

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри ЕСЕУ та ТЕ

Личко Б.М.

«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка системи теплопостачання двоповерхового спортивно-оздоровчого комплексу площею 1250 м²

Виконав: студент групи 4241


(підпис)

Цапович В.М.

Керівник роботи:

канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ
(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Шаповалов Ю.О.

м. Миколаїв – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

Юрій Шаповалов (підпис)
« 5 » 06 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студента Цаповича Володимира Михайловича

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи теплопостачання двоповерхового спортивно-оздоровчого комплексу площею 1250 м²

Керівник роботи Шаповалов Юрій Олександрович, канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ

Затверджено розпорядженням МННІ НУК № __ від «__» __ 2026 року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі _____

3. Вихідні дані до роботи _____

Креслення і характеристики двоповерхової будівлі спортивно-оздоровчого комплексу

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

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання. Вимоги ДБНУ до систем. 2. Розробка системи водяного опалення. Розрахунок потужності опалювальної системи. Розрахунок тепловтрат і теплопритоків. Розрахунок втрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря. Розрахунок теплової потужності. Тепловий розрахунок опалювальних приладів. Розробка підпідлогового опалення спортивної зали. Вибір обладнання. 3. Розробка систем вентиляції.

Аеродинамічний розрахунок повітропроводів. Підбір вентиляційного обладнання. 4. Розробка системи гарячого водопостачання. Розрахунок витрати води для ГВП. Розробка калорифера. 5. Розробка питань з охорони праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. План 1-го і 2-го поверхів, план підвалу.
2. Схема системи опалення №1
3. Схема системи опалення №2
4. Схема систем В1, Т3, Т4
5. Розташування вентиляційного обладнання

6. Консультанти розділів роботи

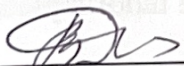
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «__» _____ 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

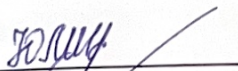
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання		
2	Розробка системи водяного опалення		
3	Розробка системи вентиляції		
4	Розробка системи гарячого водопостачання		
6	Розробка заходів з охорони праці		
7	Графічна частина		

Студент


(підпис)

Цапович В.М.

Керівник роботи


(підпис)

Шаповалов Ю.О.

Анотація

В роботі розроблені системи теплопостачання для спортивно-оздоровчого комплексу. Розроблені системи водяного опалення, гарячого водопостачання, припливної та витяжної вентиляції.

Розроблена система підпідлогового опалення для спортивної зали.

Проведені розрахунки теплового балансу, системи водяного опалення, аеродинамічний розрахунок систем вентиляції, гідравлічні розрахунки системи гарячого водопостачання.

Виконаний розрахунок калорифера для припливної установки.

В роботі розглянуті питання з охорони праці.

Ключові слова: система опалення, вентиляція, теплотехнічний розрахунок, система підпідлогового опалення.

Abstract

This study presents the design of heating systems for a sports and wellness complex. The design includes water-based heating, hot water supply, and supply and exhaust ventilation systems.

An underfloor heating system was designed for the sports hall.

Calculations were performed for the heat balance, the water heating system, aerodynamic calculations for the ventilation systems, and hydraulic calculations for the hot water supply system.

A calculation was performed for the air heater of the supply air unit.

The paper addresses occupational safety issues.

Keywords: heating system, ventilation, thermal engineering calculations, underfloor heating system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ПЛАНИ ОБ'ЄКТУ ТА ЕСКІЗИ ПРИМІЩЕНЬ. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ. ВИМОГИ ДБН УКРАЇНИ ДО СИСТЕМ.	
1.1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання.....	
1.2. Системи життєзабезпечення спортивно-оздоровчого комплексу	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	
2.1. Розрахунок потужності опалювальної системи спортивно-оздоровчого комплексу.....	
2.2. Розрахунок теплопритоків	
2.3. Розрахунок опалювальних приладів.....	
2.4. Гідравлічний розрахунок системи опалення	
2.5. Розробка підпідлогового опалення спортивної зали	
2.5.1. Загальні відомості про системи підпідлогового опалення.....	
2.5.2. Структура та організація підпідлогового опалення	
2.5.3. Вибір обладнання системи підпідлогового опалення	
2.5.4. Розрахунок системи підпідлогового опалення.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	
3.1. Розрахунок повітроводів	
3.2. Підбір вентиляційного обладнання	
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ....	
4.1. Розрахунок витрати води для гарячого водопостачання	
4.2. Розробка калорифера	
4.3. Підбір калориферів для системи вентиляції.....	

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
5.1. Заходи з техніки безпеки для спортивно-оздоровчого комплексу.....	
5.2. Заходи з пожежної безпеки у спортивно-оздоровчому комплексі	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

					ВКР. 144.4241.04.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Теплопостачання – це надання послуг щодо задоволення потреб споживачів у тепловій енергії. Найбільшими споживачами тепла є житлові, громадські і промислові споруди в містах та поселеннях. Теплова енергія витрачається на комунально-побутові потреби людей в приміщеннях. Споживання тепла з року в рік зростає. Збільшення споживання тепла в містах відбувається зі збільшенням кількості сучасних житлових та громадських будівель, що вводяться в експлуатацію, а також зі збільшенням втрат тепла при передачі та поганий ізоляції приміщень, що опалюються. Впровадження нових технологічних процесів і будівництво споруд з більш довершеними об'ємно-плановими досягненнями, що максимально відповідають функціонально-технологічному призначенню вимагають збільшення споживання тепла.

Нормальні температурні режими для людського організму забезпечується підтриманням в приміщеннях температури повітря плюс 18°C, якщо людина займається рухомою працею, то температуру можна знизити до плюс 15...16°C.

Саме система опалення є невід'ємною частиною будь-якого житлового будинку, котеджу чи виробничого об'єкту.

Крім того в приміщенні необхідно забезпечити якісну вентиляцію повітря, оскільки це є також однією з умов комфортного перебування людини.

