КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра Теплогазопостачання та вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Теплогазопостачання
та вентиляції
д.е.н. проф. Предун К.М
«___»_____2023 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
на тему: Теплопостачання промислової будівлі у м. Вінниця
(назва)

Виконав Федорець І. І.
(прізвище, ім’я, по батькові)

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма: «Теплогазопостачання і вентиляція»

Групи ТВ-41

Керівник Сенчук М. П.
(власне ім’я та прізвище)
к.т.н. доцент
(вчене звання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*_____

м. Київ – 2023 р

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Випускова кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: 192- Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, проф, д.екон.н
Предун К. М

_____
“____”_____2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
Федорця Ігоря Івановича
(прізвище, ім’я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи: Теплопостачання промислової будівлі у м. Вінниця
затверджена наказом ректора КНУБА №____від “__”_____2023 року
2. Керівник роботи: Сенчук М.П., к.т.н. доцент
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання здобувачем роботи до захисту _____
4. Вихідні данні для розрахунків: Об’ємно-планувальні та конструктивні характеристики механічного цеху в місті Вінниця.
5. Зміст пояснювальної записки за розділами
Р.1. Вихідні данні
Р.2. Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій
Р.3. Розрахунок комбінованої системи опалення
Р.4. Проектування комбінованої системи опалення
Р.5. Розрахунок котельної установки
Р.6. Технологія та організація монтажу інженерних систем
Р.7. Охорона праці та навколишнього середовища
6. Графічний матеріал за розділами
Р.4. Лист 1: План на відмітці 0,000, експлікація приміщень, розріз 1-1, схема регістра фонової системи. Лист 2: Аксонометричні схеми фонових систем: СО-11, СО-21, СО-31, вузол теплового вводу.
Р.5. Лист 3: План котельні, розріз А-А, розріз Б-Б, специфікація котельного обладнання. Лист 4: Конструкція котла КВ-Г-7,56-95-Н.
Р.6. Лист 5: Монтажна схема системи вентиляції ПВ-1, комплектувальні відомості на Деталі та типові вироби, специфікація матеріалів. Лист 6: Календарний план монтажу системи вентиляції, графіки: лінійний, зміни чисельності робітників, сітковий.

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1 Вихідні данні	02.05.23
Розділ 2 Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій	03.05-0.4.05.23
Розділ 3 Розрахунок комбінованої системи опалення	05.05-11.05.23
Розділ 4 Проектування комбінованої системи опалення	12.05-25.05.23
Розділ 5 Розрахунок котельної установки	26.05-08.06.23
Розділ 6 Технологія та організація монтажу інженерних систем	09.06-15.06.23
Розділ 7 Охорона праці та навколишнього середовища	15.06-21.06.23
Остаточне оформлення роботи	22.06.23
Направлення роботи для перевірки на плагіат	22.06.23
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1	Сенчук М.П. доц		
Розділ 2	Сенчук М.П. доц		
Розділ 3	Сенчук М.П. доц		
Розділ 4	Сенчук М.П. доц		
Розділ 5	Цикал. К.О. ас		
Розділ 6	Сенчук М.П. доц		
Розділ 7	Клімова І. В. доц		

9. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ Констянтин Предун
(підпис) (власне ім'я та прізвище)

Керівник _____ Михайло Сенчук
(підпис) (власне ім'я та прізвище)

Здобувач _____ Ігор Федорець
(підпис) (власне ім'я та прізвище)

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до атестаційної випускної роботи здобувача:	(ПІБ здобувача українською та англійською) Федорець Ігор Іванович Fedorets Ihor Ivanovych		
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Теплопостачання промислової будівлі у м. Вінниця Heat supply of an industrial building in the city of Vinnytsia		
Освітній ступінь	бакалавр		
Факультет	інженерних систем та екології		
Випускова кафедра	Теплогазопостачання і вентиляція		
Спеціальність	192 – Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Теплогазопостачання і вентиляція		
Керівник	Сенчук Михайло Петрович		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	98	7	6
Розділ 1	Наведено вихідні дані для проектування системи теплопостачання виробничого цеху		
Розділ 2	Виконано теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій виробничої будівлі		
Розділ 3	Виконано розрахунки тепловтрат та теплонадходжень по виробничим приміщенням, складено тепловий баланс та визначено теплову потужність фонової і догріваючої систем виробничих приміщень		
Розділ 4	Прийнято технічні рішення по будові комбінованої системи опалення: фонової водяної двотрубної та догріваючої з електричними випромінювачами, виконано гідравлічний розрахунок трубопроводів, розрахунок та підбір регістрів з гладких труб, розрахунок та підбір електричних випромінювачів		
Розділ 5	Виконано розрахунок та підбір котлоагрегатів: складено матеріальний та тепловий баланси, розраховано топку та конвективний пучок, визначено теплову потужність		
Розділ 6	Наведено технологію монтажу системи опалення, запроєктовано монтажне креслення системи вентиляції, розроблено календарний план та графіки (лінійний, зміни чисельності робітників, сітковий) монтажу системи вентиляції		
Розділ 7	Проаналізовано потенційні, небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розглянуто заходи профілактики щодо зниження їх впливу на робітників під час виконання будівельно-монтажних робіт		
Висновки по роботі:	1. Встановлено вихідні дані для проектування. 2. Підібрано огороджувальні конструкції виробничої будівлі		

	3. Визначено теплову потужність комбінованої системи опалення виробничого цеху: фонової та догріваючої 4. Запроєктовано комбіновану систему опалення: фонову водяну двотрубну з регістрами із гладких труб та догріваючу з електричними випромінювачами 5. Запроєктовано котельну установку з розрахунком та підбором котлоагрегатів 6. Розглянуто технологію монтажу системи опалення виробничих приміщень. Запроєктовано монтажне креслення та виконано календарне планування монтажу системи вентиляції 7. Розглянуто питання по охороні праці і навколишнього середовища на будівництві
Ключові слова: Keywords:	Комбінована система опалення, тепловтрати, теплонадходження, тепловий баланс, котельна установка, технології та організація монтажних робіт, охорона праці. Combined heating system, heat loss, incoming heat, thermal balance, boiler plant, technologies and organization of installation works, occupational health.

Здобувач _____ Ігор Федорець
(підпис) (власне ім'я та прізвище)

Керівник _____ Михайло Сенчук
(підпис) (власне ім'я та прізвище)

"__"_____2023 р.

Зміст

Завдання
Вступ……1
Вихідні дані до проектування……2
1.1. Вихідні дані…… 3
1.1.1. Характеристика об'єкту виробництва……..3
1.1.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря……4
1.1.3. Розрахункові параметри внутрішнього повітря……..4
2. Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій…..5
3. Розрахунок комбінованої системи опалення……15
3.1. Розрахунок тепловтрат опалювальних приміщень……...16
3.1.1. Розрахунок трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції……...17
3.1.2. Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря……....19
3.1.3. Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через огороджувальні конструкції, що контактують з грунтом……19
3.2. Розрахунок витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, обладнання, виробів і матеріалів……....23
3.2.1. Розрахункові теплові втрати приміщення на нагрівання вентиляційного повітря в опалювальних приміщеннях……...23
3.2.2. Витрати теплоти на нагрівання обладнання, виробів і матеріалів…...25
3.3. Розрахунок теплонадходжень в приміщеннях……...27
3.3.1. Теплонадходження від людей……...27
3.3.2. Теплонадходження від джерел штучного освітлення……....27
3.3.3. Теплонадходження від технологічного обладнання…….....27
3.4. Складання теплового балансу. Розрахунок теплової потужності фонової та догріваючої систем опалення…….....29
4. Проектування комбінованої системи опалення……....32
4.1. Проектування фонової водяної системи опалення……....33
4.1.1. Технічні рішення будови системи……....33
4.1.2. Гідравлічний розрахунок розподільних трубопроводів……....35
4.1.3. Розрахунок та підбір опалювальних приладів……....39
4.2. Проектування догріваючої системи опалення……....43
4.2.1. Технічні рішення будови системи……....43
4.2.2. Розрахунок та підбір високотемпературних випромінювачів……....45

5. Розрахунок котельної установки……..46
5.1. Розрахунок потужності котельні та підбір котлів……..…47
5.2. Матеріальний баланс котла……....49
5.3. Тепловий баланс котлоагрегату……....52
5.3.1. Розрахунок топки…….55
5.3.2. Розрахунок конвективного пучка котлоагрегату……..59
6. Технології та організація монтажу інженерних систем…….64
6.1. Технології монтажу систем опалення та вентиляції……..65
6.1.1. Технології монтажу водяної системи опалення виробничих приміщень……..65
6.1.2. Технології монтажу повітропроводів……....69
6.2. Організація монтажу систем опалення і вентиляції……....72
6.2.1. Загальні положення з організації монтажу……...72
6.2.2. Планування будівельно-монтажних робіт……....73
6.2.3. Побудова графіка зміни чисельності робітників на об’єкті……74
6.2.4. Побудова графіка сіткового планування будівельно-монтажних робіт……75
7. Охорона праці та навколишнього середовища…….…..77
7.1. Аналіз потенційних, небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають під час роботи……78
7.2. Заходи профілактики виявлених факторів……..81
7.2.1. Загальні вимоги безпеки……....81
7.2.2. Міри профілактики потенційно-небезпечних і шкідливих факторів……....81
7.2.3. Організація будівельного майданчика……81
7.2.4. Падіння людей з висоти……....82
7.2.5. Падіння конструкцій та інших предметів……....82
7.2.6. Заходи профілактики ураження електричним струмом……....83
7.2.7. Шкідливі речовини……85
7.2.8. Виробничий шум……....85
7.2.9. Освітленість робочих місць……....86
7.2.10 Атмосферна електрика……....86
7.2.11. Пожежне забезпечення……....87
7.2.12. Незадовільні параметри мікроклімату……....88
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ……..…89

ВСТУП

Проектування систем опалення у будівлі виробничого цеху виконано згідно з вимогами ДБН В.2.5-67: 2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – чинні від 01.01.2014 та інших нормативних документів та з урахуванням технологічного виробництва у виробничих приміщеннях з різними температурно-вологісними умовами мікроклімату, шкідливими надходженнями та відмінними режимами роботи. При проектуванні системи опалення виробничого цеху прийнято такі вимоги та рекомендації:

- підбір огороджувальних конструкцій виконано з урахуванням їх теплової інерції D та величини надлишків тепла у приміщеннях (менше чи більше ніж 23 Вт/м^3);
- при розрахунку тепловтрат враховано підвищення внутрішньої температури у приміщеннях висотою більше 4 м;
- вибір параметрів теплоносія та будови системи опалення виконано залежить від функціонального призначення і категорії приміщень, характеру технологічного процесу тощо;
- для ефективного опалення приміщень з різними температурно-вологісними умовами і відмінними режимами їх використання запроектовано самостійні вітки системи опалення по декільком або окремим приміщенням. Системи опалення за чергового режиму забезпечують у приміщенні внутрішню температуру нижчу на 4 С$^\circ$ від нормованої температури за основного режиму використання приміщення;
- регулювання роботою різних віток системи опалення здійснює тепловий вузол з автоматичним пристроями, які забезпечують підтримання розрахункової внутрішньої температури, перехід систем на роботу в робочий чи неробочий час, відключення чергової системи в робочий час у приміщеннях з надлишками тепла, сумісне регулювання системи опалення.

У роботі розраховано та запроектовано комбіновану систему опалення у Приміщенні збірного відділення: фонова - водяна двотрубна система, догріваюча з електричними обігрівачами

РОЗДІЛ 1.
ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУВАННЯ

Студент /_____/

Консультант /_____/

1.1 Характеристика об'єкту виробництва:

Вихідні данні:

1.1.1. Характеристика об'єкту та географічний пункт будівництва [1]

Проектується теплопостачання виробничого цеху у місті Вінниця.

Географічна широта: 49° 14 пн.ш

Барометричний тиск: 101,3 кПа

Споруда одноповерхова висотою будівлі 7,3 м; довжина будівлі 54 м; ширина будівлі 18 м

Загальна площа 972 м^2

Вбудованні відділення: намотувальне, фарбувальне і зварювальне відділення – висотою 4,7 м

Кліматична зона: I

Промислова будівля орієнтована на південь

Об'ємно планувальні характеристики будівлі *Таблиця 1.1*

Приміщення	Орієнтація	Ширина, м	Довжина,	Висота, м	Розмір засклених пройому, м^2	Площа, м^2	Об'єм, м^3	К-ть робітникі
Верстатне відділення	Пн Пд Зх	36	18	7,3	4,2×3,2 (4) 4,2×3,2 (5) -	648	3045,7	30
Намотувальне відділення	Пн	12	6	4,7	4,2×3,2 (2)	72	338,4	9
Фарбувальне відділення	Пн	12	6	4,7	4,2×3,2 (2)	72	338,4	5
Зварювальне відділення	Пн Сх	6	6	4,7	4,2×3,2 (4) -	36	169,2	2
Збірне відділення	Пн Сх	12	8	4,7	- 4,2×3,2 (3)	96	451,2	16

Таблиця 1.2

1.1.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Період року	Коефіцієнт забезпеченістю, $k_{заб}$	Розрахункова температура зовнішнього повітря, t_{ext}, ºС	Ентальпія зовнішнього повітря, I_{ext}, кДж/кг	Відносна вологість, φ_{ext}, %	Швидкість вітру, v , м/с
Теплий	0,99	23	55	73	3,2
Холодний	0,92	-21	-25	85	3,0

1.1.3. Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Назва приміщення	Період року	Категорія робіт	Категорія приміщення	Температура внутрішнього повітря, t_{wz}, ºС	Відносна вологість φ_{wz}	Швидкість руху повітря V_{wz}, м/с
Верстатне відділення	хл	III	Г	20	55	0,3
Намотувальне відділення	хл	IIа	Г	20	55	0,3
Фарбувальне відділення	хл	IIб	В	20	60	0,5
Зварювальне відділення	хл	IIб	Г	18	50	0,4
Збірне відділення	хл	IIа	Г	20	50	0,4

.

РОЗДІЛ 2.ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Студент /_____/

Консультант /_____/

2.Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3˚С та більше, обов'язкове виконання умов: [2]

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin} \quad (2.1)$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг} \quad (2.2)$$

$$\tau_{вmin} > t_{min} \quad (2.3)$$

де: $R_{\Sigma пр}$- приведений опір теплопередачі огороджувальної конструкції (для термічно однорідних огороджувальних конструкцій дорівнює опору теплопередачі), $м^2 \cdot К/Вт$; R_{qmin}- мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції, $м^2 \cdot К/Вт$. Значення для житлових та громадських будинків залежно від кліматичної зони; $\Delta t_{пр}$- температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, ˚С; $\Delta t_{сг}$- допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, ˚С; $\tau_{вmin}$- мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огороджувальній конструкції, ˚С; t_{min}- мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, ˚С.

При $t_{вн} < 12$˚С і відносній вологості $60 \leq \varphi \leq 75$ приймаємо нормальний режим експлуатації приміщень. Огороджуючі конструкції слід підбирати у відповідності з умовами їх експлуатації, котрі визначаються в залежності від вологісного режиму приміщень і зони вологості.

За вимогами ДБН В.2.6-31-2013(*2016) опір теплопередачі огороджуючих конструкцій $R_{заг}$ повинен бути не менше нормативного R_{qmin}.

Потрібний опір теплопередачі внутрішніх конструкцій (стін, перегородок, перекриття) між приміщаннями з нормованою температурою повітря слід визначати при різниці розрахункових температур повітря в цих приміщеннях більше 4ºС.

1) Зовнішні стіни (ЗС):

Коефіцієнти тепловіддачі для огороджувальної конструкції: $\alpha_в$=8,7 Вт/(м^{2}К) $\alpha_з$=23 Вт/(м^{2}К).

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислових будинків: R_{qmin} = 1,7 м^{2}К/Вт.

Зовнішні стіни складаються з таких шарів:

1) Залізобетон : $\rho_з$= 2400 кг/м^3, $\delta_з$= 0,3 м, $\lambda_з$= 1,74 Вт/мК, $s_з$=16,77 Вт/м^{2}К;

2) Утеплювач- плити пінополістерольні: $\rho_п$= 15 кг/м^3, $\lambda_п$= 0,045 Вт/мК, $s_п$=0,28 Вт/м^{2}К;

3) Розчин вапняно-піщаний: $\rho_ш$= 1800 кг/м^3, $\delta_ш$= 0,015 м, $\lambda_ш$= 0,76 Вт/мК, $s_ш$=9,6 Вт/м^{2}К.

Визначаємо теплову інерцію зовнішньої стіни за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_{ip} = \frac{0,3}{1,74} \cdot 16,77 + \frac{0,015}{0,76} \cdot 9,6 = 3,08 \succ 1,5, \qquad (2.4)$$

Визначаємо потрібну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_{ут,min} = \lambda_{ут}\left(R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_b} - \sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_з}\right) = 0,045\left(1,7 - \frac{1}{8,7} - \left(\frac{0,3}{1,74} + \frac{0,015}{0,76}\right) + \frac{1}{23}\right) = 0,064 \text{ м}, \qquad (2.5)$$

Приймаємо товщину утеплювача 70 мм.

Приведений опір теплопередачі становить :

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_з} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_з}{\lambda_з} + \frac{\delta_ш}{\lambda_ш} + \frac{1}{\alpha_в} = \frac{1}{23} + \frac{0,07}{0,045} + \frac{0,3}{1,74} + \frac{0,015}{0,76} + \frac{1}{8,7} = 1,91\frac{м^2 \cdot К}{Вт} \succ 1,7\frac{м^2 \cdot К}{Вт}, \qquad (2.6)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_\Sigma} = \frac{1}{1,91} = 0,524\frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \qquad (2.7)$$

2) Безгорищне покриття:

Коефіцієнти тепловіддачі для огороджувальної конструкції: $\alpha_в$=8,7 Вт/(м^{2}К) $\alpha_з$=12 Вт/(м^{2}К).

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислових будинків: R_{qmin} = 1,7 м^{2}К/Вт.

Безгорищне покриття складається з таких шарів:

1) Залізобетон : $\rho_з$= 2400 кг/м^3, $\delta_з$= 0,22 м, $\lambda_з$= 1,74 Вт/мК, $s_з$=16,77 Вт/м^{2}К;

2) Утеплювач- плити пінополістерольні: $\rho_п$= 15 кг/м^3, $\lambda_п$= 0,045 Вт/мК, $s_п$=0,28 Вт/м^{2}К;

3) Розчин цементно-піщаний: $\rho_ш$= 1600 кг/м^3, $\delta_ш$= 0,03 м, $\lambda_ш$= 0,7 Вт/мК, $s_ш$=8,69 Вт/м^{2}К;

4) Бітум: $\rho_б$= 1000 кг/м^3, $\delta_б$= 0,001 м, $\lambda_б$= 0,17 Вт/мК, $s_б$=4,56 Вт/м^{2}К;

5) Руберoїд: $\rho_р$= 600 кг/м^3, $\delta_р$= 0,1 м, $\lambda_р$= 0,17 Вт/мК, $s_р$=3,53 Вт/м^{2}К;

Визначаємо теплову інерцію покриття за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot s_{ip} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \cdot s_{ip} = \frac{0,22}{1,74} \cdot 16,77 + \frac{0,03}{0,7} \cdot 8,69 + \frac{0,001}{0,17} \cdot 4,56 + \frac{0,1}{0,17} \cdot 3,53 = 4,6 > 1,5, \quad (2.8)$$

Визначаємо потрібну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_{ут,min} = \lambda_{ут} \left(R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_b} - \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_з} \right) = 0,045 \left(1,7 - \frac{1}{8,7} - \left(\frac{0,22}{1,74} + \frac{0,03}{0,7} + \frac{0,001}{0,17} + \frac{0,1}{0,17} \right) + \frac{1}{12} \right) = 0,040 \text{ м}, \quad (2.9)$$

Приймаю товщину утеплювача 40 мм.

