові плити. У душових та санвузлах на підлозі покладена керамічна плитка. Підлога, яка складається з однієї цементної стяжки знаходиться у приміщенні електрощитової та топкової.

1.2 Системи життєзабезпечення

Система опалення

Система опалення запроектована згідно ДБН В.2.5-67:2013 двохтрубною з нижньою розводкою. У якості теплоносія використовують воду з параметрами 85-65°C. Трубопроводи повинні бути прокладені відкрито.

У якості нагрівальних приладів використовують чавунні радіатори типу МС90-180. На підводках до нагрівальних приладів повинні бути встановлені крани подвійного регулювання. Повітровидалення з системи опалення здійснюється крізь крани Маєвського. Стояки, підводки, нагрівальні прилади повинні бути пофарбовані масляною фарбою за 2 рази. Трубопроводи для системи опалення прийняті сталеві електрозваренні та сталеві водогазопровідні за ДСТУ 3365-96.

Система вентиляції

Система вентиляції у спорткомплексі запроектована припливна та витяжна з механічним та природним спонуканням. Вентилятори системи прийняті у звичайному виконанні з вуглецевої сталі. Повітроводи систем прийняті класу Н. Внутрішні температури на повітрообміні прийняті згідно ДБН В.2.5-67:2013.

Холодне та гаряче водопостачання

Запроектована система згідно ДБН В.2.5-64-2012. В будівлі запроектований господарчо-питний водопровід та гаряче водопостачання. Джерелом гарячого водопостачання є газовий сталевий котел типу «Рівнетерм-96». Трубопроводи монтуються з водогазопровідних труб за ДСТУ 8936:2019. Стояки водопостачання у місцях переходу з перекриттям повинні бути замкнутими у гільзи з покрівельної сталі.

					КР.144.6241м.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Каналізація

Внутрішня каналізаційна мережа монтується з труб ПВХ. Стояки згідно ДБН В.2.5-64-2012 повинні бути прокладені відкрито. Витяжна частина виводиться на дах на висоту 1,5м. Монтаж усіх систем повинен бути виконаний згідно з діючими нормами та правилами вироблення сантехнічних робіт.

Висновки

В роботи проєктуються системи життєзабезпечення двоповерхового спортивного комплексу з басейном загальною площею 1100м², для чого необхідно розробити схеми, розрахувати та підібрати обладнання систем опалення, припливно-витяжної вентиляції та ГВП.

Провести дослідження комбінованої системи опалення з метою розробки високоефективної системи теплопостачання будівлі.

					КР.144.6241м.06.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Теоретичний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Крута С.М.										
Керівник	Бондаренко М.С										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Проектування системи опалення

2.1.1 Розрахунок потужності опалювальної системи

В основі розрахунку лежить методика, викладена у [10].

Перший поверх двоповерхової будівлі спортивного комплексу:

Загальна площа $S_{\text{заг}} = 300 \text{ м}^2$; висота $H = 3,5 \text{ м}$

а) службове приміщення $S = 10,5 \text{ м}^2$, $t = 25^\circ \text{C}$ (згідно ДБН В.2.5-67:2013)

$t_{\text{з. п.}} = -19^\circ \text{C}$ (у холодний період року згідно ДБН В.2.5-67:2013)

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R},$$

де Q_1 - тепловтрати крізь огорожувальні поверхні, Вт;

A – площа стіни, м^2 ;

t_p – температура у приміщенні, $^\circ \text{C}$;

$t_{\text{з}}$ – температура зовні приміщення, $^\circ \text{C}$;

n – коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних поверхонь по відношенню до зовнішнього повітря $n = 1$, (ДБН В 2.6-31:2016);

β – додаткові витрати теплоти у долях від основних втрат;

R – опір теплопередачі огорожуючи конструкцій, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})/\text{Вт}$ (ДБН В 2.6-31:2016), $R = 1,01 (\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})/\text{Вт}$ для кладки суцільно з вапняку на важкому розчині з штукатуркою товщиною 15мм з обох боків ($\rho = 1400$; $\lambda = 0,64$; $S = 7,73 \text{ м}^2$) [10].

$$Q_1 = 10 \cdot (25 + 19) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 / 1,01 = 480 \text{ Вт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Теплотехнічні показники зовнішніх стін:

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 12 \cdot 4,4 \cdot 1,1/1,01 = 600 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 10 \cdot 4,4 \cdot 1,01/1,01 = 470 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 12 \cdot 44 \cdot 1,05/1,01 = 560 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь входні двері (2×1,2) м, R = 0,34 (м²·°C)/Вт [25, табл.8]

$$Q_d = 1,6 \cdot 44 \cdot 1,1/0,34 = 230 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу S = 10,5 м²

$$Q_{\text{п}} = 10,5 \cdot 44 \cdot 1,05/1,39 = 350 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю для першого поверху не розраховуються.

б) Технічне приміщення: S = 6,5 м²; t_p = 5°C

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 9 \cdot (19 + 5) \cdot (1 + 0,05)/1,01 = 225 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 9,3 \cdot 24 \cdot 1,1/1,01 = 225 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 9 \cdot 24 \cdot 1,1/1,01 = 235 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 9,3 \cdot 24 \cdot 1,05/1,01 = 230 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь входні двері:

$$Q_d = 1,6 \cdot 24 \cdot 1,05/0,34 = 120 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = 6,5 \cdot 24 \cdot 1,05/1,39 = 120 \text{ Вт}$$

в) Решту приміщень першого поверху розраховуємо як одне з S = 170 м²; t_p = 18°C тому, що різниця температур між ними не перевищує 3°C (згідно ДБН В.2.5-67:2013) R = 1,48 (м²·°C)/Вт для зовнішніх стін [3]

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 52 \cdot 37 \cdot 1,2/1,48 = 1560 \text{ Вт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Q_2 = 43,2 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 1400 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 52 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 1700 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 43,2 \cdot 37 \cdot 1,2 / 1,48 = 1300 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 2 \cdot 1,6 \cdot 37 \cdot 1,972 / 2,32 = 100 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\pi} = 6,5 \cdot 24 \cdot 1,05 / 1,39 = 120 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_b = 3 \cdot 2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 630 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\pi} = 170 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,39 = 4600 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 0,8 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,34 = 1150 \text{ Вт}$$

г) Спортивна зала $S = 108 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ \text{C}$

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 8,3 \cdot 3,6 (18 + 19) \cdot 1,2 / 1,48 = 900 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 12 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 1400 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 8,3 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 970 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 12 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,2 / 1,48 = 1296 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,2 / 2,9 = 25 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_b = 2 \cdot 37 \cdot 1,3 / 0,39 = 250 \text{ Вт}$$

Теплові втрати першого поверху:

$$\sum Q_{\text{пов}} = Q_{\text{топк}} + Q_{\text{електр}} + Q_{\text{решт}}$$

$$\sum Q_{\text{пов}} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_b + \sum Q_d + \sum Q_{\pi} = 22000 \text{ Вт} = 22 \text{ кВт}$$

Другий поверх:

а) Кімната відпочинку: $S = 22 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ\text{C}$, $R = 1,01 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ [25 табл.8]

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 17 \cdot (18 + 19) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 600 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 17 \cdot 34 \cdot 1,15 / 1,48 = 450 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 17 \cdot 34 \cdot 1,1 / 1,01 = 625 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 17 \cdot 34 \cdot 1,05 / 1,01 = 600 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вхідні двері, $R = 0,34 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ [1] :

$$Q_d = 1,6 \cdot 34 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_b = 2 \cdot 34 \cdot 1,1 / 0,39 = 190 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 1,6 \cdot 34 \cdot 1,1 / 0,34 = 175 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = 2,2 \cdot 34 / 1,52 = 490 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 22 \cdot 34 \cdot 1,05 / 1,06 = 740 \text{ Вт}$$

б) Гардеробна: $S = 9,8 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ\text{C}$

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 3,6 \cdot 2,2 (18 + 19) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 305 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 3,6 \cdot 4,5 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,01 = 650 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 3,6 \cdot 2,2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,01 = 320 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 3,6 \cdot 4,5 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,01 = 625 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,05 / 0,34 = 180 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = 9,8 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,06 = 360 \text{ Вт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = 9,8 \cdot 37 / 1,52 = 240 \text{ Вт}$$

в) Кімнати двох санвузлів, двох роздягалень та двох душових представляємо у вигляді однієї. Тому, що різниця температур між ними не перевищує 3°C (згідно ДБН В.2.5-67:2013) $S = 45,5 \text{ м}^2$; $t_p = 24^\circ\text{C}$

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 19 \cdot (24 + 19) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 850 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 2,8 \cdot 43 \cdot 1,1 / 1,01 = 1540 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 19 \cdot 43 \cdot 1,1 / 1,48 = 610 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 32,8 \cdot 43 \cdot (0,05 + 0,05 + 1) / 1,48 = 1050 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 1,6 \cdot 43 \cdot 1,1 / 0,34 = 225 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_v = 2 \cdot 43 \cdot 1,05 / 0,39 = 230 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = 46 \cdot 43 / 1,52 = 1300 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = 46 \cdot 43 \cdot 1,05 / 1,06 = 2000 \text{ Вт}$$

г) Будуар: $S = 6,0 \text{ м}^2$; $t_p = 16^\circ\text{C}$

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 10,8 \cdot (19 + 16) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 390 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 7,2 \cdot 35 \cdot 1,1 / 1,01 = 275 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 10,8 \cdot 35 \cdot 1,1 / 1,01 = 410 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 7,2 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,01 = 260 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = 6 \cdot 35 / 1,52 = 140 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = 6 \cdot 36 \cdot 1,05 / 1,06 = 210 \text{ Вт}$$

д) Хол $S = 258,35 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ\text{C}$

Теплові втрати крізь стіни:

$$Q_{1\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 37 \cdot (18 + 19) \cdot 1,05 / 1,01 = 1430 \text{ Вт}$$

$$Q_{13} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 37 \cdot (18 + 19) \cdot 1,05 / 1,48 = 975 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 45 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,48 = 1240 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 74,2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,48 = 2040 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 45 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,48 = 1180 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{\text{д}} = 2 \cdot 1,6 \cdot 37 \cdot 1,05 / 0,34 = 365 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_{\text{в}} = 5 \cdot 0,5 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 260 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{в}} = 2 \cdot 0,5 \cdot 37 \cdot 1,05 / 0,39 = 100 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 258,35 \cdot 37 / 1,52 = 6280 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = 258,35 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,06 = 9480 \text{ Вт}$$

ж) спортивна зала $S = 138,8 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ\text{C}$

Теплові втрати крізь стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 63 \cdot (19 + 18) \cdot 1,05 / 1,48 = 1650 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 29 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,48 = 795 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 63 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,01 = 2540 \text{ Вт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Q_4 = 29 \cdot 37 \cdot 1,05/1,48 = 760 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,1/0,34 = 960 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_v = 2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 210 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\pi} = 140 \cdot 37 \cdot 1,05/1,06 = 5130 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 140 \cdot 37 / 1,52 = 3400 \text{ Вт}$$

з) Коридор $S = 41,25 \text{ м}^2$; $t_p = 16^\circ\text{C}$

Теплові втрати крізь стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 23,5 \cdot (19 + 16) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 850 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 23,5 \cdot 35 \cdot 1,1/1,01 = 890 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 23,5 \cdot 35 \cdot 1,05/1,01 = 850 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{d1} = 4 \cdot 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05/0,34 = 690 \text{ Вт}$$

$$Q_{d2} = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,1/0,34 = 360 \text{ Вт}$$

$$Q_{d3} = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05/0,34 = 170 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = 41,25 \cdot 35 / 1,52 = 950 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\pi} = 41,25 \cdot 35 \cdot 1,05/1,06 = 1430 \text{ Вт}$$

к) Хол $S = 29,6 \text{ м}^2$; $t_p = 16^\circ\text{C}$

Теплові втрати крізь стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 5,9 \cdot 3,6(16 + 19) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 770 \text{ Вт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Q_2 = 5 \cdot 3,6 \cdot 35 \cdot 1,15/1,48 = 490 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 21,24 \cdot 35 \cdot 1,1/1,01 = 810 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 18 \cdot 35 \cdot 1,05/1,01 = 650 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{д1} = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05/0,34 = 170 \text{ Вт}$$

$$Q_{д2} = 2 \cdot 1,6 \cdot 35 \cdot 1,15/1,01 = 130 \text{ Вт}$$

$$Q_{д3} = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,1/0,34 = 180 \text{ Вт}$$

$$Q_{д4} = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05/0,34 = 170 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю: $Q_{ст} = 29,6 \cdot 35 / 1,52 = 680 \text{ Вт}$

Теплові втрати крізь підлогу: $Q_{п} = 29,6 \cdot 35 \cdot 1,05/1,06 = 1030 \text{ Вт}$

л) Тамбур $S = 5,9 \text{ м}^2$; $t_p = 12^\circ \text{C}$

Теплові втрати крізь стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot \frac{n}{R} = 2,6 \cdot 3,6(12+19) \cdot (1+0,05)/1,01 = 300 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 2,3 \cdot 3,6 \cdot 31 \cdot 1,1/1,01 = 280 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 9,36 \cdot 31 \cdot 1,1/1,01 = 320 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = 8,28 \cdot 31 \cdot 1,05/1,01 = 270 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{д1} = 1,6 \cdot 31 \cdot 1,1/0,34 = 160 \text{ Вт}$$

$$Q_{д2} = 1,6 \cdot 31 \cdot 1,005/0,34 = 155 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу: $Q_{п} = 5,9 \cdot 31 \cdot 1,05/1,06 = 180 \text{ Вт}$

Теплові втрати крізь стелю: $Q_{ст} = 5,9 \cdot 31 / 1,52 = 120 \text{ Вт}$

Теплові втрати другого поверху:

$$\begin{aligned} \sum Q_{\text{Пов}} &= Q_{\text{тр.к}} + Q_{\text{ст. тр.}} + Q_{\text{решт}} + Q_{\text{інв}} + Q_{\text{спорт}} + Q_{\text{трен.з}} + Q_{\text{кор.}} + Q_{\text{хол}} + Q_{\text{тамб}} = \\ &= \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_v + \sum Q_{д1} + \sum Q_{д2} + \sum Q_{п} + \sum Q_{ст} = 71900 \text{ Вт} = 72 \text{ кВт} \end{aligned}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Загальні теплові втрати I та II поверхів:

$$\sum Q = \sum Q_{\text{In}} + \sum Q_{\text{IIп}} = 22 + 72 = 92 \text{ кВт}$$

2.1.2 Розрахунок теплових притоків

Джерелами додаткових теплових припливів можуть бути: люди, штучне освітлення, електрообладнання, теплотехнічне обладнання та ін. При розрахунку потужності опалювальної установки враховуються тільки явні тепловиділення, які знаходяться за формулою:

$$Q_{\text{я}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{V_{\text{к}}}) \cdot (35 - t_{\text{н}}) \cdot N_{\text{л}},$$

де $\beta_{\text{и}}$ - коефіцієнт, який враховує інтенсивність виконуваної роботи:

для легкої роботи $\beta_{\text{и}} = 1$; для середньої роботи $\beta_{\text{и}} = 1,07$; для важкої роботи $\beta_{\text{и}} = 1,15$;

$\beta_{\text{од}}$ - коефіцієнт, який враховує теплозахисні властивості одягу: для звичайного одягу $\beta_{\text{од}} = 0,66$; для легкого одягу $\beta_{\text{од}} = 1$; для теплого одягу $\beta_{\text{од}} = 0,5$;

$N_{\text{л}}$ – кількість людей у приміщенні.