Правильний вибір огороження будівлі разом з системами опалення, вентиляції та кондиціонування забезпечує нормовані параметри мікроклімату при оптимальному енергоспоживанні.

Також у роботі пропонується використання для окремого приміщення спортивної зали системи підпідлогового опалення. Водяна «тепла підлога» все частіше проєктується у будинках в Україні як основне джерело тепла. Її переваги – економія, комфорт, вільне розміщення меблів та обладнання.

					ВКР. 144.4241.04.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Мета роботи: Розробка систем теплопостачання двоповерхового спортивно-оздоровчого комплексу.

Завдання: Розробити системи теплопостачання спортивно-оздоровчого комплексу: системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання. Розрахувати та підібрати сучасне обладнання для систем.

Розробити систему підпідлогового опалення для спортивної зали.

Об'єкт розробки: двоповерхова будівля спортивно-оздоровчого комплексу площею 1250 м², розташована у місті Південноукраїнськ, Миколаївська область.

					ВКР. 144.4241.04.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО
РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ПЛАНИ ОБ'ЄКТУ
ТА ЕСКІЗИ ПРИМІЩЕНЬ. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ
РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ. ВИМОГИ ДБН УКРАЇНИ ДО СИСТЕМ**

1.1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання

Спортивно-оздоровчий комплекс знаходиться у Миколаївській області в місті Південноукраїнськ. Будівля двоповерхова. Загальна площа складає 1250м², корисна площа – 1000 м².

Таблиця 1.1

Перелік приміщень спортивно-оздоровчого комплексу

№	Приміщення	Площа, S, м ²	Температура, t, °C
1-й поверх			
1	Вестибюль	54,0	17
2	Офіс	22,0	20
3	Буфет	28,0	20
4	Підсобне приміщення буфету	5,8	18
5	Складське приміщення	5,0	17
6	Офіс	12,0	18
7	Медичний пункт	16,5	18
8	Підсобне приміщення	3,0	17
9	Підсобне приміщення	3,0	17
10	Підсобне приміщення	3,0	17
11	Тамбур	5,3	15
12	Коридор	24,0	17
13	Санвузол чоловічий	2,4	17
14	Санвузол жіночий	2,4	17

№	Приміщення	Площа, S, м ²	Температура, t, °С
15	Електрощитова	6,5	5
16	Топкова	10,5	5
17	Зала силової підготовки	99,8	18
2-й поверх			
1	Хол	29,6	16
2	Коридор	41,3	16
3	Тренажерна зала	138,8	18
4	Тренерська	19,8	18
5	Кімната старшого тренера	9,8	18
6	Роздягальня чоловіча	18,9	23
7	Роздягальня жіноча	13,3	23
8	Санвузол чоловічий	2,4	23
9	Санвузол жіночий	1,3	23
10	Душова чоловіча	4,8	26
11	Душова жіноча	4,8	26
12	Тамбур	5,9	12
13	Кімната збирального інвентарю	6,0	16

Розрахункові температури прийняті згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Температура зовнішнього повітря приймаємо $t_3 = -20^\circ\text{C}$ для м. Південноукраїнська, Миколаївська області.

На 1-му та 2-му поверхах встановлені дерев'яні двері розміром 800×2000мм. Вікна металопластикові 1,0×2,0 м. Спортивно-оздоровчий комплекс побудований з піноблоків. Внутрішні стіни з білої силікатної цегли. Підлога виконана з цементної стяжки, на яку покладений лінолеум. У спортивній, тренажерній залах та залі силової підготовки на цементну стяжку покладені гумові плити.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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 спортивно-оздоровчого комплексу

Система опалення

Система опалення запроектована згідно ДБН В.2.5-67:2013 двотрубною 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 кранами Маєвського. Стояки, підводки, нагрівальні прилади повинні бути пофарбовані масляною фарбою у два шари. Трубопроводи для системи опалення прийняті сталеві електрозваренні по ДСТУ 8943:2019 та сталеві водогазопровідні по ДСТУ 8936:2019.

Система вентиляції

Система вентиляції у спортивно-оздоровчому комплексі запроектована припливна та витяжна з механічним та природним спонукуванням. 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

Система водопостачання запроектована 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 по ДСТУ 8936:2019. Стояки водопостачання у місцях переходу з перекриттям повинні бути замкнутими у гільзи з покрівельної сталі.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	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 1,5 м. Монтаж усіх систем повинен бути виконаний згідно з діючими нормами та правилами вироблення сантехнічних робіт.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Розрахунок потужності опалювальної системи спортивно-оздоровчого комплексу

Перший поверх:

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

а) службове приміщення $S = 10,5 \text{ м}^2$, $t = 25^\circ\text{C}$ (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)

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

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, 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 огорожувальних конструкцій, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ (ДБН В.2.6-31:2016)

В основі розрахунку лежить методика [14]

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 10 \cdot (25 + 19) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 / 1,01 = 480 \text{ Вт}$$

$R = 1,01 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ - для кладки суцільно з вапняку на важкому розчині з штукатуркою товщиною 15 мм з обох боків ($\rho = 1400$; $\lambda = 0,64$; $S = 7,73$) [14].

Теплотехнічні показники зовнішніх стін:

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

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 10 \cdot 4,4 \cdot 1,01 / 1,01 = 470 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 12 \cdot 4,4 \cdot 1,05 / 1,01 = 560 \text{ Вт}$$

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплові втрати крізь вхідні двері (2×1,2м), R = 0,34 (м²·°C)/Вт [14]

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 44 \cdot 1,1 / 0,34 = 230 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу S = 10,5м²

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 10,5 \cdot 44 \cdot 1,05 / 1,39 = 350 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю для першого поверху не розраховуються.