Приведений опір теплопередачі становить :

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_з} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_з}{\lambda_з} + \frac{\delta_ш}{\lambda_ш} + \frac{\delta_б}{\lambda_б} + \frac{\delta_р}{\lambda_р} + \frac{1}{\alpha_в} = \frac{1}{23} + \frac{0,04}{0,045} + \frac{0,22}{1,74} + \frac{0,03}{0,7} + \frac{0,001}{0,17} + \frac{0,1}{0,17} + \frac{1}{8,7} =$$
$$= 1,81 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > 1,7 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \quad (2.10)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_\Sigma} = \frac{1}{1,81} = 0,552 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (2.11)$$

3) Підлога (ПП)

Коефіцієнти тепловіддачі для огороджувальної конструкції: $\alpha_в$=8,7 Вт/(м^{2}К) $\alpha_з$=6 Вт/(м^{2}К).

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислових будинків: R_{qmin} = 1,9 м^{2}К/Вт.

Підлога складається з таких шарів:

1) Сосна та ялина поперек волокон (на робочих місцях): $\rho_з$=500 кг/м^3, $\delta_з$=0,04 м $\lambda_з$=0,09 Вт/мК, $s_з$=3,87 Вт/м^{2}К;

2) Бетон КЛВ-15 : $\rho_з$= 2400 кг/м^3, $\delta_з$= 0,1 м, $\lambda_з$= 1,74 Вт/мК, $s_з$=16,77 Вт/м^{2}К;

3) Бетон КЛВ-7,5 : $\rho_з$= 2400 кг/м^3, $\delta_з$= 0,1 м, $\lambda_з$= 1,74 Вт/мК, $s_з$=16,77 Вт/м^{2}К;

Теплопередачу огороджувальних конструкцій, які контактують з ґрунтом, визначають згідно з EN ISO 13370, зокрема коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги, $U_{equiv,k}$, Вт/(м^2·°С), розраховують залежно від характеристичного параметру B', м [17].

Характеристичний параметр B' визначають як відношення загальної площі першого поверху до половини периметру підлоги, який примикає до ґрунту (див. Рис.1), для будівлі в цілому. При цьому вважається, що теплопровідність ґрунту дорівнює λ_g = 2,0 Вт/м·°С, а ефект бокової теплоізоляції не враховується.

$$B = \frac{A}{0{,}5 \cdot P} = \frac{972}{0{,}5 \cdot 144} = 13{,}5, \qquad (2.12)$$

Так, за характеристичним параметром B' коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху визначається за даними наведеними на рис.1:

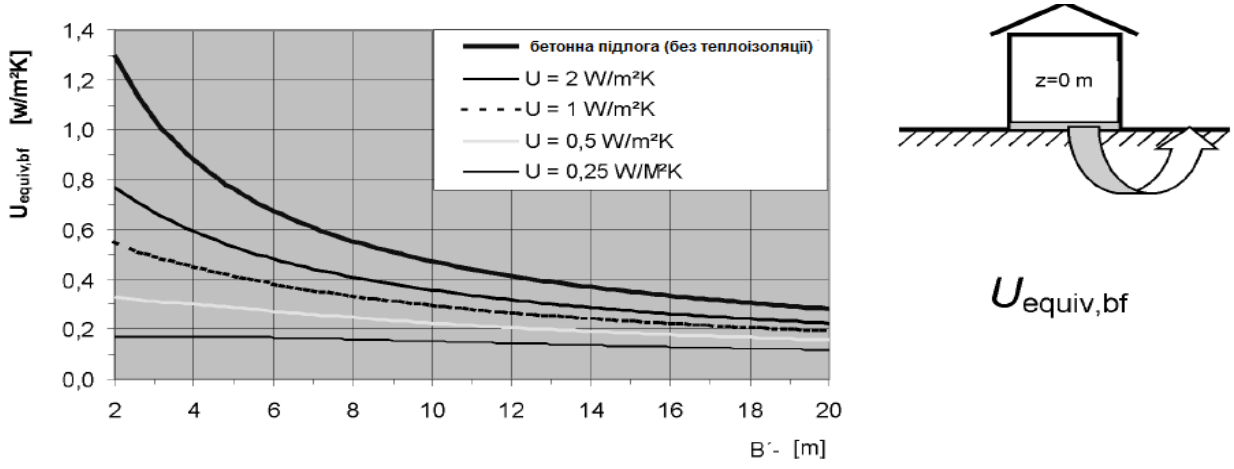


Рис.1.Коефіцієнт теплопередачі плити перекриття підлоги першого поверху, що розташована на рівні землі

Коефіцієнт теплопередачі огороджувальних конструкцій U_k, Вт/(м^2·К) дорівнює:

$$U_k = 0,37$$

Показники конструкцій зовнішніх і внутрішніх огороджень, що беруться для будівництва, повинні забезпечувати умови експлуатації будівлі відповідно до нормативних вимог по теплозасвоєнню поверхнею підлоги, повітропроникності та вологісному стану зовнішніх огороджувальних конструкцій.

Теплова інерція бетону:

$$D_{nn} = R_{nn} \cdot s_{nn} = \frac{0,1}{1,74} \cdot 16,77 = 0,96 \geq 0,5, \quad (2.13)$$

Визначаємо теплозасвоєння внутрішньої поверхні за формулою:

$$Y_{nn} = 2 \cdot s_{nn} = 2 \cdot 16,77 = 33,54 \geq 17 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (2.14)$$

Оскільки умова не дотримується кладемо на робочих місцях дерев`яний настил поперек волокон.

Теплова інерція складає:

$$D_{nn} = R_{nn} \cdot s_{nn} = \frac{0,04}{0,09} \cdot 3,87 = 1,72 \geq 0,5, \quad (2.15)$$

Визначаємо теплозасвоєння внутрішньої поверхні за формулою:

$$Y_{nn} = 2 \cdot s_{nn} = 2 \cdot 3,87 = 7,74 \leq 17 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (2.16)$$

4) Вікна (В):

Коефіцієнти тепловіддачі для огороджувальної конструкції: $\alpha_в$=8,0 Вт/(м^{2}К) $\alpha_з$=23 Вт/(м^{2}К).

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислових будинків: R_{qmin} = 0,45 м^{2}К/Вт.

Беремо вікна з двокамерними склопакетами 4М$_1$-8-4М$_1$-8-4М$_1$:

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_\Sigma} = \frac{1}{0{,}45} = 2{,}22\,\frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (2.17)$$

5) Ворота:

Коефіцієнти тепловіддачі для огороджувальної конструкції: $\alpha_в$=8,0 Вт/(м^{2}К) $\alpha_з$=23 Вт/(м^{2}К)

Значення мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції промислових будинків: R_{qmin} = 0,6 м^{2}К/Вт

Ворота складаються з таких матеріалів як:

1) Сталь: $\rho_с$= 7850 кг/м^3, $\delta_с$= 0,001 м, $\lambda_с$= 58 Вт/мК, $s_с$=126,5 Вт/м^{2}К;

2) Утеплювач - плити пінополістерольні: $\rho_п$= 15 кг/м^3, $\lambda_п$= 0,045 Вт/мК, $s_п$=0,28 Вт/м^{2}К;

Визначаємо потрібну товщину утеплювача:

$$\delta_{ут,min} = \lambda_{ут}\left(R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_b} - \sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_з}\right) = 0{,}045\left(0{,}6 - \frac{1}{8{,}0} - \left(\frac{0{,}001}{58}\right) + \frac{1}{23}\right) = 0{,}02\text{ м}, \quad (2.18)$$

Приймаємо товщину утеплювача 20 мм.

Приведений опір теплопередачі становить :

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_з} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_с}{\lambda_с} + \frac{1}{\alpha_в} = \frac{1}{23} + \frac{0{,}02}{0{,}045} + \frac{0{,}001}{58} + \frac{1}{8{,}0} = 0{,}61\,\frac{м^2 \cdot К}{Вт} > 0{,}6\,\frac{м^2 \cdot К}{Вт}, \quad (2.19)$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$U = \frac{1}{R_\Sigma} = \frac{1}{0{,}61} = 1{,}64\,\frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (2.20)$$

Розрахунок огороджувальної конструкції на повітропроникність

За розподілом теплового напору повітря можна розподілити будівлю на дві зони: нижня (зона притоку повітря) і верхню (зона витоку повітря), що розділені нейтральною площиною, де тепловий напір дорівнює нулю.

Мета розрахунку: перевірити непрозорі та світлопрозорі огороджувальні констукції промислової споруди на відповідність умов:

$$R_g \geq R_{g.н}, \quad (2.21)$$

де: R_g – опір повітропроникності огороджувальної конструкції, м^2·год·Па/кг; $R_{g\,н}$ – необхідний опір повітропроникності, (м^2 ·год ·Па)/кг.

1. Визначаємо розрахункову суму тисків ΔР, Па, за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_{T.г} + \Delta P_{в}\ , \qquad (2.22)$$

де: $\Delta P_{Т.г}$- термогравітаційний напір, Па; $\Delta P_{в}$- вітровий напір, Па;

Термогравітаційний тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{T.Г} = (H - h_i)(\gamma_з - \gamma_в) = (6{,}8 - 3{,}4)(13{,}7 - 11{,}8) = 6{,}8 Па, \qquad (2.23)$$

де: H – висота будівлі (від рівня підлоги першого поверху до верху карнизу, центру витяжних отворів ліхтаря або виходу витяжної шахти), м; h_i – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огороджувальної конструкції i-го поверху, для якої виконується розрахунок, м; $\gamma_з$, $\gamma_в$ – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м^3:

$$\gamma_з = \frac{3463}{273+t_з} = \frac{3463}{273-21} = 13{,}7\,\frac{Н}{м^3}\ , \qquad (2.24)$$

$$\gamma_в = \frac{3463}{273+t_в} = \frac{3463}{273+20} = 11{,}8\,\frac{Н}{м^3}\ , \qquad (2.25)$$

Вітровий тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta P_в = 0{,}03 \cdot v^2 \cdot \gamma_з \cdot \beta_v = 0{,}03 \cdot 4{,}7^2 \cdot 13{,}8 \cdot 0{,}5 = 4{,}57 Па, \qquad (2.26)$$

де: v– максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких складає 16 % та більше/4/; β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі.

Тоді, $\Delta P = 6{,}8 + 4{,}57 = 11{,}37 Па,$ (2.27)

2. Визначаємо опори паропроникності $R_{g\,н}^{н.к}$ та $R_{g\,н}^{с.к}$:

– для непрозорих огороджень :

$$R_{gн}^{нк} = \frac{\Delta P}{G^н} = \frac{11{,}37}{1} = 11{,}37\,\frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{кг}, \qquad (2.28)$$

де: $G_н$– допустима повітропроникність огороджувальної конструкції, для зовнішніх непрозорих конструкцій $G_н$= 1 кг/(м^2·год), таб./3/.

– для світлопрозорих огороджень :

$$R_{gн}^{ск} = \frac{\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_o}\right)^{2/3}}{G^н} = \frac{\left(\frac{11{,}37}{10}\right)^{2/3}}{10} = 0{,}10\,\frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{кг}, \qquad (2.29)$$

де: $G_н$– допустима повітропроникність огороджувальної конструкції, для зовнішніх світлопрозорих конструкцій $G_н$= 10 кг/(м^2·год), Δp_o = 10 Па – різниця тисків на поверхнях огородження, за якої визначається масова повітропроникність світлопрозорої конструкції під час випробувань.

3. Визначаємо дійсні опори повітропроникності для непрозорих огороджень за:

1) Залізобетон : $\delta_з$= 0,3 м R_g =19620 (м^2 ·год ·Па)/кг.

2) Утеплювач- плити пінополістерольні: $\delta_з$= 0,07 м R_g =79 (м^2 ·год ·Па)/кг.

3) Розчин вапняно-піщаний: $\delta_ш$= 0,015 м R_g =142 (м^2 ·год ·Па)/кг.

Отже, для непрозорих огороджувальних конструкцій:

$$R_g = R_{g_1} + R_{g_2} + R_{g_3} = 19620 + 79 + 142 = 19841 \frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{кг}, \quad (2.30)$$

$$R_{gн}^{нк} = 11{,}37 \le R_g = 19841 \frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{кг}, \quad (2.31)$$

Визначаємо опори повітропроникності для світлопрозорих огороджень для типу скління 2-ІІІ- це подвійне скління у роздільних рамах і ущільненням прокладками з напівшерстяного шнура $G_{с.к}$= 7,0 кг/м^3 при Δp_o = 10 Па:

$$R_g = \frac{\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_o}\right)^{2/3}}{G^н} = \frac{\left(\frac{11{,}37}{10}\right)^{2/3}}{7{,}0} = 0{,}155 \frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{кг}, \quad (2.32)$$

$$R_{gн}^{ск} = 0{,}11 \le R_g = 0{,}155 \frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{кг}, \quad (2.33)$$

Висновок: світлопрозорі частини огороджувальної конструкції задовольняють умовам повітропроникності.

Таблиця 2.1

Результати підбору огороджувальних конструкцій

Найменування огороджуючої конструкції	Опір теплопередачі, R, м²К / Вт, теплова інерція D				Коефіцієнт теплопередачі U_k, Вт/(м²°)	Опис конструкцій
	R_{qmin}	D_{min}	R_k	D_k		
Зовнішня стіна q<23 Вт/м³	1,7	1,5	1,91	3,08	0,524	Залізобетон густиною 2400 кг/м³ товщиною 0,3 м; утеплювач з плит пінополістерольних густиною 15 кг/м³ товщиною 0,06 м; розчин вапняно-піщаний густиною 1800 кг/м³ товщиною 0,015 м
Безгорищне покриття q<23 Вт/м³	1,7	1,5	1,81	4,60	0,552	Залізобетон густиною 2400 кг/м³ товщиною 0,22 м; утеплювач з пли пінополістерольних густиною 15 кг/м³ товщиною 0,05 м; розчин цементно-піщаний густиною 1600 к товщиною 0,015 м; бітум густиною 1000 кг/м³ товщиною 0,005 м; 4 шари руберoїду РКМ-350Б на бітумніймастиці густиною 600 кг/м³ товщиною 0,01 м; захисний шар гравію в бітумній мастиці товщиною 0,01 м
Вікна	0,45	-	0,45	-	2,22	Вікна з однокамернимисклопакетами 4М1-8-4К
Ворота	0,6	-	0,61	-	1,64	Сталеві ворота з утеплювачем: жорсткий пінополіуретан: $\rho_{ут}$= 80 кг/м³, $\lambda_{ут}$= 0,050 Вт/мК, $s_{ут}$=0,42 Вт/м²К, $\delta_{ут}$ = 0,02 м
Підлога		$Y_{maxп}$	$D_п$	$Y_п$	U_k, Вт/(м²°С)	
У виробничих приміщеннях		17	0,96	33,54	0,37	Бетон КЛ В 15 товщиною 0,1 м; Бетон КЛ В 7,5 товщиною 0,1 м
На робочих місцях виробничих приміщень		17	1,72	7,74	-	Дерев'яні настили товщиною 0,02 м; Бетон КЛ В 15 товщиною 0,1 м; Бетон КЛ В 7,5 товщиною 0,1 м

РОЗДІЛ 3
РОЗРАХУНОК КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Студент /_____/

Консультант /_____/

3.1 Розрахунки тепловтрат опалювальних приміщень

Тепловий режим будівлі головним чином визначається тепловим балансом між тепловтратами та теплонадходженнями приміщень за нормованої температури внутрішнього повітря, які включають:

1) трансмісійні тепловтрати опалюваними приміщеннями через зовнішні огороджувальні будівельні конструкції, що контактують із зовнішнім повітрям;

2) трансмісійні тепловтрати опалюваними приміщеннями до приміщень із більш низькою розрахунковою температурою;

3) трансмісійні тепловтрати опалювальними приміщеннями через неопалювані приміщення;

4) трансмісійні тепловтрати опалюваними приміщеннями через конструкцію підлоги та ґрунт;

5) вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря в опалюваних

приміщеннях будівлі, за винятком теплоти, що передана з повітрям у середині будівлі;

6) компенсаційну теплову потужність в опалюваних приміщеннях будівлі при періодичному режимі роботи системи опалення;

7) витрату теплоти на нагрівання матеріалів і виробів, обладнання та транспортних засобів;

8) надходження теплоти, що регулярно надходить у приміщення від електричних приладів, приладів освітлення, технологічного обладнання,

трубопроводів, людей та інших джерел.

3.1.1. Розрахунок трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції

Розрахункові теплові втрати приміщення за рахунок теплопередачі через будівельні огородження $Ф_{T,i}$, Вт, з урахуванням основних можливих варіантів влаштування приміщення визначають за формулою:

$$Ф_{T,i} = \left(H_{T,ie} + H_{T,ij} + H_{T,iue} + H_{T,ig}\right) \cdot \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right), \quad (3.1)$$

де: $H_{T,ie}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, Вт/°С; $H_{T,ij}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через огороджувальну конструкцію до суміжного опалюваного приміщення із іншою розрахунковою температурою, Вт/°С;

$H_{T,iue}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через неопалюване приміщення назовні, Вт/°С; $H_{T,ig}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат

через огороджувальні конструкції до ґрунту, Вт/°С; $\theta_{int,i}$– розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; θ_e – температура зовнішнього повітря, °С.

Розрахункову температуру внутрішнього повітря у холодний період року в опалюваних виробничих приміщеннях упродовж періоду їх невикористання (черговий режим роботи) приймають нижчою від нормованої температури небільше ніж на 4 °С від нормованої температури, але не нижче ніж 5 °С у виробничих приміщеннях [8].

Відновлення нормованої температури слід забезпечувати до початкувикористання приміщення або до початку роботи.