При штучному освітленні на працюючому електричному виробничому обладнанні теплові виділення розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n,$$

де n – кількість ламп;

$N_{\text{ел}}$ – потужність освітлювальних приладів або силового обладнання, Вт;

K – коефіцієнт, що враховує фактично витрачену потужність, одночасність роботи електричного обладнання, долю переходу електроенергії у теплоту, яка поступає у приміщення (в залежності від технологічного процесу $K=0,15 \dots 0,95$).

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Перший поверх:

а) Кабінет:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{V_K}) \cdot (35 - t_n) \cdot N_{\text{л}} = 1 \cdot 0,66 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,2}) \cdot (35 - 18) \cdot 19 = 1550 \text{ Вт}$$

б) Кухня :

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{V_K}) \cdot (35 - t_n) \cdot N_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,2}) \cdot (35 - 18) \cdot 17 = 2250 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 10 = 300 \text{ Вт}$$

в) Кімната відпочинку:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{V_K}) \cdot (35 - t_n) \cdot N_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,2}) \cdot (35 - 18) \cdot 30 = 4200 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 15 = 450 \text{ Вт}$$

Теплопритоки першого поверху:

$$\sum Q_{\text{тепл.І пов}} = \sum Q_{\text{л}} + \sum Q_{\text{ел}} = 8750 \text{ Вт} = 8,75 \text{ кВт}$$

Другий поверх:

а) Гардеробна:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{V_K}) \cdot (35 - t_n) \cdot N_{\text{л}} = 1 \cdot 0,66 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,2}) \cdot (35 - 16) \cdot 1 = 90 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 1 = 20 \text{ Вт}$$

б) Кімната відпочинку

$$Q_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 10 \cdot 6 = 400 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 6 = 105 \text{ Вт}$$

в) Ванна

$$Q_{\text{л}} = 1 \cdot 0,66 \cdot 7,1 \cdot 17 \cdot 5 = 400 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 5 = 150 \text{ Вт}$$

г) Будуар

$$Q_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 17 \cdot 30 = 4200 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 30 = 900 \text{ Вт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

д) Кімнати двох санвузлів та двох роздягалень представляємо у вигляді однієї.

$$Q_{\text{л}} = 1,1 \cdot 7,1 \cdot 12 \cdot 10 = 850 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 10 = 210 \text{ Вт}$$

ж) Спортивна зала

$$Q_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 30 = 4000 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 25 = 750 \text{ Вт}$$

з) Душові

$$Q_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 10 \cdot 10 = 750 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 6 = 130 \text{ Вт}$$

к) Хол

$$Q_{\text{л}} = 0,66 \cdot 7,1 \cdot 19 \cdot 10 = 900 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 10 = 300 \text{ Вт}$$

л) Тамбур

$$Q_{\text{л}} = 0,66 \cdot 7,1 \cdot 23 \cdot 2 = 215 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 4 = 120 \text{ Вт}$$

м) Коридор

$$Q_{\text{л}} = 0,66 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 19 \cdot 5 = 400 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 5 = 150 \text{ Вт}$$

Теплопритоки другого поверху:

$$\sum Q_{\text{тепл. II пов}} = \sum Q_{\text{л}} + \sum Q_{\text{ел}} = 15040 \text{ Вт} = 15,04 \text{ кВт}$$

Загальні тепло притоки I та II поверхів:

$$\sum Q_{\text{тепл}} = \sum Q_{\text{тепл. I пов}} + \sum Q_{\text{тепл. II пов}} = 8,75 + 15,04 = 23,8 \text{ кВт}$$

З урахуванням:

$$Q_{\text{інф}} = 0,04 \sum Q = 0,04 \cdot 92 = 3,7 \text{ кВт}$$

Таким чином, потужність системи опалення спортивного комплексу складе:

$$Q_{\text{сист. опал}} = \sum Q + Q_{\text{інф}} - \sum Q_{\text{тепл}} = 92 + 3,7 - 23,8 = 71,9 \text{ кВт}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2.1.3 Розрахунок опалювальних приладів

В основі розрахунку покладена методика, що викладена у [1].

Стандартний тепловий потік з теплоносієм водою, при якому проводяться теплові випробування опалювальних приладів:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ср}} = t_{\text{ср}} - t_{\text{п}} = 0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{п}},$$

де $t_{\text{вх}}$ – температура води, що входить зверху у прилад, °С;

$t_{\text{вих}}$ - температура води, що виходить знизу, °С;

$t_{\text{п}}$ - температура повітря у приміщенні, °С

Розрахункова густина теплового потоку опалювальних приладів:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \cdot (\Delta t^{\text{ср}} / 70)^{1+n} \cdot (G_{\text{пр}} / 0,1)^p \cdot C_{\text{пр}}$$

де $q_{\text{ном}}$ – номінальна густина теплового потоку опалювального приладу при стандартних умовах роботи, Вт/м² [1];

$\Delta t^{\text{ср}}$ – температурний напір, який дорівнюється різниці півсуми температур теплоносія на вході та на виході опалювального приладу та температури повітря у приміщенні $\Delta t^{\text{ср}} = [0,5(t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{п}}]$ °С;

$G_{\text{пр}}$ – явна витрата води в опалювальному приладі, м/с;

n, p – експериментальні значення показників ступеню [1];

$C_{\text{пр}}$ - коефіцієнт, який враховує схему приєднання опалювального приладу та зміну показника ступеню p у різних діапазонах витрати теплоносія [1].

Розрахункова площа опалювального приладу знаходиться за формулою:

$$F_{\text{р}} = (Q_{\text{потр}} - 0,9 \cdot Q_{\text{тр}}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / q_{\text{пр}},$$

де $Q_{\text{потр}}$ – потужність опалювальної системи, Вт;

$Q_{\text{тр}}$ – сумарна тепловіддача відкрито прокладених у приміщеннях стояків, підводок, до яких приєднують прилад (коефіцієнт 0,9 враховує долю теплового

потоків від теплопроводів, корисну для підтримки температури повітря у приміщенні). На практиці тепловіддачу від теплопроводів знаходять:

$$Q_{\text{тр}} = q_v \cdot l_v + q_h \cdot l_h$$

де q_v та q_h – тепловіддачі 1м вертикально та горизонтально прокладених труб, Вт/м, визначаються по таблицям в залежності від їх діаметру та різниці температур ($t_h + t_v$);

l_v та l_h – довжина вертикальних та горизонтальних теплопроводів у приміщенні, м;

β_1 – коефіцієнт врахування додаткового теплового потоку встановлених опалювальних приладів [1];

β_2 – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати теплоти опалювальними приладами у зовнішніх огорожень [1].

Кількість секцій чавунних радіаторів розраховується за формулою:

$$N_p = F_p \cdot \beta_4 / (f_1 \cdot \beta_3),$$

де f_1 – площа поверхні нагріву однієї секції, м², залежить від типу радіатора, прийнятого для встановлення у приміщенні [1];

β_4 – коефіцієнт, враховуючий засіб встановлення радіатора у приміщенні;

β_3 – коефіцієнт, враховуючий число секцій в одному радіаторі.

$$\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{F_p}$$

Перший поверх:

а) всі приміщення, спортивної зали:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ср}} = t_{\text{ср}} - t_n = 0,5(t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_n = 0,5 \cdot (85 + 65) - 19 = 56^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \cdot (\Delta t^{\text{ср}} / 70)^{1+n} \cdot (G_{\text{пр}} / 0,1)^p \cdot C_{\text{пр}} = 758 \cdot (56 / 70)^{1,03} \cdot (0,1 / 0,1)^0 \cdot 1 = 600 \text{ Вт/м}^2$$

Вибираємо радіатори чавунні секційні типу МС-140-108.

$f_1 = 0,25 \text{ м}^2$ – площа поверхні нагріву;

$q_{\text{ном}} = 758 \text{ Вт/м}^2$ номінальна густина теплового потоку;

Схема приєднання приладу зверху донизу;

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$G_{\text{пр}} = 0,015 - 0,149 \text{ кг/с}$ - витрата теплоносія крізь прилад;

$n = 0,3$; $p = 0$; $C_{\text{пр}} = 1$ (по табл. 8.1 [10]);

$$F_p = (Q_{\text{потр}} - 0,9 \cdot Q_{\text{тр}}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / q_{\text{пр}} = (71900 - 64700) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 602,4 = 12,6 \text{ м}^2$$

$$N_p = F_p \cdot \beta_4 / (f_1 \cdot \beta_3) = 12,6 \cdot 1,12 / (0,25 \cdot 0,920) = 63,5$$

Приймаємо $N_{\text{уст}} = 64$ секції

б) Спортивна зала:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ст}} = 0,5 \cdot (85 + 65) - 18 = 57^\circ \text{C}$$

$$q_{\text{пр}} = 758 \cdot (57 / 70)^{1,03} \cdot 1^{0,1} = 620 \text{ Вт/м}^2$$

$$F_p = (71900 - 66750) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 613,4 = 8,9 \text{ м}^2$$

$$N_p = 8,9 \cdot 1,12 / (0,244 \cdot 0,920) = 44,4$$

Приймаємо $N_{\text{уст}} = 45$ секцій.

Другий поверх

а) всі приміщення, крім зали спортивних занять:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ст}} = 0,5 \cdot (85 + 65) - 18 = 57^\circ \text{C}$$

$$q_{\text{пр}} = 758 \cdot (57 / 70)^{1,03} \cdot 1^{0,1} = 613,4 \text{ Вт/м}^2$$

$$F_p = (71900 - 61000) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 613,4 = 20 \text{ м}^2$$

$$N_p = 20 \cdot 1,12 / (0,244 \cdot 0,920) = 100$$

Приймаємо $N_{\text{уст}} = 100$ секцій.

б) зала спортивних занять

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ст}} = 0,5 \cdot (85 + 65) - 18 = 57^\circ \text{C}$$

$$q_{\text{пр}} = 758 \cdot (57 / 70)^{1,03} \cdot (0,1 / 0,1)^0 \cdot 1 = 620 \text{ Вт/м}^2$$

$$F_p = (71900 - 6150) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 613,4 = 19 \text{ м}^2$$

$$N_p = 19 \cdot 1,12 / (0,244 \cdot 0,920) = 97,8$$

У залі для спортивних занять приймаємо $N_{\text{уст}} = 98$ секцій.

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2.1.4 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Методика гідравлічного розрахунку теплопроводу системи водяного опалення взята з [1]. До гідравлічного розрахунку теплопроводів виконують аксонометричну схему системи опалення з усією запірною-регулюючою арматурою. До складання цієї схеми приступають після того, як розрахована теплова потужність системи опалення, вибраний тип опалювальних приладів та знайдено їх кількість для кожного приміщення; розташовані на поверхових планах будівлі опалювальні прилади, гарячі та зворотні стояки, а на планах горища та підвалу - подаючі та зворотні магістралі.

На планах поверхів, горища, підвалу гарячі та зворотні стояки системи опалення повинні бути пронумеровані, а на аксонометричній схемі крім стояків нумерують всі розрахункові ділянки циркуляційних кілець - ділянки труб, а також вказують теплове навантаження на довжину кожної ділянки. Сума довжин всіх розрахункових ділянок складає величину розрахункового циркуляційного кільця.

Обирають головне циркуляційне кільце. В двотрубних системах – це кільце, що проходить крізь нижній прилад дальнього стояка. Можна вибрати ще й допоміжне кільце та ув'язування його з головним.

Розрахунковий циркуляційний тиск визначається за формулою:

$$P_p = 1,1 \cdot (\Delta P_{c.o} + 0,4 P_E), \text{кПа},$$

де $\Delta P_{c.o}$ – витрати тиску у системі опалення, кПа;

P_E - природний максимальний тиск, кПа, $P_E = 10^{-3} \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t (H_{\max \text{ пр}} - H_{\text{дт}})$, кПа,

де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

β – середнє прирощення об'ємної маси води при її охолодженні на 1°C

$\beta = 0,624 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{K)}$;

$H_{\max \text{ пр}} = +3,7 \text{ м}$ – відмітка опалювального приладу віддаленого від джерела тепла;

$H_{\text{дт}} = 0,2 \text{ м}$ – відмітка джерела тепла при $\Delta t = 20^\circ\text{C}$;

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$P_E = 0,122(H_{\max \text{ пр}} - H_{\text{дт}}) = 0,122(3,72 - 0,2) = 0,43 \text{ кПа} = 430 \text{ Па}$$

Система опалення повинна бути запроектована так, щоб виконувалася умова: $\Delta P_{c.o} > A \cdot \frac{P_E}{z}$, де $A = 7$ – для двохтрубних систем; $z=1$ – кількість відособлених зон.