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

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 9,3 \cdot 24 \cdot 1,1 / 1,01 = 225 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 9 \cdot 24 \cdot 1,1 / 1,01 = 235 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 9,3 \cdot 24 \cdot 1,05 / 1,01 = 230 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вхідні двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 24 \cdot 1,05 / 0,34 = 120 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 6,5 \cdot 24 \cdot 1,05 / 1,39 = 120 \text{ Вт}$$

в) Решту приміщень першого поверху розраховуємо як одне з S = 170м²; 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 [14]

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 43,2 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 1400 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 52 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 1700 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 43,2 \cdot 37 \cdot 1,2 / 1,48 = 1300 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 2 \cdot 1,6 \cdot 37 \cdot 1,972 / 2,32 = 100 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 6,5 \cdot 24 \cdot 1,05 / 1,39 = 120 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_v = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 3 \cdot 2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 630 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 170 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,39 = 4600 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 0,8 \cdot 2,6 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,34 = 1150 \text{ Вт}$$

г) Зала силової підготовки $S = 108 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ \text{C}$

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 12 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 1400 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 8,3 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,3 / 1,48 = 970 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 12 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,2 / 1,48 = 1296 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,2 / 2,9 = 25 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_b = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 2 \cdot 37 \cdot 1,3 / 0,39 = 250 \text{ Вт}$$

Теплові втрати першого поверху:

$$\sum Q_{I\text{пов}} = Q_{\text{топк}} + Q_{\text{електр}} + Q_{\text{решт}} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_b + \sum Q_d + \sum Q_{\Pi} = 22000 \text{ Вт} = 22 \text{ кВт}$$

Другий поверх:

а) Тренерська кімната: $S = 22 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ \text{C}$, $R = 1,01 (\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт}$ [14]

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 17 \cdot 34 \cdot 1,15 / 1,48 = 450 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 17 \cdot 34 \cdot 1,1 / 1,01 = 625 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 17 \cdot 34 \cdot 1,05 / 1,01 = 600 \text{ Вт}$$

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

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 34 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_b = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 2 \cdot 34 \cdot 1,1 / 0,39 = 190 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 34 \cdot 1,1 / 0,34 = 175 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{ст} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 2,2 \cdot 34 / 1,52 = 490 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

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

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

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 3,6 \cdot 4,5 \cdot 37 \cdot 1,1/1,01 = 650 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 3,6 \cdot 2,2 \cdot 37 \cdot 1,1/1,01 = 320 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 3,6 \cdot 4,5 \cdot 37 \cdot 1,05/1,01 = 625 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,05/0,34 = 180 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 9,8 \cdot 37 \cdot 1,05/1,06 = 360 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 9,8 \cdot 37 / 1,52 = 240 \text{ Вт}$$

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

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 32,8 \cdot 43 \cdot 1,1/1,01 = 1540 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 19 \cdot 43 \cdot 1,1/1,48 = 610 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 32,8 \cdot 43 \cdot (0,05 + 0,05 + 1)/1,48 = 1050 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 1,6 \cdot 43 \cdot 1,1/0,34 = 225 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_v = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 2 \cdot 43 \cdot 1,05 / 0,39 = 230 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 46 \cdot 43 / 1,52 = 1300 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 46 \cdot 43 \cdot 1,05/1,06 = 2000 \text{ Вт}$$

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 7,2 \cdot 35 \cdot 1,1/1,01 = 275 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 10,8 \cdot 35 \cdot 1,1/1,01 = 410 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 7,2 \cdot 35 \cdot 1,05/1,01 = 260 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05/0,34 = 170 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 6 \cdot 35 / 1,52 = 140 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 6 \cdot 36 \cdot 1,05/1,06 = 210 \text{ Вт}$$

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

Теплові втрати крізь стіни:

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

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 45 \cdot 37 \cdot 1,1/1,48 = 1240 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 74,2 \cdot 37 \cdot 1,1/1,48 = 2040 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 45 \cdot 37 \cdot 1,05/1,48 = 1180 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 2 \cdot 1,6 \cdot 37 \cdot 1,05/0,34 = 365 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_{\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 5 \cdot 0,5 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 260 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 2 \cdot 0,5 \cdot 37 \cdot 1,05 / 0,39 = 100 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

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

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n/R = 258,35 \cdot 37 \cdot 1,05/1,06 = 9480 \text{ Вт}$$

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

Теплові втрати крізь стіни:

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 29 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,48 = 795 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 63 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,01 = 2540 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 29 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,48 = 760 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,34 = 960 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_v = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 210 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 140 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,06 = 5130 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

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

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

Теплові втрати крізь стіни:

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 23,5 \cdot 35 \cdot 1,1 / 1,01 = 890 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 23,5 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,01 = 850 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{d1} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 4 \cdot 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 690 \text{ Вт}$$

$$Q_{d2} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,1 / 0,34 = 360 \text{ Вт}$$

$$Q_{d3} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 41,25 \cdot 35 / 1,52 = 950 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

Теплові втрати крізь стіни:

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 5 \cdot 3,6 \cdot 35 \cdot 1,15 / 1,48 = 490 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 21,24 \cdot 35 \cdot 1,1 / 1,01 = 810 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 18 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,01 = 650 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт}$$

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 2 \cdot 1,6 \cdot 35 \cdot 1,15 / 1,01 = 130 \text{ Вт}$$

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,1 / 0,34 = 180 \text{ Вт}$$

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 29,6 \cdot 35 / 1,52 = 680 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 29,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,06 = 1030 \text{ Вт}$$

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

Теплові втрати крізь стіни:

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

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 2,3 \cdot 3,6 \cdot 31 \cdot 1,1 / 1,01 = 280 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 9,36 \cdot 31 \cdot 1,1 / 1,01 = 320 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 8,28 \cdot 31 \cdot 1,05 / 1,01 = 270 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{d1} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 31 \cdot 1,1 / 0,34 = 160 \text{ Вт}$$

$$Q_{d2} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 1,6 \cdot 31 \cdot 1,005 / 0,34 = 155 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь підлогу:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 5,9 \cdot 31 \cdot 1,05 / 1,06 = 180 \text{ Вт}$$

Теплові втрати крізь стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n / R = 5,9 \cdot 31 / 1,52 = 120 \text{ Вт}$$