Розрахункову температуру повітря, $\theta_{int,i}$, ºС, у приміщеннях заввишки понад4 м можна визначити за формулами:

- Визначаємо внутрішню температуру повітря у верхній зоні приміщення, ˚С:

$$\theta_{int,i}^{вз} = \theta_{int,i}^{рз} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2), \quad (3.2)$$

Зварювальне відділення, ковальське відділення, штампувальний цех

$$grad(t) = 0{,}02 \cdot \theta_{int,i}^{\text{рз}}\ , \tag{3.3}$$

Тоді $\theta_{int,i}^{\text{вз}} = \theta_{int,i}^{\text{рз}} + grad(t) \cdot \left(h_{\text{пр}} - 2\right)$,

Відділення очистки та ремонтне відділення

$$grad(t) = 0{,}02 \cdot \theta_{int,i}^{\text{рз}}\ , \tag{3.4}$$

Тоді $\theta_{int,i}^{\text{вз}} = \theta_{int,i}^{\text{рз}} + grad(t) \cdot \left(h_{\text{пр}} - 2\right)$, (3.5)

де: $\theta_{int,}{}^{\text{рз}}$ – внутрішня температура повітря у робочій зоні приміщення, що дорівнює розрахунковій температурі внутрішнього повітря,˚С; $h_{\text{пр}}$– висота приміщення (від підлоги до стелі), м; grad (t)- підвищення внутрішньої температури повітря вище робочої зони, ˚С /м, на 1 м висоти визначаємо заформулою :

$$grad(t) = 0{,}02 \cdot \theta_{int,i}^{\text{рз}}\ , \tag{3.6}$$

Визначаємо внутрішню температуру повітря у верхній зоні огородження,˚С:

$$\theta_{int,i}^{\text{в}} = \theta_{int,i}^{\text{рз}} + grad(t) \cdot (h_{\text{ог}} - 2), \tag{3.7}$$

де $\theta_{int,}{}^{\text{рз}}$ – внутрішня температура повітря у робочій зоні приміщення, що дорівнює розрахунковій температурі внутрішнього повітря,˚С; $h_{\text{ог}}$ – висота огородження від рівня підлоги приміщення до верху огородження, м; grad(t)- підвищення внутрішньої температури повітря вище робочої зони, ˚С /м, на 1 м висоти визначається за формулою:

Визначаємо середню внутрішню температуру повітря, ˚С:

$$\theta_{int,i}^{\text{сер}} = 0{,}5(\theta_{int,i}^{\text{рз}} + \theta_{int,i}^{\text{в}}), \tag{3.8}$$

Зварювальне відділення, ковальське відділення, штампувальний цех

$$\theta_{int,i}^{\text{сер}} = 0{,}5(\theta_{int,i}^{\text{рз}} + \theta_{int,i}^{\text{в}})\ , \tag{3.9}$$

Відділення очистки та ремонтне відділеня

$$\theta_{int,i}^{\text{сер}} = 0{,}5(\theta_{int,i}^{\text{рз}} + \theta_{int,i}^{\text{в}}), \tag{3.10}$$

3.1.2 Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря

Розрахункове значення характеристики тепловтрат приміщення при теплопередачі з опалюваного приміщення назовні через будівельні огородження (елементи лінійного теплового мосту) а саме, стіни, двері, стелю та вікна, розраховують за формулою:

$$H_{T,ie} = \Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \ , \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}, \qquad (3.11)$$

де A_k – площа теплопередачі k-ї будівельної конструкції огороджень приміщення, м^2; U_k – коефіцієнт передачі теплоти від внутрішнього повітря через k-ту будівельну конструкцію огородження приміщення до зовнішнього середовища, Вт/(м^2·°К); ψ_l – лінійний коефіцієнт теплопередачі l-го елементу лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огородження згідно з ДСТУ ISO 10211-1:2005 «Теплопровідні включення в будівельних конструкціях». Обчислення теплових потоків та поверхневих температур, Вт/(м·°К); l_l –довжина лінійного теплового мостув конструкції будівельного огородження, м; e_k, e_l – поправочні коефіцієнти, на додаткові тепловтрати, що враховують випромінюючі властивості поверхні огородження, з урахуванням впливу мікрокліматичних умов, типу ізоляційних матеріалів, їх вологості, швидкості вітру і температури зовнішнього повітря [1].

3.1.3. Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через огороджувальні конструкції, що контактують із ґрунтом

Характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення до масиву землі $H_{T,ig}$ визначається за формулою:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\Sigma_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w \ , \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}, \qquad (3.12)$$

де f_{g1} = 1,45 – поправочний коефіцієнт, що враховує річні коливання температури ґрунту (за відсутності національних даних);

G - корегувальний коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод (при рівні грунтових вод нижче плитиперекриття підлоги $h_{г.в}$>1,0 м G_w=1,0; при $h_{г.в}$≤1,0 м. G_w=1,15);

f_{g2} – поправочний коефіцієнт на можливе зниження зовнішньої температури, який

враховує різницю між середнім коливанням і розрахунковим значенням температури зовнішнього повітря (середню амплітуду коливання) і визначається за формулою:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{me}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad (3.13)$$

де $\boldsymbol{\theta_{me}}$ – середньорічна температура зовнішнього повітря, °С

Тепловтрати на нагрівання вентиляційного повітря

Розрахункові теплові втрати приміщення на нагрівання вентиляційного повітря в опалювальних приміщеннях $\boldsymbol{\Phi_{V,i}}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right), \text{Вт}, \quad (3.14)$$

де $\boldsymbol{H_{V,i}}$ – характеристика вентиляційних тепловтрат приміщення, Вт/°С.

Розрахункове значення характеристики тепловтрат опалювальногоприміщення при нагріванні зовнішнього вентиляційного повітря, що поступає до нього за рахунок вентиляції (інфільтрації, провітрювання тощо):

$$H_{V,i} = V_i^c \cdot \rho \cdot c_p, \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{С}}, \quad (3.15)$$

де $\boldsymbol{\rho}$ – густина повітря при розрахунковій температурі приміщення, кг/м^3; $\boldsymbol{c_p}$ – питома теплоємність повітря при розрахунковій температурі приміщення, кДж/(кг·К); $\boldsymbol{V}^c$ – об'ємна витрата повітря, що надходить до опалювального приміщення, м^3/с, яка розраховується залежно від організації повітрообміну в приміщенні. За відсутності організованої подачі припливного повітря в приміщення при визначенні об'ємної витрати повітря $\boldsymbol{V_i}$ за розрахункову величину приймають більше значення між інфільтраційним та санітарно-гігієнічним повітрообмінами:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}), \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (3.16)$$

Мінімальна питома витрата вентиляційного повітря за санітарно-гігієнічнимивимогами для виробничих приміщень:

для основного режиму роботи системи вентиляції при перебуванні людей більше двох годин безперервно у приміщенні: з природним провітрюванням–30 м^3/(люд·год), без природного провітрювання – 60 м^3/(люд·год);

Таблиця 3.1

Трансмісійні тепловтрати

Приміщення				Огороджувальна конструкція									Поправочні коефіцієнти на:				
Номер приміщення/ Назва/кількість працюючих, $n_д$, люд.	Площа/об'єм, $A/v_{пр}$, $м^2/м^3$	Температура внутр: основна/чергова, $\theta_{int,i}/\theta_{int\ ch,I}$, °C	Коефіцієнт для приміщень заввишки понад 4 м	Позначення	Орієнтація	Довжина, a, м	Ширина (висота), b (h), м	Площа, A_k, $м^2$	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/($м^2$.К)								
									трансмісійний, U_k	коригувальний на теплові мости, ΔU_{ktb}	трансмісійний розрахунковий, U_{kc}	підлоги на ґрунті, $U_{equiv,k}$	додаткові теплотрати, $e_k = e_l$	річні коливання темп. ґрунту, f_{g1}	можливе зниження зовн. темпер, f_{g2}	вплив ґрунтових вод, G_w	різницю температури у суміжних прим., f_{ij}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
101	528,0	20,0	1,15	ЗС	Пн	24,5	7,3	125,1	0,524	0,0	0,524	-	1,00				-
				ЗС	Пн	12,0	2,3	27,6	0,524	0,0	0,524	-	1,00				
Верстатне відділення				ЗС	Сх	10,5	7,3	64,7	0,524	0,0	0,524	-	1,00	-			-
				ЗС	Пд	30,0	7,3	151,8	0,524	0,0	0,524	-	1,05	-			-
				4*В	Пн	16,8	3,2	53,8	2,22	0,2	2,42	-	1,00				-
				5*В	Пд	21,0	3,2	67,2	2,22	0,2	2,42	-	1,05	-			
	3854,4	16,0		Ворота	Сх	4,0	3,0	12,0	1,64	0,2	1,84	-	1,00	-			
				БП	-			528,0	0,552	0,0	0,552	-	1,00	-			-
				ПП	-			528,0	0,37	0,15		0,52	1,00	1,45	0,51	1	-
35			-														
102	72,0	20,0	1,15	ЗС	Пд	12,0	4,7	43,0	0,524	0,0	0,524	-	1,05	-			-
Намотувальне відділення				В	Пд	4,2	3,2	13,4	2,22	0,2	2,42	-	1,05	-			-
	338,4	16,0		БП	-	12,0	6,0	72,0	0,552	0,0	0,552	-	1,00	-			-
				ПП	-	12,0	6,0	72,0	0,37	0,05		0,42	1,00	1,45	0,51	1	-
11			-														
103	72,0	20,0	1,15	ЗС	Пд	12,0	4,7	29,5	0,524	0,0	0,524	-	1,05	-			-
Фарбувальне відділення				2*В	Пд	8,4	3,2	26,9	2,22	0,2	2,42	-	1,05	-			-
	338,4	16,0		БП	-	12,0	6,0	72,0	0,552	0,0	0,552	-	1,00	-			-
				ПП	-	12,0	6,0	72,0	0,37	0,05		0,42	1,00	1,45	0,51	1	-
5			-														
104	36,0	18,0	1,15	ЗС	Пд	12,0	4,7	43,0	0,524	0,0	0,524		1,05				
Зварювальне відділення				В	Пд	4,2	3,2	13,4	2,22	0,2	2,42		1,05				
				БП	-	6,0	6,0	36,0	0,552	0,0	0,552	-	1,00	-			-
	169,2	14,0		ПП	-	6,0	6,0	36,0	0,37	0,05		0,42	1,00	1,45	0,49	1	-
2			-														
105	228,2	20,0	1,15	ЗС	Зх	12,4	7,3	78,5	0,524	0,0	0,524	-	1,00	-			-
Збірне відділення				ЗС	Зх	6,4	2,3	14,7	0,524	0,0	0,524	-	1,00	-			-
				ЗС	Пн	18,4	7,3	94,0	0,524	0,0	0,524	-	1,10	-			-
				ЗС	Пд	18,4	2,3	30,3	0,524	0,0	0,524	-	1,05	-			-
				3*В	Пн	12,6	3,2	40,3	2,22	0,2	2,42	-	1,10	-			-
	1665,6	16,0		Ворота	Зх	3,0	4,0	12,0	1,64	0,2	1,84	-	1,00	-			-
				БП	-	12,4	18,4	228,2	0,552	0,0	0,552	-	1,00	-			-
				ПП	-	12,4	18,4	228,2	0,37	0,1		0,47	1,00	1,45	0,51	1	-
19			-														

Продовження таблиці 3.1

Номер приміщення/ Назва/кількість працюючих, $n_л$, люд.	Розрахункова температура, °С			Характеристика трансмісійних тепловтрат, Вт/°С				Трансмісійні тепловтрати, $Ф_{т,і}$,Вт	
	зовнішнього повітря, θ_e	середньо річна зовнішнього повітря, θ_{me}	внутрішня в сусідньому приміщенні, $\theta_{int,j}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ig}$	$H_{T,ij}$	$\sum H_{mi}$	основний режим	черговий режим
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27
101	-21	-1,1	-	65,55	-	-	65,55	47936	43260
			-	14,46	-	-	14,46		
Верстатне відділення			-	33,88	-	-	33,88		
			-	83,52	-	-	83,52		
			-	130,10	-	-	130,10		
			-	170,76	-	-	170,76		
			-	22,08	-	-	22,08		
			-	291,46	-	-	291,46		
			-		204,88	-	204,88		
35						$\sum H_{ті}$=	1016,68		
102	-21	-1,1	-	23,64	-	-	23,64	5663	5110
Намотувальне відділення			-	34,15	-	-	34,15		
			-	39,74	-	-	39,74		
			-		22,566	-	22,57		
11						$\sum H_{ті}$=	120,10		
103	-21	-1,1	-	16,24	-	-	16,24	6924	6249
Фарбувальне відділення			-	68,30	-	-	68,30		
			-	39,74	-	-	39,74		
			-		22,566	-	22,57		
5						$\sum H_{ті}$=	146,85		
104	-21	-1,1	-	23,64			23,64	2904	2607
Зварювальне відділення			-	34,15			34,15		
			-	19,87	-	-	19,87		
			-		10,737	-	10,74		
2						$\sum H_{ті}$=	64,76		
105	-21	-1,1	-	41,14		-	41,14	21458	19364
Збірне відділення			-	7,71		-	7,71		
			-	54,18		-	54,18		
			-	16,68		-	16,68		
			-	107,33		-	107,33		
			-	22,08		-	22,08		
			-	125,94		-	125,94		
			-		80,02	-	80,02		
19						$\sum H_{ті}$=	455,10		

3.2. Розрахунок витрат теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, обладнання, виробів і матеріалів.

3.2.1. Розрахункові теплові втрати приміщення на нагрівання вентиляційного повітря в опалювальних приміщеннях $\Phi_{V,i}$, Вт.

Визначають за формулою:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)\ ,\text{Вт}, \tag{3.17}$$

де $H_{V,i}$ – характеристика вентиляційних тепловтрат приміщення, Вт/°С.

Розрахункове значення характеристики тепловтрат опалювального приміщення при нагріванні зовнішнього вентиляційного повітря, що поступає до нього за рахунок вентиляції (інфільтрації, провітрювання тощо):

$$H_{V,i} = V_i^c \cdot \rho \cdot c_p\ ,\frac{\text{Вт}}{^\circ\text{С}}, \tag{3.18}$$

де ρ – густина повітря при розрахунковій температурі приміщення, кг/м^3; c_p – питома теплоємність повітря при розрахунковій температурі приміщення, кДж/(кг·К); V^c – об'ємна витрата повітря, що надходить до опалювального приміщення, м^3/с, яка розраховується залежно від організації повітрообміну в приміщенні.

За відсутності організованої подачі припливного повітря в приміщення (наприклад, за чергового режиму використання приміщення) при визначенні об'ємної витрати повітря V_i за розрахункову величину приймають більше значення між інфільтраційним та санітарно-гігієнічним повітрообмінами:

$$V_i = \max\left(V_{inf,i}, V_{min,i}\right), \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \tag{3.19}$$

Мінімальна питома витрата вентиляційного повітря за санітарно-гігієнічними вимогами для виробничих приміщень:

- для основного режиму роботи системи вентиляції при перебуванні людей більше двох годин безперервно у приміщенні: з природним провітрюванням – 30 м^3/(люд·год), без природного провітрювання – 60 м^3/(люд·год);
- для чергового режиму роботи системи вентиляції рекомендується обирати мінімальне значення витрати зовнішнього повітря від 0,1дм^3/(с·м^2) до 0,2 дм^3/(с·м^2).

Таблиця 3.2

Тепловтрати приміщень на нагрівання вентиляційного повітря

Коефіцієнти					Витрата повітря							Характеристика вентиляційних тепловтрат, $H_{v,I}$, Вт/°С		Вентиляційні тепловтрати, $Ф_{v,I}$, Вт	
кратності повітрообміну, n_{50}	екранування, e_i	на висоту розміщення огородження, ε_i	ефективності утилізації тепла, η_v	на температуру припливного повітря, $f_{v,i}$	інфільтраційного (в черговий режим), $V_{int,i}$	питома виробничих приміщень, $q_{мін,i}$		мінімальна, $V_{мін,i}$, м³/год		розрахункова, V_i, м³/год					
						основний режим ($q_в$ та $q_р$, м³/год*люд)	черговий режим, м³/(год*м²)	основний режим	черговий режим	основний режим	черговий режим	основний режим	черговий режим	основний режим	черговий режим
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
3	0,03	1	-	5	693,8	60	0,54	2100,0	285,1	2100,0	693,8	704	233	4048	1337
3	0,03	1	-	5	60,9	60	0,54	660,0	38,9	660,0	60,9	221	20	1272	117
3	0,03	1	-	5	60,9	60	0,54	300,0	38,9	300,0	60,9	102	21	585	119
3	0,03	1	-	5	30,5	60	0,54	120,0	19,4	120,0	30,5	41	10	234	59
3	0,03	1	-	5	299,8	60	0,54	1140,0	123,2	1140,0	299,8	386	102	2221	584

3.2.2. Витрати теплоти на нагрівання обладнання, виробів і матеріалів

Такі витрати теплоти потрібно враховувати у випадку потрапляння транспортних засобів, матеріалів, виробів тощо у приміщення, для розраховується, ззовні або з іншого приміщення з нижчою внутрішньою температурою.

Витрата теплоти на нагрівання обладнання, $Ф_{Qобл}$, Вт, при змінному тепловому режимі приміщення (підвищення внутрішньої температури повітря при переході з чергового до основного режиму):

$$\Phi_{qобл} = 0{,}278 \cdot G_{обл} \cdot c_{обл} \cdot (\theta_{int.i} - \theta_{вч}) \cdot \beta_{н,} \quad (3.20)$$

де $G_{обл}$ – маса обладнання, кг; $c_{обл}$ – середня питома теплоємність матеріалу обладнання, кДж/(кг·^{0}С); $t_{вч}$ – розрахункова внутрішня температура повітря під час роботи чергової системи опалення, ^{o}С;

Витрата теплоти на нагрівання матеріалів і виробів, $Ф_{Qнм}$, Вт, щоввозяться у приміщення ззовні, визначають за формулою:

$$\Phi_{Qнм} = 0{,}278 \cdot G_{м} \cdot c_{м} \cdot (\theta_{int.i} - t_{зм}) \cdot \beta_{н} \quad (3.21)$$

де $G_м$ – маса однорідних матеріалів і виробів, що надходять у приміщення протягом однієї години, кг/год; $c_м$ – питома теплоємність матеріалу (для металу- 0,46), кДж/(кг·^{0}С); $\beta_н$ – коефіцієнт, який враховує загальну частку кількості теплоти, що отримується матеріалом за кожну наступну годину знаходження у приміщенні (приймаємо рівним 1); $t_{зм}$-зовнішня температура матеріалу, для металу – $t_{зм} = t_з$,^{0}С.

Таблиця 3.3

Витрата теплоти на нагрівання обладнання

№	Найменування обладнання	Кількість, шт	Маса, кг	Сумарна маса, $G_{обл}$,кг	Різниця температур, ^oC	$Ф_{qобл}$, Вт	$ΣФ_{qобл}$, Вт
101. Верстатне відділення							
1	Свердлильний верстат	4	169	676	4,00	346	
2	Фрезерний верстат	6	371	2226	4,00	1139	
3	Точильний верстат	2	319	638	4,00	326	
4	Токарно-револьверний верстат	1	304	304	4,00	156	
5	Ванна гарячої води	1	410	410	4,00	210	
6	Токарно-гвинторізний верстат	12	757	9084	4,00	4647	
7	Верстат слюсарний	1	173	173	4,00	88	**6911**
1. Намотувальне відділення							
8	Намотувальний верстат	7	297	2079	4,00	1063	**1063**
103. Фарбувальне відділення							
9	Шафа сушильна	1	175	175	4,00	90	
10	Камера фарбувальна	2	2373	4746	4,00	2428	
11	Компресор	2	347	694	4,00	355	**2872**
104. Зварювальне відділення							
12	Шафа сушильна	1	378	378	4,00	193	
13	Електрозварювальний пост	1	1427	1427	4,00	730	**923**
105. Збірне відділення							
14	Прес К-281-А	2	523	1046	4,00	535	
15	Точильний верстат ТСШ-250	1	827	827	4,00	423	
16	Настільний свердлильний верстат	1	318	318	4,00	163	
17	Конвеєр збірний	1	3120	3120	4,00	1596	**2717**

Примітка. Розрахунок виконано при $c_{обл.}$ = 0,46 кДж/(кг оС)

3.3 Розрахунок теплонадходжень в приміщення

Основними шкідливостями, які забруднюють робочу зону, є надлишкова теплота, волога у вигляді водяної пари, гази та пил.

3.3.1 Теплонадходження від людей:

Тепловиділення людини розраховують за явною і повною теплотою, які залежать, в основному, від характеру виконуваної роботи, температури і швидкості руху внутрішнього повітря, а також теплозахисних властивостей одягу. Віддачу людиною явного тепла Q, Вт, можна визначити за формулою:

$$\Phi_{Q\ л.я} = \beta_{інт}\ \beta_{од}\ (2{,}5 + 10{,}3\cdot v_{п}^{0{,}5})\cdot(35 - \theta_{int,i}), \quad (3.22)$$

де $\beta_{інт}$ – коефіцієнт, який враховує інтенсивність роботи; $\beta_{од}$ – коефіцієнт, який враховує теплозахисні властивості одягу; $v_{п}^{0,5}$ – швидкість повітря у приміщенні, м/с; $\theta_{int,i}$ – температура внутрішнього повітря, 0С.