Величина мінімального гідравлічного тиску:

$$\Delta P_{c.o \text{ min}} = 7 \cdot 0,43 / 1 = 3,0 \text{ кПа}$$

Тоді циркуляційний тиск:

$$P_p = 1,1 \cdot (3 + 0,4 \cdot 0,43) = 3,5 \text{ кПа}$$

При розрахунку за методом питомих втрат тиску для вибору діаметрів теплопроводів визначається середнє значення питомого падіння тиску по головному циркуляційному кільцю.

$$R_{cp} = (1-k) \cdot \Delta p_p / \sum l,$$

де k – коефіцієнт, що враховує долю втрати тиску на місцеві опори від загальної величини розрахункового тиску;

$\sum l$ - загальна довжина розрахункового циркуляційного кільця, м;

Δp_p - розрахунковий циркуляційний тиск, Па.

$$R_{cp} = (1-0,35) \cdot 3500 / 65 = 34 \text{ Па/м}$$

Визначаємо витрати води на систему опалення:

$$G = 3,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{Q}{c \cdot \Delta t},$$

де c – теплоємність води;

Q – теплове навантаження системи, Вт

$$G = 3,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{24}{4,187 \cdot 20} = 1030 \text{ кг/год.}$$

Циркуляційний тиск кільця

$$- \Delta p_p = \sum (R \cdot l + z) n - 0,4 \cdot h \cdot (\rho_o - \rho_r)$$

$$- \Delta p_p = 22500 \text{ Па}$$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Середнє значення питомої лінійної втрати тиску

$$R_{\text{ср}} = 0,65 \cdot 22500 / 38 = 380 \text{Па/м}$$

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів окремих ділянок головного циркуляційного кільця.

Ділянка 1: радіатор – 1 шт. $\xi=2$; відвід $\varnothing 15$ 3 шт. $\xi = 2$; кран подвійного регулювання 4шт. $\xi=4$, таким чином $\sum \xi = 12$

Ділянка 2: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

Ділянка 3: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

Ділянка 4: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

Ділянка 5: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$; відвід 1 шт. $\xi = 1$; вентиль 1 шт. $\xi = 3$, $\sum \xi = 5$

Ділянка 6: відвід 1 шт. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

Ділянка 7: трійник на звороті 1 шт. $\xi = 1,5$; відвід 2 шт. $\xi = 1$; вентиль 1 шт. $\xi = 2,5$, $\sum \xi = 6$

Ділянки 8...14 аналогічні ділянцям 1...7

Визначення коефіцієнтів місцевих опорів допоміжного кільця (перший поверх)

Ділянка 1: радіатор – 1 шт. $\xi=2$; відвід $\varnothing 15$ 2 шт. $\xi = 2$; кран подвійного регулювання 1шт. $\xi=4$, таким чином $\sum \xi = 10$

Ділянка 2: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

Ділянка 3: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

Ділянка 4: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

Ділянка 5: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$; вентиль 1 шт. $\xi = 2,5$, $\sum \xi = 3,5$

Ділянка 6: трійник на звороті 1 шт. $\xi = 1,5$; відвід 2 шт. $\xi = 1$; вентиль 1 шт. $\xi = 2,5$, $\sum \xi = 6$

Отримані результати гідравлічного розрахунку заносимо до таблиці 2.1.

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблиця 2.1

Результати гідравлічного розрахунку

№ діл.	q, Вт	G, кг/год.	d, мм	l _в , м	ξ	v, м/с	R, Па/м	R l, Па	Z, Па	Rl+z Па
1	3730	160	15	4	12	0,22	80	320	341	661
2	6390	274	15	5,5	1	0,40	220	1210	79	1289
3	9050	389	20	3,5	1	0,31	90	315	47	362
4	10640	457	20	3	1	0,34	110	330	57	386
5	14370	617	20	4,5	5	0,47	200	920	544	1464
6а-б	14370	617	20	1	1	0,47	200	200	109	308
7	23920	1027	20	9	6	0,79	550	4950	1889	6839
8	23920	1027	20	9	6	0,79	550	4950	1889	6839
9а-б	14370	617	20	4,5	1	0,47	200	920	109	1029
10	14370	617	20	3	5	0,47	200	600	544	1144
11	10640	457	20	3	1	0,34	110	330	57	387
12	9050	389	20	3,5	1	0,31	90	315	47	362
13	6390	274	15	5,5	1	0,40	220	1210	79	1289
14	3730	160	15	4	12	0,24	80	320	341	661

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

Допоміжне кільце (перший поверх)

№ діл.	q, Вт	G, кг/год.	d, мм	l _в , м	ξ	v, м/с	R, Па/м	R l, Па	Z, Па	Rl+z, Па
1	1910	82	15	4	10	0,12	24	96	71	167
2	3820	164	15	3	1	0,24	80	240	28	268
3	5730	246	15	4	1	0,36	180	720	64	784
4	7640	328	15	2	1	0,48	320	640	113	753
5	9550	410	15	1	3,5	0,61	500	500	642	1142
6	23920	1027	25	9	6	0,50	180	1620	765	0000
7	23920	1027	25	9	6	0,50	180	1620	765	2385
8	9550	410	15	2	3,5	0,61	500	1000	642	1142
9	7640	328	15	2	1	0,48	320	640	113	753
10	5730	246	15	4	1	0,36	180	720	64	794
11	3820	164	15	3	1	0,24	80	240	28	268
12	1910	82	15	4	10	0,12	24	96	71	167

Нев'язка = $(22450 - 20260)100 / 22450 = 9,2\%$

Умова виконується.

Підбір циркуляційного нагнітача

Тиск циркуляційного нагнітача, кПа

$$P_n = 1,1 \cdot (\Delta P_{c.o} - 0,4 P_E),$$

де $\Delta P_{c.o}$ – гідравлічний тиск, втрата тиску у системі опалення, Па;

P_E – природний тиск, Па.

$$P_H = 1,1 \cdot (2,3 - 0,4 \cdot 0,43) = 2,3 \text{ кПа}$$

Витрата нагнітача розраховується за формулою:

$$V = \frac{3,6 \cdot Q_{c.o}}{c \cdot (t_r - t_x) \cdot \rho} = \frac{3,6 \cdot 71900}{4,19 \cdot (85 - 65) \cdot 980} = 3,1 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де $Q_{c.o}$ – потужність системи опалення, Вт;

c – теплоємність води;

ρ – густина води при $t = 65^\circ\text{C}$;

t_r, t_x – температура води на подачі та звороті.

Продуктивність циркуляційного нагнітача, $\text{м}^3/\text{год.}$:

$$g = \frac{Q_{c.o}}{(t_r - t_x) \cdot \rho} = \frac{71900}{(85 - 65) \cdot 980} = 3,65 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Обираємо циркуляційний нагнітач – марки 32PO_e120A/B з каталогу PO_e system Grundfos.

2.2 Система вентиляції приміщення спортивної зали

2.2.1 Розрахунок повітроводу

Методика розрахунку взята з [21] за ВСН 46-86 (спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди) приймаю кратність обміну повітря $80 \text{ м}^3/\text{год.}$ на кожного відвідувача. Кратність обміну однакова для притоку та витяжки.

Витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год.}$:

$$L = n \cdot N = 80 \cdot 30 = 2400 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де n – кратність обміну, $\text{м}^3/\text{г}$;

N – кількість відвідувачів.

Приймаємо три системи з витратою повітря по $800 \text{ м}^3/\text{год.}$

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Повітровід вибираємо сталевий, круглий з діаметром 315мм [23]

Визначаємо переріз повітроводу, м²:

$$f = \frac{L}{3600 \cdot V} = \frac{800}{3600 \cdot 4} = 0,06 \text{ м}^2,$$

де v – швидкість повітря у повітроводі, м/с.

Витрати тиску на ділянці, Па, визначаються:

$$\Delta p = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot v^2 \frac{\rho}{2} = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho L^2}{2 g v^2} = \xi' A L^2 = S L^2 = 20 \text{ Па},$$

$$\text{де } \xi' = \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi = 0,085 \cdot 8 + 3,2 = 3,9 \text{ Па};$$

$$A = \frac{\rho}{2 g v^2} = 7,61 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{год}^2 / \text{м}^6 \quad [18];$$

$$S = A \cdot \xi' = 7,61 \cdot 10^6 \cdot 3,88 = 29,5 \cdot 10^6 \text{ Па}^2 \cdot \text{год}^2 / \text{м}^2$$

Реальна швидкість у повітроводу, м/с:

$$V = \frac{L}{g v} = \frac{800}{280} = 2,8 \text{ м/с},$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

d - внутрішній діаметр розрахункової ділянки, м;

l – довжина розрахункової ділянки, м;

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевого опору;

v – швидкість руху повітря, м/с;

ρ – густина повітря, кг/м³;

ξ' - приведений коефіцієнт місцевих опорів розрахункової ділянки;

A – питомий швидкісний тиск, Па·год²/м⁶, що виникає при проходженні по повітроводу 1 м³/год. повітря;

S – питома гідравлічна характеристика ділянки трубопроводу, Па·год²/м⁶, дорівнює витраті тиску при витраті повітря 1 м³/год.

g_v – питома витрата повітря у повітроводі, с · м³/год.

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

За каталогом обираємо обладнання системи вентиляції:

шумоглушник LDC 315 $\Delta p = 10 \text{ Па}$,

фільтр FGR 315 $\Delta p = 50 \text{ Па}$.

Кількість тепла та нагрів припливного повітря, Вт:

$$Q = 0,287 \cdot G \cdot C_B \cdot (t_K - t_H),$$

де G – витрата повітря у приміщенні. $\text{м}^3/\text{год.}$;

C_B - теплоємність повітря.

$$Q = 0,287 \cdot 800 \cdot 1 \cdot (19 - (-20)) = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

Обираємо нагрівач СВ/315, $\Delta p = 100 \text{ Па}$.

Сумарні витрати тиску у повітроводі, Па:

$$\Delta p = 20 + 160 = 180 \text{ Па}$$

Обираємо тип вентилятору за каталогом.

Витрата вентилятору - 200 Па ,

Потужність - $0,18 \text{ кВт}$,

Напруга - 230 В .

Приймаємо, що повітря виводиться з приміщення крізь витяжні шахти.

Також приймаємо для витяжної системи три вентилятори на даху марки TFE-400-4 з витратою повітря по $800 \text{ м}^3/\text{год.}$ кожний.

Потужність $0,48 \text{ кВт}$, напруга 230 В .

2.3 Системи холодного та гарячого водопостачання

У спортивному комплексі запроектовано господарчо-питний водопровід та гаряче водопостачання. Джерелом гарячого водопостачання є котел у топковій кімнаті. Трубопроводи монтуються з водопровідних труб за ДСТУ 8936:2019. Стояки водопостачання у місцях перехрестя з перекриттям заключні у гільзи з

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

покрівельної сталі, краї гільз виступають на 20-30мм вище бетонного перекриття. На водоводах та лініях водопровідної мережі встановлені наступні елементи: поворотні затвори; клапани для випуску повітря у процесі зливу і заповнення трубопроводів; клапани для випуску та заземлення повітря; випуски для спуску води при зливі трубопроводу; компенсатори; монтажні вставки; регулятори тиску.

Водоводи та водопровідні мережі запроектовані з нахилом 0,001 у напрямку до випуску.

2.3.1 Розрахунок витрати води для гарячого водопостачання

Гаряче водопостачання це подача у приміщення гарячої прісної води певних визначених параметрів.

Методика розрахунку взята з ДБН В.2.5-67:2013 [11].

Середня тижнева витрата тепла, Вт

$$Q_{\Gamma}^{сер} = \frac{a \cdot m \cdot c \cdot (t_{\Gamma} - t_{\chi})}{\kappa_c} = \frac{180 \cdot 25 \cdot 4,2 \cdot (85 - 5)}{16} = 94500 \text{ Вт} = 94,5 \text{ кВт},$$

де а – норма гарячої води на одного споживача, л/добу;

m – кількість споживачів;

c – теплоємність води, кДж/(кг·°C)

t_Г – температура гарячої води на тепlopостачанні, °C;

t_х - температура холодної води , яка приймається узимку 5°C;

κ_c – час подачі гарячої води протягом доби, год.

Середня витрата тепла на гаряче водопостачання за добу найбільшого водовикористання:

$$Q_{\Gamma}^{сер.доб} = X_c \cdot Q_{\Gamma}^{сер} = 1,2 \cdot 94,5 = 113,4 \text{ кВт},$$

де X_c – коефіцієнт нерівномірності використання води за добу

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Розрахункова максимальна годинна витрата гарячої води:

$$Q_G^P = X_4 \cdot X_c \cdot Q_G^{cep} = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 94,5 = 56,7 \text{ кВт}$$

Діаметри труб для гарячого водопостачання приймаємо 16×2,2; 25×2,5 та 40×5,6.

2.3.2 Холодне водопостачання

Внутрішній водопровід складається з введів вodomірних вузлів, стояків, запірної та регулюючої арматури. Норми та правила прокладання внутрішніх водопровідних мереж містяться у ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013. Внутрішній водопровід влаштований за схемою з нижньою розводкою. Розводяща магістраль прокладена у підвалі.

Мережі водопроводу спорткомплексу виконуються з сталевих оцинкованих труб діаметром 20мм та 16мм, та з не оцинкованих труб діаметром 40мм. Стояки та розводки прокладені у панелях, блоках та санітарно-технічних кабінах. Відкрите прокладання стояків та розводок по стінах та перегородках виконується лише у вбиральнях, душових, санвузлах та у кухні. При скритому прокладанні трубопроводів у стінах виконуються борозни з штукатуренням; у місцях встановлення арматури виконують дверцята. На кожному вводі внутрішньої водопровідної мережі встановлюється запірна арматура вентильного типу.

Норми витрати води у душових на одну сітку – 500л/год., в умивальниках – 200л/год. на кожен кран.

2.4 Підбір джерела тепlopостачання для спортивного комплексу

$$Q_{дж} = Q_{o.c} + Q_{вент} + Q_{гар.в} + Q_{під.оп},$$

де $Q_{o.c}$ – потужність опалювальної системи, Вт;

$Q_{вент}$ - потужність вентиляційної системи, Вт;

$Q_{гар.в}$ – витрата теплоти для гарячого водопостачання, кВт;

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$Q_{\text{під.оп}}$ - теплова потужність на під підлогове опалення, кВт.

$$Q_{\text{дж}} = 71,9 + 9 + 56,7 + 85 = 222,6 \text{ кВт}$$

У якості джерела теплопостачання для спортивного комплексу приймаємо модуль нагріву МН – 240кВт. Він складається з шести опалювальних елементів, потужність кожного становить 40кВт. Модуль нагріву оснащений системою автоматичного управління і автоматикою безпеки. Елементи встановлюються один над іншим з паралельним підключенням по воді й газу. Кожен агрегат має пальник на мінінасос, чим забезпечується внутрішня циркуляція води в модулях нагріву. Температура води може бути до 95°C. ККД модулю становить не менш, ніж 90%, і не змінюється при зниженні потужності.

					КР.144.6241м.06.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунковий розділ			Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Круга С.М.							НУК		
Керівник	Бондаренко М.С									
Консульт.										

