

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

Кафедра «Теплоенергетики та технологій машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«___» _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка системи теплопостачання загальноосвітньої школи №36 загальною площею 1200 м² по вул. Потьомкінська 22, м. Миколаїв з розробкою теплообмінного апарату.

Виконала: студентка групи 47-ТЕ-18

_____ **Гончаренко А.В.**
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., доцент кафедри ТЕ та ТМ ПННІ НУК
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

_____ **Анастасенко С.М.**
(підпис)

Первомайськ - 2022 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	6
1.1. Опис об'єкту проектування.....	6
1.2. Кліматична характеристика.....	7
1.3. Мета кваліфікаційної роботи.....	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ.....	9
2.1. Визначення опору теплопередачі огорожень приміщень.....	9
2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.....	14
2.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення.....	15
2.4. Складання теплового балансу приміщення. Визначення теплової потужності системи опалення.....	16
2.5. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень.....	17
2.6. Обрання та обґрунтування типу системи опалювання та опалювальних приладів.....	18
2.7. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір типу і кількості опалювальних приладів.....	18
2.8. Розробка аксонометричної схеми опалення.....	21
2.9. Розрахунок головного циркуляційного кільця. Підбір циркуляційного насосу за типом та параметрами.....	21
2.10. Визначення ємності бака розширювача.....	23
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ.....	25
3.1 Визначення розрахункового повітрообміну.....	25
3.2 Аеродинамічний розрахунок припливної вентиляції.....	26
3.3 Розрахунок та підбір обладнання припливної камери.....	30
3.3.1 Підбір кількості повітрозабірних ґрат.....	30
3.3.2 Розрахунок та підбір фільтрів.....	31
3.3.3 Розрахунок та підбір калориферної установки.....	32

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб		Гончаренко А.В.			Пояснювальна записка	Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Анастасенко С.М.						2	
Т. Контр.						ПННІ НУК 47-ТЕ-18			
Н. контр.		Анастасенко С.М.							
Зав. кафедр.		Ошовський В.Я.							

3.4	Підбір вентилятора припливної вентиляції.....	33
3.5	Аеродинамічний розрахунок витяжної вентиляції.....	33
3.6	Підбір вентилятора витяжної вентиляції.....	34
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ ТА ТЕПЛОВОГО ВУЗЛА.....		35
4.1	Призначення, принцип дії та визначення початкових параметрів.	35
4.2	Розрахунки елемента: тепловий, гідравлічний, міцності.....	36
4.2.1.	Тепловий розрахунок.....	36
4.2.2.	Гідравлічний розрахунок.....	44
4.2.3.	Розрахунок на міцність.....	47
4.3.	Складання принципової схеми, режими роботи теплового вузла..	48
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....		50
ВИСНОВКИ.....		53
ЛІТЕРАТУРА.....		54
ДОДАТКИ.....		57

Вступ

В роботі розроблено систему теплопостачання для загальноосвітньої двоповерхової школи. Існує необхідність розгляду даного питання, так як системи водопостачання, водяного опалення та вентиляції забезпечують та підтримують необхідні комфортні умови перебування дітей та персоналу у школі. Таким чином, була проведена робота в напрямку зниження втрат теплоти будівлі у навколишнє середовище, що є важливим і актуальним завданням сьогодення. При цьому було враховані новітні тенденції використання сучасних матеріалів, спрямованих на енергозбереження будівлі.

Опалення здійснюють комплексом технічних засобів, який називають системою опалення. В її склад входять засоби для отримання, транспортування і передачі теплоти в усі приміщення, що обігріваються. Система опалення обслуговується, як правило, комплексом автоматизованої системи управління. Розробка системи водяного опалення була проведена відповідно вимогам всіх нормативних документів та спроектована таким чином, щоб параметри робочого середовища виробничо-побутового корпусу станції технічного обслуговування автомобілів відповідали санітарним нормам.

Система вентиляції є одною з систем яка допомагає регулювати мікроклімат в приміщенні. Роботі було проведено розробку системи вентиляції загальноосвітньої школи. Система вентиляції припливно-витяжна з механічним спонуканням.

Подача теплової енергії у приміщення для забезпечення в них комфортних параметрів внутрішнього повітря, приготування гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб і для виконання технологічних процесів на промислових підприємствах потребує організації та функціонування спеціальних систем теплопостачання, які бувають місцевими, якщо вироблення теплоти відбувається в місці його споживання, або централізованими, якщо вироблення теплоти здійснюється спеціальними підприємствами.

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В Україні теплопостачання будівель здійснюється в основному від централізованих систем. Джерелом теплопостачання в містах є теплоелектроцентралі (ТЕЦ) і котельні, а сільській місцевості - невеликі котельні й опалювальні печі. На відміну від ТЕЦ і великих котелень централізованого теплопостачання, вироблення теплоти в невеликих котельнях і опалювальних печах потребує значних витрат некваліфікованої праці й сприяє суттєвому забрудненню навколишнього середовища.

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. МЕТА ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

1.1. Опис об'єкту проектування

Об'єкт проектування – загальноосвітня школа, розташована в місті Миколаєві. Школа двоповерхова. До складу об'єкту входять класні кімнати, спортзал, їдальня, бібліотека, службові приміщення, санітарні вузли, і т.д. Загальна площа будівлі 500м².

Висота приміщень 4 м, товщина перекриття між поверхами 400 мм. Стіни із цегли на легкому розчині товщиною 525мм. Висота вікон 2 м, їхня ширина 1,6 м. Засклення виконано подвійним у дерев'яних відокремлених рамах. Двері дерев'яні зовнішні подвійні висотою 2,7м, шириною 1,3 м. Паркетна підлога по залізобетонному перекриттю.

План будівлі можна розглянути на графічному зображенні.

Була підібрана система опалення - двотрубна з нижнім горизонтальним розведенням труб. У якості опалювальних приладів використовуємо радіатори типу МС-140.

Температура зовнішнього повітря визначається як середня температура найбільш холодної п'ятиденки за 8 самих холодних зим за останні 50 років. Для міста Миколаєва $t_{\text{н}}^{\text{б}} = -20^{\circ}\text{C}$. Температура в приміщенні дорівнює плюс 18°C.

Температура теплоносія системи опалення повинна бути $T_1 = 80^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 60^{\circ}\text{C}$. Забезпечити гарячою водою температурою $T_3 = 60^{\circ}\text{C}$.

Для вентиляції приміщень запроектувати систему з природним і з механічним спонуканням відповідно з призначенням приміщень і нормативними вимогами до обслуговуваних приміщень. Внутрішні температури на повітрообміні прийняті згідно ДБН В.2.5-67:2013.

Холодне водопостачання згідно ДБН В.2.5-64:2012. В будівлі існує господарчо-питний водопровід. Стояки водопостачання у місцях переходу з перекриттям повинні бути замкнутими у гільзи з покрівельної сталі.

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

1.2. Кліматична характеристика

Місто Миколаїв розташоване в Північному Причорномор'ї, при злитті річок Південний Буг та Інгул.

Пересічна температура повітря за рік на основній частині території становить 8-10°C. Пересічна температура січня змінюється від - 5°C на півночі області до - 2°C на півдні, де взимку близько 40% днів з відлигами (метеостанція Миколаїв). Пересічна температура липня досягає 20-23°C, абсолютні максимуми 39-40°C, абсолютні мінімуми від -30°C до - 34°C. Період з температурою понад +10°C становить 180-225 днів, тривалість вегетаційного періоду 215-225 днів. Розподіл річних сум опадів на території краю зональний: на півночі області випадає 440-470 мм, у центральному і південно-східному районах 390-410 мм, а на південному заході 330-345 мм опадів. З підвищенням висоти місцевості над рівнем моря на кожні 100 метрів, кількість опадів зростає на 10-26%. Із загальної кількості опадів у теплий період (квітень-жовтень) випадає 70% переважно у вигляді злив. Серед метеостанцій всього Причорномор'я найбільша кількість катастрофічних злив, коли випадало більше 55 мм опадів, зареєстровано у Миколаєві: за 27 років спостережень таких злив було вісім. Сніговий покрив взимку буває в середньому від 37 до 65 днів. Пересічна потужність снігового покриву на півночі степової зони досягає 10см, а на півдні не перевищує 3-6 см. Запаси води у снігу при найбільшій його висоті коливаються від 30 до 24 мм. Глибина промерзання ґрунту складає 37-54 см.

Пересічна багаторічна вологість повітря становить 71%, але, іноді в травні – серпні вона зменшується до 15-30%. З впливом моря пов'язано щорічне надходження з опадами 150-170 кг/га хлоридів і сульфатів натрію та магнію.

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

У теплий період року в степовій зоні області буває більше 15 днів з суховіями (у травні, серпні).

Міські ґрунти мають різний рівень гідролітичної кислотності. Найнижчий відзначений у ґрунтах насаджень, розміщених поблизу проїзної частини вулиць, причому з віддаленням від цих місць її питома вага зростає. Висока кислотність ґрунтів впливають на загальну доступність поживних речовин, а отже, і на розвиток деревної рослинності. Наприклад, рН практично у всіх ґрунтах насаджень, які прилягають до міських автомагістралей, перебуває в межах 7,0-8,0 і належить до сильно-лужної групи. Кислі ґрунти зустрічаються тільки у парках з природними ґрунтами. Висока кислотність ґрунтів, як і їх алкалізація, впливають на загальну доступність поживних речовин, а отже, і на розвиток деревної рослинності.

1.3 Мета кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є розробка високоефективної, надійної та працездатної системи теплопостачання для загальноосвітньої двоповерхової школи, визначення типу опалювальних приладів, побудова аксонометричних схем системи опалення та вентиляції. За завданням цю роль виконуватиме тепловий пункт.

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ ЗАГАЛЬНО-ОСВІТНЬОЇ ШКОЛИ

2.1. Визначення опору теплопередачі огорожень приміщень

Опір теплопередачі R_0 захищаючих конструкцій слід приймати найбільшим за санітарно-гігієнічними умовами і за умовами енергозбереження. Теплові втрати через зовнішні конструкції огорожень знаходимо як суму втрат через окремі конструкції згідно наведеної формули:

$$Q_{ог} = \sum_{s=1}^m k_i F_i (t_{вн} - t_{пз}) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i, \quad (2.1)$$

де k_i – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх конструкцій, Вт/м²К;

F_i – площа поверхні окремих зовнішніх конструкцій, м²;

$t_{вн}$ – температура всередині приміщення, °С;

$t_{пз} = t_n^Б$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

n_i – коефіцієнт, за допомогою якого урахуємо зниження різниці температур, яка залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

У якості прикладу розрахуємо приміщення 5:

Зовнішня стіна з трьома вікнами.

Висота стіни приймається як сума висоти приміщень і перекриття

$$h_1 = h_n + \delta_{пер} = 4 + 0,4 = 4,4 \text{ м};$$

$$\text{Площа стіни} \quad F_{1cc} = h_1 \cdot a_1 = 4,4 \cdot 7,817 = 33,42 \text{ м}^2;$$

$$\text{Площа вікон} \quad F_{вік} = n \cdot h_{вік} \cdot c_1 = 3 \cdot 2 \cdot 1,6 = 9,6 \text{ м}^2;$$

$$\text{Площа стіни 1 з урахуванням площі засклення} \quad F_{cm1} = 33,56 - 9,6 = 23,82 \text{ м}^2.$$

Аналогічно розрахунки будуть для всіх приміщень, результати цих розрахунків заносимо у таблицю 2.1.