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплові втрати 2-го поверху:

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

Загальні теплові втрати 1-го та 2-го поверхів:

$$\sum Q = \sum Q_{\text{I п}} + \sum Q_{\text{II п}} = 22 + 72 = 92 \text{ кВт}$$

2.2. Розрахунок теплопритоків

В адміністративних, виробничих та громадських будинках джерелами додаткових теплових притоків можуть бути: люди, штучне освітлення, електрообладнання, теплотехнічне обладнання та інше. При розрахунку потужності опалювальної установки враховуються тільки явні тепловиділення, які знаходяться за формулою:

$$Q_{\text{я}} = \beta_i \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) \cdot (35 - t_n) \cdot N_{\text{л}},$$

де β_i - коефіцієнт, який враховує інтенсивність виконуваної роботи: для легкої роботи $\beta_i = 1$; для середньої роботи $\beta_i = 1,07$; для важкої роботи $\beta_i = 1,15$;

$\beta_{\text{од}}$ - 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 $K=0,15 \dots 0,95$).

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Перший поверх:

а) Офіс:

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

б) Буфет : $Q_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{0,2}) \cdot (35 - 18) \cdot 17 = 2250 \text{ Вт}$

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

в) Зала силовой підготовки:

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

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

Теплопритоки 1-го поверху:

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

2-й поверх:

а) Кімната інвентарю:

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

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

б) Кімната старшого тренера

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 10 \cdot 6 = 400 \text{ Вт}$$

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

в) Тренерська

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1 \cdot 0,66 \cdot 7,1 \cdot 17 \cdot 5 = 400 \text{ Вт}$$

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

г) Тренажерна зала

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 17 \cdot 30 = 4200 \text{ Вт}$$

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

д) Кімнати двох санвузлів та двох роздягальнь представляємо у вигляді однієї

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,1 \cdot 7,1 \cdot 12 \cdot 10 = 850 \text{ Вт}$$

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ж) Зала спортивних занять

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 30 = 4000 \text{ Вт}$$

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

з) Душові

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 10 \cdot 10 = 750 \text{ Вт}$$

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

к) Хол

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 0,66 \cdot 7,1 \cdot 19 \cdot 10 = 900 \text{ Вт}$$

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

л) Тамбур

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 0,66 \cdot 7,1 \cdot 23 \cdot 2 = 215 \text{ Вт}$$

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

м) Коридор

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 0,66 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 19 \cdot 5 = 400 \text{ Вт}$$

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

Теплопритоки 2-го 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 1-го та 2-го 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:

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

Потужність системи опалення спортивно-оздоровчого комплексу складе:

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

2.3. Розрахунок опалювальних приладів

В основі розрахунку покладена методика [14].

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

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

$t_{\text{н}}$ - температура повітря у приміщенні, °C

Розрахункова густина теплового потоку опалювальних приладів:

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

де $q_{\text{ном}}$ – номінальна густина теплового потоку опалювального приладу при стандартних умовах роботи, Вт/м² [14];

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

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

n, p – експериментальні значення показників ступеня, [14];

$C_{\text{пр}}$ - коефіцієнт, який враховує схему приєднання опалювального приладу та зміну показника ступеня p у різних діапазонах витрати теплоносія [14].

Розрахункова площа опалювального приладу знаходиться:

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

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 потоку від теплопроводів, корисну для підтримки температури повітря у приміщенні).

На практиці тепловіддачу від теплопроводів знаходять:

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} + q_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}}$$

при цьому використовуються таблиці, де наведені значення $q_{\text{в}}$ та $q_{\text{г}}$ – тепловіддачі 1м вертикально та горизонтально прокладених труб, Вт/м, в залежності від їх діаметру та різниці температур ($t_{\text{г}} + t_{\text{в}}$);

$l_{\text{в}}$ та $l_{\text{г}}$ – довжина вертикальних та горизонтальних теплопроводів у приміщенні, м;

β_1 – коефіцієнт врахування доповнюючого теплового потоку встановлених опалювальних приладів [14];

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

β_2 – коефіцієнт врахування доповнюючих втрат теплоти опалювальними приладами у зовнішніх огорожень [14].

Розрахована кількість секцій чавунних радіаторів:

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

де f_1 – площа поверхні нагріву однієї секції, m^2 , залежить від типу радіатора, прийнятого для встановлення у приміщенні [14];

β_4 – коефіцієнт, враховуючий засіб встановлення радіатора у приміщенні;

β_3 – коефіцієнт, враховуючий число секцій в одному радіаторі.

$$\beta_3 = 0,92 + 0,16 / F_p$$

1-ий поверх:

а) всі приміщення, крім зали силової підготовки:

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

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

Вибираємо радіатори чавунні секційні типу МС-140-108.

$f_1 = 0,25 m^2$ – площа поверхні нагріву;

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

Схема приєднання приладу зверху донизу;

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

$n = 0,3$; $p = 0$; $C_{пр} = 1$ [14];

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

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

Приймаємо $N_{уст} = 64$ секції

б) зала силової підготовки:

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

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

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

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

У залі силової підготовки приймаємо $N_{уст} = 45$ секцій.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2-й поверх

а) всі приміщення, крім зали спортивних занять:

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

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

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

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

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

2.4. Гідравлічний розрахунок системи опалення

Методика гідравлічного розрахунку теплопроводу системи водяного опалення взята з [14]. До гідравлічного розрахунку теплопроводів виконують аксонометричну схему системи опалення з усією запірно-регулюючою арматурою. До складання 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.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

Розрахунковий циркуляційний тиск:

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

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

P_E - природний максимальний тиск, кПа

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

де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

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

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

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

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

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

Система опалення повинна бути запроектована так, щоб $\Delta P_{c.o} > A \cdot P_E / z$

де $A = 7$ – для двотрубних систем;

z – кількість відособлених зон, $z = 1$.

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 визначають середнє значення питомого падіння тиску по головному циркуляційному кільцю.

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

де κ – 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.