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка підпідлогового опалення спортивної зали

В останні роки все більше розповсюдження отримують системи підпідлогового опалення «тепла підлога». Підвищений інтерес до систем підпідлогового опалення пов'язана з їх перевагами. Формування теплового комфорту у приміщеннях забезпечується високим рівнем приємного для людини теплового випромінювання, що складає 50-70% теплового потоку. Комбінація з теплового випромінювання та повільного конвективного теплового потоку є найкращим технічним рішенням, що забезпечує принадність підпідлогового опалення. Незважаючи на те, що можна використовувати однакові джерела тепла, підпідлогове опалення відрізняється від радіаторного, зокрема методами розподілу тепла. Основна перевага полягає у використанні у якості теплоносія води, яка циркулює по гріючому контуру з труб. Вода має високий тепловміст на одиницю об'єму і може нагріватися різними джерелами енергії. Вода чиста, не токсична та завжди доступна. Низька температура води (найбільш економічні температурні параметри на вході / на виході – 55/45°C), при якій працюють системи підпідлогового опалення, запобігає економічності тепла. При цьому знижується неефективність втрати тепла трубами на шляху від джерела тепла до опалювального простору. У порівнянні з іншими опалювальними системами (наприклад, радіаторне опалення), у яких використовується той самий теплоносій, вода опалення характеризується іншим засобом розподілу тепла. Практичний досвід показує, що підпідлогове опалення, завдяки участі всієї поверхні підлоги у емісії тепла, забезпечує виключно рівномірний горизонтальний розподіл температур та близьке до ідеального вертикальний розподіл.

Відмінно від радіаторного опалення підпідлогова система не запобігає виникненню несприятної для людини позитивної іонізації повітря та при її використанні, що дуже важливо, підтримується оптимальна вологість повітря. Підпідлогова система гігієнічна, оскільки при мінімальних теплових потоках пил у примі-

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

щенні практично не циркулює. Вона скрита, підходить для сучасного дизайну, і при відсутності опалювальних приладів є можливість більше раціонального використання площі житлового або офісного приміщення.

Від підпідлогових систем, що використовують у якості теплоносія електроенергію, водяні системи вигідно відрізняються відсутністю додаткового навантаження електромагнітних полів.

Необхідно відмітити також економічний фактор: при підпідлоговому опаленні економиться теплова енергія на 20-30% в житлових будинках, а у приміщеннях з високими стелями (наприклад, спортзали) цей показник може дорівнювати 50%.

У дипломній роботі пропонується підпідлогове опалення спортивної зали, так як передбачаються вправи лежачі. Люди повинні відчувати себе комфортно, займаючись фізичною культурою.

Для підпідлогового опалення пропонується використовувати труби Акватерм з полібутена діаметром 18×2,5 та довжиною 290м. Труби Акватерм не забруднюються та не заростають завдяки гладкій поверхні, на якій не осаджуються хімічні та механічні відкладення, стійкі до корозії та агресивним середовищам, мають низьку теплопровідність, забезпечують повільне охолодження води у системі, мають низьку звукопровідність, що забезпечує безшумну роботу системи; мають низький коефіцієнт опору при русі по ньому рідини та забезпечують високу швидкість її транспортування, довговічні, безаварійна експлуатація не менш 50 років, мають гнучкість, що дозволяє гнути трубу на відповідний кут шляхом холодного гнуття, легко ріжуться та обробляються простим інструментом.

Норми вимог по енергозбереженню для опалювально-технічних установок та установок для гарячого водопостачання (Норми для опалювальних установок 04.08.1998р.) передбачають наступне:

- опалювально-технічні установки необхідно оснащувати автономними приладами для регулювання температури в окремих приміщеннях;
- для груп однотипних нежитлових приміщень одного виду та призначення допускається групове регулювання.

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таким чином, кожне встановлення опалення підлоги у житлових будівлях повинно бути оснащено регуляторами для кожного приміщення.

Згідно норм для опалювальних установок, системи теплопідлог вимагають попереднього регулювання. У ряду випадків ця вимога виконується за допомогою окремого контуру руху теплоносія. При використанні комбінованих установок використовується зворотне змішування. Таким чином, для обох контурів забезпечується попереднє регулювання, яке керується зовнішніми температурами.

При використанні теплопідлоги доцільно виконувати зниження температури у нічні часи. Для цього достатньо лише відповідним чином попередньо встановити час підвищення та зниження температури. Як правило, слід виходити з часу інерції перегріву / остигання приблизно 1,5-3 години.

Наявність попередження від перевищення температури є обов'язковою вимогою. Як правило, для цієї мети встановлюють накладні термостати, які при перевищенні встановленої температури або відключають циркуляційний нагнітач, або запирають змішувальний привід. Після цього необхідно включити гравітаційне гальмо або зворотний клапан. Запобіжник від перегріву треба встановити на відмітці 60°C.

3.2 Вибір обладнання системи «тепла підлога»

Пропонується включити в систему сервопривод на 230 В. Електротермічний сервопривод – це регулюючий прилад, що підходить до вентилів розподілу контуру нагріву. Корпус виконаний з жаростійкого, протиударного штучного матеріалу. Сервопривод має провід для підключення довжиною 1м та завдяки своїй компактній конструкції підходить до встановлення у розподільній шафі. Сервопривод забезпечує рівномірний процес відчинення та зачинення. По закінченні часу запізнювання (близько 2...3 хв.) за допомогою електрообігрівуючої системи розширення відбувається процес відчинення. Процес зачинення відбувається після закінчення подачі напруги за рахунок охолодження системи розширення.

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

До системи опалення повинен входити термостат з таймером. Він додатково оснащений приладом автоматичного зниження температури.

Використання термостату з таймером дозволяє запрограмувати автоматичне зниження температури у нічний час. Термостат має такі технічні дані – 230 В, 50 Гц, 10А.

За допомогою регулюючого розподільника (230 В) сервоприводи швидко та без проблем підключаються до термостату з таймером.

Таким чином, можна запобігти заплутуванню кабелів у розподільних коробках або кабельних каналах. Компактна конструкція розподільника дозволяє встановлювати його у розподільних коробках.

Бездоганне регулювання температури у приміщенні крізь регулюючий розподільник досягається завдяки:

- чіткому розподілу відповідних виводів;
- зручному кабелепроводу;
- можливості підключення до 6 кімнатних термостатів;
- можливості підключення до 12 сервоприводів;
- має захист від пере навантаження та перенапруження;
- можливість швидкого монтажу у розподільній шафі.

Наступний елемент системи – розподільник контурів нагріву.

Корпус розподільника контурів нагріву:

- виготовлений з високоякісної латунної труби MS 63;
- з обох боків оснащений зовнішньою різьбою для: плоского герметичного підключення; заглушок з різьбою; наповнюючого крану; повітря випускного крану.

- оснащений шаровими кранами для трубопроводів тих, що подають та відводять;

- монтується на оцинкованих звукоізованих кронштейнах згідно нормам DIN4109;

- клапани подаючого трубопроводу обладнані захисними ковпачками;

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- клапани трубопроводу, що відводить, можуть регулюватися і перекриватися;

- клапани трубопроводу, що відводить, підходять до всіх затискних різьбових з'єднань.

У системі, яка проектується, чотири контури нагріву. Довжина розподільника контурів дорівнює 400 мм.

Клапани подаючого трубопроводу оснащені посадочними місцями, які дозволяють без особливих зусиль змінити ручний захисний ковпачок на електротермічний сервопривод або регульований ручний ковпачок. Корпус клапана подаючого трубопроводу оснащений шпинделем з сталі на подвійному кільцевому ущільненні.

Гідравлічне вирівнювання контуру нагріву виконується за допомогою запірного регулюючого клапану трубопроводу, що відводить.

Загальна довжина розподільника з центром розподілу складає 485мм.

Все обладнання, яке описувалося раніше, для системи тепlopідлог встановлюється у розподільній шафі Акватерм.

Розподільна шафа Акватерм «Universal» для монтажу під штукатурку виготовлена з листової сталі, підданий гарячому цинкуванню.

Переваги шафи для захованого встановлення:

- універсальне кріплення (S - подібний профіль), що плавно розсовується по вертикалі та горизонталі;

- висувна рама з дверима, покрита білим лаком згідно норм RAL9010;

- планка основи регулюється по висоті підлоги;

- отвори для труби з обох боків, що робить можливим підключення з любого боку;

- бокові ніжки, що встановлюються на максимальну висоту до 60мм та служать у якості опори.

Габаритні розміри шафи:

Висота 700-850мм; ширина 550 мм; глибина 110-150 мм

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3.3 Розрахунок системи «тепла підлога»

Методика для розрахунку взята з каталогу «Теплі підлоги» фірми Акватерм [5].

Відкоректоване споживання тепла:

$$Q_{Ber} = Q_N - q_{FB} = 72 - 8 = 64 \text{ кВт}$$

де Q_N – стандартне споживання тепла, кВт;

q_{FB} – потік тепла, що проходить крізь підлогу.

Верхнє покриття підлоги виявляє значну дію на густину теплового потоку, що виходить з системи нагріву підлоги. Опір покриття підлоги теплопередачі залежить від властивостей матеріалів. ($R_{\lambda B} = 0,105 \text{ (м}^2\text{K)/Вт}$)

Допустима площа для кожного нагрівального контуру в залежності від розподілу між трубами (VA75) складає $9,6 \text{ м}^2$.

Перед розподільником контурів нагріву прокладають на дуже близької відстані труби, що відводять. Оскільки ці трубопроводи також виділяють тепло, температура поверхні при існуючих умовах може стати вище припустимого значення. Тому відповідна частина пов'язуючих трубопроводів повинна бути покрита ізолюванням матеріалом.

Теплова потужність опалення:

$$q' = B \cdot \alpha_B \cdot \alpha_T^{M_T} \cdot \alpha_y^{M_y} \cdot \alpha_d^{M_d} \cdot \Delta v_n$$

де B – дія матеріалу труб, товщини стінок труб та покриття труб на густину теплового потоку;

α_B – коефіцієнт покриття підлоги;

α_T – коефіцієнт розподілу;

α_y – коефіцієнт захисного шару;

α_d – коефіцієнт зовнішнього діаметру труби;

Δv_n – надмірна температура теплоносія;

$M_T = 1 - T/0,075; \quad (0,050 \leq T \leq 0,375\text{м}),$

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$M_y = 100(0,045 - S_y); \quad (S_y \leq 0,015m),$$

$$M_d = 250(D - 0,020); \quad (0,012 \leq D \leq 0,030m)$$

$$q' = 6 \cdot 10^{-13} \cdot 20 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 24 = 85 \text{ кВт}$$

Надмірна температура теплоносія Δv_n розраховується як логарифмічна функція з температури трубопроводу, що подає, v_v , температури трубопроводу, що відводить, v_R та температури приміщення спортзалу v_i . Так виконується врахування дії різниці температур

$$\Delta v_n = \frac{v_v - v_R}{\ln((v_v - v_i) / (v_R - v_i))}$$

$$\Delta v_n = \frac{60 - 30}{\ln((60 - 18) / (30 - 18))} = 30 / 0,6 = 24^\circ \text{C}$$

Друга умова комфортності виконується (до 33°C).

Температура трубопроводу, що подає 60°C ; зворотного 30°C .

Температура у спортивному залі прийнята згідно норм для спортивних будівель і дорівнюється 18°C .

Розрахункова густина теплового потоку:

$$Q_n = (1 + \chi) \cdot Q_N = (1 + 0) \cdot 72 = 72 \text{ кВт}$$

Як правило, розрахунковий коефіцієнт $\chi=0$, якщо збільшення міцності тепла можливе за рахунок збільшення температури теплоносія.

Розрахункова густина теплового потоку ідентична тепловому потоку, який необхідний для покриття теплової потужності.

По закінченні розрахунку системи опалення теплопідлоги зробимо перевірку. За даними таблиці, яка приведена у каталогу Акватерм (система теплих підлог) знаходимо теплову потужність за своїми даними. Вона дорівнює розрахованій тепловій потужності.

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3.4 Структура та організація підпідлогового опалення

Системи водяного опалення являють собою багатошарову конструкцію, яка встановлюється на бетоні або на дерев'яні перекриття. Вона повинна відповідати всім нормам по теплоізоляції, звукоізоляції та міцності. Для спортивного комплексу з наливними бетонними підлогами система підпідлогового опалення проектується як система «мокра укладка». В неї прийняті шари: бетонна плита, гідроізоляція, звуко- та теплоізоляція, плівка, труби, бетонна стяжка, цегляний шар для вирівнювання підлоги та покриття. Бетон добре проводить тепло, та цій наливний шар служить екраном для розподілу тепла по поверхні підлоги.

При проектуванні системи «тепла підлога» пропонується укладка труб спіральну «завитка». Вона найбільш оптимальна, тому що вона забезпечує рівномірний розподіл тепла. При такої укладці пряму та зворотну труби укладають поруч, домагаючись більш рівномірного виділення тепла на кожній ділянці підлоги. При цьому засобі різниця температур під трубою, що подає, та зворотною трубою практично не помітна.

Відстань поміж трубами пропонується зробити 50мм. Труби укладаються на шар тепло ізолятору, приєднуються до загальної системи опалення і заповнюються теплоносієм під тиском. Кріплення труб у контурах здійснюється за допомогою арматурної сітки та проволочи. Цей засіб визначається простотою та має додаткову перевагу за рахунок збільшення міцності механічної стяжки підлоги при її армуванні. крім того, завдяки сітці труби будуть повністю утоплені у бетоні, гарантують при цьому максимальну тепловіддачу.

Система працює за принципом подаючого та зворотного колекторів, кожна петля контролюється з обох кінців. Регулююче обладнання (термостат та виконавчі механізми) забезпечує регулювання кімнатної температури, що ґрунтується на відкритті та закритті потоку води (двохпозиційне регулювання).

Таким чином, підпідлогові опалювальні системи «тепла підлога» гарантують здоровий клімат при найвищому комфорті у любых приміщеннях. Системи забезпечують також високу екологічність та економічність підпідлогового опалення.

					КР.144.6241м.06.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Дослідницький розділ	Літ.		Арк.	Аркушів		
Студент	Крута С.М.										
Керівник	Бондаренко М.С					НУК					
Консульт.											

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Аналіз проблеми і формулювання задачі дослідження

Питання підвищення енергоефективності систем опалення та гарячого водопостачання і зменшення споживання енергоносіїв є доволі актуальним.

В результаті розвитку сучасних технологій для опалення будинків і великих заміських приміщень є чималий вибір видів систем опалення, що працюють на різного виду паливах, як наприклад, газове, мастильне, електричне, тепловий насос, вугільний котел, піч, камін, камін з водяним рукавом, сонячні колектори.