3.3.2 Теплонадходження від джерел штучного освітлення:

Кількість тепла, що надходить у приміщення від джерел штучного освітлення, які визначають за фактичною або проектною потужністю світильників.

Якщо потужність світильників невідома, то тепловиділення від джерел освітлення ФQосв, Вт, можна визначити за формулою:

$$\Phi_{Q\ осв} = E_{осв}\, F_{пр}\ q_{осв}\ \eta_{осв}, \quad (3.23)$$

де $E_{осв}$ – освітленість робочих поверхонь лк; $F_{пр}$ – площа підлоги приміщення, м2 ; $q_{осв}$ – питомі тепловиділення від світильників, Вт/(м2 ·лк); $\eta_{осв}$ – коефіцієнт, який враховує частку тепла, що надходить від джерел освітлення до робочої зони приміщення (0,55 – для люмінесцентних світильників, 0,85 – для ламп розжарювання)

3.3.3 Теплонадходження від технологічного обладнання:

Кількість теплоти, що надходить від обладнання, підраховуємо за наступною формулою, використовуючи відому потужність електродвигуна:

$$Q_{дв} = 1000 \cdot N_y \cdot K_в \cdot K_з \cdot K_о \cdot (1 - \eta_д + K_т \cdot \eta_д), \quad (3.24)$$

де N_y - установлена потужність електродвигуна, кВт;

K_B –коефіцієнт використання установлюваної потужності (0,7-0,9);

K_y –коефіцієнт завантаження електродвигуна (0,5-0,9);

$K_о$ - коефіцієнт одночасності роботи декількох двигунів (0,5-1);

η_y –коефіцієнт використання установлюваної потужності (0,7-0,9);

K_T –коефіцієнт асиміляції теплоти повітрям приміщення;

Результати розрахунку теплонадходжень по виробничих приміщеннях від людей, обладнання та освітлення наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4

Теплонадходженя у виробничих приміщеннях

Назва приміщення	Джерело теплоти	Період року		Всього	
		Холодний		Холодний	
		Явні	Повні	Явні	Повні
Верстатне відділення	Штучне освітлення	3911		25418	31057
	Від обладнання	16126			
	Люди	5381	11020		
Зварювальне відділення	Штучне освітлення	330		2849	3038
	Від обладнання	2300			
	Люди	219	408		
Фарбувальне відділення	Штучне освітлення	357		6725	7385
	Від обладнання	5600			
	Люди	768	1428		
Намотувальне відділення	Штучне освітлення	476		2363	3404
	Від обладнання	684			
	Люди	1207	2244		
Збірне відділення	Штучне освітлення	1663		4429	6219
	Від обладнання	680			
	Люди	2086	3876		

3.4 Складання теплового балансу. Розрахунок теплової потужності фонової та догріваючої систем опалення

Відповідно до ДСТУ Б EN 12831:2008 [1, 8], проектне теплове навантаження системи опалення приміщення визначають за тепловим балансом приміщення:

$$\Phi_{HL,i} = \left(\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}\right) \cdot f_{h,i} + \Phi_{Q,i} + \Phi_{RH,i}, \text{Вт}, \quad (3.26)$$

де $\boldsymbol{\Phi_{T,i}}$ – трансмісійні тепловтрати через огороджувальні конструкції приміщення, Вт; $\boldsymbol{\Phi_{V,i}}$ – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення, Вт; $\boldsymbol{f_{h,i}}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує висоту приміщення більше ніж 5 м; $\boldsymbol{\Phi_{Q,i}}$ – інші можливі регулярні тепловтрати (із знаком «+») або теплонадходження (із знаком «–») до опалюваного приміщення, Вт; $\boldsymbol{\Phi_{RH,i}}$ – запас потужності системи опалення приміщення, Вт.

Зміна режиму використання приміщення з основного на черговий режим, а далі з чергового на основний (зниження/підвищення внутрішньої температури) супроводжується тепловиділенням від нагрітих виробів, технологічного обладнання і конструкцій зовнішніх огороджень, які остигають у приміщенні, або додатковою витратою теплоти на їх догрівання до температурного рівня основного режиму, що потребує збільшення теплової потужності системи. Величина компенсаційної теплової потужності залежить від таких факторів: маси виробів і обладнання, які знаходяться у приміщенні; теплоємкості будівельних матеріалів, ступеня зниження внутрішньої температури при переході на черговий режим використання приміщення; відведеного часу на розігрівання приміщення; характеристик системи управління. Запас потужності системи опалення не застосовують для систем з оптимізованим за погодними умовами автоматичним регулюванням теплового режиму приміщення з невеликими додатковими витратами на догрівання обладнання, виробів, матеріалів при переході з чергового на основний режим використання. У випадку великих значень цих витрат в виробничих цехах з верстатним обладнанням, з технологічним обладнання тощо для ефективного регулювання і підтримання оптимальної внутрішньої температури потрібно

враховувати запас потужності системи опалення в тепловому балансіприміщення.

Проектне теплове навантаження системи опалення приміщення за тепловим балансом приміщення визначається за величиною $\pm\Delta\Phi_i$, Вт, що дорівнює різниці між сумарними величинами надходження теплоти $\Sigma\Phi_{\text{теплі}}$ та витратою теплоти $\Sigma\Phi_{\text{витрі}}$ в приміщенні за нормованої температури внутрішнього повітря

За наявності у приміщенні надлишків тепла $+\Delta\Phi$, тобто за позитивної величини різниці між сумарними надходженнями теплоти та витратою теплоти, система опалення проектується тільки для чергового режиму роботиприміщення.

З урахуванням розрахунків за тепловим балансом приміщення формулу для визначення теплової потужності системи опалення можна записати увигляді:

$$\Phi_{HL,i} = \frac{(-\Delta\Phi)\cdot b_1 \cdot b_2}{1-b}, \text{Вт} \qquad (3.27)$$

де b_1, b_2 – коефіцієнти, які враховують відповідно додатковий тепловийпотік встановлених опалювальних приладів та додаткові тепловтрати «зарадіаторними» ділянками зовнішніх стін; b – частка від недостачі теплоти, яка не врахована в тепловому балансі приміщення (втрата теплоти у процесі остигання теплоносія в подавальних і зворотних магістралях системиопалення, прокладених в неопалювальних приміщеннях; для виробничих приміщень можна прийняти – b = 0,02).

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Тепловий баланс приміщень

Таблиця ___

Тепловий баланс приміщень

Номер приміщення	Назва приміщення	Характеристика приміщення					Витрати теплоти, Вт							Теплонадходження, Вт							Тепловий баланс		Потужність СО розрахункова, $\Phi НЛ_{осн}$, $\Phi НЛ_{черг}$, Вт	Потужність СО проектна, $\Phi_{НЛ.}$, Вт	$\Phi_{НЛ осн}$/ $\Phi_{НЛ черг}$	Розрахункова потужність систем, Вт		Номер вітки фонової системи
		Об'єм, $v_{пр}$, м^3	Висота приміщення, $h_{пр}$, м	Розрахункова температура, $\theta_{вн}$/ $\theta_{зовн}$, °С	Питомі надлишки тепла, $q_т$, Вт/м^3	Режим роботи	Трансмісійні тепловтрати, $\Phi_{Тj}$	Вентиляційні тепловтрати, $\Phi_{тj}$	Нагрів матеріалів	Нагрів обладнання, $\Phi_{обл}$	З повітрям, яке видаляється з приміщення, $\Phi_{вим}$	Інші витрати, $\Phi_{дод}$	Загальні, $\Sigma\Phi_{випр}$	Від людей, $\Phi_л$	Від освітлення, $\Phi_{осв}$	З припливним повітрям, $\Phi_{прит}$	Від обладнання, $\Phi_{обл}$	Інші надх., $\Phi_{дод}$	Загальні, $\Sigma\Phi_{надх}$	Теплонестача, $-\Delta\Phi$, Вт	Теплонадлишки, $+\Delta\Phi$, Вт				фонової	дотріваючої	
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
101	Верстатне відділення	3854.4	7.3	20/16		Основний	47936	4048	-	6911	-	-	58896	5381	3911	-	16126	-	25418	-33478		34147	38440	0.89	31500	6940	1
						Чергований	43260	1337	-	-	-	-	44597	-	-	-	6911	-	6911	-37686		38440					
102	Намотувальне відділення	338.4	4.7	20/16		Основний	5663	1272	-	1063	-	-	7998	219	330	-	2300	-	2849	-5149		5252	5252	1.24	4248	1004	2
						Чергований	5110	117	-	-	-	-	5228	-	-	-	1063	-	1063	-4165		4248					
103	Фарбувальне відділення	338.4	4.7	20/16		Основний	6924	585	-	2872	-	-	10381	768	357	-	5600	-	6725	-3656		3729	3729	1.05	2300	1429	3
						Чергований	6249	119	-	-	-	-	6367	-	-	-	2872	-	2872	-3495		3565					
104	Зварювальне відділення	169.2	4.7	18/14		Основний	2904	234	-	923	-	-	4061	1207	476	-	684	-	2367	-1694		1728	1778	0,97			*
						Чергований	2607	59	-	-	-	-	2666	-	-	-	923	-	923	-1743		1778					
105	Збірне відділення	1665.6	7.3	20/16		Основний	21458	2221	-	2717	-	-	26396	2086	1663	-	680	-	4429	-21967		22407	22407	1.27	17576	4830	2
						Чергований	19364	584	-	-	-	-	19949	-	-	-	2717	-	2717	-17232		17576					

Примітка. * - у приміщенні зварювального відділення опалення здійснюється електричними конвекторами

РОЗДІЛ 4
ПРОЕКТУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Студент /_____/

Консультант /_____/

4. Проектування комбінованої системи опалення

Проектування виконується за результатами теплового балансу про приміщеннях. Комбінована система опалення приміщень складається з фонової системи та догріваючої. У якості фонової системи прийнято водяну двотрубну систему з регістрами за постійного гідравлічного режиму, а в якості догріваючої – електрична з інфрачервоними випромінювачами.

Теплова потужність систем по приміщенням наведено в таблиці 3.5.

4.1. Проектування фонової водяної системи опалення

4.1.1. Технічні рішення будови системи

З урахуванням результатів теплового балансу в даному проекті прийнято 3 окремих вітки системи опалення з параметрами теплоносія 120-70 °С, які незалежно приєднанні до вузла теплового вводу.

У приміщеннях верстатного відділення приймаємо двотрубну з тупиковим рухом теплоносія систему опалення СО-11.

У приміщеннях намотувального та збірного відділення приймаємо двотрубну з тупиковим рухом теплоносія систему опалення СО-21.

У приміщеннні фарбувального відділення запроектовано двотрубну з тупиковим рухом теплоносія систему опалення СО-31.

Для опалення приміщень зварювального відділення застосовуємо 2 електрокалорифери потужністю по 0,8 кВт типу Вентс Нк 100-0,8-1.

Опалювальні прилади

Для виробничого цеху в якості опалювальних приладів запроектовано регістри з сталевих водогазопровідних труб. Регістри обладнано повітровипускними кранами, запірними та терморегуляторами в системах основного режиму приміщення.

Трубопроводи

Розподільні трубопроводи монтуються з сталевих водогазопровідних звичайних труб (ГОСТ 3262-89*1).

Трубопроводи, що прокладаються в каналах під воротами, теплоізолюються, в нижніх точках встановлено дренажні пристрої. У найвищих точках прокладання трубопроводів розташовано пристрої для видалення повітря. Трубопроводи вище 2 метрів – теплоізольовані.

4) Індивідуальний тепловий пункт (ІТП).

В ІТП розміщено вузол теплового вводу та обладнання для підключення внутрішніх систем будівлі. На вхід вузла теплового вводу подається мережний теплоносій з теплової мережі з параметрами теплоносія 150 – 70 °С. Зниження параметрів теплоносія до 120 – 70 °С виконується на вузлі шляхом підмішування охолодженої води після внутрішніх систем з гарячим теплоносієм в подавальному трубопроводі. Вузли теплового вводу систем теплопостачання проектують автоматизованими з приладами обліку теплоспоживання, які розміщуються в індивідуальних теплових пунктах (ІТП) будинку згідно з вимогами. Необхідний рівень автоматизації та регулювання на тепловому вводі, до якого приєднують систему опалення та/або внутрішнього теплопостачання, забезпечують пристроями автоматичного регулювання теплового потоку залежно від погодних умов. Вузли теплового вводу проектують тільки насосними. Циркуляцію теплоносія в системах від будь-якого джерела теплопостачання здійснюють, як правило, автоматично регульованими насосами.

Теплопостачання калориферів

Теплопостачання калориферів двох теплових завіс та припливних камер здійсняється окремими вітками від вузла теплового вводу. Регулювання здійснюється за допомогою встановлення на зворотному трубопроводі балансувального клапана з попереднім налаштуванням для можливості ув’язки врат тиску в гідравлічних кільцях, а на подавальному трубопроводі встановлено запірний кран.

4.1.2. Гідравлічний розрахунок розподільних трубопроводів.

Система водяного опалення – це розгалужена мережа трубопроводів, по якій розподіляється теплоносій між опалювальними приладами, що знаходиться у постійному циркуляційному русі протягом всього опалювального періоду. Для опалення виробничих приміщень застосовуються переважно двотрубні системи з насосною циркуляцією теплоносія. Гідравлічний розрахунок системи опалення виробничих приміщень виконується за стандартними методиками.

Метою гідравлічного розрахунку є визначення діаметрів трубопроводів та виконання гідравлічної ув'язки циркуляційних кілець системи опалення, яку досягають за допомогою балансувальної регулювальної арматури з урахуванням гідравлічних втрат тиску на ділянках, розрахованих за одним із методів гідравлічного розрахунку. За гідравлічним розрахунком визначаються настройки всієї настроюваної ручної та автоматичної запірно - регулювальної арматури (терморегулятори, приєднувальна регулювальна гарнітура, ручні та автоматичні балансувальні клапани тощо), за допомогою яких ув'язують циркуляційні кільця системи опалення. Величини розрахованих настройок зазначаються у проектній документації та виставляються під час налагодження системи із забезпеченням розрахунковоївитрати теплоносія в циркуляційних кільцях.

Послідовність гідравлічного розрахунку трубопроводів [4]

Гідравлічний розрахунок виконують за оптимальними швидкостями руху теплоносія на кожній ділянці або за заданим циркуляційним тиском для системи опалення.

Під час виконання гідравлічного розрахунку рекомендується брати такі розрахункові швидкості руху теплоносія: для сталевих труб – 0,3...0,5 м/с, для полімерних труб - 0,5...0,7 м/с (за питомих втрат тиску на тертя в межах 100...200 Па/м).

Гідравлічний розрахунок систем опалення базується на рівнянні визначення втрат тиску на розрахунковій ділянці:

$$\Delta P = \Delta P_{л} + \Delta P_{м}, \quad (4.1)$$

де ΔPл– лінійні втрати тиску, спричинені опорами тертя в трубах; ΔPм

– втрати тиску в місцевих опорах, обумовлені зміною структури потоку (зміною напрямку, розділенням, злиттям тощо) у фітингах, запірно- регулювальних пристроях та обладнанні.

Втрати тиску в системі під час виконання гідравлічного розрахунку здебільшого розраховуються за двома основними способами: за питомими лінійними втратами тиску та за характеристиками гідравлічного опору.

У насосних системах водяного опалення переважно виконують розрахунки за другим способом, втрати тиску на ділянці визначають за формулою:

$$\Delta P = S \cdot G^2, \quad (4.2)$$

де: G – витрата води на розрахунковій ділянці, кг/год; S – характеристика гідравлічного опору ділянки, Па/(кг/год)2, яку розраховують за формулою:

$$S = A \cdot \xi_{пр}, \quad (4.3)$$

де А – питомий динамічний тиск на ділянці, що виникає за витрати теплоносія в ній G = 1 кг/год, Па/(кг/год)2; ξпр – приведений коефіцієнт опору ділянки:

$$\xi_{пр} = \left(\frac{\lambda}{d}\right) \cdot l + \Sigma\xi, \quad (4.4)$$

де Σξ – сума коефіцієнтів місцевих опорів; l – довжина розрахункової ділянки, м.

Розрахункові втрати тиску на ручній балансувальній арматурі (вентилі, крани тощо), окрім конструкції з убудованим витратомірним пристроєм (шайба, труба Вентурі і ін.) беруть не менше ніж 3 кПа.

За питомою величиною *G*/*w* визначають фактичну швидкість руху води на ділянці:

$$w = \frac{G}{\frac{G}{w}}, \frac{м}{с} \quad (4.5)$$

Характеристика гідравлічного опору розрахункової ділянки дорівнює:

$$S = S_{пр} \cdot l + S_v, \quad (4.6)$$

Витрату води в системі опалення (на виході з вузла теплового вводу), *G*со, кг/год, визначають за формулою:

$$G_{со} = \frac{3{,}6 \cdot Ф_{HL}}{c \cdot \Delta t_{со}}, \quad (4.7)$$

де *ФHL* – теплова потужність системи опалення, Вт; *с* – питома теплоємність води, що дорівнює 4,19 кДж/(кг·0С); Δ*t*со = (*t*г- *t*о) – різниця температур теплоносія на вході в систему опалення tг і на виходіз неї *t*о, оС.

Витрата мережної води (на вводі вузла теплового вводу), *G*т, кг/год, дорівнює:

$$G_т = \frac{3{,}6 \cdot Ф_а}{c \cdot \Delta T}, \quad (4.8)$$

де *Фа* – теплова потужність на вводі абонента, Вт; Δ*T* = (*T*1–*T*2) – різницятемператур теплоносія в тепловій мережі на вводі до будівлі, оС.

Витрата води *G*діл і, кг/год, у будь-якій розрахунковій ділянці системопалення дорівнює:

$$G_{діл\,і} = G_{со,і} \cdot \varphi_і, \quad (4.9)$$

де φі – частка загальної витрати води, яка тече і-тою ділянкою, розраховується за формулою:

$$\varphi_i = \frac{\Phi_{HLi}}{\Phi_{HL}}, \qquad (4.10)$$

де *ФHLi* – теплове навантаження *і*-тої розрахункової ділянки, Вт.