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначають витрати води на систему опалення

$$G = 3,6 \cdot 10^3 \cdot Q / (c \cdot \Delta t),$$

де c – теплоємність води;

Q – теплове навантаження системи, Вт

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

Циркуляційний тиск кільця

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

$$-\Delta p_p = 22500 \text{ Па}$$

Середнє значення питомої лінійної втрати тиску

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

Визначення коефіцієнтів 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. $\xi=4$, $\sum \xi = 12$

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 - 1шт. $\xi = 3$, $\sum \xi = 5$

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 ділянкам 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. $\xi = 1$, $\sum \xi = 1$

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

Дільниця 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 заносимо до табл. 2.1.

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
Допоміжне кільце (перший поверх)										
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

№ 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
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

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

Умова виконується.

Підбір циркуляційного нагнітача

Тиск циркуляційного нагнітача, кПа

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

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

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

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

c – теплоємність води, $c = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

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.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02					Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

2.5. Розробка підпідлогового опалення спортивної зали

2.5.1. Загальні відомості про системи підпідлогового опалення

Система підпідлогового опалення є одним із найбільш раціональних рішень для спортивних споруд завдяки поєднанню безпеки, гігієни та високої енергоефективності. Оскільки всі нагрівальні елементи приховані під покриттям, у залі повністю зникає ризик травмування спортсменів об гострі кути радіаторів чи гарячі поверхні конвекторів, а весь периметр приміщення залишається вільним для розміщення шведських стінок, трибун чи іншого інвентарю. Важливою перевагою є створення оптимального мікроклімату: тепло розподіляється рівномірно по всій площі, концентруючись у нижній частині зали, де безпосередньо знаходяться люди, замість того, щоб накопичуватися під високою стелею. Це не лише економить ресурси, але й запобігає виникненню протягів та сильних конвекційних потоків, які піднімають пил у повітря, що критично важливо для легкого дихання під час інтенсивних кардіонавантажень. Окрім цього, тепла підлога сприяє швидкому висиханню поверхні після прибирання, мінімізуючи ковзання та ризик розвитку грибка у вологих зонах. Завдяки низькотемпературному режиму роботи така система ідеально інтегрується з сучасними екологічними джерелами енергії, як-от теплові насоси, забезпечуючи стабільний комфорт при значній економії на експлуатаційних витратах.

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

Для підпідлогового опалення пропонуються використовувати труби Акватерм з полібутену діаметром 18×2,5 та довжиною 290 м. 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 висо-

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ку 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.

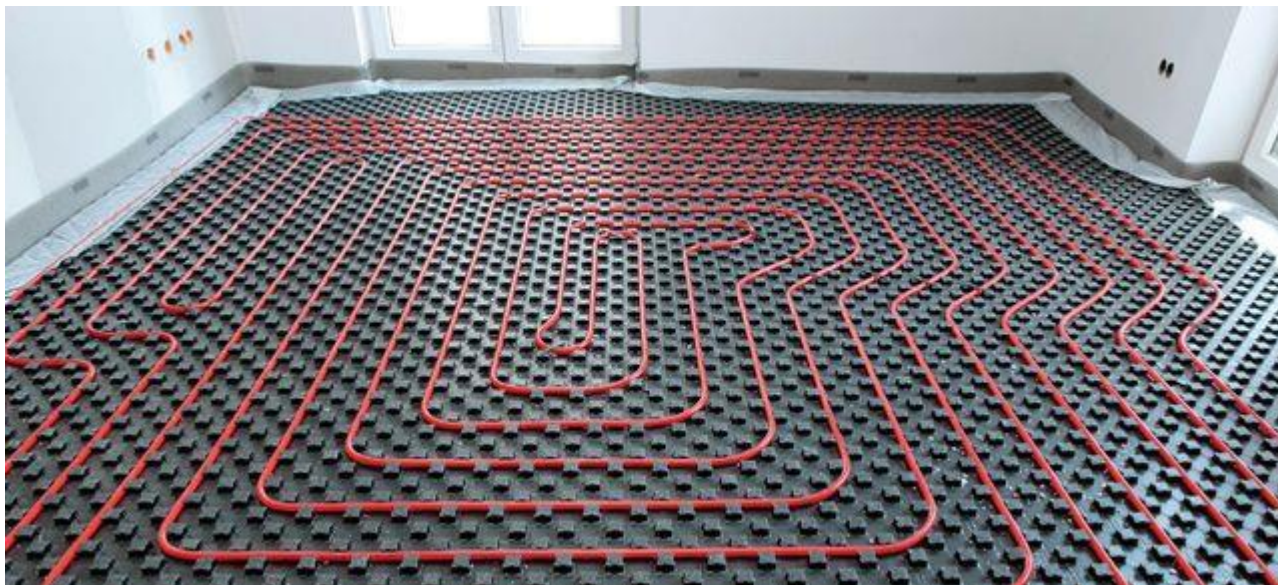


Рис. 2.1. Тепла підлога

Норми вимог по енергозбереженню для опалювально-технічних установок та установок для гарячого водопостачання 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.

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

Згідно норм для опалювальних установок, системи «тепла підлога» 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.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При використанні системи «тепла підлога» 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.

2.5.2. 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 50 мм. Труби укладаються на шар теплоізолятора, приєднуються до загальної системи опалення і заповнюються теплоносієм під тиском. Кріплення труб у контурах здійснюється за допо-

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

могою арматурної сітки та проволочи. Цей засіб визначається простотою та має додаткову перевагу за рахунок збільшення міцності механічної стяжки підлоги при її арміруванні. 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.

2.5.3. Вибір обладнання системи підпідлогового опалення

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 електрообігрівальної системи розширення відбувається процес відчинення. Процес зачинення відбувається після закінчення подачі напруги за рахунок охолодження системи розширення.

До системи опалення повинен входити термостат з таймером, який 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 підключаються до термостату з таймером.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Компактна конструкція розподільника дозволяє встановлювати його у розподільних коробках.

Наступний елемент системи – розподільник контурів нагріву.