Основними критеріями вибору системи опалення є ціна палива та пристроїв, що входять до складу системи, а також її надійність.

Шляхами підвищення рівня енергоефективності систем опалення будинків є застосування сучасних технологій і приладів для генерування і розподілу теплової енергії та алгоритмів оптимального використання палива.

Таким чином, маємо **задачу дослідження**: розробити вискоелективну систему теплопостачання будівлі.

4.2 Загальна інформація про комбіновані системи опалення

Проблемою проектування систем життєзабезпечення є зменшення затрат на паливо, зокрема на природний газ, який наразі є одним із найдорожчих палив, що використовується для опалення і гарячого водопостачання. Вирішенню цієї проблеми сприяє поява комбінованих систем опалення, в яких можуть бути використані різні джерела енергії, що поживають різні палива (наприклад, газове і тверде).

Внаслідок коливання цін на ринку одні енергоносії можуть дорожчати, а інші – дешевшати, проте споживач у більшості випадків не має змоги змінювати один енергоносіє на інший. В цьому випадку для забезпечення необхідного рівня

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

комфорту людей в опалювальний період потрібно використовувати альтернативні енергоносії.

Згідно з проведеним у [27] аналізом систем опалення і видів енергоносіїв для них найвигіднішим для опалювання приватних будинків є системи комбінованого опалення. В такому випадку власник приватного будинку на свій розсуд може вибрати систему опалення в залежності від її ефективності, складності, вартості та вигляду. Однак, найголовнішим при цьому залишається вибір палива, на якому працюватиме система опалення.

Однак ефективне управління такими системами є доволі складним процесом. Від того, з яких елементів складається комбінована система опалення будинку та як складено алгоритм її роботи, безпосередньо залежать температура у будівлі та щомісячні витрати на оплату енергоносіїв.

Умови вибору палива для системи опалення будинку є наступними: ціна на паливо; ціна опалювальної системи і вартість її монтажу; вартість обслуговування опалювальної системи; температура повітря холодної пори року в даному регіоні; наявність комунікацій подачі енергоносіїв; призначення будинку (місце постійного проживання або тимчасового перебування чи роботи); наявність тепловитрат і ступеня теплоізолювання; зручність експлуатації системи опалення й палива; наявність певного виду палива в даному регіоні.

Комбіновані системи опалення бувають трьох основних типів:

- комбінована система опалення з застосуванням різних видів палива;
- комбінована система опалення з використанням одного виду палива і різних опалювальних приладів;
- інші види комбінованих систем опалення.

На ринку наявний великий асортимент комбінованих котлів з двома типами пальників, один з яких розрахований на використання рідкого газу, а інший на використання рідкого палива. Існують і більш складні комбінації, коли котел може працювати додатково і на твердому паливі. Деякі котли можуть працювати на рідкому і твердому паливі, балонному і магістральному газі, та ще застосовуються в комбінації з електричним теном. Заміна виду палива найбільш актуальна

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

при підвищенні цін на певний вид палива, запланованій газифікації або при перебоях в постачанні палива.

Однак, вартість і складність комбінованої системи опалення із застосуванням різних видів палива є значно вищими за вартість котлів чи турбокамінів аналогічної потужності.

Комбінована система опалення з використанням одного виду палива і різних опалювальних приладів – це система, де застосовуються настінні радіатори (водяні або електричні) і тепла підлога.

Використання теплої підлоги як пристрою опалення за рахунок того, що тепло надходить знизу і піднімається вгору, забезпечує дуже високий рівень комфорту. Проте повністю відмовлятися від радіаторів опалення не варто. Професіонали зі створення опалювальних систем для заміського будинку рекомендують найчастіше саме комбінований варіант. Оптимальна пропорція, відповідно до їх рекомендацій, це 30 % – від радіаторного опалення. При цьому теплоносій для радіаторів розігрівається до 75 °С, а для теплої підлоги – до 60 °С.

Рентабельність такого комбінування можна підвищити, якщо в різні періоди підключати різні групи опалювальних приладів.

Існує велика кількість варіантів створення комбінованих систем. Вибір комбінації залежить від можливостей і потреб домовласника.

Наприклад, якщо є опалювальна система з котлом, який працює на рідкому паливі, і теплоносієм, який нагріває радіатори, то в міжсезоння економічно не вигідно запускати таку систему. В таку пору року доцільніше просто розпалити камін. У зимовий же час основне навантаження ляже на котел, а камін буде використовуватися тільки для створення затишку.

У південних регіонах країни все більшого поширення набуває комбінація сонячного колектора і газового котла, які з'єднані в одну опалювальну мережу. Це дуже складна система, яка має бути забезпечена надійними елементами автоматики. Влітку вона працює без увімкнення газового котла для отримання гарячої води, а в осінньо-весняний період дозволяє економити ресурс котельного устаткування і паливо.

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Однак у північних регіонах така система менш ефективна. Тут доцільніше буде застосувати в системі опалення тепловий насос. Цей агрегат використовує природне тепло землі, яке є невичерпним джерелом енергії. Існує один недолік такого приладу — висока ціна, яка значно підвищує витрати на створення системи опалення.

В даний час у власників приватних будинків, дач та великих квартир все більшої популярності набуває інтегроване опалення – комплексна система опалення, що є економічним рішенням для опалення будинку та приготування гарячої води на побутові потреби.

Застосування інтегрованого опалення забезпечує енергетичну безпеку споживача завдяки взаємодії кількох незалежних джерел тепла: турбокаміну, геліоколекторів і нагрівального котла будь-якого типу. Інтегроване опалення з функцією буферизації енергії і захистом системи від перегрівання дозволяє використовувати для опалювання будинків сонячні колектори.

У [27] для забезпечення енергоефективного теплопостачання будинку рекомендується використати систему інтегрованого опалення з турбокаміном та інтегратором. Крім того, для забезпечення економії енергоносіїв необхідно провести удосконалення конструкції турбокаміну шляхом застосування термоелектричної батареї.

4.3 Аналіз роботи обладнання інтегрованої системи

4.3.1 Джерело тепла

Каміни з водяним контуром – важлива частина системи комбінованого опалення. Їх робота кардинально відрізняється від роботи звичайних печей та камінів. Такі каміни дають змогу максимально використовувати енергію горіння палива для нагрівання води, яка накопичується в теплоаккумуляторі, а потім застосовується в системі опалення.

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ККД камінів з водяним контуром, в залежності від їх конструкції та виду і якості палива, може досягати 80% і вище. Як правило, такі каміни оснащують повітропроводами, які подають у приміщення тепле повітря.

Розглянемо базові конструкції камінів з водяним контуром [27].

На рис. 4.1 зображено конструкцію каміна з водяною сорочку (ємність з водою, яку розміщено навколо топки).

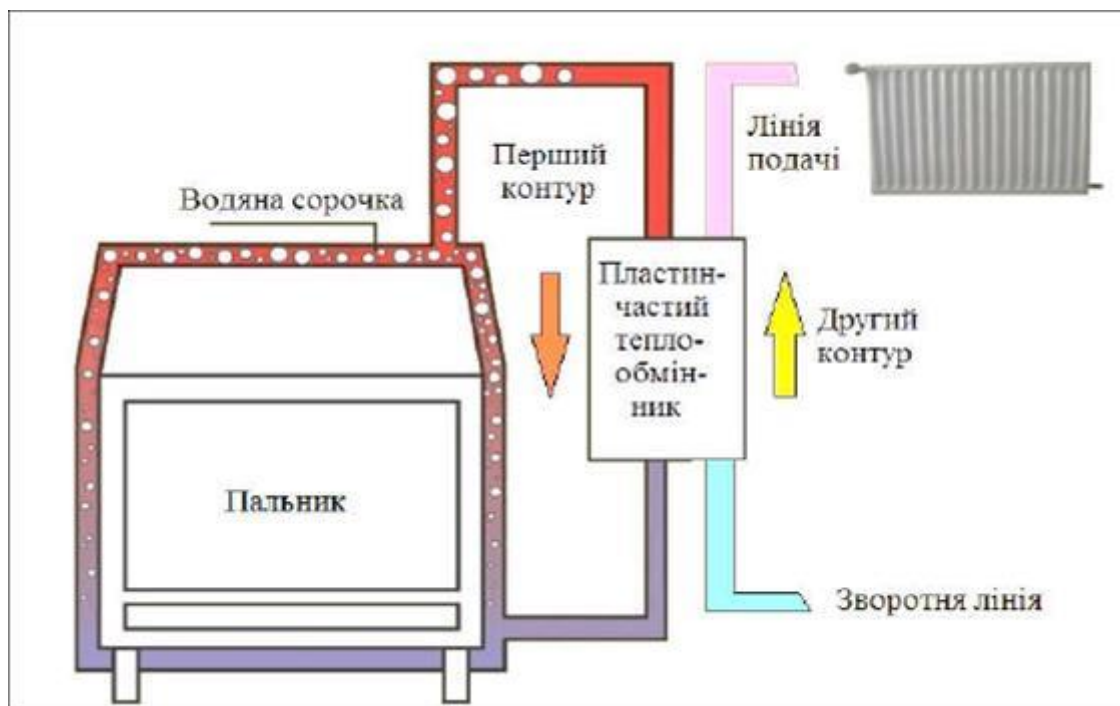


Рис. 4.1 Принципова схема каміна з водяною сорочкою

Водяна сорочка цього каміну разом з трубопроводами утворює перший контур системи опалення. Цей контур замкнутий, рух води у ньому відбувається внаслідок вільної конвекції, що виникає в процесі її нагрівання. Другий контур утворений трубопроводами лінії подачі і зворотної лінії та радіаторами опалення. Тепло від першого контуру до другого передається за допомогою теплообмінника (частіше пластинчастого).

Недоліками каміна з водяною сорочкою є повільний рух теплоносія, значні втрати тепла у пластинчастому теплообміннику, поступове засмічення прохідного

перерізу пластинчастого теплообмінника твердими частками, можливість розриву водяної сорочки при сильному перегріві.

Набагато ефективнішим за камін з водяною сорочкою є турбокамін з вбудованим теплообмінником (рис. 4.2).

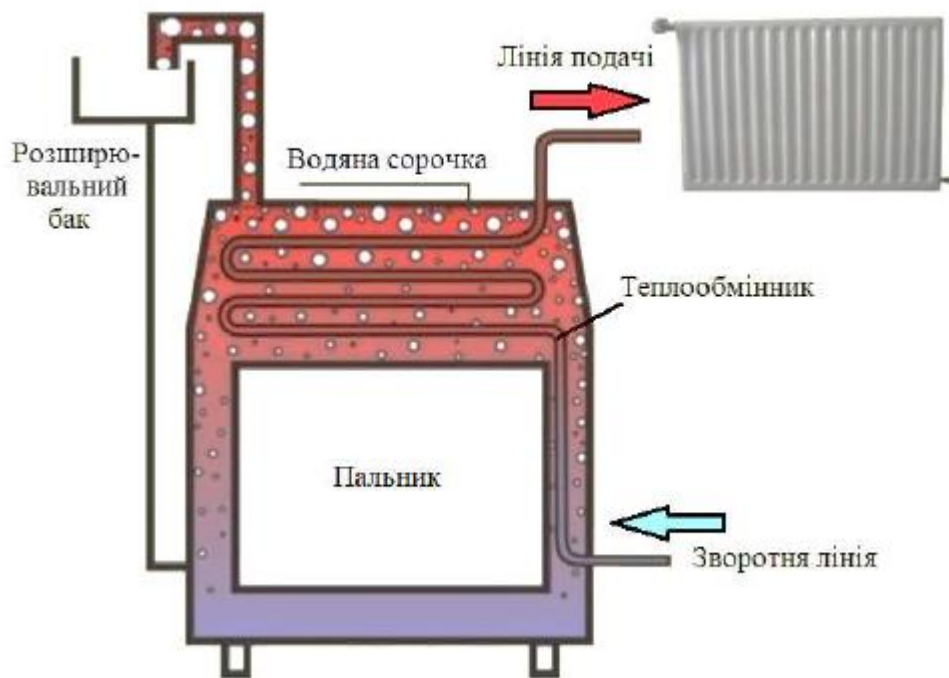


Рис. 4.2 Турбокамін з вбудованим трубчастим теплообмінником

В такій конструкції у водяну сорочку каміна вмонтовано трубчастий теплообмінник, завдяки чому вдається отримати одноконтурну систему опалення. ККД такої системи суттєво вищий, бо тепло від каміна через водяну сорочку відразу передається теплообміннику, який з'єднаний з радіаторами опалення. Вода у опалювальній системі рухається циркуляційним насосом. Завдяки йому відбувається і швидкогой розігрів радіаторів. Надлишок води в сорочці турбокаміну, що виникає внаслідок її розширення від розігріву, виводиться в розширювальний бак. Із баку вона, охоловши, подається назад у водяну сорочку.

4.3.2 Джерело електричної енергії

Циркуляційний насос з системою автоматики та виконавчими механізмами, а також освітлення кімнати, де знаходиться турбокамін, та інших кімнат у будинку вимагають значних затрат електроенергії.

Їх можна уникнути, якщо забезпечити турбокамін автономним живленням, наприклад, від сонячних батарей. Однак, застосування акумуляторів для накопичення електроенергії здорожчує систему і робить її громіздкою. Та й вартість сонячних панелей також є дуже високою (може перевищити вартість турбокаміну).

Аналогічна ситуація виникає при застосуванні як джерела електроенергії вітрогенераторів. До того ж, сонячні панелі та вітрогенератори повинні знаходитись за межами будинку і займати значну площу. А це у багатьох випадках є неприйнятним.

У [27, 29] показано, що найпростішим джерелом електроенергії може служити термоелектрична батарея, в якій електричний потік генерується внаслідок різниці температур між її сторонами. Батерею можна розмістити безпосередньо у турбокаміні. Такий спосіб отримання електроенергії дозволить виробляти і використовувати її тільки у той час, коли турбокамін працює. А сама батарея електрогенеруючих елементів не займатиме місця у приміщенні та не вимагатиме наявності довгих мереж і складних систем для зв'язку зі споживачами.

Застосування термоелектричних генераторів у турбокаміні дозволить забезпечити безперебійне електроживлення системи опалення (автоматики, циркуляційних насосів), що зробить її повністю незалежною від зовнішньої електромережі. Крім того, батарея термоелектричних генераторів, інтегрована в турбокамін, може бути резервним джерелом електроживлення для широкого спектра побутових приладів і приладів освітлення.