Для зовнішніх стін тепловий потік послідовно долає опір теплообміну на внутрішній поверхні стіни R_v , матеріалів шарів огороження R_i та опір зовніш-

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ньої поверхні R_H , тому опір теплопередачі цегляних стін визначаємо за формулою

$$R_{0\text{ст}} = R_B + \sum R_i + R_H, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (2.2)$$

$$\text{де } R_B = \frac{1}{\alpha_B} = \frac{1}{8,7} = 0,115, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$\sum R_i = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{um}}{\lambda_{um}} = \frac{0,525}{0,82} + \frac{0,02}{0,814} = 0,655 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (2.3)$$

$$R_H = \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{23,3} = 0,043, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}; \quad (2.4)$$

α_B – коефіцієнт теплопередачі матеріалу, $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ - тепловий потік від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стіни);

α_H – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні огороження до зовнішнього повітря $\alpha_H = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. [3]

$$\sum R_{cm} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,525}{0,82} + \frac{0,02}{0,814} + \frac{1}{23,3} + \frac{0,05}{0,052} = 1,22$$

Для зовнішніх стін, $k_{\text{ст}} = \frac{1}{R_{cm}} = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; коефіцієнт тепловіддачі для вікон $k_{\text{вік}} = 2,63 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Теплові втрати через зовнішні огороження:

$$Q_{\text{ог}} = \sum_{s=1}^m k_i F_i (t_{\text{вн}} - t_{\text{пз}}) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i = 3373,27 \text{ Вт}. \quad (2.5)$$

Загальні результати зведені в таблицю 2.1.

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Результати розрахунків теплових втрат через огороження

Номер приміщення	Зовнішня конструкція	Орієнтація за сторонами світу	Розміри огорожень	Площа конструкції F, м ²	Розрахункова різниця температур, С	Коефіцієнт теплопередачі k Вт/(м ² К)	Основні теплові втрати Q, Вт	Додаткові втрати у частках від основних				Повні теплові втрати Q _г , Вт
								β1	β2	β3	β4	
1	Стіна з чотирма вікнами	Пн	4,4 x 10,037	44,1628								
	Вікна с подвійним склом		4 x 2 x 1,6	12,8	40	2,63	1346,56	0,1	0,15	-	-	1683,20
	Цегляна стіна		35,36 - 6,4	31,3628	40	0,56	702,53	0,1	0,15	-	-	878,16
	Зовнішня цегляна стіна	С	4,4 x 5,087	22,3828	40	0,56	501,37	0,1	0,15	-	-	626,72
	Підлога		9,817 x 4,867		40	17,84	713,60	0,1	0,15	-	-	892,00
	Усього											4080,08
2	Стіна з трьома вікнами	С	4,4 x 8,037	35,36								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	0,1	0,05	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		35,36 - 9,6	25,76	38	1,22	1194,36	0,1	0,05	-	-	1373,52
	Підлога		6,195 x 7,817		38	17,71	672,98	0,1	0,05	-	-	773,93
	Усього											3250,78
3	Стіна з трьома вікнами	С	4,4 x 8,037	35,36								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	0,1	0,05	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		35,36 - 9,6	25,76	38	1,22	1194,36	0,1	0,05	-	-	1373,52
	Підлога з утепленням		6,195 x 7,817		38	17,71	672,98	0,1	0,05	-	-	773,93
	Усього											3250,78
4	Стіна з двома вікнами	Зх	4,4 x 6,415	28,23								
	Вікна с подвійним склом		2 x 2 x 1,6	6,4	38	2,63	639,616	-	0,05	-	-	671,60
	Цегляна стіна		28,23 - 6,4	21,83	38	1,22	1011,85	0,05	0,05	-	-	1113,04
	Підлога		6,047 x 6,196		38	14,81	562,78	0,1	0,05	-	-	647,20
	Усього											2431,83
5	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 7,595	33,42								
	Вікно с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		32,45 - 9,6	23,82	38	1,22	1104,20	0,1	0,15	-	-	1380,25
	Підлога		6,047 x 7,375		38	18,73	711,74	0,1	0,15	-	-	889,68
	Усього											3373,27
6	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 8,39	33,56								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,338
	Зовнішня цегляна стіна	З	4,4 x 6,35	27,9488	38	1,17	1242,60	0,05	0,15	-	-	1428,99
	Цегляна стіна		33,56 - 9,6	23,96	38	1,17	1065,26	-	0,15	-	-	1225,05
	Підлога		8,17 x 6,13		38	18,19	691,22	0,1	0,15	-	-	760,34
	Усього											4517,72

7	Стіна з п'ятьма вікнами	Пн	4,4 x 17,330	76,25								
	Вікна с подвійним склом		5 x 2 x 1,6	16	38	2,63	1599,04	0,1	0,05	-	-	1838,90
	Цегляна стіна		76,25 - 16	60,25	38	1,22	2793,28	0,1	0,05	-	-	3212,28
	Підлога		17,11 x 4,425		38	28,70	1090,60	0,1	0,05	-	-	1254,19
	Усього											6305,36
8	Стіна з п'ятьма вікнами	Пд	4,4 x 16,750	73,70								
	Вікна с подвійним склом		5 x 2 x 1,6	16	38	2,63	1599,04	-	0,05	-	-	1678,99
	Цегляна стіна		73,70 - 16	57,70	38	1,22	2674,97	-	0,05	-	-	2808,72
	Підлога		16,52 x 8,26		38	36,89	1401,82	-	0,05	-	-	1471,91
	Усього											5959,62
9	Стіна з чотирма вікнами	Пн	4,4 x 12,905	56,78								
	Вікна с подвійним склом		4 x 2 x 1,6	12,8	38	2,63	1279,232	0,1	0,15	-	-	1599,04
	Цегляна стіна		56,78 x 12,8	43,98	38	1,22	2039,01	0,1	0,15	-	-	2548,76
	Стіна з чотирма вікнами	З	4,4 x 12,5	55	38							
	Вікна с подвійним склом		4 x 2 x 1,6	12,8	38	2,63	1279,232	0,1	0,15	-	-	1599,04
	Цегляна стіна		55 - 12,8	42,2	38	1,22	1956,392	0,05	0,15	-	-	2347,67
	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 12,905	56,78	38							
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		56,78 - 9,6	47,18	38	1,22	2187,358	-	0,15	-	-	2515,46
	Підлога		12,685 x 12,3		38	38,52	1463,76	0,15	0,15	-	-	1902,89
	Усього											13616,19
10	Стіна з трьома вікнами	Пн	4,4 x 10,545	46,40								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	40	2,63	1009,92	0,1	0,15	-	-	1262,40
	Цегляна стіна		46,4 - 9,6	36,80	40	1,22	1795,74	0,1	0,15	-	-	2244,68
	Стіна з вікном	З	4,4 x 4,35	19,14	40							
	Вікна с подвійним склом		2 x 1,6	3,2	40	2,63	336,64	0,05	0,15	-	-	403,97
	Цегляна стіна		19,14 - 3,2	15,94	40	1,22	777,87	0,05	0,55	-	-	1244,60
	Підлога		42,64225		40	17,84	713,60	0,15	0,15	-	-	927,68
	Усього											6083,32
11	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 8,39	33,56								
	Вікна с подвійним		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,338
	Зовнішня цегляна стіна	З	4,4 x 6,35	27,9488	38	1,17	1242,60	0,05	0,15	-	-	1428,99
	Цегляна стіна		33,56 - 9,6	23,96	38	1,17	1065,26	-	0,15	-	-	1225,05
	Підлога		8,17 x 6,13		38	18,19	691,22	0,1	0,15	-	-	760,34
	Усього											4517,72

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ

Арк.

12

12	Стіна з чотирма вікнами	Пн	4,4 x 10,037	44,1628								
	Вікна с подвійним склом		4 x 2 x 1,6	12,8	40	2,63	1346,56	0,1	0,15	-	-	1683,20
	Цегляна стіна		35,36 - 6,4	31,3628	40	0,56	702,53	0,1	0,15	-	-	878,16
	Зовнішня цегляна стіна	С	4,4 x 5,087	22,3828	40	0,56	501,37	0,1	0,15	-	-	626,72
	Підлога з утепленням		9,817 x 4,867		40	17,84	713,60	0,1	0,15	-	-	892,00
	Усього		4080,08									
13	Стіна з трьома вікнами	С	4,4 x 8,037	35,36								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	0,1	0,05	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		35,36 - 9,6	25,76	38	1,22	1194,36	0,1	0,05	-	-	1373,52
	Підлога з утепленням		6,195 x 7,817		38	17,71	672,98	0,1	0,05	-	-	773,93
	Усього		3250,78									
14	Стіна з трьома вікнами	С	4,4 x 8,037	35,36								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	0,1	0,05	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		35,36 - 9,6	25,76	38	1,22	1194,36	0,1	0,05	-	-	1373,52
	Підлога з утепленням		6,195 x 7,817		38	17,71	672,98	0,1	0,05	-	-	773,93
	Усього		3250,78									
15	Стіна з двома вікнами	Зх	4,4 x 6,415	28,23								
	Вікна с подвійним склом		2 x 2 x 1,6	6,4	38	2,63	639,616	-	0,05	-	-	671,60
	Цегляна стіна		28,23 - 6,4	21,83	38	1,22	1011,85	0,05	0,05	-	-	1113,04
	Підлога з утепленням		6,047 x 6,196		38	14,81	562,78	0,1	0,05	-	-	647,20
	Усього		2431,83									
16	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 7,595	33,42								
	Вікно с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		32,45 - 9,6	23,82	38	1,22	1104,20	0,1	0,15	-	-	1380,25
	Підлога з утепленням		6,047 x 7,375		38	18,73	711,74	0,1	0,15	-	-	889,68
	Усього		3373,27									
17	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 8,39	33,56								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,338
	Зовнішня цегляна стіна	З	4,4 x 6,35	27,9488	38	1,17	1242,60	0,05	0,15	-	-	1428,99
	Цегляна стіна		33,56 - 9,6	23,96	38	1,17	1065,26	-	0,15	-	-	1225,05
	Підлога з утепленням		8,17 x 6,13		38	18,19	691,22	0,1	0,15	-	-	760,34
	Усього		4517,72									
18	Стіна з п*ятьма вікнами	Пд	4,4 x 16,750	73,70								
	Вікна с подвійним склом		5 x 2 x 1,6	16	38	2,63	1599,04	-	0,05	-	-	1678,99
	Цегляна стіна		73,70 - 16	57,70	38	1,22	2674,97	-	0,05	-	-	2808,72
	Стеля		16,52 x 8,26		38	36,89	1401,82	-	0,05	-	-	1471,91
	Усього		5959,6									

19	Стіна з чотирма вікнами	Пн	4,4 x 12,905	56,78								
	Вікна с подвійним склом		4 x 2 x 1,6	12,8	38	2,63	1279,232	0,1	0,15	-	-	1599,04
	Цегляна стіна		56,78 x 12,8	43,98	38	1,22	2039,01	0,1	0,15	-	-	2548,76
	Стіна з чотирма	З	4,4 x 12,5	55	38							
	Вікна с подвійним склом		4 x 2 x 1,6	12,8	38	2,63	1279,232	0,1	0,15	-	-	1599,04
	Цегляна стіна		55 - 12,8	42,2	38	1,22	1956,392	0,05	0,15	-	-	2347,67
	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 12,905	56,78	38							
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,34
	Цегляна стіна		56,78 - 9,6	47,18	38	1,22	2187,358	-	0,15	-	-	2515,46
	Стеля		12,685 x 12,3		38	38,52	1463,76	0,15	0,15	-	-	1902,89
Усього		13616,19										
20	Стіна з трьома вікнами	Пн	4,4 x 10,545	46,40								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	40	2,63	1009,92	0,1	0,15	-	-	1262,40
	Цегляна стіна		46,4 - 9,6	36,80	40	1,22	1795,74	0,1	0,15	-	-	2244,68
	Стіна з вікном	З	4,4 x 4,35	19,14	40							
	Вікна с		2 x 1,6	3,2	40	2,63	336,64	0,05	0,15	-	-	403,97
	Цегляна стіна		19,14 - 3,2	15,94	40	1,22	777,87	0,05	0,55	-	-	1244,60
	Стеля		42,64225		40	17,84	713,60	0,15	0,15	-	-	927,68
Усього		6083,32										
21	Стіна з трьома вікнами	Пд	4,4 x 8,39	33,56								
	Вікна с подвійним склом		3 x 2 x 1,6	9,6	38	2,63	959,424	-	0,15	-	-	1103,338
	Зовнішня цегляна стіна	З	4,4 x 6,35	27,9488	38	1,17	1242,60	0,05	0,15	-	-	1428,99
	Цегляна стіна		33,56 - 9,6	23,96	38	1,17	1065,26	-	0,15	-	-	1225,05
	Підлога		8,17 x 6,13		38	18,19	691,22	0,1	0,15	-	-	760,34
	Усього		4517,72									

Загальна по всієї будівлі

108468,02 B_T.