Нижче наведено гідравлічний розрахунок трубопроводів вітки фонової системи опалення СО-11

Таблиця 4.1

Гідравлічний розрахунок розподільних трубопроводів двотрубної фонової системи опалення СО-11

Номер розрахункової ділянки № діл.	Теплове навантаження ділянки $Q_{діл}$, Вт		Витрата води на ділянці G, кг/год	Довжина ділянки l, м	Діаметр трубопроводу d, мм	Приведений коефіцієнт тертя λ/d, $м^{-1}$	Питома витрата води G/v, (кг/год)/(м/с)	Питомий динамічний тиск A, Па/(кг/год)^2	Швидкість води на ділянці V, м/с	Сумма коефіцієнтів місцевих опорів $\Sigma\xi$	Приведений коефіцієнт місцевих опорів $\xi_{пр}$	Характеристика опору ділянки S, Па/(кг/год)^2	Втрати тиску на ділянці $\Delta P_{діл}$, Па	Загальні втрати тиску $\Sigma\Delta P$, Па
1	2		G, кг/год	l, м	d, мм	λ/d, $м^{-1}$	(кг/год)/(м/с)	A, Па/(кг/год)^2	V, м/с	$\Sigma\xi$	$\xi_{пр}$	S, Па/(кг/год)^2	$\Delta P_{діл}$, Па	$\Sigma\Delta P$, Па
		φ												
3	1,750													
ВТВ-1	31500	1,750	541,8	2,3	20	1,79	1250	0,0003150	0,433	1	5	0,001603	471	471
1-2	17500	0,972	301,0	6,1	20	1,79	1250	0,0003150	0,241	5,5	13	0,004218	382	853
2-3	14000	0,778	240,8	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,352	5	14	0,014375	834	1686
3-4	10500	0,583	180,6	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,264	5	14	0,014375	469	2155
4-5	7000	0,389	120,4	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,176	7	16	0,016475	239	2394
5-6	3500	0,194	60,2	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,088	7	16	0,016475	60	2454
6-6'	3500	0,194	60,2	1,1	15	2,69	685	0,0010500	0,088	11	15	0,015530	56	2510
6'-5'	3500	0,194	60,2	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,088	7,5	16	0,017000	62	2572
5'-4'	7000	0,389	120,4	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,176	7	16	0,016475	239	2810
4'-3'	10500	0,583	180,6	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,264	7	16	0,016475	537	3348
3'-2'	14000	0,778	240,8	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,352	7	16	0,016475	955	4303
2'-1'	17500	0,972	301,0	7,4	20	1,79	1250	0,0003150	0,241	8	17	0,005415	491	4794
1'-ВТВ'	31500	1,750	541,8	3,1	20	1,79	1250	0,0003150	0,433	1	6	0,001855	545	5338
1-7	14000	0,778	240,8	15,1	20	1,79	1250	0,0003150	0,193	5,5	22	0,007053	409	5747
7-8	10500	0,583	180,6	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,264	5	14	0,014375	469	6216
8-9	7000	0,389	120,4	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,176	5	14	0,014375	208	6424
9-10	3500	0,194	60,2	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,088	7	16	0,016475	60	6484
10-10'	3500	0,194	60,2	1,1	15	2,69	685	0,0010500	0,088	7	11	0,011330	41	6525
10'-9'	3500	0,194	60,2	6,0	15	2,69	685	0,0010500	0,088	11	20	0,020675	75	6600
9'-8'	7000	0,389	120,4	6,0	20	1,79	1250	0,0003150	0,096	7,5	15	0,004816	70	6670
8'-7'	10500	0,444	229,0	6,0	20	1,79	1250	0,0003150	0,183	7	15	0,004659	244	6914
7'-1'	14000	0,555	287,0	21,1	20	1,79	1250	0,0003150	0,230	8	31	0,009730	801	7716

4.1.3 Розрахунок та підбір опалювальних приладів.

Метою теплового розрахунку опалювальних приладів є підбір типорозмірів сталевих панельних радіаторів чи конвекторів, визначення кількості секцій секційних радіаторів (чавунних, біметалевих і ін.), розрахунок поверхні нагрівання приладів із гладких сталевих труб, що забезпечують потрібний тепловий потік у приміщення.

Нижче наведено розрахунок регістрів для верстатного приміщення.

Потрібний тепловий потік опалювального приладу $Ф_{нпотр}$, Вт, приведений до нормованих умов, визначають за формулою [1,2,7,8]:

$$\Phi_{\text{н}}^{\text{потр}} = \frac{\Phi_{\text{оп}}}{\varphi \cdot b \cdot c \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3}, \quad (4.11)$$

де φ – сумарний коефіцієнт, який враховує відмінність розрахункових величин температурного напору і витрати води в опалювальному приладі від нормованих:

$$\varphi = \varphi_1 \cdot \varphi_2 = \left(\frac{\Delta t_{\text{р}}}{\Delta t_{\text{н}}}\right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{\text{р}}}{G_{\text{н}}}\right)^{p}, \quad (4.12)$$

де Δtр – розрахунковий температурний напір, °С; Δtн – нормований температурний напір , Δtн=70 °С ; Gр/ Gн =1 - поправковий коефіцієнт, що враховує змінення теплового потоку ОП при відміні розрахункової витрати води Gоп від Gн=360- нормована витрата води в ОП, кг/год; n , p і c – емпіричні показники, b – коефіцієнт, який враховує барометричний тиск у районі будівництва; ψ1 – коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювального приладу при русі води в ньому для схеми «зверху-вниз»– ψ1 = 1; ψ2 – коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювальних приладів при розташуванні їх в два чи більше рядів по вертикалі ψ2 =0,85; ψ3 – коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювальних приладів під час розташування

їх у декілька рядів за глибиною (при однорядній установці приладів заглибиною – ψ3 = 1).

Температурний напір в опалювальному приладі:

$$\Delta t_{\text{р}} = \Delta t_{\text{вх}} - \frac{\Delta t_{\text{оп}}}{2} - \Delta t_{\text{в}}\ , \qquad (4.13)$$

де *t*вх– температура води, що надходить в опалювальний прилад, *t*вх=*t*г=150С;

Δ*t*о.п.–перепад температур води в опалювальному приладі,0С; *t*в – розрахункова температура повітря в приміщенні, °С.

Перепад температур води у кожному опалювальному приладі двотрубної системи опалення визначають за формулою:

$$\Delta t_{\text{оп}} = \frac{0{,}86 \cdot \Phi_{\text{пв}} \cdot b_2 \ \cdot b_3}{\text{G}_{\text{пв}}}, \qquad (4.14)$$

де *Ф*п.в. – сума тепловтрат приміщень, які обслуговуються приладовою вітковою (*Ф*п.в. = ∑*Ф*1прі), Вт; *b*3 – коефіцієнт, який враховує спосіб установки опалювального приладу (при відкритій установці – *b*3 = 1); *G*п.в. – витрата води в приладовій вітці, кг/год:

$$\text{G}_{\text{пв}} = \frac{0{,}86 \cdot \Phi_{\text{пв}}}{c \cdot \Delta t_{\text{со}}}\ , \qquad (4.15)$$

Витрату води, *G*о.п., кг/год, в опалювальних приладах двотрубних систем водяного опалення з горизонтальними приладовими вітками розраховують за формулою:

За урахування величини (-Δ*Ф*) – різниці між сумарними теплонадходженнями та витратою теплоти у приміщенні за нормованої температури внутрішнього повітря, визначеної під час складання теплового балансу приміщень, теплову потужність опалювальних приладів можна визначити за формулою:

$$\Phi_{\text{оп}} = \left(|-\Delta\Phi| - 0{,}9 \cdot \Phi_{\text{тр}}\right) \cdot b_2 \ \cdot b_3\ , \qquad (4.16)$$

де (-ΔФ) – недостача тепла в приміщенні, Вт; Фтр – тепловіддача трубопроводів системи опалення, прокладених в опалюваному приміщенні, Вт

Тепловіддача від трубопроводів системи опалення:

$$\Phi_{тр} = q_{тр} \cdot \left(l_{верт} + 1{,}28 \cdot l_{гор}\right), \quad (4.17)$$

де *q*тр – тепловий потік одного погонного метра відкрито прокладених у приміщенні вертикальних сталевих труб залежно від діаметра і температурного напору Δ*t*трт , Вт/м; *l*верт – довжина вертикальних труб, м; *l*гор – довжина горизонтально прокладених труб, м. Результати розрахунку потрібного теплового потоку по приміщеннях, наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Визначення потрібного теплового потоку регістрів

Назва приміщення	G кг/год	$\Delta t_{оп}$ °C	$\Delta t_{р}$ °C	φ_1	$\Phi_{тр}$, Вт	-ΔФ, Вт	$\Phi_{о.п}$, Вт	$\Phi_{н}^{потр}$, Вт
Верстатне відділення	541,8	51,0	74,5	1,086	11030	30882	21374	23634
Намотувальне відділення	73,1	51,0	94,5	1,486	1851	4165	2549	2059
Фарбувальне відділення	39,6	51,0	94,5	1,486	829	2255	1539	1243
Збірне відділення	302,3	51,0	94,5	1,486	3578	17232	14292	11545

Опалювальні прилади із гладких сталевих труб підбирають (розробляють) за потрібною площею нагрівання:

$$F_{н}^{потр} = \frac{\Phi_{н}^{потр}}{k_{тр} \cdot \Delta t_{тр}}, \quad (4.18)$$

де *k*тр – коефіцієнт теплопередачі для гладких сталевих труб, Вт/(м2·°С); Δ*t*тр – різниця середньої температури теплоносія в приладі і внутрішньої температури повітря, °С:

$\Delta t_{тр} = 0{,}5 \cdot (t_{вх} + t_{вих}) - t_{в}$, (4.19)

де $t_{вх}$, $t_{вих}$ – температури теплоносія, °С, відповідно на вході і виході опалювального приладу.

Тоді, $F_{н}^{потр} = \frac{\Phi_{н}^{потр}}{k_{тр} \cdot \Delta t_{тр}}$, (4.20)

Площа одного регістра: $F_{р1} = \frac{F_{н}^{потр}}{n}$, (4.21)

Таблиця 4.3

Розрахунок поверхні нагріву $F_{ном}$, м^2 і підбір регістрів

d1,м	L2,м	n1,шт	F1,м^2	d2,м	H,м	n2,шт	F2,м^2	$F_{р1}$, м^2
0,089	3,7	3	3,10	0,108	0,53	2	0,36	3,46
0,042	3,0	2	0,79	0,48	0,15	2	0,44	1,23
0,042	1,6	2	0,42	0,48	0,15	2	0,44	0,87
0,108	4,0	3	4,07	0,159	0,65	2	0,65	4,72

Активація Windows

Таблиця 4.4

Розрахунок конструкції регістрів із гладких сталевих труб

Назва приміщення	Система обладнання	$\Delta t_{тр}$, °С	$k_{тр}$	$F_{н}^{потр}$, м^2	К-ть приладів, m, шт	$F_{р1}$, м^2	Регістр	$F_{ном}$, м^2	Нев'язка,%
Верстатне відділення	СО-11	75,00	10,5	30,01	9	3,33	Р-11	3,46	3,74
Намотувальне відділення	СО-21	75,00	10,5	2,61	2	1,31	Р-211	1,23	5,90
Фарбувальне відділення	СО-31	75,00	10,5	1,58	2	0,79	Р-31	0,87	8,76
Збірне відділення	СО-21	75,00	10,5	14,66	3	4,89	Р-212	4,72	3,61

4.2. Проектування догріваючої системи опалення

4.2.1 Технічні рішення будови системи

У якості догріваючої системи опалення в проекті прийнято до проектування променеве опалення з нагрівом електричними інфрачервоними випромінювачами. Такі системи відповідно до нормативних вимог [ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування] можна проектувати у виробничих приміщеннях категорій Г і Д, в окремих зонах та на робочих місцях у приміщеннях що не опалюються, та у приміщеннях, що опалюються, з температурою повітря нижче за нормовану. Інфрачервоні випромінювачі систем променевого опалення з температурою поверхні вище 150°С розташовують у верхній зоні приміщення на конструкціях із негорючих матеріалів відповідно до ДСТУ Б В.2.7-19.

Променеве опалення як один з найбільш досконалих способів обігріву приміщень будівель різного призначення прийнято як догріваюче опалення з урахуванням переваги інфрачервоних обігрівачів:

1. Інфрачервоні електрообігрівачі економічні та практичні прилади, як в установці, так і в експлуатації. Для них не потрібно кваліфіковане обслуговування та ремонт, термін їх служби досить тривалий.

2. Інфрачервоні системи опалення нагрівають тільки поверхні (підлога, стіни, меблі), але не повітря, тому застосування інфрачервоного способу обігріву приміщення гарантує збереження тепла внизу, а не під стелею, при даному способі опалення відсутні протяги, немає скупчення пилу, як, наприклад, при конвекційному опаленні.

3. Теплова енергія, яку випромінюють інфрачервоні електрообігрівачі, не поглинається повітрям, тепло без втрат досягає людей і знаходяться в приміщенні предметів. Використання інфрачервоного обігріву дає можливість заощадити до 40% енергії, що витрачається на опалення.

4. Інфрачервоний обігрів є єдиним способом, що дозволяє здійснити локальний обігрів певної зони в приміщенні і дає можливість підтримувати різні температурні режими в різних частинах приміщення.

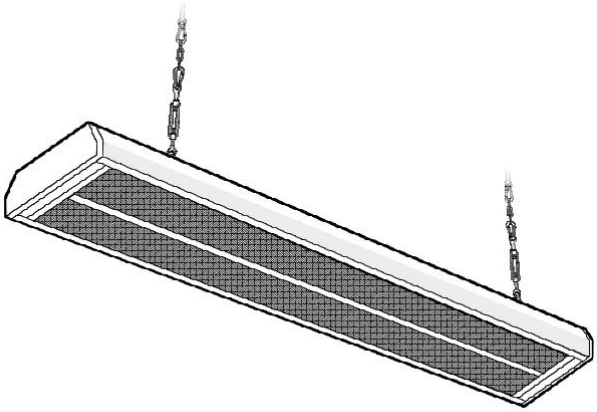
5. Інфрачервоні електрообігрівачі набагато швидше, в порівнянні з традиційними опалювальними системами, прогрівають приміщення, забезпечуючи миттєву передачу тепла всім об'єктам, що перебувають у зоні обігріву.

У якості приладів прийнято електричні інфрачервоні обігрівачі, характеристики яких наведено нижче.

Таблиця 4.5

Електричні інфрачервоні обігрівачі

Електричні інфрачервоні обігрівачі Білюкс Б1350



Технічні характеристики
Потужність номінал, Вт. 1200
Потужність споживана Вт.* 400
Напруга, В/Гц 230/50
Габ.розм., мм 1545/130/55
Вага, кг 7
Опал., м2 (основне) до 17
Мін. Висота, м 2,6

Технічні характеристики прмислового обігрівача П2000
Габаритні розміри, мм 1540/300/42
Висота підвісу, м 3-10
Номінальна потужність, Вт 2000
Споживана енергія, кВт * год 0,6
Напруга, В 230
Вага обладнання, кг 12,4
Термін експлуатації, років 25

Призначення обігрівача
Коли висота стель у приміщенні сягає 10 метрів, то опалювати приміщення традиційними способами стає складно. Використовуючи промисловий обігрівач П2000, можна швидко створити комфортне тепло. Установка проводиться на стелі чи арматурі освітлювальних систем. За необхідності монтажу інфрачервоного обладнання проводиться на певній висоті за допомогою підвішування на троси.

4.2.2 Розрахунок та підбір високотемпературних випромінювачів

Проектування та розрахунок догріваючої променевої

Системи з електричними інфрачервоними випромінювачами виконано для приміщення збірного відділення

Загальна кількість обігрівачів розраховується за формулою

$$N=N_x \times N_y, \quad (4.22)$$

де $Nx=X/L$ – кількість обігрівачів по осі X

$Ny=Y/(L+W)$ – кількість обігрівачів по осі Y

X, Y – розміри приміщення

I,W – інтервали між випромінювачами залежно від висоти монтажу

Таблиця 4.6

Інтервали між випромінювачами

Висота монтажу H	(м)	4	5	6	7	8	9	10
Поперечний інтервал L	(м)	5	6	7	8	9	10,5	11,5
Поздовжній інтервал W	(м)	4	5	6	7	8	9	10

Розрахунок і розміщення електричних обігрівачів у збірному відділенні

Вихідні дані для розрахунку:

висота приміщення 7,3 м;

прийнято в проекті розміщення обігрівачів на висоті 5 м;

розміри приміщення: X=18 м, Y= 10 м;

Результати розрахунку наведені в таблиці

Таблиця 4.7

Розрахунок і підбір електричних інфрачервних обігрівачів Білюкс

1	2	3	4	5	6
h, м	X, м	Y, м	L, м	W, м	N_x, шт
5	18,0	10,0	6,0	5,0	3,0
4	18,0	10,0	5,0	4,0	3,6

7	8	9	10	11	12
N_y, шт	N, шт	$N_ф$, шт	Ф, Вт	$Ф_{випр}$, Вт	$Ф_{випр}$, Вт
0,9	3,9	4,0	4830,0	1207,5	
1,1	4,7	5,0	4830,0	966,0	1200,00

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Студент /_____/
Консультант /_____/

Проектом передбачено теплопостачання виробничого цеху від окремої опалювальної котельні.

Нижче наведено розрахунок та підбір котельного обладнання.

Таблиця 5.1

Вихідні дані

$Q_{ОВ}$, Гкал/год	$Q_{ГВП}$, Гкал/год	Газ №	$t_{д.п.}$, °С	Місто
18	8	21	25	Вінниця

Зовнішня температура в холодний період року: tз = -21 °С

Таблиця 5.2

Тривалість стояння температур зовнішнього повітря

-35 -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0	0 +5	+5 +8
10	39	134	247	481	1212	1591	702	4416

5.1 Розрахунок потужності котельні та підбір котлів

Таблиця 5.3

Розрахункові характеристики газоподібного палива

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	N_2	CO_2
91,9 %	2,1 %	1,3 %	0,4 %	0,1 %	3,0 %	1,2 %

Теплове навантаження на котельню протягом опалювального періоду:

- Максимальне $Q_{max} = Q_{ОВ} + Q_{ГВп} = 18 + 8 = 26$ Гкал/год, (5.1)
- Мінімальне $Q_{min} = 5{,}12 + 18 = 23{,}2$ Гкал/год, (5.2)

Мінімальне теплове навантаження на опалення та вентиляцію

$$Q_{OB}^{min} = Q_{OB}^{max} * \frac{t\text{пр} - t_{\text{п}}^{\text{оп}}}{t\text{пр} - t_s^{\text{ср}}} = 18 * \frac{20-8}{20-(-21)} = 5{,}2 \text{ Гкал/год}, \quad (5.3)$$

$t\text{пр}$ – температура в опалювальному приміщенні

$t_{\text{п}}^{\text{оп}}$ – найменша t зовнішнього повітря на опал. Період 8 ^{0}С

$t_s^{\text{ср}}$ – зовнішня темп. в період найбільш холодної 5-тиденки (-21^{0}С)

Теплове навантаження на ГВП в неопалювальний період

$$Q_{\text{ГВП}}^{min} = Q_{\text{ГВП}}^{max} * \frac{t\text{гв} - t_{\text{хв}}^{\text{но}}}{t\text{гв} - t_{\text{хв}}^{\text{оп}}}, \quad (5.4)$$

$t\text{гв}$ – t гарячої водопровідної води в сист. ГВП (55^0C)

$t_{\text{хв}}^{\text{но}}$ – t холодної водопровідної води в неопалювальний період (15 ^{0}C)

$t_{\text{хв}}^{\text{оп}}$ – t холодної водопровідної води в опалювальний період (5 ^{0}C)

$$Q_{\text{ГВП}}^{min} = 8 * \frac{55-15}{55-5} = 6{,}4 \text{ Гкал/год}, \quad (5.5)$$

В котельні розташовані два котли потужністю по 7,56 Гкал, та один котел потужністю 11,63 Гкал

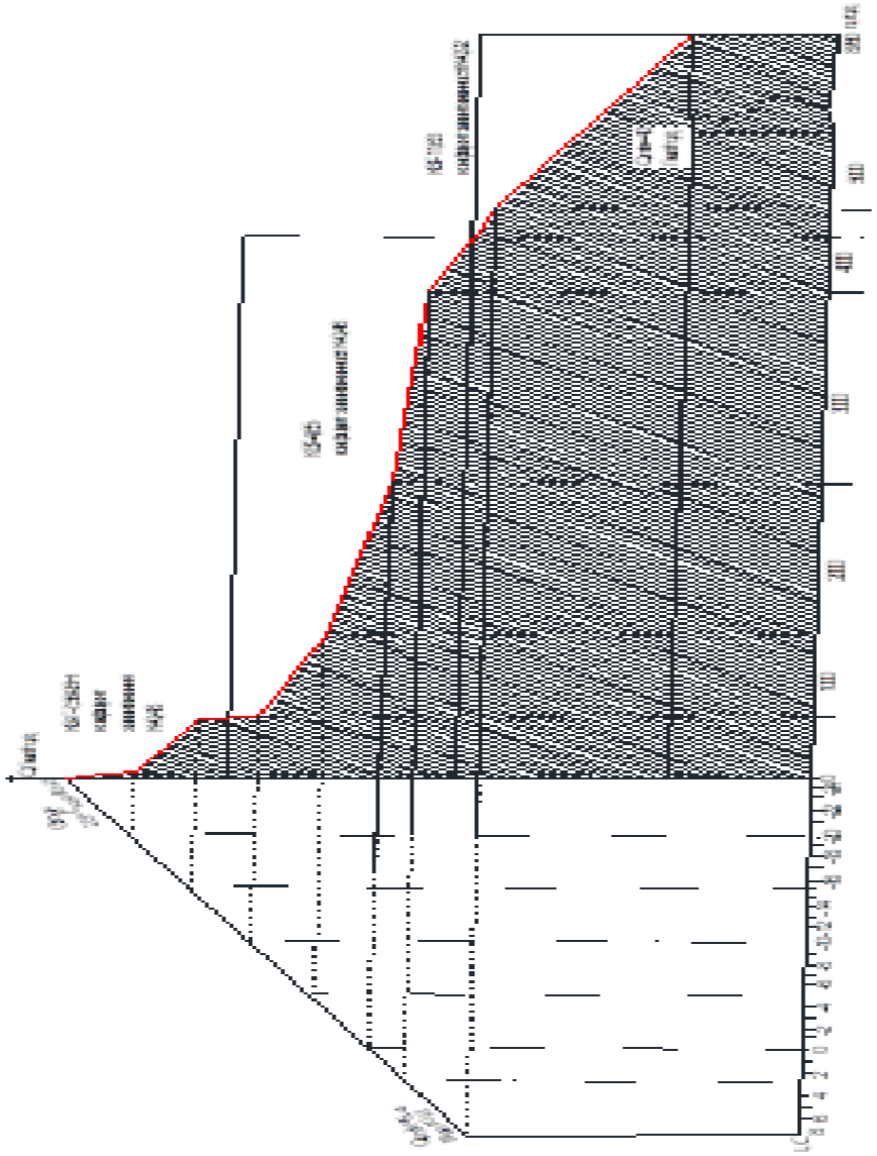


Рис. 5.1. Графік витрати теплоти опалювального періоду

5.2. Матеріальний баланс котла

Розрахунок об'ємів повітря і продуктів згорання

Теплота згорання нижча сухого газу: Qсн = 8630 Ккал/м^3.