В якості термоелектричних генераторів рекомендується використати елементи Пельтьє [27]. За даними [29] обрано елемент Пельтьє TEC1-12706

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Характеристики елемента Пельтьє TEC1-12706:

- максимально допустима температура елемента $t_{\max} = 138\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- оптимальна, при якій настає максимальний ККД, різниця температур між його сторонами 27°C ;
- розміри елемента:
- довжина – 40 мм,
- ширина – 40 мм,
- висота – 3,8 мм;
- експлуатаційний термін служби елемента – 200 тис. год.).

Для нормальної роботи термоелектричної батареї необхідно, щоб вона з однієї сторони нагрівалась, а з іншої – охолоджувалась. При цьому потрібен постійний теплообмін на гарячій стороні елемента Пельтьє для запобігання його перегріву і виходу з ладу.

Проблемою є забезпечення необхідної температури холодної сторони елемента Пельтьє, оскільки вона визначається відносно гарячої поверхні. В промислових виробках для роботи елементів Пельтьє застосовують радіатори на кожній з його сторін та охолодження (як правило, повітряне) нагрітої сторони, для запобігання її перегріву

У випадку з турбокаміном таке рішення є нераціональним, тому що це сильно збільшує розміри термоелектричної батареї і суттєво знижує її надійність.

4.3.3 Розробка схеми комбінованого джерела енергії

Досягти нормальної роботи елементів термоелектричної батареї можна, якщо в турбокаміні застосувати подвійну водяну сорочку – одну холодну, іншу – гарячу [27]. Холодна водяна сорочка повинна бути розміщена ближче до зовнішніх стінок каміна, а гаряча – ближче до пальника. Між цими сорочками і потрібно розмістити елементи термоелектричної батареї. При такому розміщенні можна

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

стабілізувати температуру елементів Пельтьє шляхом перемішування води в гарячій водяній сорочці. Для цього можна використати малопотужний циркуляційний насос. Також, необхідно передбачити можливість поповнення води у гарячій водяній сорочці. Це можна зробити шляхом застосування розширювального бачка. Нагріту воду з холодної водяної сорочки можна просто виливати в каналізацію, час від часу поповнюючи її холодною водою з трубопроводної мережі.

Щоб тепло не передавалось з гарячої водяної сорочки холодній через вузький проміжок повітря між ними, де розміщено елементи Пельтьє, всі порожнини заповнюються теплоізолюючим матеріалом. Теплоізолюючі характеристики матеріалу повинні бути набагато кращі, ніж у повітря.

Кількість води і її температура у водяних сорочках турбокаміну будуть регулюватися циркуляційним насосом, розширювальним баком та системою автоматики.

Принципова схема турбокаміну з подвійною водяною сорочкою наведена на рис. 4.3.

Холодна вода з трубопроводу 1 через кран з електроприводом 2 подається в холодну водяну сорочку 3. У гарячій водяній сорочці 4 розміщено теплообмінник 5 водяної системи опалення будинку.

Між контурами подвійної водяної сорочки турбокаміну розміщено елементи Пельтьє термоелектричної батареї 8. Вільний простір між водяними сорочками для запобігання теплопередачі між ними заповнено тепло ізолюючим матеріалом 9.

Надлишки води, що виникають при нагріванні першого і другого контурів, видаляються з них через патрубки 10, 11 і подаються у розширювальний бак 12. Охолоджена вода з баку 12 по трубопроводу 13 надходить у гарячу водяну сорочку 4.

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

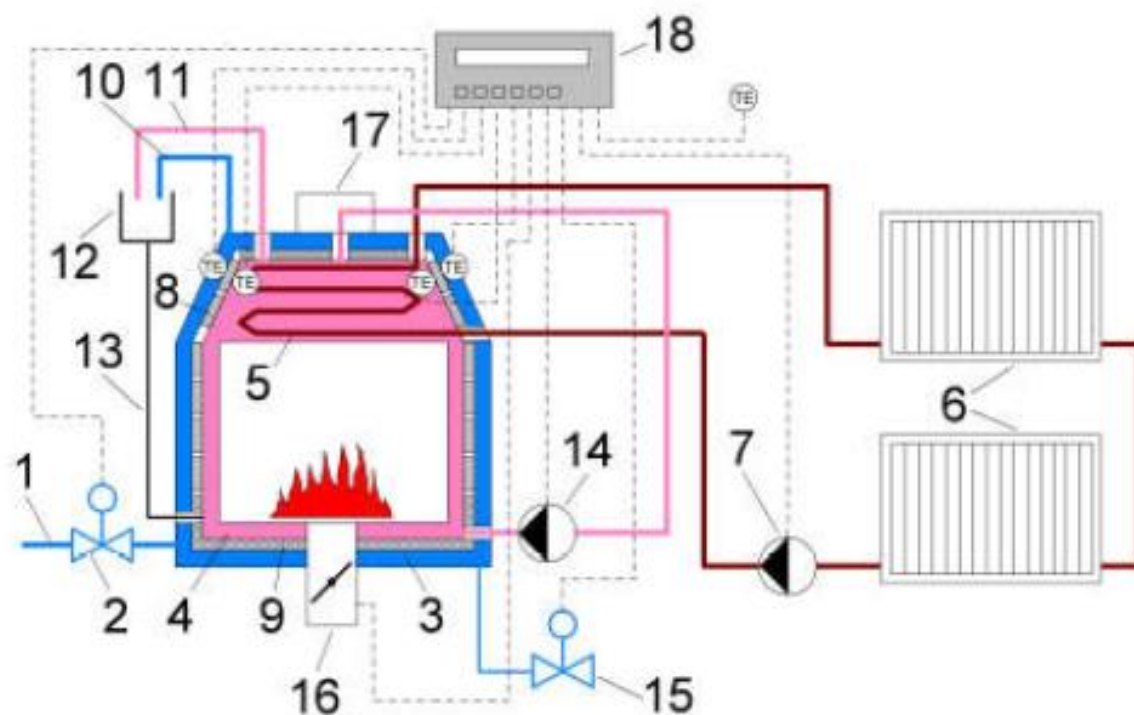


Рис. 4.3 Схема турбокаміну з подвійною водяною сорочкою
і елементами Пельтьє

Теплообмінник 5 приєднано до радіаторів системи опалення 6 та циркуляційного насосу 7, який здійснює рух нагрітої води замкнутою системою: теплообмінник 5 – радіатори 6 – циркуляційний насос 7 – теплообмінник 5.

Циркуляційний насос 14 служить для примусового перекачування води з верху гарячої водяної сорочки 4, де вона має найвищу температуру, до низу цієї сорочки, де температура нижча. Таким чином, існує можливість регулювати температуру стінок гарячої водяної камери 4, до іншого боку яких приєднано елементи термоелектричної батареї.

Коли температура води в холодній водяній сорочці 3 підніметься вище за допустимий рівень, ввімкнеться кран з електроприводом 15, який зіллє нагріту воду в каналізацію.

Для керування часом розігріву води у гарячій водяній сорочці 4 застосовується повітряна засувка з електроприводом 16, через яку подається повітря в топ-

ку турбокаміну для регулювання ступеня горіння палива. Горючі гази виходять з турбокаміну через димозбірник 17 та подаються в димар.

Керування електроприводами кранів 2 та 15, засувкою 17, циркуляційними насосами 7 та 14 здійснюється від системи автоматики керування турбокаміном 18. Також на систему автоматики надходять дані від датчиків температури ТЕ, розміщених у гарячій і холодній водяних сорочках каміну біля верхніх елементів термоелектричної батареї та у кімнаті [29]. Ці датчики стежать за перепадом температур на елементах термоелектричної батареї та подають сигнали на систему автоматики для вмикання циркуляційних насосів, кранів чи повітряної засувки.

Подача холодної води з водопровідної мережі здійснюється краном 2 в нижню частину холодної водяної сорочки 3. В нижній частині холодної водяної сорочки температура води буде найнижчою. Однак, і в нижній частині гарячої водяної сорочки 4 температура води також буде найнижчою. Це створить певний перепад температур, необхідний для роботи елементів Пельтьє термоелектричної батареї. Із зростанням висоти стовпів рідин в обох сорочках температура води в них також зростатиме. Однак необхідний перепад температур збережеться, що дасть можливість елементам Пельтьє працювати оптимально в будь-якій точці турбокаміну.

Запропонований турбокамін, інтегрований в систему опалення, дозволить опалювати будинок протягом тривалого часу, створювати комфорт і затишок у домі, застосовувати широкий вибір деревного палива та отримати повністю автономну систему підготовки гарячої води для опалення, робота якої практично не залежить від зовнішніх джерел живлення.

4.4 Розробка схеми комбінованої системи і вибір основного обладнання

До складу системи комбінованого опалення входять:

- турбокамін;
- інтегратор;
- електричний котел;

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- ємність для підігріву води на побутові потреби,
- тепла підлога та радіатори водяного опалення;
- трубопроводи.

Принципова схема системи інтегрованого опалення будинку, зображена на рисунку 4.4. Особливостями цієї схеми є можливість опалення приміщення від одного з декількох джерел тепла та роздільного регулювання температури теплої підлоги і радіаторів опалення при одночасній подачі теплоносія на них. Це досягається застосуванням інтегратора, триходового клапана та двох циркуляційних насосів.

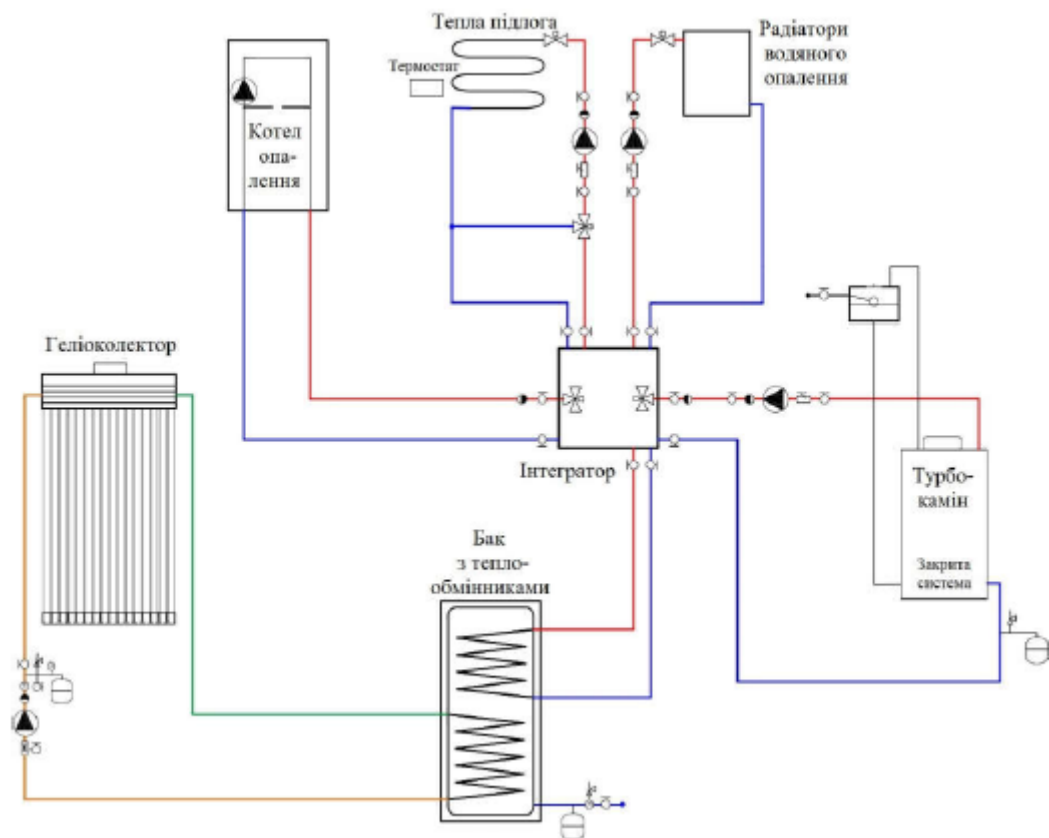


Рис. 4.4 Схема системи інтегрованого опалення будинку
(з використанням сонячних колекторів)

У схемі на рис. 4.4 турбокамін з термоелектричною батареєю є основним джерелом тепла для системи опалення, а електричний котел – допоміжними.

Електричний котел має можливість дистанційного увімкнення. Його роботою та роботою вбудованого циркуляційного насоса керує внутрішній мікроконтролер в автоматичному режимі. Оскільки електричний котел – пристрій всепогодний, то працювати він може в будь-яку пору доби і року. Завдяки цьому він може підключатись безпосередньо до приладів опалення будинку.

Хоч турбокамін призначений для роботи в осінньо-зимовий період, удосконалений турбокамін з термоелектричною батареєю може працювати в будь-яку пору року. Однак увімкнення його повинно здійснюватися людиною. Тому запуск турбокаміну потрібно робити в денну пору доби. Якщо ж люди в приміщенні відсутні і запалити камін нікому, то загальний мікроконтролер подасть команду інтегратору на підключення електричного котла до приладів опалення за наведеним вище алгоритмом.

Особливістю роботи системи інтегрованого опалення є те, що спочатку визначається дата і час доби та вартість палива. В залежності від цього інтегратором вмикається і приєднується до радіаторів опалення або турбокамін, або бак з теплообмінниками, або електричний котел опалення (рис. 4.4).

У денну пору доби (коли вартість електричної енергії більша), з економічної точки зору, вигідніше застосовувати турбокамін. Хоча, якщо денний тариф на електроенергію буде нижчий за вартість деревного палива, вигіднішим буде застосування електричного котла опалення. В цьому випадку алгоритм програми загального мікроконтролера буде налаштований на максимальну економію коштів споживачів, вмикаючи ті джерела тепла, вартість енергоносіїв для яких в даний час найменша.

У випадку, коли деревне паливо дешевше за електроенергію, загальний мікроконтролер подає команду на увімкнення турбокаміну (ТК), контролер якого, в свою чергу, подасть звуковий сигнал споживачеві для запалення полум'я. При дистанційному управлінні з загального мікроконтролера споживачеві не потрібно вводити температуру у контролер ТК.

Коли температура в опалюваному приміщенні досягне заданого значення, турбокамін перемкнеться на нагрівання води у баку з теплообмінниками.

Вибираючи джерело нагрівання теплоносія (котел, камін, геліоколектор ін.), слід брати до уваги, що його потужність повинна бути вищою за розрахункову на 10- 20 % для компенсації теплових втрат у трубопроводах [30].