2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу

Теплові втрати на підігрів повітря, що інфільтрується у приміщення, визначаємо за методикою, наведеною у ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» за однією з формул:

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \sum G_{\text{інф}} c (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{в}}) \cdot k \quad \text{або} \quad Q_{\text{інф}} = 0,28 \sum L \rho_{\text{інф}} c (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{в}}) \cdot k \quad (2.6)$$

де $\sum G_{\text{інф}}$ – витрати повітря, що інфільтрується через конструкції, кг/с;

c – теплоємність повітря (приймається $c = 1$ кДж/(кг·К));

k – коефіцієнт, приймаємо значення 0,7...1,0 залежно від умов проходження теплового потоку у приміщенні;

L – витрати повітря, що видаляється з приміщення та не компенсується припливним повітрям, яке підігрівається, кг/с.

Розраховуємо втрати теплоти на нагрів повітря, що інфільтрується через зовнішні поверхні огороження по формулі

$$Q_{\text{інф}} (0,05...0,15) Q_{\text{ог}} \quad (2.7)$$

$$Q_{\text{інф}} = 0,1 \cdot 3373,27 = 337,3 \text{ кг/год.}$$

Аналогічно розраховуємо по всім приміщення, результати заносимо до таблиці 2.2.

2.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення

Надходження теплоти у приміщення визначаються за наведеною формулою

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{пп}} + Q_{\text{елос}} + Q_{\text{елоб}} + Q_{\text{проб}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{ср}} \quad (2.8)$$

Теплота надходжень у приміщення від електричного освітлення

$$Q_{\text{елос}} = N_{\text{елос}} k, \quad (2.9)$$

де $N_{\text{елос}} = \sum N_{i \text{елос}} n_i$ – загальна потужність освітлювальних приладів, кВт;

$N_{i \text{елос}}$ – потужність одного освітлювального приладу, кВт;

n_i – кількість приладів у приміщенні однієї потужності, шт.;

k – коефіцієнт, що враховує кількість переданої теплоти від освітлювальних приладів у приміщення.[6]

Теплота надходжень у приміщення від людини

$$Q_{\text{л}} = \sum Q_{\text{ли}} n_i = \sum \beta_i \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_{\text{п}}}) \cdot (35 - t_{\text{вн}}) \cdot n_i \quad (2.10)$$

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\beta_i, \beta_{од}$ – коефіцієнти, що враховують інтенсивність праці та захисні якості одягу працівника відповідно;

$v_{п}$ – рухомість повітря в приміщенні, м/с;

$t_{вн}$ – температура у приміщенні, °C;

n_i – кількість людей у приміщенні.

Приймаємо: $\beta_p = 1$; $\beta_{од} = 0,65$; $v_{в} = 0,1$ м/с; $t_{вн} = 18$ °C; $k = 0,15$ і $n_i = 16$.

$$Q_{л} = \sum Q_{лi} \cdot n_i = \sum \beta_i \beta_{од} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_{п}}) \cdot (35 - t_{вн}) \cdot n_i = 1144,63 \text{ Вт} \quad \text{– від людей,}$$

$$Q_{ел ос} = N_{ел ос} k = 342 \text{ Вт}$$

$$Q_{над} = 1271,81 + 216 = 1359,45 \text{ Вт}$$

2.4. Складання теплового балансу приміщення. Визначення теплової потужності системи опалення

Тепловий баланс виявляється співвідношенням втрат та надходжень теплоти у це приміщення.

Втрати теплоти

$$Q_{втр} = 4517,71 + 451,77 = 3710,59 \text{ Вт}$$

Недостача теплоти, яку треба вносити в приміщення системою опалення, що визначається як теплова потужність системи опалення

$$Q_{с о} = Q_{втр} - Q_{над} = 3710,59 - 1359,45 = 2351,14 \text{ Вт}$$

Інші приміщення розраховують за цією методикою. Результат розрахунку балансу теплоти занесені у таблицю 2.2.

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Баланс теплоти системи опалення будівлі

Номер приміще	Втрати					Надходження				Qс.о
	Qог	Qінф	Qін	Qвтр	Qп.п	Qел.ос	Qл	Qін	Qнад	
1	4080,08	408,01		4488,08		228	897,75		1125,75	3362,34
2	3250,78	325,08		3575,86		342	1017,45		1359,45	2216,41
3	3250,78	325,08		3575,86		342	1017,45		1359,45	2216,41
4	2431,83	243,18		2675,02		342	763,09		1105,09	1569,93
5	3373,27	337,33		3710,59		342	1017,45		1359,45	2351,14
6	4517,72	451,77		4969,50		342	1144,63		1486,63	3482,87
7	6305,36	630,54		6935,90		456	953,86		1409,86	5526,04
8	5959,62	595,96		6555,59		684	1907,72		2591,72	3963,87
9	13616,19	1361,62		14977,81		912	2225,67		3137,67	11840,14
10	6083,32	608,33		6691,65		171	1017,45		1188,45	5503,20
11	4517,72	451,77		4969,50		342	1144,63		1486,63	3482,87

12	4080,08	408,01		4488,08		228	897,75		1125,75	3362,34
13	3250,78	325,08		3575,86		342	1017,45		1359,45	2216,41
14	3250,78	325,08		3575,86		342	1017,45		1359,45	2216,41
15	2431,83	243,18		2675,02		342	763,09		1105,09	1569,93
16	3373,27	337,33		3710,59		342	1017,45		1359,45	2351,14
17	4517,72	451,77		4969,50		342	1144,63		1486,63	3482,87
18	5959,62	595,96		6555,59		684	1907,72		2591,72	3963,87
19	13616,19	1361,62		14977,81		912	2225,67		3137,67	11840,14
20	6083,32	608,33		6691,65		171	1017,45		1188,45	5503,20
21	4517,72	451,77		4969,50		342	1144,63		1486,63	3482,87

Загальна для всієї будівлі

119314,82

85504,42

2.5. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень

Питомі витрати теплоти на опалення споруд визначаємо за формулою для одного приміщення

$$q = k_q \frac{Q_{с.о}}{V_{зов} (t_{вн} - t_{н}^B)}, \quad (2.11)$$

де $V_{зов}$ – відповідно зовнішній об'єм споруди та середня, m^3 ;

$t_{вн}$ – середня температура у приміщеннях споруди, $^{\circ}C$.

Для розрахункового прикладу 1 питома витрата теплоти усієї будівлі з урахуванням коефіцієнту k_q складає:

$$q = \frac{45515,23}{1144,38 \cdot (18 - (-20))} = 0,20 \text{ Вт/м}^3$$

					ПННІ НУК 14.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це значення порівнюємо зі значенням $q_{\text{пит}}$ для адміністративних споруд $q_{\text{пит}} = 0,49$ за нормами, що задовольняє вимогам $q < q_{\text{пит}}$. [6]

Результати занесені в таблицю 2.2.

2.6. Обрання та обґрунтування типу системи опалювання та опалювальних приладів

На цей час системи водяного опалення є найпоширеніші у системах теплопостачання. В нашому випадку приймаємо принципову схему двотрубна з нижнім горизонтальним розведенням труб.

Теплопостачання системи опалення реалізується від ТЕЦ. Схема системи опалення з насосом-змішувачем.

При обранні типу системи опалення за вище приведеними ознаками враховувалися:

- призначення об'єкту, для якого проектується система опалення;
- місце розташування на території об'єкту, на території міста, району, зони;
- особливості функціонування об'єкту;
- технічні, екологічні, санітарні вимоги згідно зі ДБН В.2.5-64:2012.

У даній системі опалення використаємо радіатори чавунні секційні МС-140. Для чавунних радіаторів поверхня теплообміну забезпечується декількома секціями.

2.7. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір типу і кількості опалювальних приладів

Метою розрахунків є визначення поверхні теплообміну. Для підігріву повітря передбачається використовувати опалювальні прилади – чавунні радіатори МС-140 з автоматичним регуляторами температури повітря та повітровідвідника, у зв'язку з тим, що радіатори є теплоємними і дозволяють організувати будь-яку поверхню нагріву.

Проведемо розрахунок поверхні теплообміну та вибору типа приладу.

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо розрахунок поверхні теплообміну приміщення 5. Для інших приміщень розрахунок зводимо у таблицю 2.3. Розраховуємо поверхню нагріву і визначаємо кількість секцій нагрівального приладу з чавунних радіаторів МС-140. Радіатори встановлені біля світлового отвору з нішею під підвіконням на відстані від верху приладу до низу підвіконної дошки 40 мм. Теплове навантаження на приміщення 942,79 Вт. Система опалення двотрубна з нижнім розведенням, температура гарячої води $t_r = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, зворотної – $t_o = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура в приміщенні $t_{\text{вн}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Розміщення приладів вказано на аксонометричній проекції системи водяного опалення.

Відкрито прокладені: стояки зовнішнім діаметром $d_{\text{зовн}} = 16\text{ мм}$, підводки зовнішнім діаметром $d_{\text{зовн}} = 16\text{ мм}$.

У подавальній частині системи, де $\Delta t = t_r - t_{\text{в}} = ((80+60))/2 - 18 = 52\text{ }^{\circ}\text{C}$, для вертикальних труб $d_{\text{зовн}} = 16\text{ мм}$ - $q_v = 43\text{ Вт/м}$, для горизонтальних труб $d_{\text{зовн}} = 16\text{ мм}$ - $q_r = 57\text{ Вт/м}$ (табл. 7.1 додаток 7)[6].

$Q_{\text{тр}} = (q_v l_v + q_r l_r) = 140,523\text{ Вт}$. навантаження складає

$$Q_{\Sigma\text{пр}} = 2351,14 - 0,9 \cdot 140,5225 =$$

На опалювальний прилад теплове навантаження 2224,67 Вт.

Розрахункову густину теплового потоку нагрівального приладу визначаємо:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{\text{пр}}}{0,1} \right)^p c_1 = 635,73\text{ Вт/м}^2, \quad (2.12)$$

де $q_{\text{ном}} = 785\text{ Вт/м}^2$ – номінальна густина теплового потоку приладу при стандартних умовах; $n = 0,3$; $p = 0,02$; $c_1 = 1,039$.

$$\Delta t_{\text{ср}} = (0,5 (t_r + t_o) - t_{\text{в}}) = 0,5 (80+60) - 18 = 52\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.13)$$

Дійсна витрата води в нагрівальному приладі

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{c \cdot (t_r - t_o)} = \frac{2224,67}{4187(80 - 60)} = 95,64\text{ кг/год} . \quad (2.14)$$

Розрахункова поверхня нагріву безпосередньо нагрівального приладу

$$F_p = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{пр}}} \beta_1 \beta_2 = 3,64\text{ м}^2, \quad (2.15)$$

де β_1, β_2 – коефіцієнти, що враховуємо додатковий тепловий потік нагрівальних приладів за рахунок округлення розрахункових величин та додаткові втрати теплоти приладами біля зовнішніх огорожень, $\beta_1 = 1,02$, $\beta_2 = 1,02$.

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Розрахункова кількість секцій чавунних радіаторів

$$N_p = \frac{F_p \beta_4}{f_1 \beta_3} = 16,45. \quad (2.16)$$

Для радіатору типу МС-140 f_1 – площа поверхні нагріву однієї секції,
 $f_1 = 0,224 \text{ м}^2$;

β_3 – коефіцієнт, що враховує кількість секцій в одному радіаторі, для радіатора типу МС-140 $\beta_3 = 0,97 + \frac{0,16}{F_{np}} = 1,02$;

$\beta_4 = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує спосіб установки радіатора в приміщенні. Кількість секцій округляємо до більшого цілого.