У системі, яка проєктується, 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 клапана трубопроводу, що відводить.

Загальна довжина розподільника з центром розподілу складає 485мм.

Все вищеописане обладнання системи «теплої підлоги» встановлюється у розподільній шафі Акватерм.

Розподільна шафа Акватерм «Universal» виготовлена з листової сталі, підданій гарячому цинкуванню. Габаритні розміри шафи: висота 700...850 мм; ширина 550 мм; глибина 110...150 мм.

2.5.4. Розрахунок системи підпідлогового опалення

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

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Допустима площа для кожного нагрівального контуру в залежності від розподілу між трубами (VA75) складає 9,6 м².

Трубопроводи, що відводять, перед розподільником контурів нагріву прокладають на дуже близької відстані. 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 ізолюваним 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 – вплив 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;

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

$$M_y = 100(0,045 - S_y); \quad (S_y \leq 0,015\text{м}),$$

$$M_d = 250(D - 0,020); \quad (0,012 \leq D \leq 0,030\text{м})$$

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

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

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

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Друга умова комфортності виконується (до 33°C).

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

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

Розрахункова густина теплового потоку:

$$Q_H = (1 + \chi) \cdot Q_N,$$

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

$$Q_H = (1 + 0) \cdot 72 = 72 \text{ кВт}$$

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

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

Висновки за позділом:

У другому розділі проведено комплексний розрахунок та проектування системи водяного опалення для спортивно-оздоровчого комплексу. Основні результати та етапи роботи включають:

Розрахунок тепловтрат: Визначено втрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції (стіни, вікна, двері, підлогу та стелю) для кожного приміщення. Загальні тепловтрати першого поверху склали 22 кВт, другого 72 кВт, що в сумі становить 92 кВт для всієї будівлі.

Аналіз теплопритоків: Розраховано внутрішні надходження тепла від людей, штучного освітлення та електрообладнання. Сумарні теплопритоки для обох поверхів становлять 23,8 кВт.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначення потужності системи: З урахуванням втрат на інфільтрацію (3,7 кВт) та віднімання внутрішніх теплопритоків, підсумкова потужність системи опалення комплексу становить 71,9 кВт.

Проектування опалювальних приладів: Для забезпечення теплового комфорту обґрунтовано використання чавунних секційних радіаторів (з розрахунком необхідної кількості секцій для кожного приміщення) та системи підпідлогового опалення.

Розрахунки підтвердили дотримання умов комфортності для спортивної зали, зокрема температура поверхні підлоги не перевищує допустимі 33°C при використанні теплоносія з параметрами 60/30°C.

Таким чином, розроблена система забезпечує ефективне покриття теплових потреб будівлі при дотриманні діючих будівельних норм.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1. Розрахунок повітроводу

Методика розрахунку взята з [12] за ДБН В.2.2-13-2003 «Будинки і споруди. Спортивні і фізкультурно-оздоровчі споруди». Приймаємо кратність обміну повітря 80 м³/год. на кожного відвідувача. Кратність обміну однакова для притоку та витяжки.

Витрата повітря, м³/год.:

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

де n – кратність обміну, м³/г;

N – кількість відвідувачів.

Приймаємо для спортивної зали три системи з витратою повітря по 800 м³/год.

Повітровід вибираємо сталевий, круглий діаметром 315 мм.

Визначаємо переріз повітроводу, м²

$$f = L / (3600 \cdot v) = 800 / (3600 \cdot 4) = 0,06 \text{ м}^2$$

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

Витрати тиску на ділянці, Па

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

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

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

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

Реальна швидкість у повітроводу, м/с:

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

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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, дорівнюється витраті тиску при витраті повітря 1 м³/год.

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

3.2. Підбір вентиляційного обладнання

За каталогом Systemair AB (Швеція) - крупного постачальника вентиляційного обладнання на ринки України, обираємо обладнання системи вентиляції:

шумоглушник LDC 315 $\Delta p = 10$ Па

фільтр FGR 315 $\Delta p = 50$ Па

Кількість тепла та нагрів припливного повітря, Вт

$$Q = 0,287 \cdot G \cdot C_v \cdot (t_k - t_H),$$

де G – витрата повітря у приміщенні. м³/год.;

C_v - теплоємність повітря

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

Обираємо нагрівач СВ/315 $\Delta p = 100$ Па.

Сумарні витрати тиску у повітроводі, Па:

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Обираємо тип вентилятора за каталогом SYSTEMAIR.

Витрата вентилятору 200 Па

Потужність 0,18 кВт

Напруга 230 В

Приймаємо, що повітря виводиться з приміщення спортивної зали крізь витяжні шахти. Також приймаємо для витяжної системи три вентилятори SYSTEMAIR TFE-400-4 на даху з витратою повітря по 800 м³/год. кожний.

Потужність - 0,48 кВт, напруга - 230 В.

Вентилятори дахові TFE 220 виробництва компанії Systemair (Швеція) обладнані крильчаткою із заломленими назад робочими лопатками і двигуном із зовнішнім ротором.



Рис. 3.1 Вентилятор SYSTEMAIR TFE-400-4

Вентилятори SYSTEMAIR TFE-400-4:

- низький рівень шуму;
- можливість регулювання швидкості;
- відкривається механізм для зручності очищення і огляду;
- не вимагають техобслуговування і надійні в роботі;
- вертикальний викид повітря;
- встановлюється на виброізованих підкладках.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки за розділом:

У третьому розділі розроблено систему вентиляції спортивної зали, базуючись на вимогах ДБН В.2.2-13-2003. Основні результати проєктування включають:

Розрахунок повітрообміну: Визначено загальну витрату повітря у розмірі 2400 м³/год, виходячи з норми 80 м³/год на кожного з 30 відвідувачів.

Конфігурація системи: Для обслуговування зали прийнято три припливні системи продуктивністю по 800 м³/год із використанням круглих сталевих повітроводів діаметром 315 мм.