Густина при 0°С і 760мм.рт.ст.: $\rho_{сг.тп}$ = 0,786 кг/м^3.

Теоретичний об'єм сухого повітря, необхідний для повного згорання палива:

$$V^o=0,0476[0,5CO+0,5H_2+1,5H_2S+\sum(m+n/4)C_mH^*_n-O_2]=$$

$$=0,0476*(2*91,9+3,5*2,1+5*1,3+6,5*0,4+(5+3)*0,1= 9,57 \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (5.6)$$

Теоретичний об'єм азоту у продуктах згорання

$$V_{N2} = 0,79V^o + N_2/100= =0,79*9,57+3/100=7,59 \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (5.7)$$

Теоретичний об'єм триатомних газів:

$$V_{RO2}=0,01[CO_2+CO+H_2S+\sum mC_mH^*_n] = =0,01[1,2+(1*91,9+2*2,1+3*1,3+4*0,4+5*0.1)]$$

$$=1,03 \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (5.8)$$

Теоретичний об'єм водяних парів:

$$V^o_{H2O} = 0,01 [H_2 + H_2S + \sum n/2C_mH^*_n +0,124d_{г.тп}] + 0,0168V^o = 0,01*$$

$$[(4/2*91,9+3*2,1+8/2*1,3+10/2*0,4+12/2*0.1)+0.124*10]+0,0168*9,57=2,15 \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (5.9)$$

де dг. пал – вологовміст газоподібного палива, віднесений до 1 м^3 сухого газу, (10 г/м^3)

Матеріальний баланс котла

$B+G_П+\sigma\Delta G_П=G_Г+\sigma G_{ЗЛ}$

В – витрати палива;

$G_П$ - витрати окислювача - повітря, що організовано надходить у топковий об'єм котла;

$\Sigma\Delta G_П$ – витрата повітря, яке відсмоктується при роботі котла під розрідженням по газовому тракту;

$G_Г$ - витрати газоподібних продуктів згоряння, які відходять з котла;

$\Sigma\Delta G_{ЗЛ}$ – витрати твердих мінеральних залишків (при спалюванні твердого палива).

З метою повного згорання (окиснення) палива у топку котла подають кількість повітря більшу $V^д$ ніж теоретично необхідне V^0.

Коефіцієнт надлишку повітря - відношення дійсного об'єму повітря, що подається, до теоретично можливого. $A = V^д / V^0$

Через нещільності елементів конструкції котла та газоходів, які працюють при тиску нижче атмосферного, у газоповітряний тракт котла може надходити додатковий об'єм повітря - присоси повітря $\Delta\alpha$. Походу руху продуктів згорання кількість присосів збільшується.

Таблиця 5.4

Об'єм і склад продуктів згорання в різних газоходах

№ п/п	Найменування величин	Розмір-ність	Топка $a_т$	Газохід КП $a_{к.п.}$
1	Коефіцієнт надлишку повітря за газоходом α_i	-	1,17	1,27
2	Нормативний присос $\Delta\alpha_i$	-	0,07	0,1
3	Коефіцієнт надлишку повітря, середній для газоходу $\alpha_{i.ср}$	-	1,135	1,185
4	$(a_i - 1)V^o$	$м^3/кг$	1,29	1,77
5	Дійсний об'єм водяних парів: $V_{H2O} = V^o_{H2O} + 0{,}0161(a_i - 1)V^o$	$м^3/кг$	2,166	2,174
6	Дійсний об'єм продуктів згоряння: $V_r = V_{RO2} + V^o_{N2} + V_{H2O} + (a_i - 1)V^o$	$м^3/кг$	12,08	12,57
7	Об'ємна доля трьохатомних газів: $r_{RO2} = V_{RO2} / V_r$	-	0,086	0,082
8	Об'ємна доля водяних парів: $r_{H2O} = V_{H2O} / V_r$	-	0,178	0,171
9	Сумарна об'ємна доля трьохатомних газів: $r_n = r_{RO2} + r_{H2O}$	-	0,263	0,253

Коефіцієнт надлишку повітря за газоходом

$\alpha_i = \alpha' + \Delta\alpha_i$, (5.10)

де α'–коефіцієнти надлишку повітря на вході у газохід;

$\Delta\square_i$–нормативний присос у і-му газоході . Коефіцієнт надлишку повітря за топкою:

$\alpha_{топки} = \alpha_п + \Delta\alpha_{топки}$, (5.11)

$\alpha_{конв.пучка} = \alpha_{топки} + \Delta_{\alpha конв.пучка}$.

Природній газ α_1=1,1

$\Delta\square_{топки}$ = 0,07

$\square_{топки}$ 1,1+0,07=1,17, (5.12)

$\square_{конв.пучка}$ = 1,17 + 0,1= 1,27, (5.13)

Коефіцієнт надлишку повітря, середній для газоходу $\alpha_{i.ср}$

$$\alpha_{i.ср} = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}, \quad (5.14)$$

$$\alpha_{топки\ ср.} = \frac{\alpha_п + \alpha_т}{2} = \frac{1{,}1+1{,}17}{2} = 1{,}135, \quad (5.15)$$

$$\alpha_{конв.п\ .ср.} = \frac{\alpha_т + \alpha_{конв\ т.}}{2} = \frac{1{,}1+1{,}22}{2} = 1{,}195, \quad (5.16)$$

$\alpha_{конв.п.ср.}$=$\alpha_т$+αконв.т./2=1,1+1,27/2=0,474, (5.17)

Надлишкова кількість сухого повітря у газоході, $м^3/м^3$

$V^0_{с.пов}$=($\alpha_{i\ ср.}$- 1)×V^0, (5.18)

(для топки)$V^0_{с.пов}$=(1,135-1)*9,57=1,29, (5.19)

(для конв.пучка) $V^0_{с.пов}$=(1,185-1)*9,57=1,77, (5.20)

Дійсний об'єм водяних парів, $м^3/м^3$

$V_{H_2O} = V^0_{H_2O} + 0{,}0161(\alpha_{i\ ср.} - 1)V^0$, (5.21)

(для топки) V_{H_2O} =2,15+0,0161*1,29=2,166 $м^3/м^3$ (5.22)

(для конв.пучка) V_{H_2O} =2,15+0,0161*1,77 = 2,174 м^3/м^3, (5.23)

Дійсний сумарний об'єм продуктів згоряння, м^3/м^3

$V_г=V^0_{RO2}+V^0_{N2}+V^0_{H2O}+ (\alpha_{i\ ср.}- 1)*V^0$, (5.24)

(для топки) $V_г$=1,03+7,59+2,166+1.29=12,08, (5.25)

(для конв.пучка) $V_г$=1,03+7,59+2,174+1,77=12,57, (5.26)

Об'ємна доля триатомних газів

$r_{RO2}=V_{H2O}/V_Г$, (5.27)

(для топки) r_{RO2}=1.03/12.08=0,086, (5.28)

(для конв.пучка) r_{RO2}=1,03/12,57=0,082, (5.29)

Об'ємна доля водяних парів

$r_{h2o}=V_{H2O}/V_Г$, (5.30)

(для топки) r_{H2O}=2.15/12,08=0,178, (5.31)

(для конв.пучка) r_{H2O}=2.15/12,57=0.171, (5.32)

Сумарна об'ємна частка трьохатомних газів

$r_n= r_{RO2+} r_{h2o}$, (5.33)

(для топки) r_n=0.086+0.178=0.263, (5.34)

(для конв.пучка) r_n=0.082+0.171=0.253, (5.35)

5.3 Тепловий баланс котлоагрегату

Тепловий баланс котельного агрегату - це розподіл теплоти, що виділилась при спалюванні палива, на корисну теплоту у гарячій воді чи парі та теплові втрати, що супроводжують роботу теплового агрегату. [5]

Складання теплового балансу котельного агрегату слугує для визначення:

- ккд котлоагрегату (брутто або нетто)
- необхідної витрати палива

1.Тепло , що вноситься в топку котлоагрегату

$Q^p_р=Q^н_р$, ккал/м^3

$Q^н_р$ - нижча теплота згоряння газоподібного палива, ккал/м^3

$Q^p_р=Q^н_р$=8630ккал/м^3

2. Втрати телоти з димовими газами

$q_2=(I_{д.г} - a_{ух}I^o_{хв})x(100 - q_4) / Q^p_р$, (5.36)

$I_{д.г}$ – ентальпія димових газів на виході з котлоагрегату при коефіцієнті надлишку повітря за котлом, ккал/м^3

$\alpha_{д.г}$ – коефіцієнт надлишку повітря на виході з котла;

$I^o_{хв}$ – енатльпія теоретичного необхідного для горіння холодного повітря, Що знаходиться в котлоагрегаті, ккал/м^3

$I_{д.г}$ при t=120^{0}C: $I_{д.г}$=494 ккал/м^3

$I_{дп} = 0,24\ c_{д.п}*t_{д.п}*V^0$, (5.37)

$I_{дп}=0,24*0,24*27*9,57=14,9$ ккал/м^3, (5.38)

$q_2=(494-1,27*14,9)*(100-0)/8630=5,51\%$, (5.39)

3. Втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння палива для природного газу q_3=0,5 %

Втрата теплоти від механічного недопалу q_4= 0%

4.Втрати теплоти у навколишнє середовище q_5=0,7%

5.Сума теплових втрат $\sum q= q_2 + q_3 + q_4 + q_5=5,51+0,5+0+0,7=6,71$ %, (5.40)

6. Коефіцієнт корисної дії котлоагрегату (Брутто)

$\eta_{ка} =100-\sum q = 100-6,71=93,29\%$, (5.41)

7. Коефіцієнт збереження теплоти

$Ф=1 - q_5/(\eta_{ка} + q_5) = 1-0,7/(93,29+0,7)=0,993$, (5.42)

8. Втрата палива, що подається в топку котлоагрегату , кг/год

$Вр= (Q_{ка}10^6 / (Q^p_р q_{ка})$ x $100 = 100*10^6/(8630*93,29)*100=12420,3$ м^3/г, (5.43)

Таблиця 5.5

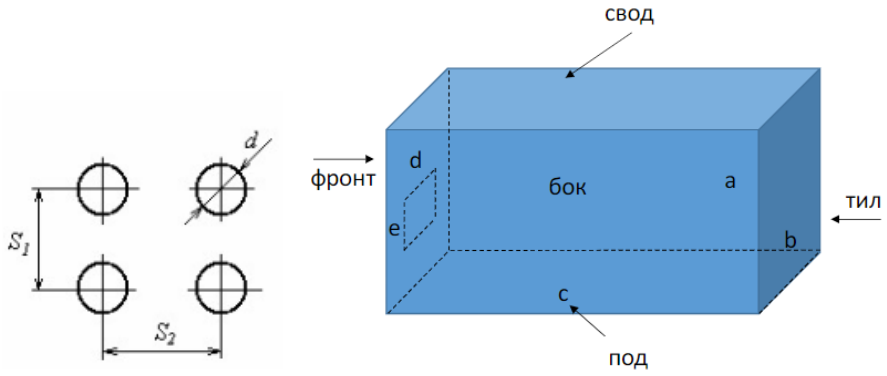
Тепловий баланс котельної установки

Найменування величини	Позна-чення	Розмір-ність	Розрахунок
1	2	3	4
Тепло, що вноситься в топку котла	$Q^p_р$	Ккал/м^3	8630
Температура димових газів на виході	$t_{дг}$	°С	120
Ентальпія димових газів	$I_{дг}$	Ккал/м^3	494,0
Температура дуттєвого повітря (в котельні)	$t_{д.п.}$	°С	27
Ентальпія дуттєвого повітря в котельній	$I^o_{дп}$	Ккал/м^3	14,9
Втрата теплоти з уходящими газами	q_2	%	5,51
Втрата теплоти від хімічного недопалу	q_3	%	0,5
Втрата теплоти від механічного недопалу	q_4	%	0
Втрати в навколишнє середовище	q_5	%	0,7
ККД агрегату	$\eta_{ка}$	%	93,29
Сума теплових втрат	$\sum q$	%	6,71
Теплова потужність котельної установки	$Q_{к.а}$	(Гкал/год)	100,00
Коефіцієнт збереження тепла	ϕ	%	0,993
Витрата палива	В	м^3/год	12420,3

5.3.1 Розрахунок топки

Розрахунок теплообміну у топці – це перевірочний розрахунок, при якому за конструктивними і тепловими характеристиками розраховують температуру газів на виході з топки та її теплосприймання. [6]

Визначення геометричних розмірів топки



Таблиця 5.6

Габаритні розміри шахти

Тип котла	Габаритні розміри конвективної шахти, мм				
	a	b	c	d	e
КВГ-7,65	2840	1570	2482	785	570

Діаметр екранних труб d=51х3мм

Крок екранних труб s=64 мм

1. Об’єм топки

$V_m=a*b*c = 2,84*1,57*2,484 =11,07$ м^3, (5.44)

1. Площа стін топки, зайнятих екранами, м^2

- передньої

$F_{фр}=(a*b)- (d*e) = (2,84*1,57) -(0,785 *0,570) =4,011$ м^2, (5.45)

- задньої

$F_m = (a*b) =2,84*1,57=4.45$ м^2, (5.46)

- бокових

$F_{б1}= F_{б2}=(a*c)=2,84*2,482=7,04$ м^2, (5.47)

- под, свод

$F_n=F_c=(b*c)=1,57*2,482=3,9$м^2, (5.48)

2. Повна поверхня стін топки, зайнятих екранами, м^2

$F_{cm}=\sum Fi=4{,}011+4.45+7{,}04*2+3{,}9*2=30{,}34$ м^2, (5.49)

3. Відношення кроку труб до діаметру

$s/d=64/51=1.25$, (5.50)

4. Відстань від осі екрану до стіни

$l=0.8d=0.8*51=40{,}8$, (5.51)

5. Відношення

$l/d=40{,}8/51=0.8$, (5.52)

6. Кутовий коефіцієнт екрану - характеризує частку теплоти, що сприймається поверхнею, віднесеної до теплоти, яка могла б бути сприйнята суцільною екранованою стінкою.

$X=0{,}99$

7. Коефіцієнт забруднення екрану – враховує зниження тепло сприймання екранних поверхонь нагріву внаслідок їх забруднення або закриття цеглою

$\zeta=0{,}65$

8. Коефіцієнт теплової ефективності екрану – відношення кількості теплоти, яка сприймається екраном, до теплоти, яка падає на цю поверхню

$\psi_i=X_i\times\zeta_i=0{,}99*0{,}65=0{,}64$, (5.53)

9. Коефіцієнт теплової ефективності екрану – відношення кількості теплоти, яка сприймається екраном, до теплоти, яка падає на цю поверхню

$\psi_i=X_i\times\zeta_i=0{,}99*0{,}65=0{,}64$, (5.54)

10. Середній коефіцієнт теплової ефективності топки

$\psi_{ср}=(\Sigma\psi_i\times F_{ст.i})/F_{ст}=0{,}64(4{,}011+4.45+7{,}04*2+3{,}9*2)/30{,}34=0{,}64$, (5.55)

11. Нормативне видиме теплове напруження топкового об'єму, ккал/м^{3}год

$q^н_v=300*10^{-3}$ ккал/м^{3}год , (5.56)

12. Дійсне видиме теплове напруження топкового об'єму, ккал/м^{3}год

$q^д_v=(B_р\times Q^н_р)/V_т=(600{,}4*8480)/11.07=459*10\text{^}3$ ккал/м^{3}год, (5.57)

13. Відхилення дійсного значення напруження топочного об'ємі від нормативного, %

$E=(q^н_v-q^д_н)/q^н_v=(300-459)/300*10^{-3}=-0{,}53\%$, (5.58)

14.Ефективна товщина випромінювання шару газу в топці, м

$$S = 3,6 \times V_т / F_{ст} = 3,6 \times 11,07/30,34 = 1.31 \text{ м}, \quad (5.59)$$

15. Площа променесприймаючої поверхні нагріву, $м^2$

$$F_{пр} = \Sigma(X_i \times F_{ст.i}) = 0,99*30,34 = 30,03 \text{ м}^2, \quad (5.60)$$

16. Ступінь екранування топки

$$\chi = F_{пр}/F_{ст} = 30,03/30,34 = 0,989, \quad (5.61)$$

Перевірочний розрахунок температури газів

17. Задаємося попередньо температурою димових газів на виході із топки (теоретично можлива)

$U``_т = 1000$ °C

18. Ентальпія димових газів, $ккал/м^3$

$I_{дг} = 4073,88$ $ккал/м^3$ (за таблицею ентальпій)

19. Корисне тепловиділення в топці, $ккал/м^3$

$$Q_{кор} = Q^p_р \cdot (100-q_3-q_4-q_6) /100-q_4 + Q_в = 8156,57 \text{ ккал/м}^3, \quad (5.62)$$

Qв - теплота, що вноситься в топку з повітрям

$$Q_в = \alpha_{т.ср.} \cdot I^0_{дп} = 1.135*15,78 = 17,9 \text{ Ккал/м}^3, \quad (5.63)$$

20.Коефіцієнт ослаблення променів топковим середовищем – визначає зміну інтенсивності променів у поглинаючому шарі одиниці товщини

$$k = k_{г*} r_п + k_с = 0,9*0,325+0,117 = 0,40, \quad (5.64)$$

Несвітне полум'я -утворюється при спалюванні газоподібного палива і зумовлене випромінюванням тільки триатомних газів(H2O,RO2).

Світне полум'я – утворюється при спалюванні палива і зумовлене випромінюванням зольних частинок.