Приймаємо $N_{\text{уст}} = 6$ секцій. Результат вписуємо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

Розрахунок опалювальних приладів

Номер приміщення	Теплова потужність Qс.о, Вт	Температура повітря в приміщенні, твн	Температура теплоносія на вході, тв	Температура теплоносія на виході, твих	Температурний напір, Атср	Витрата теплоносія Gтпр, кг/год	Розрахункова густина теплового потоку прилада, қпр	Поправковий коефіцієнт		Тепловідача теплотепроводів, Qтпр	Qтпр = Qс.о - 0,9 Qтпр	Розрахункова площа приладу Fр	Поправковий коефіцієнт		Розрахункова кількість секцій Nр	Установлена кількість секцій Nуст
								β1	β2				β3	β4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	3362,34	20	80	60	50	133,08	608,14	1,02	1,02	296,499	3095,49	5,30	0,95	1,05	23,59	20
2	2216,41	18	80	60	52	82,05	633,79	1,02	1,02	341,9955	1908,62	3,13	0,97	1,05	14,26	15
3	2216,41	18	80	60	52	82,05	633,79	1,02	1,02	341,9955	1908,62	3,13	0,97	1,05	14,26	15
4	1569,93	18	80	60	52	62,02	630,25	1,02	1,02	141,4508	1442,624	2,38	0,99	1,05	11,02	12
5	2351,14	18	80	60	52	95,64	635,73	1,02	1,02	140,5225	2224,67	3,64	0,96	1,05	16,45	18
6	3482,87	18	80	60	52	132,78	639,92	1,02	1,02	438,1855	3088,50	5,02	0,95	1,05	22,40	24
7	5526,04	18	80	60	52	214,76	646,10	1,02	1,02	589,3205	4995,65	8,04	0,94	1,05	35,44	36
8	3963,87	18	80	60	52	155,73	641,96	1,02	1,02	379,4333	3622,38	5,87	0,95	1,05	26,07	26
9	11840,14	18	80	60	52	475,53	656,46	1,02	1,02	865,2885	11061,38	17,53	0,93	1,05	76,35	77
10	5503,20	20	80	60	50	218,26	614,18	1,02	1,02	473,634	5076,93	8,60	0,94	1,05	37,84	40
11	3482,87	18	80	60	52	132,78	639,92	1,02	1,02	438,1855	3088,50	5,02	0,95	1,05	22,40	23
12	3362,34	20	80	60	50	133,08	608,14	1,02	1,02	296,499	3095,49	5,30	0,95	1,05	23,59	24
13	2216,41	18	80	60	52	82,05	633,79	1,02	1,02	341,9955	1908,62	3,13	0,97	1,05	14,26	15
14	2216,41	18	80	60	52	82,05	633,79	1,02	1,02	341,9955	1908,62	3,13	0,97	1,05	14,26	15
15	1569,93	18	80	60	52	62,02	630,25	1,02	1,02	141,4508	1442,624	2,38	0,99	1,05	11,02	12
16	2351,14	18	80	60	52	95,64	635,73	1,02	1,02	140,5225	2224,67	3,64	0,96	1,05	16,45	18
17	3482,87	18	80	60	52	134,61	640,09	1,02	1,02	390,778	3131,17	5,09	0,95	1,05	22,70	23
18	3963,87	18	80	60	52	157,56	642,11	1,02	1,02	332,0258	3665,05	5,94	0,95	1,05	26,36	26
19	11840,14	18	80	60	52	477,37	656,51	1,02	1,02	817,881	11104,05	17,60	0,93	1,05	76,64	77
20	5503,20	20	80	60	50	218,26	614,18	1,02	1,02	473,634	5076,93	8,60	0,94	1,05	37,84	40
21	3482,87	18	80	60	52	134,61	640,09	1,02	1,02	390,778	3131,17	5,09	0,95	1,05	22,70	23

					ПННІ НУК 14.04.22.02 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8. Розробка аксонометричної схеми опалення

Для систем опалення і внутрішнього теплопостачання в якості теплоносія застосовують, як правило, воду. В системах водяного опалення вода послідовно проходить магістральні трубопроводи, що подають стояки, опалювальні прилади, зворотні стояки і повертається в джерела теплоти.

Для даної двоповерхової будівлі приймається горизонтальна схема двотрубною системи опалення з нижнім розведенням труб. Аксонометричну схему системи опалення наведено на кресленні.

Аксонометричні схеми та робочі креслення вузлів технологічних трубопроводів, як правило, розробляються для об'єктів, що мають велику кількість трубопроводів і складну технологію розведення.

Аксонометричні схеми дають наочне уявлення про розташування трубопроводів водопостачання в будинках, про діаметрах труб і напрямлення їх ухилів, про місцезнаходження прохідних трійників, кранів та іншої арматури на трубопроводах, а також по місця спусків води з систем водопостачання.

За аксонометричною схемою розподільну мережу розбивають на розрахункові ділянки з визначенням довжин.

При розробці проекту водяного опалення виконуємо аксонометричну схему нижньої розводки.

2.9. Розрахунок головного циркуляційного кільця. Підбір циркуляційного насосу за типом та параметрами

Гідравлічний розрахунок проводимо за методикою по питомим втратам тиску. Метою розрахунку є визначення діаметрів труб у системі та перевірка працездатності системи по співвідношенню розрахункового циркуляційного тиску води і сумарним втратам тиску при русі води від тертя та здолання місцевих опорів.

Вибираємо головне циркуляційне кільце (ГЦК), що проходить через найвищий і найвіддаленіший опалювальний прилад, як найбільш навантажений. Температура води в подавальній тепловій мережі $t_1 = 110\text{ }^{\circ}\text{C}$, в зворотній – $t_0 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

					ПННІ НУК 144.04 7.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Температура води, що подається в систему опалення, $t_r = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, на виході (охолодженої) – $t_o = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Кількість води, що проходить по кожній ділянці циркуляційного кільця, визначаємо за формулою:

$$G_{\text{діл}} = \frac{3,6Q_{\text{діл}}}{c(t_r - t_o)} \beta_1 \beta_2, \quad G_{\text{діл}} = 45,415 \text{ кг/год.}, \quad (2.17)$$

де $Q_{\text{діл}}$ – теплове навантаження ділянки, Вт;

$c = 4,19 \text{ кДж/(кг } ^{\circ}\text{C)}$ – теплоємність води;

$\beta_1 = 1,02$ і $\beta_2 = 1,02$ – коефіцієнти врахування додаткових теплових потоків від округлення та розрахункових величин і від способу установки нагрівальних приладів відповідно. [6];

$$p_d = \frac{w^2}{2} \rho - \text{динамічний тиск води на даній ділянці теплопроводу, Па.}$$

Втрати тиску на здолаття місцевих опорів Z , Па визначають за формулою

$$Z = \sum \zeta \cdot \frac{w^2}{2} \rho = \sum \zeta p_d = 656,38 \text{ Па}, \quad (2.18)$$

де $\sum \zeta$ – сума коефіцієнта місцевих опорів на даній ділянці теплопроводу.

Результати розрахунків по всіх ділянках записуємо у таблицю 2.4 за прийнятою формою.

За результатами розрахунку робимо висновок, що необхідно встановити насос, розрахований на тиск на 10% більше, ніж тиск необхідний системі. На основі цього підбираємо циркуляційний насос, який забезпечує циркуляцію води в системі опалення. За розрахунковими даними по каталогу насосного обладнання Wilo обираємо насос TOP-S 30/10 1- PN 10. Потужність насоса - 180 Вт, число обертів - 2600 об/хв., ККД - 76%.

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Результати гідравлічного розрахунку теплопроводів

	За схемою теплопроводів			За попереднім розрахунком							
	Номер ділянки	Qділ, Вт	Іділ, м	Gділ, кг/год	d, мм	w, м/с	R, Па/м	RI, Па	Σξ	Z, Па	(RI+Z), Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Головне циркуляційне кільце (через нижній прилад стояка 3). Розрахунковий циркуляційний тиск Δр= 8545 Па											
1	1	1005,58	6,714	35,981	15	0,0514	4,19	28,13	16,8	22,19	50,32
	2	1005,58	0,735	35,981	20	0,028	1	0,74	5,6	2,20	2,93
	3	1005,58	3,675	35,981	20	0,028	1	3,68	5,6	2,20	5,87
	4	1005,58	5,44	35,981	20	0,028	1	5,44	6,2	2,43	7,87
	5	1005,58	3,675	35,981	20	0,028	1	3,68	5,6	2,20	5,87
	6	1005,58	2,793	35,981	20	0,028	1	2,79	5,6	2,20	4,99
	7	1005,58	2,793	35,981	20	0,028	1	2,79	5,6	2,20	4,99
	8	1005,58	3,087	35,981	20	0,028	1	3,09	5,6	2,20	5,28
	9	1005,58	4,851	35,981	20	0,028	1	4,85	5,7	2,23	7,09
	10	1005,58	3,234	35,981	15	0,0514	4,19	13,55	6,6	8,72	22,27
	11	1005,58	3,087	35,981	15	0,0514	4,19	12,93	6,3	8,32	21,26
	12	1005,58	3,381	35,981	15	0,0514	4,19	14,17	6,6	8,72	22,88
	13	1269,23	3,969	45,415	15	0,0651	6,3537	25,22	7,6	16,10	41,32
	14	1269,23	4,41	45,415	15	0,0651	6,3537	28,02	6,6	13,99	42,01
	15	1269,23	3,381	45,415	15	0,0651	6,3537	21,48	5,8	12,29	33,77
	16	1269,23	2,5	45,415	15	0,0651	6,3537	15,88	7,1	15,04	30,93
1 (обратка)	16	1269,23	18,522	45,415	20	0,035	1,4943	27,68	7,6	4,76	32,44
	15	1269,23	3,087	45,415	20	0,035	1,4943	4,61	6,6	4,14	8,75
	14	1269,23	3,675	45,415	20	0,035	1,4943	5,49	5,6	3,51	9,00
	13	1269,23	4,704	45,415	20	0,035	1,4943	7,03	5,6	3,51	10,54
	12	1005,58	4,263	35,981	20	0,028	1	4,26	5,6	2,20	6,46
	11	1005,58	3,263	35,981	15	0,051	4,19	13,67	7,3	9,64	23,32
	10	1005,58	3,381	35,981	15	0,051	4,19	14,17	6,3	8,32	22,49
	9	1005,58	3,528	35,981	15	0,051	4,19	14,78	6,3	8,32	23,10
	8	1005,58	5,145	35,981	15	0,051	4,19	21,56	6,3	8,32	29,88
	7	1005,58	3,381	35,981	15	0,051	4,19	14,17	6,3	8,32	22,49
	6	1005,58	3,087	35,981	15	0,051	4,19	12,93	6,3	8,32	21,26
	5	1005,58	3,087	35,981	15	0,051	4,19	12,93	6,3	8,32	21,26
	4	1005,58	3,822	35,981	15	0,051	4,19	16,01	6,3	8,32	24,34
	3	1005,58	5,88	35,981	15	0,051	4,19	24,64	6,3	8,32	32,96
	2	1005,58	2,646	35,981	15	0,051	4,19	11,09	7,1	9,38	20,47
	1	1005,58	6,174	35,981	15	0,051	4,19	25,87	15,8	20,87	46,74

Σ(RI+Z) 656,38

2.10 Визначення ємності бака розширювача

Якщо система потребує простоти, то використовуються відкриті баки, які встановлюються на даху, або у найвищій точці системи.

На даний момент найчастіше використовуються закриті розширювальні баки або мембранні. Перевага закритого баку в тому, що в ньому не має доступу повітря. Він встановлюється, як правило, в тепловому пункті при тепlopостачанні від теплових мереж чи місцевого автоматизованого джерела тепла.

Робочий об'єм відкритого розширювального баку визначається за формулою:

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$V_{p.б.} = 0,05 \cdot V_{c.o.},$$

де $V_{c.o.}$ – розрахунковий об’єм води в системі опалення, $V_{c.o.} = 1000$ л.