Отримана максимальна потужність існуючої системи опалення приміщень будинку становить

$$Q_{\text{сист.опал}} = 71,9 \text{ кВт}$$

При аналізі роботи і виборі обладнання комбінованої системи слід враховувати, що таке теплове навантаження очікується при температурі зовнішнього середовища мінус 19 °С. При зменшенні температури зовнішнього повітря навантаження на систему опалення знижуватиметься і, відповідно, буде знижуватись і потужність джерела теплової енергії. Внаслідок цього буде доцільним встановити не один тепловий прилад, ефективність якого буде знижуватись зі зменшенням режиму роботи, а декілька меншої потужності, які будуть включатись при зниженні зовнішньої температури.

Основним джерелом енергії для роботи системи інтегрованого опалення в опалювальний період, виходячи з ціни і доступності палива, буде турбокамін з подвійною водяною сорочкою. Він же буде основним джерелом нагрівання води у теплоаккумуляторі неопалювальний період.

Газовий котел виконуватиме допоміжну роль в опаленні та нагріванні води (як резервне чи додаткове джерело енергії) протягом року.

Потужність турбокаміну повинна бути рівною максимальній потужності системи опалення та гарячого водопостачання будинку. Встановлюємо три турбокаміни з одиничною потужністю 24 кВт.

Вибираємо турбокамін типу Akant польської фірми Makroterm потужністю 34 кВт [32]. Така потужність турбокаміну вибрана з врахуванням теплової потужності, яку споживатиме термоелектрична батарея для перетворення в електроенергію (10 кВт).

Потужність електричного котла опалення як допоміжного приладу слід вибрати на рівні 20 % від максимальної потужності тобто 15 кВт. Живлення елект-

ричного котла відбуватиметься від елементів Пельтьє турбокамінів. Обираємо котел TENKO економ KE-15-380 [32].

Термоелектрична батарея застосовуватиметься для компенсації споживання електроенергії приладами системи інтегрованого опалення та приладами освітлення. Для цього необхідно задатись розмірами турбокаміну. З метою зменшення вартості доцільно вибрати вже існуючу конструкцію каміну, яка б мала необхідні розміри. Це потрібно, по-перше, для можливості переобладнання каміна, оскільки після встановлення подвійної водяної сорочки та термоелектричної батареї внутрішній об'єм каміна зменшиться; по друге, чим більша площа водяних сорочок турбокаміну, тим більше елементів Пельтьє між ними можна розмістити.

Згідно з конструктивними даними на котел Akant [32] внутрішні розміри топки турбокаміну по зовнішньому краю водяної сорочки такі:

ширина – 550 мм;

глибина – 440 мм;

висота – 490 мм.

У відповідності до цього розрахуємо кількість елементів Пельтьє для термоелектричної батареї.

Розміри елемента Пельтьє TEC1-12706: 40×40×3,8 мм. Слід до цього врахувати розміри рамки з термоізолюючого матеріалу, наприклад Фторопласт-4 [33], в комірки якого будуть вставлені елементи Пельтьє.

Виберемо відстань між елементами 20 мм. Тоді на кожній боковій стінці турбокаміну можна розмістити:

$$((440-20)/(40+20)) \cdot ((490-20)/(40+20)) = 49 \text{ елементів Пельтьє.}$$

Оскільки на задній стінці турбокаміну елементи Пельтьє розміщувати не-доцільно через близьке її розташування до полум'я, їхня кількість у турбокаміні становитиме:

$$49 \times 2 = 98 \text{ штук.}$$

Виходячи з характеристик елемента TEC1-12706 [29], для нормальної роботи потрібно створити на його поверхнях певний перепад температур. Цей перепад температур повинен підтримуватись з високою точністю: чим вища точ-

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ність його підтримання, тим вищий ККД елемента. Однак, турбокамін є пристроєм, на якому точний перепад температур підтримувати доволі важко, оскільки ступінь горіння твердого палива не можна швидко змінити, як у газового чи електричного котла. Також слід зауважити, що гарячі сторони елементів термоелектричної батареї матимуть температуру нагрітої води, що подається в систему опалення (від +30 до +90 °C) [34].

Все це не дасть елементу Пельтьє працювати з максимальною ефективністю. Тому прийmemo, що середня електрична потужність одного елемента термоелектричної батареї не перевищуватиме 50 %, тобто 25 Вт.

Таким чином, загальна потужність термоелектричної батареї турбокаміну становитиме: $98 \cdot 25 = 2450$ Вт.

Беручи до уваги, що ККД вибраних елементів Пельтьє становить не більше 30 %, для їх нормальної роботи потрібно $2450 \cdot 100 / 30 = 8167$ Вт теплової потужності.

Враховуючи додаткові втрати тепла на переходах між елементами термоелектричної батареї та на кріпленнях подвійної водяної сорочки, турбокамін втрачатиме ще до 1 кВт потужності.

Крім того, зменшення внутрішнього об'єму пальника призведе до зменшення потужності турбокаміну ще приблизно на 1 кВт.

Отже, сумарна потужність, що необхідна для роботи термоелектричної батареї, складе близько 10 кВт. Віднявши від потужності турбокаміну (34 кВт) цю потужність, отримаємо кінцеву теплову потужність турбокаміну на рівні 24 кВт, чого цілком достатньо для опалення і гарячого водопостачання заданого будинку при встановленні трьох турбокамінів.

Тобто при потужності одного турбокаміна 34 кВт матимемо 24 кВт на роботу системи опалення і підігрів води, та майже 2,5 кВт електроенергії для роботи циркуляційних насосів, системи автоматики та освітлення.

При роботі трьох камінів загальна теплова потужність становить 72 кВт, електрична потужність 7,5 кВт.

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Турбокамін, котел і інші джерела теплової енергії утворюють сучасну інтегровану систему. Ці пристрої поєднані між собою і працюють на систему опалення (радіатори і тепла підлога) та на підігрів води. Нескладне їх поєднання і ефективна робота можуть відбуватися завдяки новинці – модулю, який керує енергією в інтегрованій системі – *інтегратору*. Він створює можливість швидкого і легкого поєднання усіх складових системи опалення.

З точки зору функціональності та зручності обираємо інтегратор типу SH польської фірми Makroterm [35].

Інтегратори SH дозволяють поєднати в одну систему кілька джерел і споживачів тепла, що працюють в замкнутому циклі: електричний котел, турбокамін, радіатори опалення, теплу підлогу, гаряче водопостачання. Така установка проста в підключенні, а її робота повністю автоматизована і не вимагає безперервного втручання і обслуговування.

Під час роботи турбокаміну блокується робота електричного котла. Вбудований зональний клапан забезпечує роботу установки в режимі пріоритету гарячого водопостачання.

Для даного турбокаміну з максимальною потужністю до 25 кВт і електричного котла, який немає вбудованого триходового клапана, вибираємо інтегратор типу I SH потужністю 25 кВт з нержавіючої сталі.

4.5 Алгоритм керування турбокаміном з елементами Пельтьє

Для управління турбокаміном Akant фірми Makroterm використовується мікроконтролер, який керує одним циркуляційним насосом та повітряною засувкою за даними з двох датчиків температури (температура води у водяній сорочці та температура повітря в приміщенні).

Як видно з рис. 4.3, турбокамін з подвійною водяною сорочкою також має свій мікроконтролер управління. Особливістю роботи цього мікроконтролера є те, що за даними з п'яти датчиків температури (по 2 з гарячої і холодної водяних сорочок турбокаміну і одного з оточуючого середовища у приміщенні) він пови-

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

нен керувати двома циркуляційними насосами, двома кранами з електроприводом та повітряною засувкою. Керування цими пристроями повинно здійснюватися за спеціальним алгоритмом, який би враховував при роботі турбокаміну особливості роботи елементів Пельтьє.

У зв'язку з цим застосувати стандартний мікроконтролер турбокаміну Akant для управління турбокаміном з подвійною водяною сорочкою та термоелектричною батареєю неможливо.

Для роботи мікроконтролера турбокаміну з елементами Пельтьє у [27] розроблений спеціальний алгоритм (рис. 4.5), який полягає в наступному.

Попередньо водою заповнюється система опалення, а перед запуском турбокаміну споживачеві необхідно заповнити водою його холодну та гарячу водяні сорочки. Для цього на клавіатурі мікроконтролера споживачем вмикається клавіша, яка призводить до відкривання крану з електроприводом 2, через який у холодну водяну сорочку подається вода з трубопроводу. Далі організовується часова затримка для заповнення обох водяних сорочок, після чого вмикається циркуляційний насос 14, що служить для примусового перекачування води з верхньої частини гарячої водяної сорочки до нижньої.

Поки заповнюються водяні сорочки, в мікроконтролер з клавіатури споживачем вводиться значення температури у приміщенні, яку повинна забезпечити система опалення. Якщо температура з клавіатури не введена, мікроконтролер використовує останнє записане у пам'ять її значення.

Після введення температури у приміщенні повітряна засувка з електроприводом 16 ставиться у повністю закриті положення, коли приплив зовнішнього повітря у пальник турбокаміну припиняється. При цьому кришка топки повинна бути відкрита.

Витікання води з патрубка 11 інформує про повне заповнення двох водяних сорочок. При цьому споживач натискає клавішу для закривання крану 2.

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

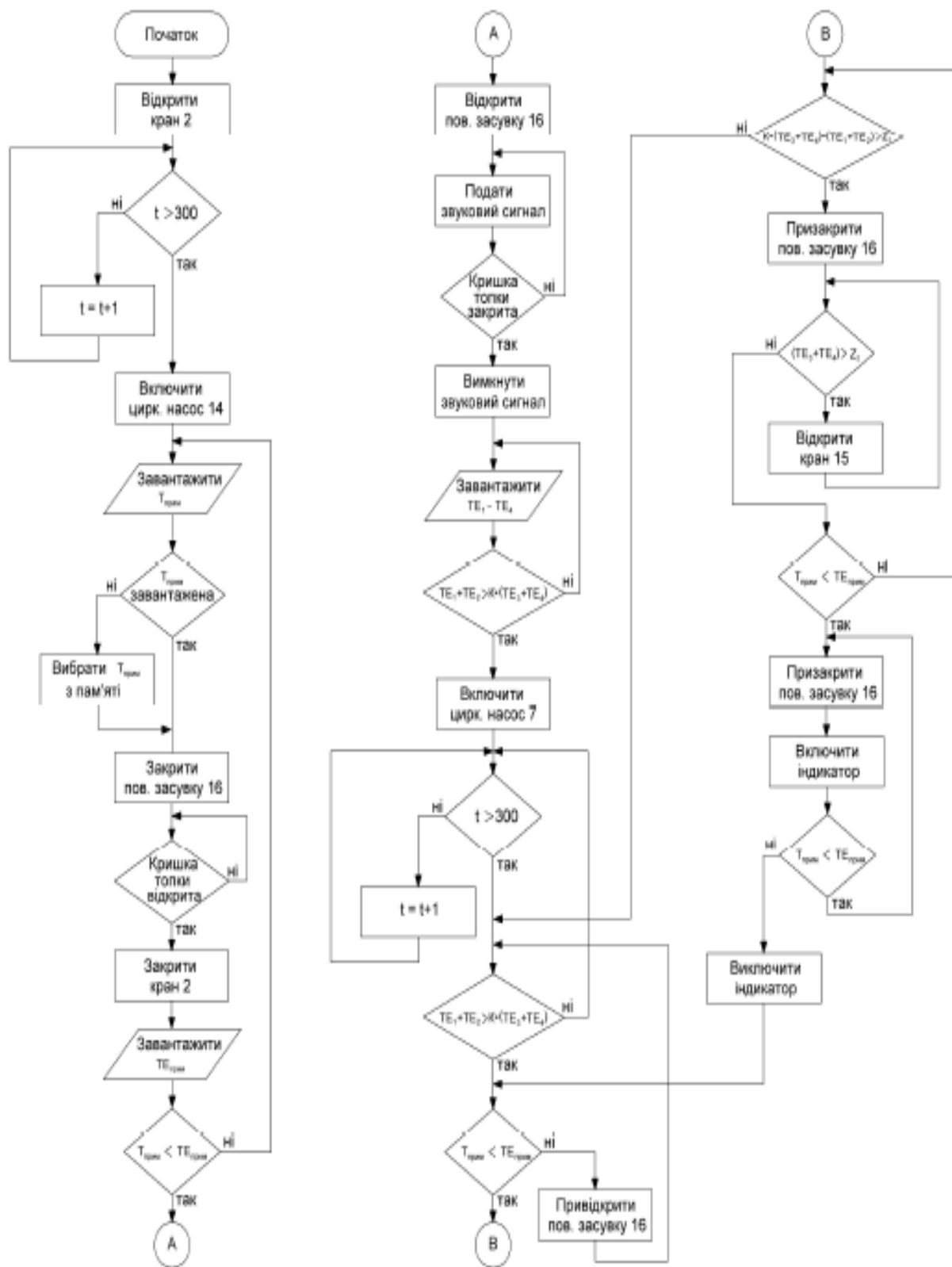


Рис. 4.5 Алгоритм роботи турбокаміну з елементами Пельтьє

Наявність контролю при заповненні водяних сорочок є бажаною, оскільки можна візуально відстежити їх розгерметизацію чи підтікання води.

Після цього мікроконтролер завантажує дані від датчика TE, розміщеного у опалюваному приміщенні. Програма визначає різницю температур між заданою і існуючою та у випадку $T_{\text{прим}} < T_{E\text{прим}}$ відкриває повітряну засувку 16, подаючи повітря в пальник турбокаміну, після чого подає команду на запалення полум'я у топці. Подача команди на запалення полум'я супроводжується переривчастим звуковим сигналом.

Споживач запалює полум'я і закриває кришку топки турбокаміну. Після закриття кришки мікроконтролер вимикає звуковий сигнал. Далі у мікроконтролер завантажуються дані від датчиків температури TE₁-TE₄, розміщених у верхній та нижній частинах холодної і гарячої водяної сорочки. Таке розміщення датчиків температури запобігає місцевому перегріванню водяних сорочок.

Після досягнення певної різниці температур між сорочками турбокаміна $TE_1 + TE_2 > K \cdot (TE_3 + TE_4)$ увімкнеться циркуляційний насос 7, який створить рух нагрітої у гарячій водяній сорочці води елементами системи опалення. Після цього на 5 хв. увімкнеться часова затримка, щоб гаряча вода пройшла елементами системи опалення. В подальшому мікроконтролер підтримуватиме задану різницю температур між водяними сорочками турбокаміна $TE_1 + TE_2 > K \cdot (TE_3 + TE_4)$ для забезпечення оптимальної роботи термоелектричної батареї. Символ K у виразі – це коефіцієнт, при якому ККД елементів Пельтьє максимальний.