21. Коефіцієнт ослаблення променів не світними триатомними газами, $1/м \cdot кгс/см^2$

$$k_г = \left(\frac{0,78+1,61*r_{h2o}}{\sqrt{p_п * S}} - 0.1\right) x \left(1 - 0,37\frac{T``_m}{1000}\right) =$$

$$= \left(\frac{0,78+1,61*0.248}{\sqrt{0.325*1,31}} - 0.1\right) x \left(1 - 0,37\frac{1273}{1000}\right) = 0.90, \quad (5.65)$$

де $p_п=r_п \times p$- парціальний тиск триатомних газів, p=1 кгс/см^2;

$T"_т$–абсолютна температура димових газівна виході з топки,

$T"_т=U"_т$=1273 К.

22. Коефіцієнт ослаблення променів світним промінням

$k_{св}=0,03\times(2-\alpha_т)\times(1,6*T"_т/1000-0,5)C_р/H_р=$

=0.03*(2-1,135)*(1.6*1273/1000-0.5)2.92=0,117, (5.66)

$C_р/H_р$ – відношення вмісту вугдецю та водню в робочій масі палива

$C_р/H_р = 0,12\cdot\Sigma(m/n)C_mH_n$ = 0.12*[1/4*95,6 + 2/6*0,7 + 3/8*0,4 +4/10*0.2

+ 5/12*0.1)=2.92, (5.67)

23. Ступінь чорноти факела

$a_ф=m\cdot\alpha_{св}+(1-m)\ \alpha_г$=0,6*0,41+(1-0,6)*0,31=0,37, (5.68)

m-коефіцієнт, що залежить від теплового напруження топкового об'єму,

для газу– 0,6.

24. Ступінь чорноти факела при наявності лише світних частинок

$\alpha_{св}= 1 - e^{-(kг\cdot rп+kсв)pS}=1-e^{-(0,9*0.325+0.117)*1,31}$=0.41, (5.69)

25. Ступінь чорноти факела при наявності лише не світних триатомних газів

$\alpha_г = 1 - e^{-(kг\cdot rп\cdot pS)} =1-e^{-(0,9*0,325*1,31)}$=0,31, (5.70)

26. Ступінь чорноти топки

$\alpha_т=\alpha_Ф/(\alpha_Ф+(1-\alpha_Ф)\psi_{ср})$=0,37/(0,37+(1-0,37)*0,64)=0,45, (5.71)

27. Визначення параметру М, який характеризує положення

максимума температури полум’я по висоті топки

M = 0,54 -0,2$x_т$ = 0,54 -0,2*0,3=0,48, (5.72)

У розрахунку приймаємо $x_т$=0,3.

28. Середня сумарна теплоємність продуктів згорання палива, ккал/кг°С

$Vc_{ср} = Q_{кор} - I"_Т/U_a - U"_Т$ = (8156,57 – 4073,88)/(1436 – 1000) = 5,4 ккал/кг°С, (5.73)

U_a -адіабатична температура газів на виході із топки, визначається з

таблиць ентальпій за Qкор, °С

$I"_Т$– ентальпія димових газів при попередньо прийнятій температурі $U'_т$, ккал/м^3

29. Дійсна температура димових газів на виході з топки, °С

$$U_T^{``} = \frac{T_a}{M\left(\frac{4.9 * \psi ср * \alpha т * Fcm * T_a^3}{10^8 * \varphi B_p * Vc_{cp}}\right)^{0.6} + 1} - 273 =$$

$$= \frac{2099}{0.48\left(\frac{4.9*0.64*0,45*30,34*2099^3}{10^8*0,992*600,4*5,4}\right)^{0.6}+1} - 273 = 1086,65, \quad (5.74)$$

T_a=Ua=2099 °К

30. Уточнюємо ентальпію димових газівна виході із топки I"$_т$

U``$_т$=1086,65 ^{0}C ; I"$_т$=4932,3ккал/м^3

31. Визначаємо теплосприймання топки на 1 м3 палива, ккал/м^3.

Qт= φ×(Q$_{кор}$-I"$_т$)=0,992*(8156,57 -4932,3)= 3284 ккал/м^3, (5.75)

Різниця між попередньо прийнятою та дійсною температурою димових газів становить менше 100 ^{0}C, отже, розрахунок виконано правильно

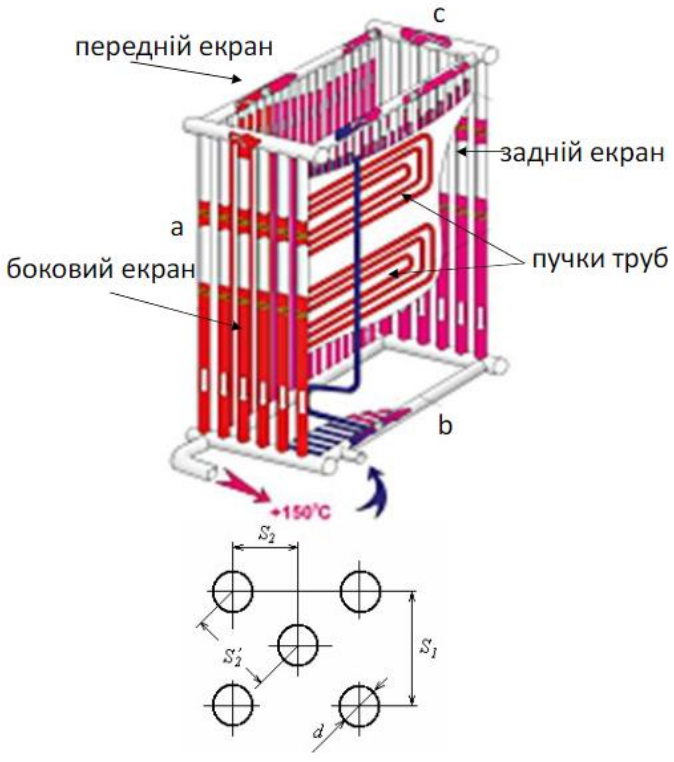
5.3.2. Розрахунок конвективного пучка котлоагрегату

Визначення геометричних розмірів

Таблиця 5.7

Розміри конвективної шахти

Тип котла	Габаритні розміри конвективної шахти, м		
	a	b	c
КВ-ГМ-7,56	9,6	5,7	3,2



Діаметр задніх та передніх екранних труб $d_{п,з}$=60х3 мм

Крок задніх та передніх екранних труб $s_{п,з}$=64мм

Діаметр бокових екранних труб $d_б$= 83х3,5мм

Крок задніх та передніх екранних труб $s_б$=128мм

Діаметр труб конвективних пакетів $d_к$= 28х3мм

Розміщення труб в пучків - шахове

Крок труб конвективних пучків s_1=64мм ,s_2=40мм

Кількість конвективних пакетів – 3

1. Визначаємо повну площу поверхонь нагріву

$F_{конв}$= 2385 м^2.

2. Площа живого перерізу для проходу продуктів згорання, м^2

$F_ж=F_{шахт}.-F_{пучк}$, (5.76)

$F_ж=c\cdot b-dк\cdot b\cdot z1$, (5.77)

$F_ж$= 10,27 м^2

3. Температура на вході в конвективну частину,°С

$U'_{конв}$ = U``т = 1024,4 °С

4. Задаємося температурою на виході із конвективної частини, °С

$U''_{конв}$=150°С

5. Ентальпія димових газів, ккал/м^3

$I_{дг.\ конв}$=619,3 ккал/м^3

6. Середня температура газів у конвективній частині котла,°С

$U_{к.ч.ср}$= 0,5 ($U'_{конв}$+$U''_{конв}$)= 0,5*(1024,4 +150)=587,2°С, (5.78)

7. Кількість теплоти, переданої поверхням нагріву у газоході, ккал/м^3

$Q_{1к}=\varphi(I'-I''+\Delta\alpha_{к.ч}\cdot I^o_{дп})$=0.993*(4515-619,3+0.1*14,9)= 3868,5 ккал/м^3, (5.78)

8. Температурний напіру конвективному пучку, °С

$$\Delta tcp=\frac{\Delta tб-\Delta tм}{2{,}3\log(\frac{\Delta tб}{\Delta tм})}=\frac{(1024{,}4-100)-(150-120)}{2{,}6\log(\frac{924{,}4}{30})}=261{,}2$$, (5.79)

9. Секундна витрата димових газів, м^3/с

$$Vсек = \frac{Вр * Vг * (Uк.ч.ср + 273)}{3600 * 273} = \frac{12420{,}3 * 12{,}57 * (587{,}2 + 273)}{3600 * 273} = 136{,}6\ м3/год \quad , \qquad (5.80)$$

10. Середня швидкість газів, м/с

$w_г = V_{сек}/F_ж = 136{,}6 /10{,}27 = 13{,}3$ м/с, (5.81)

11. Ефективна товщина шару випромінювання, м

$$S = 0.9d * \left(\frac{4}{\pi} * \frac{S1 * S2}{d^2} - 1\right) = 0.9 * 0{,}028 * \left(\frac{4}{\pi} * \frac{0{,}064 * 0{,}04}{0{,}028^2} - 1\right) = 0{,}08м \quad , \qquad (5.82)$$

12. Коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки конвекцією, ккал/м2·год·град

$\alpha к = 80{,}8$ ккал/м2·год·град

13.Коефіцієнт ослаблення променів триатомними газами, 1/м·кгс/см^2

$$Kг = (\frac{0{,}78 + 1{,}61 * r_{H2O}}{\sqrt{pn * s}} - 0{,}1)(1 - 0{,}37 * \frac{(150 + 273)}{1000} =$$

$$= (\frac{0{,}78 + 1{,}61 * 0{,}170}{\sqrt{0{,}252 * 0{,}08}} - 0{,}1)(1 - 0{,}37 * \frac{(150 + 273)}{1000} = 6{,}19 \quad , \qquad (5.83)$$

де рп= rп×р- парціальний тиск триатомних газів, р=1 кгс/см^2;

T"$_{конв}$ – абсолютна температура димових газівна виході з конвективної частини , T"‘$_{конв}$=U"‘$_{конв}$, °К.

14.Сумарна оптична товщина потоку пилу, 1/м·кгс/см^2

$kpS = k_Г \cdot rп \cdot p \cdot S = 6{,}19 * 0{,}253 * 0{,}08 = 0{,}125$ 1/м·кгс/см^2, (5.84)

15. Ступінь чорноти газового середовища

$a = 1 - e^{-kpS} = 1 - e^{-0{,}124} = 0{,}117$, 1/м·кгс/см^2, (5.85)

16. Температура забрудненої поверхні нагріву

$t_з = t_{ср} + \Delta t_з$

$\Delta t_з = +25\ ^0C$

$t_з = 587{,}2 + 25 = 612{,}2\ ^0C$, (5.86)

17. Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням,ккал/м2·год·град

$$\alpha в = 4{,}9 * 10^{-8} * \frac{\alpha з + 1}{2} * \alpha * T^3 * \frac{1 - \left(\frac{Tз}{T}\right)^{3{,}6}}{1 - \frac{Tз}{T}} =$$

$$= 4{,}9 * 10^{-8} * \frac{0{,}8+1}{2} * 0{,}117 * (587{,}2+273)^3 * \frac{1-\left(\frac{612{,}2+273}{587{,}2+273}\right)^{3{,}6}}{1-\left(\frac{612{,}2+273}{587{,}2+273}\right)} = 12{,}3 \quad (5{,}87)$$

аз–ступінь чорноти забруднених стінок променесприймаючих поверхонь, аз=0,8;

Тз–абсолютна температура забрудненої поверхні нагріву, К;

Т –абсолютна середня температура газового потоку у конвективній частині, К.

18. Коефіцієнт тепловіддачі від димових газів до стінок труб у конвективній частині котла, ккал/м^2·год·град

$\alpha_1=\xi(\alpha к+\alpha в)$, (5.88)

ξ -коефіцієнт використання, який враховує зменшення теплосприйняття поверхні нагріву внаслідок нерівномірного омивання димовими газами, ξ=0,9-0,95

$\alpha_1=0{,}9(80{,}8+12{,}3)= 83{,}8$ ккал/м^2·год·град, (5.89)

19. Коефіцієнт теплопередачі від газів до води, ккал/м^2·год·град

$k = \Psi\ \alpha 1 = 83{,}8*0{,}9=75{,}4$ ккал/м2·год·град, (5.90)

20. Визначаємо теплосприймання поверхні за рівнянням теплопередачі, ккал/м3

$$Q2конв = \frac{k \cdot \Delta t \cdot Fконв}{Bp} = \frac{75{,}4 * 261{,}2 * 2385}{12420{,}3} = 3782{,}1 \quad (5.91)$$

21. Похибка визначення теплосприймання поверхні

$$\Delta = \frac{(Q1 - Q2)}{Q2} 100\% = \frac{3868{,}5 - 3782{,}1}{3782{,}1} * 100\% = 2{,}3\% \quad (5.92)$$

Похибка визначення теплосприймання поверхні <5%, отже розрахунок вірний.

Нев'язка теплового балансу

1. Корисно використана теплота

$Q`` = Q^p_p \cdot \eta_{к.а} \cdot 0{,}01=8630*93{,}29*0.01=8051{,}3$ ккал/м^3, (5.93)

2. Сума корисно використаної теплоти в окремих елементах котлоагрегату ккал/м^3

$$\Sigma Q = Q_т + Q_{конв}, \quad (5.94)$$

$$\Sigma Q = 3782+4058=7840 \text{ ккал/м}^3, \quad (5.95)$$

3. Розрахункова нев'язка теплового балансу котлоагрегату

$$\Delta Q = Q'' - \Sigma Q(1- q4) = 8051,3-7840 = 211,3 \text{ ккал/м}^3, \quad (5.96)$$

4. Відносна нев'язка теплового балансу котлоагрегату

$$\Delta = (\Delta Q / Q^p_р)\cdot 100\% = (211,3/8051,3)*100 = 0.03\%, \quad (5.97)$$

Відносна нев'язка теплового балансу котлоагрегату <0,5%, отже розрахунок вірний.

Висновок:

За результатами розрахунку річне теплове навантаження на котельню протягом опалювального періоду - 26 Гкал, отже підбираємо два котли потужністю 7,56 кВт, та один котлоагрегат потужністю 11,63 кВт.

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖУ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

Студент /_____/

Консультант /_____/

6.1. Технології монтажу систем опалення та вентиляції

6.1.1. Технології монтажу водяної системи опалення виробничих приміщень

У проекті прийнято комбіновану систему опалення, яка складається з постійно діючої фонової системи опалення для часткового обігрівання та періодично працюючої догріваючої. Будову водяної фонової системи, зокрема поділу її на три приладові вітки, узгоджено з результатами розрахунків теплового балансу приміщень. За конструкцією водяна система опалення включає: розподільні подавальні і зворотні трубопроводи, опалювальні прилади – регістри із гладких труб, запірну і регулювальну арматуру, пристрої для зливу теплоносія і видалення повітря.

Прокладання розподільних трубопроводів.

Основні вимоги до прокладання розподільних трубопроводів у виробничих приміщеннях:

1) Вибирають схему трасування розподільних трубопроводів. Рекомендується проектувати двотрубну систему з тупиковим або супутнім рухом теплоносія.

2) Спосіб прокладання трубопроводів повинен забезпечувати легку їхню заміну при ремонті. Прокладання трубопроводів у робочій зоні, здебільшого, виконують відкритим способом на кронштейнах.

3) Трубопровід у місці перетину внутрішньої стіни або перегородки прокладають в гільзі з негорючого матеріалу. Торці гільзи повинні бути не менше рівня чистової поверхні огородження та виступати не більше ніж на 30 мм від чистової поверхні огородження.

У місцях перетину трубопроводом огороджувальних конструкцій з нормованим класом вогнестійкості та протипожежних перешкод влаштовують спеціальні проходки або муфти, що забезпечують нормований клас вогнестійкості таких конструкцій відповідно до ДБН В.1.1-7.

4) Застосовують для розподільних трубопроводів переважно сталеві труби, в інших випадках необхідно передбачати заходи по захисту труб від механічного пошкодження.

5) Трубопроводи в робочій зоні (до 2,0 м) прокладають неізольованими, а у верхній зоні теплоізолюють товщиною, яка забезпечує нормовану температуру на її поверхні (не вище 40 °С). Трубопроводи ізолюють також при прокладанні в каналах (наприклад, під воротами) або в конструкції підлоги.

6) Розподільні водяні трубопроводи прокладають з уклоном не менше 0,002. При швидкості теплоносія більше 0,25 м/с трубопроводи дозволяється прокладати без уклонів.

7) За паралельного прокладання горизонтальних трубопроводів у горизонтальній площині розташовують ближчим до зовнішньої стіни трубопровід охолодженої води, а у вертикальній площині – трубопровід гарячої води над трубопроводом охолодженої води. У двотрубній системі за вертикальний трубопровід з гарячим теплоносієм розташовують праворуч від трубопроводу охолодженої води.

8) Для компенсації теплового подовження трубопроводів використовують його вигини, обумовлені внутрішньою геометрією будівлі або додаткових вигинів прямолінійних ділянок трубопроводів – П-подібних (допускається осьових) компенсаторів з передбаченням навколо вигинів трубопроводів вільного зміщення.

Арматура

Запірну арматуру (або якщо передбачена балансувальна арматура з аналогічними функціями) установлюють:

1) для відключення системи від джерела теплопостачання;

2) для відключення та спуску води з системи, приладових віток, окремих кілець;

3) для відключення та, за необхідності, для спуску води, насосів, теплообмінників, теплолічильників та іншого обладнання, що потребує відключення при обслуговуванні тощо;

4) для відключення опалювальних приладів – у фоновій системі на подавальній підводці встановлюють запірний кульовий кран, а на зворотній – регулювальний клапан з попереднім налаштуванням (рис. 6.1);

5) у нижніх точках системи передбачають дренажні пристрої (крани зі штуцерами під приєднання шлангів, штуцери із заглушками);

6) у верхніх точках водяної системи проектують пристрої для видалення повітря:

- при їх установці на висоті до 3,0 м (наприклад, в ІТП) застосовують автоматичні повітровідвідники;

- при висоті установки більше ніж 3,0 м застосовують повітрозбірники (рис. 6.2) з виведенням повітровипускного трубопроводу в робочу зону і установка запірного крану зі штуцером на висоті близько 1,5 м.

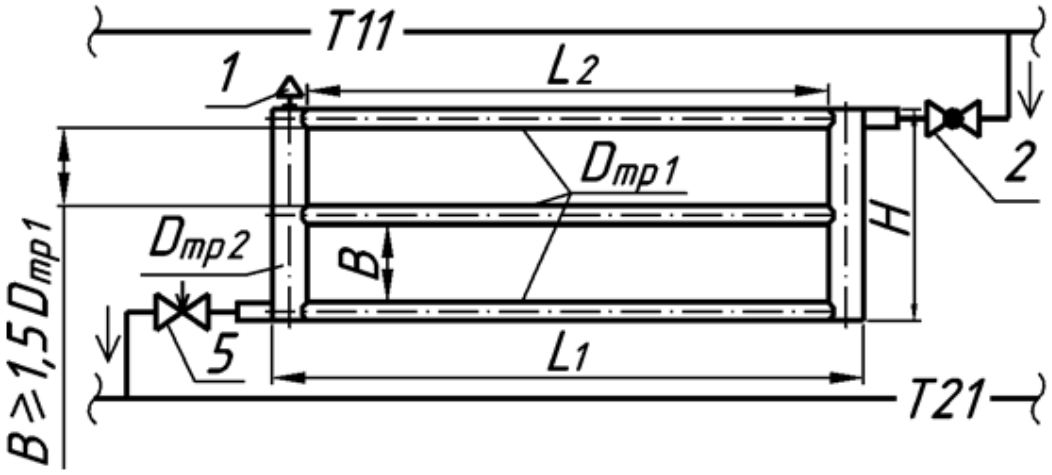


Рис. 6.1. Принципова схема опалювального приладу з гладких труб (регістр з вертикальними колекторами) для чергової або фонової системи опалення:

Т11 – подавальний розподільний трубопровід; Т21 – зворотній розподільний трубопровід;

1 – клапан повітроспускний; *2* – кран кульовий (експлуатується зі знятим маховиком); *5* – клапан балансувальний.