Підбір обладнання: Обрано компоненти виробництва Systemair (Швеція), зокрема шумоглушники LDC 315, фільтри FGR 315 та електричні нагрівачі загальною потужністю 9 кВт.

Витяжна система: Запроєктовано три дахові вентилятори TFE-400-4 (по 800 м³/год кожен), які характеризуються низьким рівнем шуму, можливістю регулювання швидкості та високою надійністю.

Таким чином, запропоноване рішення забезпечує нормативні параметри мікроклімату та ефективне видалення відпрацьованого повітря з приміщення.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Джерелом гарячого водопостачання спортивно-оздоровчого комплексу є котел у топковій. Трубопроводи монтуються з водопровідних труб за ДСТУ 8936:2019. Стояки водопостачання у місцях перехрестя з перекриттям заключні у гільзи з покрівельної сталі, краї гільз виступають на 20-30 мм 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.

4.1. Розрахунок витрати води для гарячого водопостачання

Задача системи гарячого водопостачання полягає у подачі в приміщення гарячої прісної води певних визначених параметрів.

Методика розрахунку взята з ДБН В.2.5-64:2012 [18].

Середня тижнева витрата тепла, Вт

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

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

m – кількість споживачів;

c – теплоємність води, кДж/(кг·°C)

t_{Γ} – температура гарячої води на теплопостачанні, °C;

t_{χ} – температура холодної води, яка приймається узимку 5°C;

K_c – час подачі гарячої води протягом доби, год.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня витрата тепла на гаряче водопостачання за добу найбільшого водовикористання:

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

де X_c – коефіцієнт нерівномірності використання води за добу.

Розрахункова максимальна годинна витрата гарячої води:

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

Діаметри труб для ГВП приймаємо 16×2,2; 25×2,5 та 40×5,6 мм.

$$Q_{дж} = Q_{о.с} + Q_{вент} + Q_{гар.в} + Q_{під.оп},$$

де $Q_{о.с}$ – потужність опалювальної системи, Вт;

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

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

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

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

У якості джерела тепlopостачання приймаємо модуль нагріву МН – 240 кВт. Він складається з шести опалювальних елементів, потужність кожного становить 40 кВт. 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 90% і не змінюється при зниженні потужності.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Розробка калорифера

Опалення спортивно-оздоровчого 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. Виготовляються 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 багатоходові.

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

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

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

$V = 8049 \text{ м}^3/\text{год.}$ – об'єм приміщень.

Витрати теплоти, що видаляється з повітрям місцевою вентиляцією

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

Загальне навантаження на калорифери:

$$Q_3 = Q_{\text{МВ}} + Q_{\text{ц}} = 114901,7 + 29831,23 = 251694,1 \text{ Вт}$$

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

Загальна витрата повітря крізь систему:

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата води на калорифери:

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

4.3. 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:

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

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

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

Для підігріву повітря використовуємо калорифер з наступними характеристиками:

Таблиця 4.1

Технічні характеристики калорифера КФБО

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

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\omega\rho = \frac{G_3}{f},$$

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

f – переріз калорифера для проходу повітря, м².

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

де 10 – кількість секцій калорифера, шт.

Опір руху повітря в калорифері:

$$H_k = 3,28 \cdot \omega\rho^{2,01} = 3,28 \cdot 3,03^{2,01} = 30,5 \text{ Па}$$

За результатами розрахунку системи підбираємо необхідний припливний вентилятор.

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

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

За каталогом «Вентиляторного заводу Укрвентсистеми» підбираємо вентилятор ВР 86-77-4.

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 $46,2 \text{ кг}$

Висновки за розділом:

У четвертому розділі проведено проектування та розрахунок системи гарячого водопостачання (ГВП) спортивно-оздоровчого комплексу.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні висновки та технічні рішення включають:

Для влаштування мережі обрано водопровідні труби згідно з ДСТУ 8936:2019. Трубопроводи запроектовані з нормативним нахилом 0,001 у бік випусків для забезпечення можливості зливу води.

Джерелом теплової енергії для системи ГВП визначено модуль нагріву МН – 240 кВт, який складається з шести опалювальних елементів, потужністю 40 кВт кожний, розміщений у топковій. Розрахунок витрат води та теплової потужності виконано відповідно до вимог ДБН В.2.5-64:2012.

Комплектація системи: Передбачено встановлення повної номенклатури арматури, включаючи поворотні затвори, регулятори тиску, компенсатори та автоматичні клапани для випуску повітря.

Теплове обладнання: Для потреб підігріву повітря в системі обрано калорифер КФБО з 10 секціями та площею поверхні нагріву 26,88 м², що забезпечує ефективний теплообмін.

Запроектована система відповідає сучасним будівельним нормам і забезпечує надійну подачу гарячої води заданих параметрів для всіх споживачів комплексу.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Заходи з техніки безпеки для спортивно-оздоровчого комплексу

Охорона праці та техніка безпеки у спортивно-оздоровчому комплексі базуються на поєднанні загальних нормативних вимог та специфічних технічних рішень, закладених у проєкті систем життєзабезпечення (опалення, вентиляції та водопостачання).

Нижче наведено основні заходи та інструкції, сформовані на основі технічних даних комплексу:

Заходи з охорони праці та техніки безпеки

Безпека теплового обладнання: Експлуатація модуля нагріву МН-240 повинна здійснюватися лише за умови справності системи автоматичного управління та автоматики безпеки, якими він оснащений.

Захист від опіків та травм: Система підпідлогового опалення у спортивній залі забезпечує відсутність відкритих гарячих поверхонь та гострих кутів радіаторів, що мінімізує ризик травмування спортсменів.

Електробезпека: Все вентиляційне обладнання (припливні системи та дахові вентилятори Systemair) повинно бути заземлене та підключене до мережі згідно з номінальною напругою (230 В).

Шумо- та віброзахист: Для створення безпечних умов праці та перебування людей передбачено встановлення шумоглушників LDC та монтаж дахових вентиляторів на віброізованих підкладках.