Об’єм системи в літрах знаходимо як ємність труб та ємність радіаторів.

$$V_{p.б.} = 0,05 \cdot 1000 = 50 \text{ л.}$$

Встановлюємо бак на 50 літрів. [3]

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ

3.1. Визначення розрахункового повітрообміну

Повітрообмін вибирають за чотирма формулами, з чотирьох значень вибирають найбільше.

По явному теплу

$$G = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{\text{яв.}}}{c(t_{\text{вид}} - t_{\text{н}})} = \frac{3,6 \cdot 5130}{1(32 - 26)} = 3078 \text{ кг/год}, \quad (3.1)$$

де $\Delta Q_{\text{яв.}}$ - надлишки явної теплоти у приміщенні, Вт;

$t_{\text{вид}}$ - температура видаляемого повітря із приміщення, °С;

$t_{\text{н}}$ - температура повітря, що нагнітається, °С;

c – теплоємність повітря кДж/(кг·°С).

По повному теплу

$$G = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{\text{пов.}}}{c(\mathfrak{T}_{\text{вид}} - \mathfrak{T}_{\text{н}})} = \frac{3,6 \cdot 5440}{64,3 - 56,9} = 2646,4 \text{ кг/год}, \quad (3.2)$$

де $\Delta Q_{\text{яв.}}$ - надлишки явної теплоти у приміщенні, Вт;

$\mathfrak{T}_{\text{вид}}$ - кількість видаляемого тепла, Дж;

$\mathfrak{T}_{\text{н}}$ - кількість тепла, що нагнітається, Дж.

За вологонадлишками

$$G = \frac{W}{d_{\text{вид}} - d_{\text{н}}} = \frac{1149}{12,7 - 12,1} = 1915 \text{ кг/год} \quad (3.3)$$

де W - надлишки вологи у приміщенні, г/год;

$d_{\text{вид}}$ - вологовміст видаляемого повітря, г/кг;

$d_{\text{н}}$ - вологовміст повітря, що нагнітається, г/кг.

По газовиділенням:

$$G = \frac{G}{c_{\text{вид}} - c_{\text{н}}} = \frac{89,25}{2 - 0,8} = 446,25 \text{ кг/год} \quad (3.4)$$

де G - вміст газовиділень у приміщенні, г/год;

$c_{\text{вид}}$ - вміст газу у видаляемому повітрі г/кг;

$c_{\text{н}}$ - вміст газу у нагнітаемому повітрі.

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Приймаємо розрахункову витрату повітря $G=3078$ кг/год

$$L = \frac{G}{\rho} = \frac{3078}{1,2} = 2565 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.5)$$

де ρ - щільність повітря, кг/м³.

3.2. Аеродинамічний розрахунок припливної вентиляції

Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції виконують після розрахунку повітрообміну, а також рішення трасування повітроводів та каналів. Для проведення аеродинамічного розрахунку викреслюють аксонометричну схему системи вентиляції, де виділяють фасонні частини повітроводів. За аксонометричною схемою та планами будівельної частини проекту визначають протяжність окремих гілок системи. Розрізняють пряму та зворотну задачі аеродинамічного розрахунку вентиляційних систем. Мета аеродинамічного розрахунку залежить від типу завдання: для прямої - це визначення розмірів перерізів усіх ділянок системи при заданій витраті повітря через них; для зворотної — визначення витрат повітря при заданих розмірах перерізів всіх ділянок.

Таблиця 3.1

Аеродинамічний розрахунок припливної вентиляції

№ діл.	L, м ³ /Г	l, м	a×b, мм	d _{эв} , мм	v _ф , м/с	R, Па/м	β	Rlβ Па	h _{дин} Па	Σξ	z	Rlβ+z
П1												
1	348	1,2	150×200	180	3,2	0,7	1	0,84	0,9	4,8	4,32	5,16
1a	496	2,1	200×250	225	2,8	0,67	1	1,41	0,6	4,5	2,7	4,11
2	940	10,4	200×250	225	5,2	2,66	1	27,7	2,3	1,15	2,65	30,31
3	1984	8,3	400×400	400	3,4	1,18	1	9,79	0,5	1,55	0,78	10,57
4	2974	12,9	400×400	400	5,1	2,66	1	34,3	1,16	1,9	2,2	36,5
											Σ86,65 Па	
П2												
1	985	3,5	250×300	280	3,6	1,24	1	4,34	0,9	4,8	4,32	8,66
2	1260	37	250×300	315	4,7	1,24	1	45,9	0,78	2,9	2,26	48,14
											Σ56,8 Па	

Ділянка 1.

Визначаємо площу поперечного перерізу повітроводу.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{348}{3600 \cdot 3} = 0,03 \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				26

де L – витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

v – швидкість повітря, $\text{м}/\text{с}$.

Приймаємо повітропровід 150×200 та ґрати P200

Визначаємо швидкість витікання повітря з ґрат.

$$v_{\text{ґрат}} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b \cdot k} = \frac{348 : 3}{3600 \cdot 0,15 \cdot 0,2 \cdot 0,5} = 1,6 \text{ м}/\text{с} \quad (3.7)$$

де $a \times b$ – розміри повітроводу, м ;

k – коефіцієнт живого перерізу решітки.

Визначаємо еквівалентний діаметр повітроводу.

$$d_{\text{эв}} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 200}{150 + 200} = 171,43 \text{ мм} \quad (3.8)$$

Приймаємо діаметр повітроводу $\varnothing 180 \text{ мм}$

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря.

$$v^{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{348}{3600 \cdot 0,15 \cdot 0,2} = 3,22 \text{ м}/\text{с} \quad (3.9)$$

Найменування	ξ
Жалюзійні ґрати т.8.1 п.8	2,2
Трійник на пов. т.12.39	2,6
	$\Sigma 4,8$

Ділянка 1а.

Визначаємо площу поперечного перерізу повітроводу.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{496}{3600 \cdot 3} = 0,046 \text{ м}^2$$

приймаємо повітропровід 200×250 та ґрати P200

Визначаємо швидкість витікання повітря з ґрат.

$$v_{\text{ґрат}} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b \cdot k} = \frac{496 : 3}{3600 \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 0,5} = 2,29 \text{ м}/\text{с}$$

Визначаємо еквівалентний діаметр повітроводу.

$$d_{\text{эв}} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 250}{200 + 250} = 222 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр повітроводу $\varnothing 225 \text{ мм}$

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря.

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$v^{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{496}{3600 \cdot 0,2 \cdot 0,25} = 2,76 \text{ м/с}$$

Найменування	ξ
Жалюзійні ґрати т.8.1 п.8	2,2
Трійник на пов. т.12.39	2,3
	Σ4,5

Ділянка 2.

Визначаємо площу поперечного перерізу повітроводу.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{940}{3600 \cdot 5} = 0,052 \text{ м}^2$$

приймаємо повітропровід 200×250 та ґрати Р200

Визначаємо еквівалентний діаметр повітроводу.

$$d_{\text{эв}} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 250}{200 + 250} = 222 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр повітроводу Ø225 мм

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря.

$$v^{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{940}{3600 \cdot 0,2 \cdot 0,25} = 5,2 \text{ м/с}$$

Найменування	ξ
Відвід 90° т.12.34	0,35
Трійник на пов. т.12.39	0,8
	Σ1,15

Ділянка 3.

Визначаємо площу поперечного перерізу повітроводу.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{1984}{3600 \cdot 4} = 0,137 \text{ м}^2$$

приймаємо повітропровід 400×400 та ґрати Р200

Визначаємо еквівалентний діаметр повітроводу.

$$d_{\text{эв}} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 400}{400 + 400} = 222 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр повітроводу Ø400 мм

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря.

$$v^{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{1984}{3600 \cdot 0,4 \cdot 0,4} = 3,4 \text{ м/с}$$

Найменування	ξ
Відвід 90° т.12.34	0,35
Трійник на прох. т.12.39	1,2
	$\Sigma 1,55$

Ділянка 4.

Визначаємо площу поперечного перерізу повітроводу.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{2974}{3600 \cdot 6} = 0,138 \text{ м}^2$$

приймаємо повітропровід 400×400 та ґрати Р200

Визначаємо еквівалентний діаметр повітроводу.

$$d_{\text{эв}} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 400}{400 + 400} = 222 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр повітроводу Ø400 мм

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря.

$$v^{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{2974}{3600 \cdot 0,4 \cdot 0,4} = 5,1 \text{ м/с}$$

Найменування	ξ
Відвід 90° т.12.34	0,2
Дифузор	1,7
	$\Sigma 1,55$

Ділянка 1.

Визначаємо площу поперечного перерізу повітроводу.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{985}{3600 \cdot 3} = 0,091 \text{ м}^2$$

приймаємо повітропровід 250×300 та ґрати Р200

Визначаємо швидкість витікання повітря з ґрат.

$$v_{\text{ґрат}} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b \cdot k} = \frac{985 : 3}{3600 \cdot 0,25 \cdot 0,3 \cdot 0,5} = 2,28 \text{ м/с}$$

Визначаємо еквівалентний діаметр повітроводу.

$$d_{\text{эв}} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 300}{250 + 300} = 272 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр повітроводу Ø280 мм

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря.

$$v^{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{985}{3600 \cdot 0,25 \cdot 0,3} = 3,6 \text{ м/с}$$

Найменування	ξ
Жалюзійні ґрати т.8.1 п.8	2,2
Трійник на пов. т.12.39	2,6
	Σ4,8

Ділянка 4.

Визначаємо площу поперечного перерізу повітроводу.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{1260}{3600 \cdot 5} = 0,07 \text{ м}^2$$

приймаємо повітропровід 250×300 та ґрати P200

Визначаємо еквівалентний діаметр повітроводу.

$$d_{\text{эв}} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 300}{250 + 300} = 272 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр повітроводу Ø315 мм

Визначаємо фактичну швидкість руху повітря.

$$v^{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{1260}{3600 \cdot 0,25 \cdot 0,3} = 4,7 \text{ м/с}$$

Найменування	ξ
Відвід 90° т.12.34	1,2
Дифузор	1,7
	Σ2,9

3.3. Розрахунок та підбір обладнання припливної камери.

3.3.1. Підбір кількості повітрозабірних ґрат.

Визначаємо необхідну площу повітрозабірної решітки.

$$F_{np} = \frac{L}{3600 \cdot v \cdot \kappa_{ж.п.}} = \frac{4234}{3600 \cdot 4 \cdot 0,7} = 0,42 \text{ м}^2 \quad (3.10)$$

де L – витрата повітря, м³/год;

κ – коефіцієнт живого перерізу решітки;

v – швидкість повітря.

Визначаємо кількість ґрат розміром 150×490h.

$$n = \frac{F_{np}}{f} = \frac{0,42}{0,0735} = 5,7 \text{ приймаємо 6 штук.}$$

де F_{np} - необхідна площа повітрозабірної решітки, м²;

f – площа однієї ґрати, м².

Втрати тиску у ґратах.

$$\Delta p_{\text{ґрат}} = \zeta \cdot h_{\text{дин}} = 1,8 \cdot 9,79 = 17,62 \text{ Па} \quad (3.11)$$

де ζ – коефіцієнт місцевих опорів ґрати.

3.3.2. Розрахунок та підбір фільтрів.

Визначаємо необхідну поверхню фільтра.

$$F_{\phi} = \frac{L}{q_{\phi}} = \frac{4234}{7000} = 0,605 \text{ м}^2 \quad (3.12)$$

де L – витрата повітря, м³/год;

q_φ – питоме навантаження фільтра, м³/год·м².

Приймаємо фільтр AzG

q_φ=7000м³/год м²

Визначаємо кількість фільтрів

$$n_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{f} = \frac{0,605}{0,22} = 2,75 \text{ приймаємо 3 комірки для фільтрів.}$$

де F – потрібна поверхня фільтрів, м²;

f – поверхня одного фільтра, м².

Початковий опір фільтра 60 Па

У процесі роботи фільтр забивається, тому приймаємо рівним 120 Па.