Одночасно з цим мікроконтролер контролює температуру у приміщенні і порівнює її з заданою ($T_{\text{прим}} < T_{E\text{прим}}$). Якщо задана температура не досягнута, то контролер частково відкриває повітряну засувку 16 для підвищення температури в топці і знову контролює задану різницю температур.

Якщо необхідна температура у приміщенні досягнута, перевіряється чи різниця температур між водяними сорочками не виходить за задані межі ($K \cdot (TE_3 + TE_4) - (TE_1 + TE_2) > Z1$). Тоді мікроконтролер прикриває повітряну засувку 16, зменшуючи притік свіжого повітря у топку, і, відповідно, зменшує інтенсивність полум'я.

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Якщо температура води в холодній водяній сорочці підніметься вище за допустимий рівень ($(TE_3 + TE_4) > Z_2$), введений у пам'ять мікроконтролера, ввімкнеться кран з електроприводом 15, який зливає нагріту воду в каналізацію.

При досягненні необхідної температури у приміщенні ($T_{\text{прим}} < TE_{\text{прим}}$) мікроконтролер прикриває повітряну засувку 16 до рівня, який забезпечує мінімальну інтенсивність горіння палива, і вмикає відповідний світловий індикатор.

При зменшенні температури у приміщенні індикатор гасне, повітряна засувка 16 частково відкривається, потужність полум'я зростає, і процес повторюється. Так триває доти, поки є паливо у топці турбокаміну.

За відсутності процесу горіння у топці турбокаміну програма буде повертатись до часової затримки на 5 хв. після увімкнення циркуляційного насосу 7 доти, поки не зникне живлення, або мікроконтролер не буде вимкнений вручну. Циркуляційний насос спеціально не вимикається, щоб якнайдовше подавати гарячий теплоносій системою опалення.

Після увімкнення живлення програма мікроконтролера автоматично перейде на свій початок.

Необхідна кількість аналогових входів процесора управління турбокаміном – 6 (5 – температурні, 1 – індикація стану кришки топки), а виходів – 5.

Для реалізації роботи алгоритма можна використати простий мікроконтролер сімейства Arduino, наприклад Arduino Uno. Цей мікроконтролер має 6 аналогових входів та 14 цифрових входів-виходів (6 з них можуть використовуватись як ШІМ-виходи), 32 КБ флеш-п'ям'яті, 2 КБ постійної пам'яті та 1 КБ енергонезалежної пам'яті, напругу живлення 7-12 В, максимальний струм одного виходу – 40 мА, робочу частоту 16 МГц [36].

Для безпосереднього управління повітряною засувкою, циркуляційними насосами та кранами, струми споживання яких сягають ампера і вище, необхідно використати електромагнітні реле з потужними польовими транзисторами.

4.6 Висновки

Інтегрована система опалення за рахунок модернізації турбокаміну шляхом застосування у ньому двох водяних сорочок та розміщення між ними термоелектричної батареї забезпечує одночасне виробництво тепла та електричної енергії. Алгоритм роботи системи дає можливість в залежності від пори року і пори доби під'єднувати до радіаторів опалення те джерело тепла, вартість енергоносіїв для якого є найнижчою.

Схема системи представлена на кресленні.

					КР.144.6241м.06.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.144.6241м.06.05.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					Конструкторський розділ	Літ.	Арк.
Студент		Крута С.М.					Аркушів
Керівник		Бондаренко М.С					
Консульт.						НУК	

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розробка калориферів

Опалення двоповерхового спортивного комплексу здійснюється за рахунок подачі теплого повітря, яке підігрівається у калориферах. Для визначення кількості повітря, що потребується, та теплової потужності калориферів необхідно провести розрахунок теплових втрат будівлі.

Калорифери призначаються для нагрівання повітря в системах вентиляції і повітряного опалення. У відповідності до ДСТУ EN 60704-2-2:2018 виготовлюються калорифери двох моделей: середньої – марок КФС, КМС, КФСО та великої – КФБ, КМБ, КФБО і КВБ. Калорифери КФСО і КФБО – оребрені, інші – пластинчаті. За рухом теплоносія калорифери поділяються на одноходові та багатходові.

1. Кількість повітря, що подається до приміщень, дорівнює кількості повітря, що видаляється з приміщень басейну місцевою вентиляцією.

$$V = 8049 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$G = \frac{\rho V}{3600} = \frac{1,127 \cdot 8049}{3600} = 2,52 \text{ кг/с},$$

де $\rho = 1,127 \text{ кг/м}^3$ густина повітря

2. Витрати теплоти, що видаляється з повітрям місцевою вентиляцією

$$Q_{\text{мв}} = G \cdot C_p \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}}) = 2,52 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20) = 114901,7 \text{ Вт}.$$

3. Загальне навантаження на калорифери:

$$Q_z = Q_{\text{мв}} + Q_{\text{ц}} = 114901,7 + 29831,23 = 251694,1 \text{ Вт},$$

де $Q_{\text{ц}} = 29831,23 \text{ Вт}$ – загальні теплові втрати по розраховуваним приміщенням.

					КР.144.6241м.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4. Загальна витрата повітря крізь систему:

$$G_3 = \frac{Q_3}{C_p(t_{\text{пов}} - t_{3.п.})} = \frac{251694,1}{1,2 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20)} = 5,52 \text{ кг/с}$$

5. Витрата води на калорифери:

$$G_b = \frac{Q_3}{C_p(t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})} = \frac{251694,1}{4,1868 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20)} = 2 \text{ кг/с}$$

6. Підбір калориферів для системи вентиляції

Поверхня нагріву калориферної установки F , м^2 , визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_3}{k(t_{\text{ср т}} - t_{\text{ср в}})} = \frac{251694,1}{24,7 \cdot (65 - 17,5)} = 214,5 \text{ м}^2,$$

де $t_{\text{ср т}}, t_{\text{ср в}}$ – середньоарифметичне значення температур теплоносія та повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, визначається за формулою:

$$k = 20,8 \cdot \omega_p^{0,381} \cdot \omega_t^{0,178} = 20,8 \cdot 3^{0,381} \cdot 0,25^{0,178} = 24,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}),$$

де ω_p – масова швидкість повітря, приймається рівною $7 - 12 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ для пластинчатих і $3 - 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ для поребрих калориферів;

$\omega_t = 0,25 \text{ м/с}$ – швидкість води в трубках калорифера.

Для підігріву повітря басейну використовуємо калорифер з наступними характеристиками:

Площа поверхні нагріву, м^2	Площа живого перерізу, м^2		Габарити, мм		Діаметр штуцера, мм	Маса, кг
	по повітрю	по теплоносію	довжина	ширина		
26,88	0,182	0,0135	750	640	50	99,8

					КР.144.6241м.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Якщо технічна характеристика розраховуємого калорифера відома, масова швидкість повітря в калорифері ω_p , кг/(м²·с) визначається із виразу:

$$\omega_p = \frac{G_3}{f},$$

де G_3 – витрати повітря через систему, кг/с;

f – переріз калорифера для проходу повітря, м².

$$\omega_p = \frac{5,52}{0,182 \cdot 10} = 3,03 \text{ [кг/(м}^2\text{·с)]},$$

де 10 – кількість секцій калорифера, шт.

Опір руху повітря в калорифері:

$$H_k = 3,28 \cdot \omega_p^{2,01} = 3,28 \cdot 3,03^{2,01} = 30,5 \text{ [Па]}$$

За результатами розрахунку системи підбираємо необхідний припливний вентилятор [4].

Подача необхідного для системи вентилятора $Q = 8049 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір необхідного вентилятора $H = 30,5 \text{ Па}$

За каталогом підбираємо вентилятор ВР86-77-4

Подача вентилятора $1200 \text{ м}^3/\text{год.}$

Напір на всмоктуванні 75 Па

Потужність двигуна вентилятора $0,18 \text{ кВт}$

Типорозмір двигуна вентилятора АИР63А6

Маса вентилятора $46,2 \text{ кг}$

					КР.144.6241м.06.05.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.144.6241м.06.06.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
					Заключний розділ				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Крута С.М.										
Керівник	Бондаренко М.С										
Консульт.									НУК		

РОЗДІЛ 6. ЗАКЛЮЧНИЙ РОЗДІЛ

В магістерській роботі розроблений проект систем життєзабезпечення двоповерхового спортивного комплексу з басейном загальною площею 1100м² з дослідженням комбінованої системи опалення.

Спроековано системи: водяного опалення, холодного та гарячого водопостачання, припливної та витяжної вентиляції.

Проведено розрахунки: теплового балансу ділянки, системи водяного опалення, аеродинамічний розрахунок систем вентиляції, гідравлічні розрахунки систем водопостачання. Виконаний розрахунок калорифера для припливної установки.

Для спортивної зали спроектована підпідлогова опалювальна система «тепла підлога», що гарантує здоровий клімат при найвищому комфорті у любых приміщеннях. Система забезпечує також високу екологічність та економічність підпідлогового опалення.

Проведене дослідженням комбінованої системи опалення. Інтегрована система опалення за рахунок модернізації турбокаміну шляхом застосування у ньому двох водяних сорочок та розміщення між ними термоелектричної батареї забезпечує одночасне виробництво тепла та електричної енергії. Алгоритм роботи системи дає можливість в залежності від пори року і пори доби під'єднувати до радіаторів опалення те джерело тепла, вартість енергоносіїв для якого є найнижчою.

Розроблена конструкція калорифера, який використовується для подачі теплого повітря.

					КР.144.6241м.06.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Русланов Г. В., Розкин М. Я., Ямпольский Е. Л. Опалення і вентиляція житлових та громадських будівель : Проектування : Довідник. Київ: Будівельник, 1983. 272с.
2. ДБН В.2.5-64-2012 Внутрішній водопровід і каналізація. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29848
3. Щекин Р. В., Кореневский С. М. Довідник з теплопостачання і вентиляції в громадському будівництві. Держ. вид. літератури з будівництва та архітектури УСРС. Київ. 1970. 850с.
4. Каталог по вентиляційному обладнанню ВАТ «ВентПромТорг» - Вентиляційне обладнання: вентилятори, калорифери, клапани димовидалення, клапани протипожежні, 2005. 168с.
5. Любарець, О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О. Проектування систем водяного опалення : посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. Відень - Київ – Сімферополь. 2010.
6. ВБН 01-93 Мінавтотранс України. Відомчі будівельні норми. Підприємства по обслуговуванню автомобілів.
7. Вентиляторні установки [Текст] : навч. посіб. 7-е вид. Київ : Вища школа, 1989.
8. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77411.
9. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54057
10. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037.
9. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>

					КР.144.6241м.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

10. ДСТУ-Н Б В 1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. URL: <https://finance.smr.gov.ua/files/Енегрозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf>

11. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”) : навч. посіб. Київ: Кондор, 2007, 244 с. URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf

12. Денисенко В. В. Збірник протипожежних норм і правил будівельного проектування. Київ : Будівельник, 1990.

13. Єгназаров А. Г. Мікроклімат приміщень // Ринок інсталяцій. 2002 – №3. с. 36 - 39.

14. Герасимов Г.Г. Теоретичні основи теплотехніки : навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 382 с.

15. Ткачук А.Я. Експлуатація систем вентиляції // Ринок інсталяцій. 2003. – №7. с. 11 -12.

16. Зайцев О. Н., Любарец А. П. Проектування систем водяного опалення. Вена, 2008. 201с.

17. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=14283

18. Джерела та системи теплопостачання і основи їх проектування [Електронний ресурс] навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» кваліфікаційного рівня «бакалавр». / Укладач Кузнецова С. А.: НУК. - Електронні текстові дані (1 файл: 2.3 Мбайт). Миколаїв: НУК, 2022. 105 с.

19. Боженко М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. URL: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf

20. Глушко Ю. Ю., Безплько Н. О., Боброва Т. Б., Високос С. М., Гусев П. С.

					КР.144.6241м.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Опалення : навч. посіб. Під ред. Глушко Ю.Ю., 2019. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/2opalennya.pdf>

21. Сашко В. О., Безпалько Н. О., Боброва Т. Б., Високос С. М., Глушко Ю.Ю., Пеховка М. В., Черниш В. В. Труби та арматура : навч. посіб. 2019. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/3trubi-ta-armatura.pdf>

22. Дубровська В. В., Шкляр В. І. Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи тепlopостачання : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 116 с. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28250/1/teplovenavantagenya.pdf>

23. Слаутіна Т. Г., Кузнецова С. А. Проектування систем водяного опалення : навч. посіб. Миколаїв, НУК, 2010. 66с.

24. Горобець В. Г. Основи теплотехніки : навч. посіб. Київ: Компринт, 2019. 403с.

25. Модернізація системи опалення шляхом застосування турбокаміну та інтегратора [Текст] / І.Р. Ващишак, О.В. Лаврик // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ – 2018. – № 4(69) – с. 57 – 69

26. Каміни з водяним контуром – турбокаміни [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://makroterm.by/akademia-znaniy/Kaminy.html>.

27. Елемент Пельтье TEC1-12706. Характеристики, застосування, умови експлуатації [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mypractic.ru/element-pelte-tec1-12706-xarakteristiki-primenenie-usloviyaekspluatacii.html>.

28. Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика : збірник наукових праць. Випуск 4. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2012. 236 с.

29. Топка камінна з водяним контуром (турбокамін) Akant URL: <http://makroterm.by/catalog/Kaminy-turbokaminy/turbokamin-akant.html>.

30. Електричний котел Tenko Економ KE 15-380 - 15 кВт URL: <https://termopara.net.ua/shop/otopitelnye-kotly/elektricheskie-kotly/elektricheskienastennye-kotly/kotel-elektricheskij-tenkoeconom-ke-15-380>.

31. Фторопласт URL: <https://plastpolymer-prom.ua/page/fluoroplastic/>.

32. Температура теплоносія в системі опалення – норми, максимальна і мінімальна температура URL: <http://stroyka-gid.com.ua/idei-dla-doma/10531-temperatura-teplonosia.html>.

33. Інтегратор з вбудованим гідравлічним зчепленням URL: <http://makroterm.by/akademia-znanij/stati/integrator-so-vstroennyim-gidravlicheskimsczepleniem.html>.

34. Плата Arduino Uno R3: схема, опис, підключення обладнання URL: <https://arduino-master.ua/platy-arduino/> plata-arduino-uno/.

					КР.144.6241м.06.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		