Експлуатація трубопроводів: Для запобігання аварійним ситуаціям на мережах ГВП встановлені регулятори тиску, компенсатори та клапани для випуску повітря. У місцях перетину перекриттів стояки захищені гільзами з покрівельної сталі.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

5.2. Заходи з пожежної безпеки у спортивно-оздоровчому комплексі

Автоматизація котельні: Модуль нагріву має систему безпеки, яка автоматично припиняє подачу газу в разі згасання полум'я, порушення тяги або перевищення допустимої температури теплоносія (до 95°C).

Вентиляційні системи: Конструкція дахових вентиляторів TFE-400-4 передбачає вертикальний викид повітря, що важливо для відведення продуктів згоряння або диму в разі надзвичайної ситуації.

Протипожежні перешкоди: Гільзи в місцях проходу труб крізь перекриття запобігають поширенню вогню та диму між поверхами будівлі.

Обслуговування: Регулярне очищення фільтрів припливних систем та відкривних механізмів вентиляторів є обов'язковим для запобігання перегріву двигунів та накопиченню горючого пилу в повітроводах.

Загальна інструкція для персоналу

Допуск до роботи: До обслуговування котельного та вентиляційного обладнання допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання та інструктаж з техніки безпеки.

Моніторинг параметрів: Необхідно щозміни контролювати температуру теплоносія (не більше 60°C для підлогового опалення та 95°C для котла) і тиск у системі.

Дії в аварійних ситуаціях: У разі виявлення протікання води, запаху газу або стороннього шуму в роботі вентиляторів, обладнання необхідно негайно знеструмити та перекрити відповідні засувки (поворотні затвори).

Санітарні норми: Система вентиляції повинна забезпечувати постійну подачу 80 м³/год свіжого повітря на кожного відвідувача для підтримки здорового мікроклімату.

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблені системи теплопостачання спортивно-оздоровчого комплексу площею 1250 м².

Розроблені системи теплопостачання відповідають будівельним нормам, забезпечують комфортні умови мікроклімату в приміщеннях спортивно-оздоровчого комплексу відповідно санітарним нормам.

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

Проведено розрахунки: визначено втрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції, внутрішні надходження тепла від людей, штучного освітлення та електрообладнання, розрахунок потужності опалювальної системи спортивно-оздоровчого комплексу, розрахунок опалювальних приладів, гідравлічний розрахунок системи опалення, аеродинамічний розрахунок систем вентиляції, розрахунок витрати води для системи гарячого водопостачання. Підібране необхідне обладнання (нагрівачі, вентилятори, калорифер та інше).

Розроблена система підпідлогового опалення для спортивної зали. Система підпідлогового опалення (тепла підлога) є одним із найкращих рішень для об'єктів, які мають велику кубатуру приміщення та високі вимоги до безпеки.

Виконаний розрахунок калорифера для підігріву повітря припливної вентиляційної установки.

Запроєктовані системи відповідають сучасним будівельним нормам і забезпечують надійне теплопостачання заданих параметрів для всіх споживачів комплексу.

Визначені заходи з охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки.

					ВКР. 144.4241.04.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бедрій Я. І. Охорона праці : навч. посіб. Київ : ЦУЛ, 2002. 322 с.
2. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель : навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf
3. Буд А. Ф., Колодяжний В. В. Розрахунок та проектування систем вентиляції та кондиціонування повітря. Київ : ТОВ «Вент-сервіс», 2014. 344 с.
4. Глушко Ю. Ю. Опалення : навч. посіб. 2019 рік. Автор-упорядник: Глушко Ю. Ю., над навчальним посібником працювали: Безпалько Н. О., Боброва Т. Б., Високос С.М., Гусєв П.С., Заседатєлев І. В., Лебедев С. О., Сашко В. О., Семироз М. В., Терещенко Т. М., Черниш В. В. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/2opalennya.pdf> 34
5. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.
6. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gazobeton.org/sites/default/files/sites/all/uploads/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiyabudivel.pdf>
7. 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.
8. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mathcentre.com.ua/download/dstu_en_15251-2011.pdf

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://finance.smr.gov.ua/ files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf](https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf)

10. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ ua/catalog/doc-page?id_doc=56183](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56183)

11. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди») : навч. посіб. Київ : Кондор, 2007. 244 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf

12. Жуковський С.С., Лабай В.Й. Аеродинаміка вентиляції : навч. посібник для студентів вищ. навч. закладів. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2003. 270 с.

13. Зайцев О.М., Любарець О.П. Проектування систем опалення. Відень, 2008. 201 с.

14. Слаутіна Т. Г., Кузнецова С.А. Проектування водяних систем опалення : навч. посіб. Миколаїв: НУК, 2009. 68 с.

15. Опалення, вентиляція і кондиціонування: для комерційних і виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <https://a-air.com.ua/ua-articles/otoplenie-ventiljacija-ikondicionirovanie-dlja-kommercheskih-i-proizvodstvennyh-pomeshhenij/>

16. Розрахунок калорифера: як розрахувати потужність приладу для нагрівання повітря для опалення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <https://uk.top-home-tips.com/3460422-calculator-calculation-how-to-calculate-the-power-of-the-device-for-heating-the-air-for-heating>.

17. Теплотехнологічні процеси та установки (теплообмінні апарати) [Електронний ресурс] навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» кваліфікаційного рівня «бакалавр». / Укл. Шаповалов Ю. О., Соломонюк Д. М.: НУК. - Електронні текстові дані (1 файл: 7,5 Мбайт). Миколаїв : НУК, 2021. 67 с.

18. Шаповалов, Ю. О. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітнього ступеня «бакалавр» : метод. вказівки / Ю. О. Шаповалов, М. М. Семенов. Миколаїв : НУК, 2025. 44 с.

19. <https://aw-therm.com.ua/rozrahunok-vodyanoyi-teployi-pidlogi-ukrupnena-metodika/> Методика укрупнених розрахунків «теплої підлоги» або «експрес-проектування»

					ВКР.144.4241.04.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		