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3.3.3. Розрахунок та підбір калориферної установки.

Визначаємо витрату тепла на нагрівання повітря.

$$Q' = G \cdot c \cdot (t_k - t_n) = 5080 \cdot 1(18 - (-16)) = 172720 \text{ кДж/год} \quad (3.13)$$

де G – масова витрата фільтра, кг/год;

c – теплоємність повітря, кДж/(кг·°C).

Визначаємо масову витрату повітря

$$G = L \cdot \rho = 4234 \cdot 1,2 = 5080 \text{ кг/год}$$

Перекладаємо кількості тепла в Вт

$$Q = 0,278 \cdot Q' = 0,278 \cdot 172720 = 48016 \text{ Вт}$$

Визначаємо живий переріз калориферу.

$$f_{жс} = \frac{G}{5600 \cdot v_{\rho}} = \frac{5080}{5600 \cdot 7} = 0,13 \text{ м}^2$$

де v – масова швидкість повітря м/год.

Вибираємо тип калорифера за каталогом, КВС6-П

Площа поверхні нагріву $F_{кал}=11,4 \text{ м}^2$; площа живого перерізу повітрям $f_d=0,1392 \text{ м}^2$.

Знаходимо дійсну швидкість руху повітря.

$$(v_{\rho})_d = \frac{G}{3600 \cdot f_d} = \frac{5080}{3600 \cdot 0,1392} = 10,14 \text{ м/с}$$

Знаходимо швидкість руху води трубами.

$$w = \frac{Q}{3600 \cdot \rho_s \cdot c_s \cdot f_{mp} \cdot (t_z - t_o)} = \frac{172720}{3600 \cdot 1000 \cdot 4,19 \cdot 0,01159(150 - 70)} = 0,012 \text{ м/с}$$

Коефіцієнт теплопередачі калориферу КВС6-П $k=22,73 \text{ м}^2 \text{ °C/Вт}$

Визначаємо необхідну поверхню калориферу.

$$F_p = \frac{(1,1 \div 1,2)Q}{k(t_{ср.в.} - t_{ср.нов.})} = \frac{1,1 \cdot 48016}{22,73(110 - 1)} = 21,32 \text{ м}^2$$

Знаходимо кількість калориферів в установці.

$$n = \frac{F_p}{F_{кал}} = \frac{21,32}{11,4} = 1,87 \text{ приймаємо 2-а калорифера.}$$

Знаходимо фактичну поверхню нагрівання установки.

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	2768	4,1	400×400	400	4,8	2,28	1	9,35	1,01	5,7	5,76	15,11
4	2806	10,2	400×400	400	4,9	2,35	1	23,9	1,04	3,5	3,64	27,61
5	144	1,9	150×250	200	1,1	0,11	1	0,21	0,15	2,5	0,38	0,59
6	38	3	100×100	100	1,1	0,12	1	0,36	0,4	4,8	1,92	2,28
											Σ57,19 Па	
B2												
1	225	4,1	100×200	140	3,1	1,03	1	4,22	1,8	2,8	5,04	9,26
2	510	10,1	200×200	200	3,5	1,24	1	12,5	1,37	4,8	6,58	19,1
											Σ28,36 Па	

3.6. Підбір вентилятора витяжної вентиляції.

Визначаємо розрахункову продуктивність вентилятора.

$$L_{\text{вент1}} = \kappa_{\text{під}} \cdot L_{\text{сист}} = 1,1 \cdot 2806 = 3087 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L_{\text{вент2}} = \kappa_{\text{під}} \cdot L_{\text{сист}} = 1,1 \cdot 510 = 561 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $\kappa_{\text{під}}$ – коефіцієнт підсмоктування повітря;

L – витрата повітря системи вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$.

Необхідний тиск вентилятора

$$P_{\text{вент}} = 1,1 \Sigma \Delta P$$

$$P_{\text{вент1}} = 1,1 \cdot 57,19 = 62,9 \text{ Па}$$

$$P_{\text{вент2}} = 1,1 \cdot 28,36 = 31,2 \text{ Па}$$

Вентилятор для B1 Тип Ц4-70 №4 з колесом $D_{\text{ном}}$ А4100-1

Тип двигуна 4А71А6; $n=920$ об/хв; $N=0,37$ кВт; $\eta=0,76$; $m=85$ кг

Вентилятор для B2 Тип Ц4-70 №4 з колесом $D_{\text{ном}}$ А4100-1

Тип двигуна 4А71А6; $n=920$ об/хв; $N=0,37$ кВт; $\eta=0,76$; $m=85$ кг

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕПЛООБМІНОГО АПАРАТУ ТА ТЕПЛОВОГО ВУЗЛА

4.1. Призначення, принцип дії та визначення початкових параметрів

Гаряче водопостачання (ГВП) - система, комплекс пристроїв, призначених для забезпечення споживачів гарячою водою для технологічних, санітарних і гігієнічних цілей.

Для даного об'єкту приймаємо закриту систему водопостачання. У закритих системах воду з системи опалення використовують тільки в якості енергоносія в теплообмінниках для підігріву холодної водопровідної води, що надходить у місцеву систему гарячого водопостачання. Подача води на гаряче водопостачання в закритих системах теплопостачання здійснюється через водо-водяні теплообмінники.

Кожухотрубні теплообмінники є найбільш розповсюдженим типом теплообмінних апаратів. Кожухотрубні теплообмінники бувають жорсткої напівжорсткої і нежорсткої конструкції; одно- і багатоходовими; прямоточними, протиточними і з перехресною течією; горизонтальні та вертикальні. Вони прості по конструкції і мають невелику вартість.

Кожухотрубні теплообмінники складаються з пучка труб, жорстко закріплених у трубних дошках (гратах), кожуха, кришок із фланцями, які утворюють розподільні камери, опор та перегородок, які розміщуються в міжтрубному просторі. На кожусі та кришці встановлені технологічні штуцери. У залежності від призначення апарату конструкція основних вузлів та матеріали можуть значно відрізнятися.

Для систем місцевого гарячого водопостачання (згідно зі СНіП II-34-76) температуру гарячої води в місцях водорозбору необхідно приймати не нижче $T_{вих} = 60^{\circ}\text{C}$.

Початкову температуру холодної води приймаємо температуру води 5°C . Витрату води на ГВП визначаємо як суму витрат через умивальники, що знаходяться в будівлі.

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно ДБН В.2.2-3-97 для навчальних закладів виходячи з витрати води на одну людину $G_0 = 100 \text{ л/добу}$ з урахуванням кількості робочих місць загальна витрата дорівнюватиме $G_1 = 30 \text{ кг/с}$.

4.2. Розрахунки елемента: тепловий, гідравлічний, міцності

4.2.1. Тепловий розрахунок

Міжтрубний простір

Температура холодної води на вході в підігрівач $T_{1\text{вх}} = 5^\circ\text{C}$

Температура холодної води на виході $T_{1\text{вих}} = 60^\circ\text{C}$

Тиск води на вході в підігрівач $p_1 = 0,3 \text{ МПа}$

Витрата води $G_1 = 3 \text{ кг/с}$

Кількість ходів $z_1 = 6$

Простір всередині труб

Температура гарячої води на вході $T_{2\text{вх}} = 110^\circ\text{C}$

Температура гарячої води на виході $T_{2\text{вих}} = 70^\circ\text{C}$

Кількість ходів $z_2 = 1$

Холодна вода

Властивості води розраховуються за апроксимаційними формулами або беруться з таблиць [13] (Додаток А):

Середня температура $T_1 = \frac{T_{1\text{вих}} + T_{1\text{вх}}}{2} + 273 = 305,5 \text{ К}$

Питома теплоємність води $c_1 = 4,177 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$

Густина води $\rho_1 = 994,3 \text{ кг/м}^3$

Коефіцієнт теплопровідності води $\lambda_1 = 0,622 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості води $\nu_1 = 0,791 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Гаряча вода

Середня температура води

$$T_2 = \frac{T_{2_{вих}} + T_{2_{вх}}}{2} + 273 = 363 \text{ K}$$

Питома теплоємність води

$$c_2 = 4,20710^3 \text{ Дж/кг}$$

Густина води

$$\rho_2 = 970 \text{ кг/м}^3$$

Коефіцієнт теплопровідності води

$$\lambda_2 = 0,679 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості води

$$\nu_2 = 3,285 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$$

Тиск гарячої води на вході в підігрівач повинен бути вище атмосферного тиску тому, що температура води на вході більше 100 °С.

З таблиць властивостей води тиск насичення для температури 110°С дорівнює 0,3 МПа. Приймаємо з запасом $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$.

Температура стінки розраховується за формулою:

$$T_{cm} = \frac{T_1 + T_2}{2} = 334,25 \text{ К.} \quad (4.1)$$

Матеріал трубок вибирається на підставі рекомендацій [13]. Властивості матеріалів приведені в додатку Б. Обраний матеріал: сталь нержавіюча.

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки трубок $\lambda_2 = 30 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$

Параметри поверхні теплообміну.

В якості поверхні теплообміну використовується пучок гладких трубок. Діаметр труб і товщину стінок вибирають за рекомендаціями [13]:

Зовнішній діаметр (прийнято)

$$d_3 = 12 \text{ мм}$$

Товщина стінки (прийнято)

$$\delta_{cm} = 1,5 \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр

$$d_{вн} = d_3 - 2\delta_{cm} = 9 \text{ мм}$$

Середній діаметр

$$d_{cp} = \frac{d_3 + d_{вн}}{2} = 10 \text{ мм}$$

За даними [13] по табл. додатка Г обирається тип закріплення труб у трубних дошках і кроки між трубами в пучку (повздовжній s_1 і поперечний s_2). Нехай повздовжній і поперечний кроки рівні між собою ($s_1 = s_2 = s_t$). Тоді приймаємо $s_t = 1,4d_3$; $s_t = 17 \text{ мм}$.

Тепловий потік через поверхню теплообміну:

$$Q_{TO} = G_1 \cdot c_1 \cdot (T_{1вих} - T_{1вх}) = 30 \cdot 10^3 \text{ кВт.} \quad (4.2)$$

Витрата гарячої води розраховується:

$$G_2 = \frac{Q_{TO}}{c_2 \cdot (T_{2вих} - T_{2вх})} = 0,17 \text{ кг/с.} \quad (4.3)$$

Визначення середнього температурного перепаду між теплоносіями

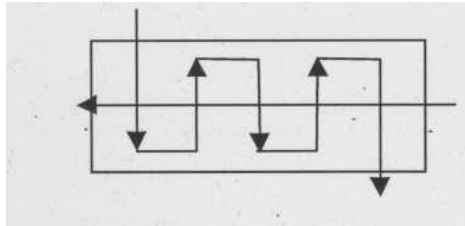


Рис 4.1 Схема руху середовищ

Схема руху середовищ - багаторазова перехресна течія: гарячий теплоносіє, (вода, 1 хід, тече по трубах) не переміщується; холодний теплоносіє (вода, 5 ходів, тече між трубами) переміщується безупинно; загальний напрямок - протиток.

Розрахунок по залежностям.

Водяні еквіваленти для теплоносіїв:

$$W_1 = G_1 \cdot C_1 = 545,45 \text{ Вт/К}$$

$$W_2 = G_2 \cdot C_2 = 750 \text{ Вт/К}$$

Максимальний і мінімальний водяні еквіваленти:

$$W_{\min} = \min(W_1, W_2) = 545,45 \text{ Вт/К}$$

$$W_{\max} = \max(W_1, W_2) = 750 \text{ Вт/К}$$

Зміна температур теплоносіїв:

$$\Delta T_1 = T_{1вих} - T_{1вх} = 55 \text{ К}$$

$$\Delta T_2 = T_{2вх} - T_{2вих} = 40 \text{ К}$$

Мінімальна зміна температур:

$$\Delta T_{\min} = \min(\Delta T_1, \Delta T_2) = 40\text{K}. \quad (4.4)$$

Допоміжні функції:

$$A = \frac{W_{\max}}{W_{\min}} = 1,375, \quad (4.5)$$

$$R = \frac{W_{\min}}{W_{\max}} = 0,727, \quad (4.6)$$

$$P = \frac{\Delta T_{\min}}{T_{2\text{ex}} - T_{1\text{ex}}} = 0,381, \quad (4.7)$$

$$p_3 = 0,982 \quad (\text{див. додаток Д-5})$$

$$z_t = \sqrt{(A+1)^2 - 4 \cdot p_3 \cdot A} = 0,46. \quad (4.8)$$

Розраховуємо середній температурний перепад:

$$\Delta t_{cp} = \frac{z_t \cdot P \cdot R \cdot (T_{2\text{ex}} - T_{1\text{ex}})}{\ln \left[\frac{2 - P \cdot R \cdot [(A+1) - z_t]}{2 - P \cdot R \cdot [(A+1) + z_t]} \right]} = 70,24\text{K}. \quad (4.9)$$

За рекомендаціями [7] приймаємо швидкість гарячої води $\omega_2 = 0,05\text{м/с}$.

Визначаємо основні конструктивні розміри теплообмінника.

Кількість трубок у пучку, необхідних для проходу води (в одному ході теплоносія)

$$n_{1x} = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot \omega_2 \cdot \pi \cdot \frac{d_{\text{вн}}^2}{4}} = 57,80. \quad (4.10)$$

Кількість трубок у теплообміннику

$$n_{mp} = z_2 \cdot n_{1x} = 57,80. \quad (4.11)$$

Кількість трубок в одному ряду (прийнято, що кількість труб у ряді дорівнює кількості рядів)

$$n_{1p} = \sqrt{n_{mp}} = 7,6. \quad (4.12)$$

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначаємо кількість труб в одному ряду

для коридорного компоновання труб $n_{1p} = 8$

для шахового компоновання труб $n_{1p} = 7,5$

Примітка: при шаховому розташуванні труб у непарних рядах може бути на одну трубку більше ніж у парних. Отже, при кількості трубок у непарному ряду 14, у парному буде 13, а середня кількість трубок 13,5.

Кількість рядів $n_p = 7$

Кількість отворів у трубній дошці

$$n_0 = n_{1p} \cdot n_p = 56$$

Уточнюємо кількість трубок у теплообміннику (з урахуванням того, що один отвір у центрі трубної дошки буде використовуватися під стяжний стрижень, на якому будуть кріпитися перегородки)

$$n_{mp} = n_0 - 1 = 55$$

Уточнюємо швидкість гарячої води в трубах:

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot n_{mp} \cdot \pi \cdot \frac{d_{вн}^2}{4}} = 0,0525 \text{ м/с.} \quad (4.13)$$

Визначення діаметра корпуса [13]

Приймаємо коефіцієнт заповнення трубної дошки (0,7...0,95) $\eta_{тр} = 0,8$

Діаметр гнізда трубок

$$D = 1,05 \cdot s_t \cdot \sqrt{\frac{n_0}{n_{mp}}} = 0,149 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр корпуса повинний бути більше величини $D + d_s = 0,384 \text{ м}$ на величину конструктивного зазору (60...180 мм) [7].

Виходячи з цього в якості кожуха можна використати трубу з умовним діаметром 240 мм [7]:

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній діаметр кожуха

$$D_3 = 0,24 \text{ м}$$

Товщина стінки кожуха

$$\delta_k = 0,004 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр кожуха

$$D_0 = D_3 - 2\delta_k = 0,232 \text{ м}$$

Визначення коефіцієнту тепловіддачі води, що тече в середині трубок [13]

Число Рейнольдса

$$Re_2 = \frac{d_{\text{вн}} \cdot w_2}{\nu_2} = 1,369 \cdot 10^4. \quad (4.14)$$

Оскільки $Re > 10\,000$, то режим течії теплоносія турбулентний.

Число Прантдля при температурі теплоносія [7] $Pr_2 = 1,98$

Число Нуссельта для турбулентного режиму

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} = 9,101. \quad (4.15)$$

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{\text{вн}}} = 0,686 \cdot 10^3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}. \quad (4.16)$$

Приймаємо швидкість води, що нагрівається у міжтрубному просторі при поперечному обтіканні трубок (початкове наближення):

$$w_1 = 0,0217 \text{ м/с}$$

Коефіцієнт тепловіддачі води, що обтікає трубки зовні (поперечне обтікання пучка труб) [13].

Число Рейнольдса

$$Re_1 = \frac{d_3 \cdot w_1}{\nu_1} = 0,33 \cdot 10^3$$

Число Прантдля при температурі теплоносія $Pr_1 = 5,326$

Число Прантдля при температурі теплоносія рівній температурі стінки [7]

$$Pr_{cm} = 2,932$$

Поправочний коефіцієнт, що залежить від кроку пучка (для шахового пучка):

$$\varepsilon_s = \left(\frac{s_t}{d_3} \right)^{-0,15} = 1. \quad (4.17)$$

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, що враховує турбулізацію потоку перед і-м рядом труб:

для I ряду $\varepsilon_{n1} = 0,6$

для II ряду $\varepsilon_{n2} = 0,7$

для III і наступного рядів $\varepsilon_{ni} = 1$

Коефіцієнти для критеріального рівняння тепловіддачі:

$$C = 0,41; n = 0,6$$

Значення числа Нуссельта для кожного ряду [7]:

$$Nu_1 = C Re_1^n Pr_1^{0,33} \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} (\varepsilon_n \varepsilon_s), \quad (4.18)$$

для I ряду $Nu_{11} = 16,47$

для II ряду $Nu_{12} = 19,22$

для III і наступного рядів $Nu_{13} = 27,45$

Коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні пучка труб [7]

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \lambda_1}{d_3} \quad (4.19)$$

для I ряду $\alpha_{11} = 4724 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

для II ряду $\alpha_{12} = 7086 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

для III і наступного рядів $\alpha_{13} = 7874 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

Середній коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні пучка труб:

$$\alpha_{1cp} = \frac{\sum \alpha_{1i}}{n_p} = 1,298 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (4.20)$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до внутрішнього діаметру [13]

$$k_{TA} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{d_{вн}}{2 \cdot \lambda_{ст}} \cdot \ln \left(\frac{d_3}{d_{вн}} \right) + \frac{d_{вн}}{\alpha_{1-ср} \cdot d_3}} = 0,25 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (4.21)$$

Необхідна поверхня теплообміну

$$F_{TA} = \frac{Q}{k_{TA} \cdot \Delta t_{ср}} = 1,7 \text{ м}^2 \quad (4.22)$$

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхня теплообміну, що приходить на одну трубку

$$F_{TA1} = \frac{F_{TA}}{n_{mp}} = 0,031 \text{ м}^2. \quad (4.23)$$

Довжина трубки

$$L_{mp} = \frac{F_{TA1}}{\pi \cdot d_{BH}} = 0,67 \text{ м}. \quad (4.24)$$

Довжина трубки між перегородками

$$L = \frac{L_{mp}}{z_1} = 0,183 \text{ м}. \quad (4.25)$$

Перевірка швидкості води при обтіканні трубного пучка

Площа перетину для проходу води між трубками

$$S_1 = L \cdot (s_t - d_3) \cdot (n_{1p} - 1) = 0,006 \text{ м}^2. \quad (4.26)$$

Уточнення швидкості води:

$$w_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot S_1} = 0,0217, \quad (4.27)$$

$$\frac{w'_1 - w_1}{w_1} \cdot 100 = 0.$$

Температура стінки.

Температура стінки визначається з рішення рівняння теплового балансу:

$$d_{BH} \cdot \alpha_2 \cdot (T_2 - T_{CT}) - d_3 \cdot \alpha_{1cp} \cdot (T_{CT} - T_1) = 0. \quad (4.28)$$

Температура стінки

$$T_{cm2} = \frac{d_{BH} \cdot \alpha_2 \cdot T_1 + d_3 \cdot \alpha_{1cp} \cdot T_2}{d_{BH} \cdot \alpha_2 + d_3 \cdot \alpha_{1cp}} = 321,8 \text{ К}. \quad (4.29)$$

Отримане значення температури стінки необхідно порівняти з прийнятим.
Якщо розбіжність більш ніж 5% необхідно повторити розрахунок.

Патрубки для підводу і відводу гарячої води [13]

Швидкість води в патрубку $w_2 = 0,3 \text{ м/с}$

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр патрубку для підводу і відводу гарячої води

$$d_{2n} = \sqrt{\frac{G_2}{w_{2n} \cdot \rho_2 \cdot \frac{\pi}{4}}} = 0,027 \text{ м.} \quad (4.30)$$

За додатком В підбираємо для патрубку трубу 150 x 5 мм

Патрубки для підводу і відводу холодної води [13]

Швидкість води в патрубку $w_1 = 0,1 \text{ м/с}$

Діаметр патрубку для підводу і відводу води

$$d_{1n} = \sqrt{\frac{G_1}{w_{1n} \cdot \rho_1 \cdot \frac{\pi}{4}}} = 0,04 \text{ м}$$

За додатком В підбираємо для патрубку трубу 140 x 5 мм.

4.2.2. Гідравлічний розрахунок

Розрахункова схема для визначення втрат тиску у теплообмінному апараті наведена на рис. 2.2.

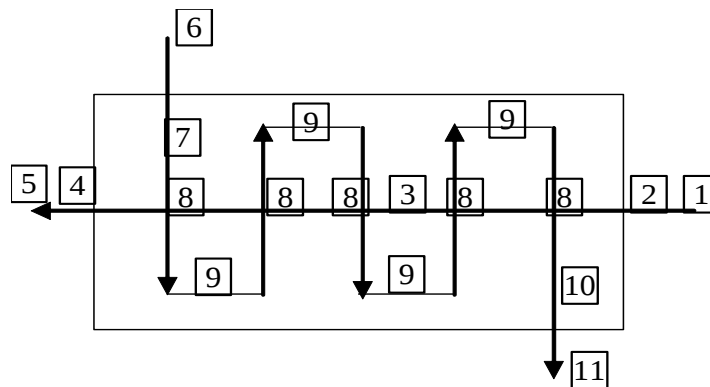


Рис 4.2 Розрахункова схема для визначення втрат тиску у теплообмінному апараті

Визначення втрат напору гарячої води (рух у трубах).

Втрати на тертя при русі води в трубах (на рис.4.2 точка 3) [13]

Коефіцієнт опору тертю при русі води в трубах (при турбулентному русі рідини)

$$\xi_{mp2} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_2}} = 0,052. \quad (4.31)$$

Втрати на тертя при русі води в трубках

$$\Delta P_{mp2} = \xi_{mp2} \cdot \frac{L_{mp}}{d_{вн}} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_2^2}{2} = 7,68 \text{ Па}. \quad (4.32)$$

Втрати при вході і виході води з труб (т.2, 4):

$\xi_{ex2} = 1$ коефіцієнт опору при вході і виході води з труб

$$\Delta P_{ex2} = \xi_{ex2} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_2^2}{2} = 2,42 \text{ Па}. \quad (4.33)$$

$$\Delta P_{вих2} = \Delta P_{ex2}$$

Втрати при русі води в патрубках і в середині кришок (т.1, 5) [7]:

$\xi_{n2} = 1,5$ коефіцієнт опору в патрубках входу і виходу води

$$\Delta P_{n2} = \xi_{n2} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_{2n}^2}{2} = 7,275 \text{ Па}$$

Сумарні втрати тиску при русі води

$$\Delta P_{\Sigma 2} = z_2 \cdot (\Delta P_{ex2} + \Delta P_{вих2} + \Delta P_{mp2}) + \Delta P_{n2} \cdot 2 = 27,089 \text{ Па}. \quad (4.34)$$

$$\text{Відносні втрати тиску, \%} \quad \frac{\Delta P_{\Sigma 2}}{\rho_2} \cdot 100 = 0.2708$$

Визначення втрат напору холодної води (рух у міжтрубному просторі)

Втрата напору на вході в міжтрубний простір і вихід з нього [7]:

$\xi_{1ex} = 1,5$ - коефіцієнт опору при вході в пучок (т.7)

$$\Delta P_{ex1} = \xi_{ex1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} = 0,353 \text{ Па}$$

$\xi_{1вих} = 1$ коефіцієнт опору при виході з пучка (т.10)

$$\Delta P_{вих1} = \xi_{вих1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} = 0,235 \text{ Па}$$

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрата напору при русі в міжтрубному просторі (т.8),[7]

Втрата напору на тертя в пучку

$$\xi_{1mp_m} = (4 + 9 \cdot n_{1p}) \cdot \left(\frac{s}{d_3} \right) \cdot \text{Re}_1^{-0,28} = 10,67. \quad (4.35)$$

$$\Delta P_{1_mp_m} = \xi_{1_mp_m} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} = 2,512 \text{ Па}$$

Місцевий опір

$$\xi_{1mp_m} = 3 \cdot n_{1p} \cdot \text{Re}_1^{-0,2} = 7,14. \quad (4.36)$$

$$\Delta P_{1_mp_m} = \xi_{1_mp_m} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} = 1,682 \text{ Па}$$

Втрата напору при обтіканні перегородок (т.9) [7]

Висота вікна в перегородці

$$b_{nep} = \frac{D_0 - n_p \cdot s_t - d_3}{2} = 0,0505 \text{ м}. \quad (4.37)$$

Центральний кут сегмента в перегородці [7]

$$\psi_{nep} = 2 \cdot \arccos \left(\frac{\frac{D_0}{2} - b_{nep}}{\frac{D_0}{2}} \right) = 1,94 \text{ рад}. \quad (4.38)$$

Площа вікна в перегородці (площа сегмента)

$$F_{nep} = \frac{(D_0 / 2)^2}{2} \cdot (\psi_{nep} - \sin(\psi_{nep})) = 0,068 \text{ м}^2. \quad (4.39)$$

Швидкість води при огинанні перегородок

$$w_{1p} = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot F_{nep}} = 0,019 \text{ м/с}. \quad (4.40)$$

Коефіцієнт опору $\xi_{1np} = 1,5$

$$\Delta P_{1np} = \xi_{1np} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_{1p}^2}{2} (z_1 - 1) = 1,394 \text{ Па}. \quad (4.41)$$

Втрати при русі води в патрубках, вхідній та вихідній камерах (т.6, 11)

					ПННІ НУК 144.047.22.02 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\xi_{n1} = 1,5$ - коефіцієнт опору в патрубках входу і виходу води

$$\Delta P_{n1} = \xi_{n1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_{1n}^2}{2} = 7,45 \text{ Па}$$

Сумарні втрати при русі води в міжтрубному просторі

$$\Delta P_{\Sigma 1} = \Delta P_{1\text{вх}} + \Delta P_{1\text{вих}} + 2\Delta P_{n1} + (\Delta P_{1\text{мп}_m} + \Delta P_{1\text{мп}_m}) z_1 + \Delta P_{1\text{пр}} = 42,063 \text{ Па}$$

Відносні втрати тиску 0,14%.

4.2.3. Розрахунок на міцність

У розрахунку прийнято, що корпус навантажений тільки внутрішнім тиском теплоносія. Всі інші навантаження не враховуються.

Визначення примусової напруги [7]

Матеріал корпусу - сталь Х18Н9Т

Для сталі Х18Н9Т $\sigma_{\epsilon} = 490 \text{ МПа}$; $k = 2,6$

Визначення припустимої напруги $\sigma_{\text{дон}} = \frac{\sigma_{\epsilon}}{k} = 189 \text{ МПа}$

Поправочний коефіцієнт $\eta_k = 1$

Визначення збільшення товщини корпусу

Оскільки корпус виготовлений із труби, то величина збільшення c складає:

$c = 1 \text{ мм}$

При найбільшому мінусовому допуску 10% $A = 0,11$

$$c = A \cdot (\delta_{\kappa} - c) = 0,33 \text{ мм.} \quad (4.42)$$

Визначення розрахункового коефіцієнта міцності:

Коефіцієнт міцності зварених з'єднань $\varphi_{\text{зв}} = 1$

Коефіцієнт міцності поперечного звареного з'єднання при вигині $\varphi_u = 0,6$

$$\varphi = \min(\varphi_{\text{зв}}, \varphi_{\text{зв.в}}) = 0,6$$

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний тиск, що може витримати корпус

$$P_{\max} = \frac{2 \cdot (\delta_k - c) \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{дон}}}{D_0 + (\delta_k - c)} = 3,52 \text{ МПа.} \quad (4.43)$$

Максимальний тиск набагато більше робочого тиску, товщину корпусу збільшувати не потрібно.

Найбільший припустимий діаметр неукріпленого отвору в корпусі

$$\varphi_0 = \frac{p_1 \cdot [D_0 + (\delta_k - c)]}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{дон}} \cdot (\delta_k - c)} = 0,085. \quad (4.44)$$

$$d_{\max} = 2 \cdot \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right) \cdot \sqrt{(D_0 + \delta_k) \cdot (\delta_k - c)} = 6,85 \text{ м.} \quad (4.45)$$

Діаметри отворів під патрубки набагато менше, ніж $d_{\max}$, отвори в корпусі можна не зміцнювати.

Зображення кожухотрубного водо-водяного теплообмінного апарата потужністю 30 кВт для забезпечення потреб в гарячому водопостачанні школи приведено на кресленні.

4.3. Складання принципової схеми, режими роботи теплового вузла

Тепловий пункт (ТП) - це комплекс пристроїв, розташований у відокремленому приміщенні, що складається з елементів теплових енергоустановок, що забезпечують приєднання цих установок до теплової мережі, їх працездатність, керування режимами теплоспоживання, трансформацію, регулювання параметрів теплоносія і розподіл теплоносія за типами споживання.

ТП призначений для приєднання до джерела тепла залежних систем опалення та ГВП об'єктів будь-якого призначення.

Найбільше застосування мають залежні схеми як найпростіші. У залежних схемах приєднання вода в опалювальні прилади надходить безпосередньо з теплових мереж, тобто система опалення гідравлічно пов'язана з тепловою мережею і працює під тиском, близьким до тиску в зворотному трубопроводі зовнішньої

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплової мережі. Циркуляція води в системі опалення забезпечується за рахунок різниці тисків у подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі.

Змішувальним пристроєм в ІТП служить кожухотрубний теплообмінник, що забезпечують підмішування до гарячої води, яка надходить із подавальної магістралі теплової мережі, охолодженої води із зворотної магістралі системи опалення і одержання суміші заданої температури.

Умови експлуатації насосів, витратомірів, автоматичних регуляторів теплогідравлічних параметрів теплоносія, терморегуляторів, штампованих сталевих радіаторів в більшості своїй вимагають застосування якісного теплоносія. Наприклад, без твердих домішок, без спуску води з системи в теплий період року. Забезпечити такі умови можливо лише при незалежному підключенні до тепломережі.

Прийнятним варіантом є проектне рішення із застосуванням кожухотрубного теплообмінника. Вважається, що вода в тепломережі та системи опалення пройшла спеціальну обробку від інтенсивного утворення накипу в теплообміннику. Кращий варіант з експлуатаційної точки зору - застосування кожухотрубного теплообмінника. В обох випадках слід передбачати запірну арматуру для відключення теплообмінників: кульові крани, поворотні заслінки, засувки. Проте слід мати на увазі, що зазвичай автоматичні регулятори виконані багатофункціональними. Вони можуть мати запірну функцію. В цьому випадку запірний клапан не встановлюють. Це спрощує схему. Зручна при експлуатації також запірна арматура з вбудованими дренажними кранами.

Взаємне розташування насоса і теплообмінника не має особливого значення. Сучасні насоси здатні ефективно працювати як на подаючому, так і на зворотному трубопроводі. Однак у кожного розміщення є незначні переваги, якими, як правило, нехтують. Насос на зворотному трубопроводі має трохи більший кавітаційний запас і кращий тепловідвід від двигуна з мокрим ротором. У той же час він перекачує теплоносій з більшою щільністю, збільшуючи споживану потужність на валу двигуна і, відповідно, енергоспоживання в порівнянні з насосом на подаючому трубопроводі.

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Дане завдання виконано в повному обсязі. Обрана система водяного опалення для початкової двоповерхової школи загальною площею 1200 м^2 , визначена величина опору теплопередачі огорожень приміщень. Складений тепловий баланс, визначена теплова потужність системи опалення. Також визначені втрати теплоти на опалення приміщень. Призначено в якості опалювальних приладів чавунні радіатори, після чого зроблені розрахунки площі їх поверхні. Обраний промисловий зразок радіаторів MC-140.

Для даної двоповерхової будівлі школи прийнята двотрубна система опалення з нижнім горизонтальним розведенням труб. За отриманими даними побудована аксонометрична схема опалювальної системи. Визначено головне циркуляційне кільце та зроблений гідравлічний розрахунок системи. Система перевірена на працездатність і встановлено насос, оскільки природної циркуляції не вистачає для якісної подачі теплоносія.

Розроблена система припливно-витяжної системи вентиляції з механічним спонуканням. Система вентиляції створює необхідний повітрообмін приміщень та створює необхідний мікроклімат.

Розраховано теплообмінний апарат для системи гарячого водопостачання.

Таким чином була спроектована надійна та сучасна система тепlopостачання обраного об'єкту.

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-3-97. Державні будівельні норми України. Будинки та споруди навчальних закладів. – К.: ВАТ КиївЗНДІЕП (д-р.арх. Л.М.Ковальський - керівник, архітектори І.М.Алфьорова, Г.Ю. Ветрова канд. тех. наук В.Ф. Гершкович, інженери Л.В.Черкаська, Е.Р.Хізенко за участю архітектора Б.М.Губова). 1997.
2. Внутренние санитарно - технические устройства: В 2 ч. Ч. 1: Отопление, водопровод, канализация [Текст]: Справочник проектировщика / Под ред. И.Г. Старовойтова. 4-е изд. - М.: Стройиздат, 1990. - 430 с.
3. Слаутіна Т.Г. Проектування систем водяного опалення [Текст]: навч. посіб. / Т.Г. Слаутіна, С.А. Кузнецова. - Миколаїв: Видавництво НУК, 2011.- 68с.
4. СДБН 32.6 -31: 2006. Теплова ізоляція будівель. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. - 70 с.
5. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціювання - Київ.: Мінрегіон України, 2013. – 240 с .
6. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция [Текст]: учеб. для вузов / К.В.Тихомиров, З.С. Сергиенко: - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1991.- 480 с.
7. Шаповалов Ю.О. Проектування теплообмінних апаратів тепло технологічних установок [Текст]: Методичні вказівки / Ю.О.Шаповалов, Д.М. Соломонюк. – Миколаїв: НУК, 2009. – 72 с.
8. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование [Текст] / В.В. Пырков. - К.: 2007. – 252 с.
9. Прядко М.О. Теплові мережі [Текст]: Навч. посібн. / М.О. Прядко, В.І. Павелко, С.М. Василенко. За ред. М.О. Прядка. - К.: Алерта, 2005. - 227 с.
10. Богословский В.Н. Отопление [Текст]: учеб. для вузов / В.Н. Богословский, А.Н. Сканави. - М.: Стройиздат, 1991. - 735 с.

					ПННІ НУК 144.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства [Текст]: учеб. для вузов/ В.М.Свистунов, Н.К. Пушняков - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Политехника, 2008. - 428 с.

12. Анастасенко С.М. Методичні вказівки до дипломної роботи бакалавра для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика» [Текст] /С.М. Анастасенко. – Первомайськ: ППІ НУК, 2014. - 28 с.3.

13. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ.ДСТУ БА.2.4-1-95. Умовні позначення трубопроводів. - К.: Укрархбудінформ, 1996. - 13 с.

14. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

15. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

16. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования (утв. Госстандартом СССР от 13 июля 1990 г. N 2190)

					ПННІ НУК 14.04.7.22.02 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		