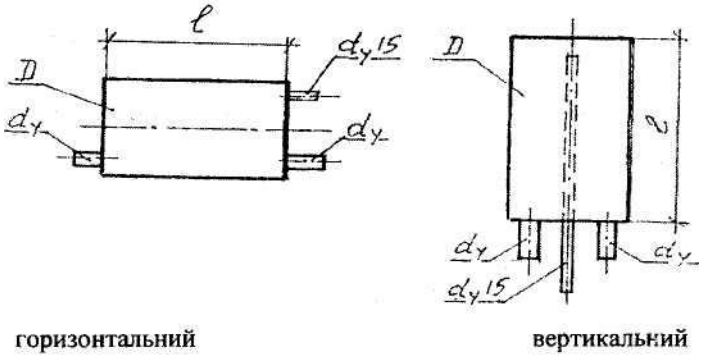


Рис. 6.2. Повітрозбірники для видалення повітря

Опалювальні прилади

У виробничих приміщеннях з виробництвами, що супроводжуються виділенням – технологічного пилу, доцільно встановлювати опалювальні прилади з гладкою поверхнею, зокрема різних конструкцій регістрів із гладких труб: секційні, S – подібні, регістри з колекторами (рис. 6.3-6.5).

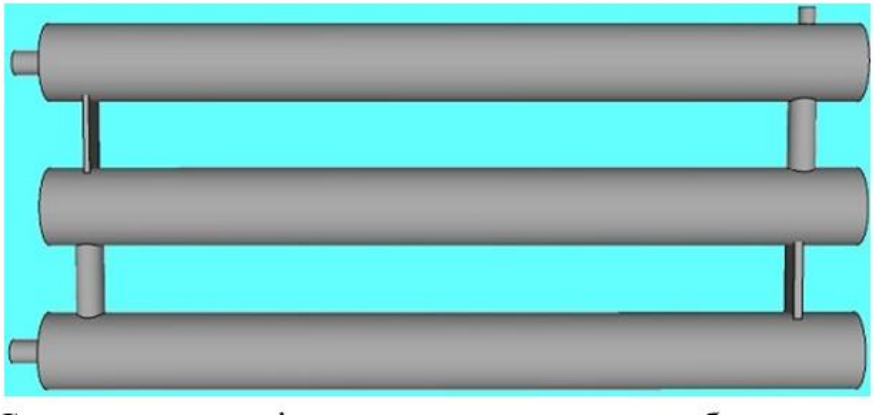


Рис. 6.3. Схема секційного регістра

Складається з декількох горизонтальних труб заглушених з торців і з'єднаних між собою вертикальними перемичками меншого діаметра для руху теплоносія від вхідного до вихідного патрубків.

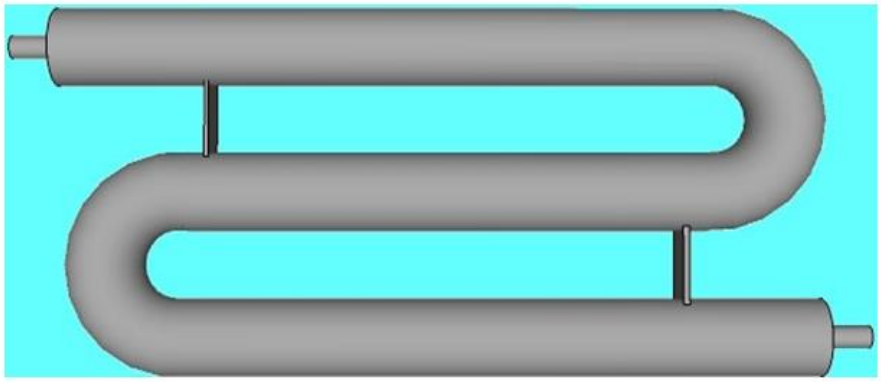


Рис. 6.4. Схема S – подібного регістра

Такий регістр складається з декількох горизонтальних труб з'єднаних між собою відводами, що утворюють канал для руху теплоносія, діаметром, рівним діаметру труб.

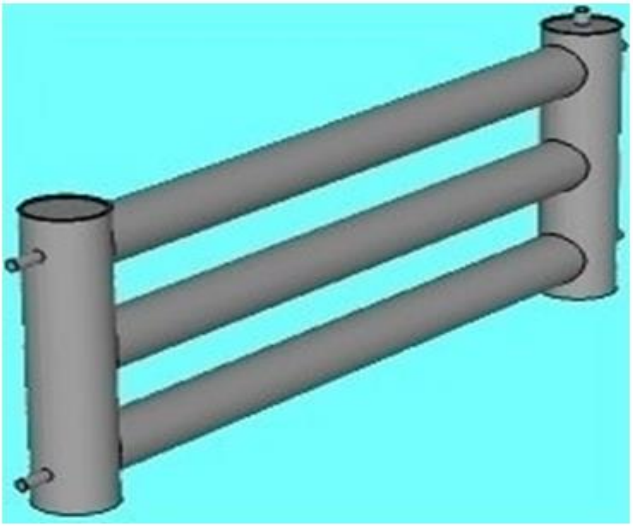


Рис. 6.5. Схема регістра з колекторами

Регістр опалення з колонками відрізняється від змієвидного і секційного регістрів опалення меншими втратами тиску внаслідок руху розділених потоків теплоносія окремо по паралельно розташованим горизонтальним трубам. Регістри можуть бути виготовлені як в зборі, так і розсипом для зручності транспортування і монтажу на об'єкті.

У проекті розраховано і підібрано конструкцію регістрів з колекторами. Результати розрахунків по конструкції регістрів з колонками для виробничих приміщень наведено в розділі 3 пояснювальної записки.

6.1.2. Технології монтажу повітропроводів

Технології монтажу вентиляційних систем виконують у відповідності до нормативних вимог з урахуванням вимог виробників деталей, фасонних елементів, вентиляційного обладнання.

Перед початком монтажу систем необхідно виконати відповідну підготовку для забезпечення монтажної готовності об’єкту будівництва. Готовність об’єкту до монтажу систем оформляється відповідним актом між виконавцем робіт (субпідрядником) та генеральним підрядником (будівельна організація, яка відповідає за ввід об’єкта в експлуатацію).

Бригади робітників – фахівців з монтажу згаданих систем повинні бути забезпечені необхідною документацією: робочі та монтажні креслення.

У загальному випадку послідовність технологічних процесів монтажу вентиляційної системи наступна:

1) приймання та складування заготовок повітропроводів, деталей і вузлів, обладнання, матеріалів;

2) комплектування вузлів повітропроводів, фасонних частин і деталей;

3) підбір і комплектування вентиляційного обладнання;

4) влаштування опор (фундаментів) під обладнання та установка кріплень для повітропроводів;

5) попередня ревізія обладнання;

6) укрупнене складання повітропроводів (вузли, ланки) – в зоні виконання монтажних робіт;

7) доставка обладнання, деталей до місця монтажу;

8) монтаж обладнання;

9) монтаж магістральних повітропроводів;

10) обкатка (перевірка роботоздатності) обладнання;

11) монтаж відгалужень, виробів, деталей та виготовлення і монтаж некомплектних деталей на робочому місці.

12) Налагодження, пуск і регулювання вентиляційної системи по частинам і в цілому;

13) Здача в експлуатацію вентиляційної системи генпідряднику і замовнику.

Монтажна готовність об’єкту передбачає:

1) Завершені попередні загальнобудівельні процеси відповідно до технологічної послідовності спорудження будівлі;

2) підготовлені робочі місця для монтажу систем в т.ч. отвори в стінах і перекриттях, підпільні канали або підготовка до прокладання трубопроводів горизонтальних систем;

3) наявність вантажопідйомних механізмів (крани, ліфти, кран-балки і ін.);

4) підготовлені місця складування матеріалів і виробів в зоні дії механізмів;

5) наявність побутових і службових приміщень.

Монтажне проектування виконується за недостатньої деталізації елементів в робочих кресленнях санітарно-технічних систем для їх заводського виготовлення та наступного складання і монтажу.

Монтажні креслення системи вентиляції включають відповідно для системи в цілому або її частин, вузлів, блоків:

1) монтажні (аксонометричні) схеми;

2) ескізи ненормалізованих деталей чи елементів, наприклад, фасонних елементів повітропроводів, кріплень кронштейнів тощо із позначенням необхідних розмірів для їх виготовлення;

3) комплектувальні відомості деталей і типових виробів;

4) специфікації основних і допоміжних матеріалів.

Монтажна схема - креслення, яке являє собою контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, необхідні для його встановлення (монтажу) на місці експлуатації. Монтажну схему виконують у вигляді ескізу однією лінією без масштабу, але зі збереженням пропорцій величин окремих елементів, які зображають відповідно до умовних позначень.

На монтажних схемах (ескізах) вказують:

1) деталі, розбивку на елементи та окремі вузли, їх нумерацію та способи з'єднання, які зображають відповідно до стандартних або прийнятих умовних позначень;

2) діаметри труб, діаметри чи поперечні розміри повітропроводів;

3) відмітки, уклони прокладання труб або повітропроводів;

4) будівельні довжини відповідно до конфігурації монтажної схеми;

5) монтажні довжини за наявності окремих ненормалізованих елементів, деталей;

6) арматуру, прилади, обладнання, які приєднані до деталей, елементів або вузлів;

7) прив'язки трубопроводів (повітропроводів) до будівельних конструкцій (за відсутності монтажних планів з нанесеними прив'язками).

У проекті розроблена монтажна схема, комплектувальні відомості на деталі і типові вироби та специфікація на основні матеріали наведені у графічній частині проекту на аркуші 5.

6.2. Організація монтажу систем опалення і вентиляції

6.2.1. Загальні положення з організації монтажу

Організація будівництва інженерних систем і мереж значно відмінна від організації виконання робіт в інших галузях народного господарства.

До основних відмінностей будівельного виробництва можна віднести:

1) на відміну від виробничого підприємства, де процес стаціонарний, а продукція характеризується рухомістю, в будівництві продукція нерухома, а процес виробництва часто переноситься з одного об'єкту на інший і це ускладнює виконання будівельно-монтажних робіт;

2) внаслідок складних місцевих умов – гідрогеологічних, кліматичних, інженерно-геологічних – часто вносяться зміни в проектну документацію і відповідно коригується вартість робіт;

3) велика тривалість будівництва (виробничого циклу) вимагає оплату за етапи чи окремі комплекси, а не за виконану роботу в цілому;

4) на відміну від промисловості на будівництві трудові колективи різних спеціалізованих організацій одночасно працюють на на об'єкті, що будується, а це значно ускладнює організацію і виконання відповідних будівельно-монтажних робіт.

Виконання будівельно-монтажних робіт залежно від умов на будівництві та складу трудового колективу може організовуватись за різними методами: послідовним, паралельним, послідовно-паралельним, потоковим.

У проекті виконано планування монтажу систем опалення і вентиляції за послідовно-паралельним методом, за якого основна частина робіт (за технологічною необхідністю) виконується послідовно, а окремі роботи виконуються паралельно до основних.

З метою структурованої організації виконання будівельно-монтажних робіт на будівництві будівлі чми споруди попередньо розробляється проект виконання робіт (ПВР) - вид проектно-технологічної документації на основі робочої документації та проекту організації будівництва (ПОБ) і визначає та деталізує технологію, організацію та умови виконання будівельних робіт.

Проект виконання робіт окремі монтажні спеціальні види робіт містить:

- календарний графік виконання відповідних робіт;
- будівельний генеральний план (за необхідності);
- технологічну карту або схему виконання робіт, в тому числі зі схемами послідовності виконання робіт і операційного контролю якості;
- дані про потребу в основних матеріалах, конструкціях і виробах, а також використовуваних машинах, пристосуваннях і оснащенні;
- пояснювальну записку.

6.2.2. Планування будівельно-монтажних робіт

Вихідними даними для планування будівництва окремих будівель і споруд є:

1) календарний план будівництва в складі ПОБ;
2) проектно-кошторисна (робоча) документація;
3) терміни будівництва (нормативні або директивні);
4) дані про будівельну організацію, яка здійснює будівництво (чисельність і склад по професіям робітничих кадрів, кількість і номенклатура механізмів, склад матеріально-технічної бази, досягнутий виробіток і інші);
5) технологічні карти на будівельні, монтажні і спеціальні роботи;
6) дані інженерних вишукувань про умови району будівництва;
7) чинна нормативна, інструктивна, довідкова документація, а також проекти-аналоги.

За результатами планування розробляється календарний план – це один із основних документів організації будівельно-монтажного виробництва, у якому встановлюють технологічну послідовність виконання робіт, їх взаємне ув'язування виконання в часі і просторі, терміни виконання різних робіт та потребу в трудових, технічних, матеріальних і фінансових ресурсах.

Календарний план будівництва окремих будівель і споруд складається з двох частин (див. аркуш 6 графічної частини випускної роботи):

а) розрахункової: шифр робіт, перелік робіт, обсяг робіт, нормативний документ, норми часу на одиницю виміру, трудозатрати, число змін, кваліфікаційний склад бригади чи ланки, чисельність робітників в зміну, планова тривалість робіт, відсоток виконання норми;

б) графічної (для монтажних робіт внутрішніх систем – графіки: лінійний виконання монтажних робіт, зміни чисельності робітників на об'єкті, сітковий графік планування монтажу, потреби в матеріалах і ін.).

Порядок розробки календарного плану:

1) Визначають номенклатуру (перелік) робіт із встановленням їх технологічної послідовності;
2) Розраховують обсяги робіт;
3) Визначають методи виробництва кожного виду робіт і підбирають механізми;
4) Розраховують трудомісткість і машиномісткість робіт;
5) Встановлюють змінність робіт;
6) Визначають тривалість робіт кожного виду;
7) Розраховують склад бригад і ланок;
8) Розробляють графічну частину плану;
9) коригують календарний графік за термінами виконання будівництва.

6.2.3. Побудова графіка зміни чисельності робітників на об’єкті

Після складання календарного плану будівельно-монтажних робіт, визначають техніко-економічні показники по об'єкту, які характеризують доцільність і економічність прийнятих рішень: тривалість будівництва у порівняння з нормативною, ступінь механізації робіт, питома трудомісткість робіт і ін.

Одним із важливих показників є коефіцієнт нерівномірності зміни чисельності робітників на об’єкті

$$К_р = n_{рмакс}/ n_{рсер}, \quad (6.1)$$

де $n_{рмакс}$ – максимальна кількість робітників на окремих етапах виконання робіт, роб.; $n_{рсер}$ – середня кількість робітників впродовж будівництва систем, роб.

$$n_{рсер} = \sum (t_i \cdot n_i)/T_{буд}, \quad (6.2)$$

де t_i , n_i – відповідно тривалість, дні, та кількість робітників, роб. при виконанні окремих видів робіт; $T_{буд}$ – загальна тривалість монтажу систем, дні.

Графік зміни чисельності робітників (рис. 6.6) під час виконання монтажних робіт, виконаний в обсязі проекту, наведено у графічній частині – аркуш 6.

Коефіцієнт зміни чисельності робітників за календарним планом монтажу вентиляційних систем складає

$$К_р = n_{рмакс}/n_{рсер}, = 22/16,2 = 1,30, \quad (6.3)$$

Така величина $К_р$ є допустимо за планування монтажу систем зі значним обсяг робіт.

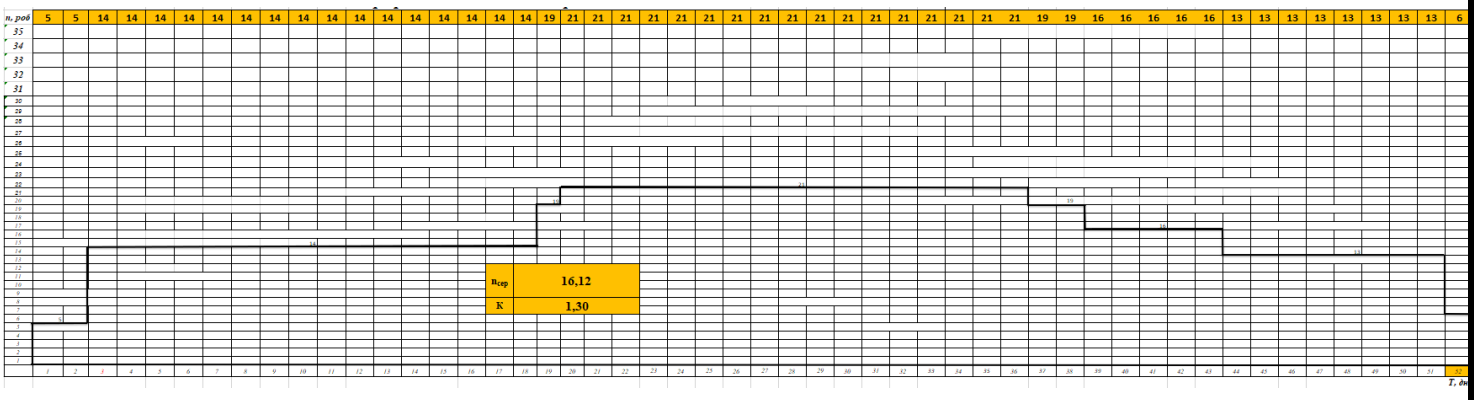


Рис. 6.6. Графік зміни чисельності робітників

6.2.4. Побудова графіка сіткового планування будівельно-монтажних робіт

Сіткове планування – це графічне зображення процесів (робіт), виконання яких необхідне для досягання однієї або декількох поставлених задач, з вказуванням взаємозв'язків та взаємозалежностей між цими процесами.

Порівняно з лінійним графіком сітковий має такі переваги:

1) можливість повсякчасної оцінки виконання плану по будівництву;
2) оперативність у маневруванні ресурсами виходячи із важливості і актуальності (першочерговості) робіт;
3) підвищена наочність ходу виконання робіт;
4) виділення критичної послідовності робіт;
5) планування результату робіт тощо

Найбільш досконалим є сітковий графік у «масштабі часу». Такий масштабний сітковий графік є більш зручним у використанні для контролю за ходом виконання робіт, дозволяє швидко встановлювати випередження і відставання та, за необхідності, перерозподіляти ресурси за видами робіт, дає можливість наглядно фіксувати резерви часу для кожного процесу. Побудову графіка виконують за ранніми початком або пізніми закінченнями робіт. Масштабний сітковий графік будується на базі сіткового графіка у загальному вигляді. Графік будується на масштабній сітці з календарною лінійкою, на якій вказують календарні дати робочих днів за місяцями будівництва та робочі дні. На одну з горизонтальних ліній наносять роботи, що лежать на критичному шляху. Далі зображають фіктивні (залежності) роботи, для яких відсутні витрати часу і ресурсів.

Всі інші роботи розміщують за параметрами, наприклад, ранніх початків робіт за можливості на лініях, паралельних критичному шляху або нахилених без перетинання між собою. Критичний шлях виділяється жирною або подвійною лінією. Фактичні роботи показують суцільними звичайної товщини лініями, а резерви вільного часу - тоншими суцільними лініями. Фіктивні (залежності) роботи зображають пунктирними лініями.

Побудований сітковий графік у «масштабі часу» (рис. 6.7) наведено у графічній частині (аркуш 6).

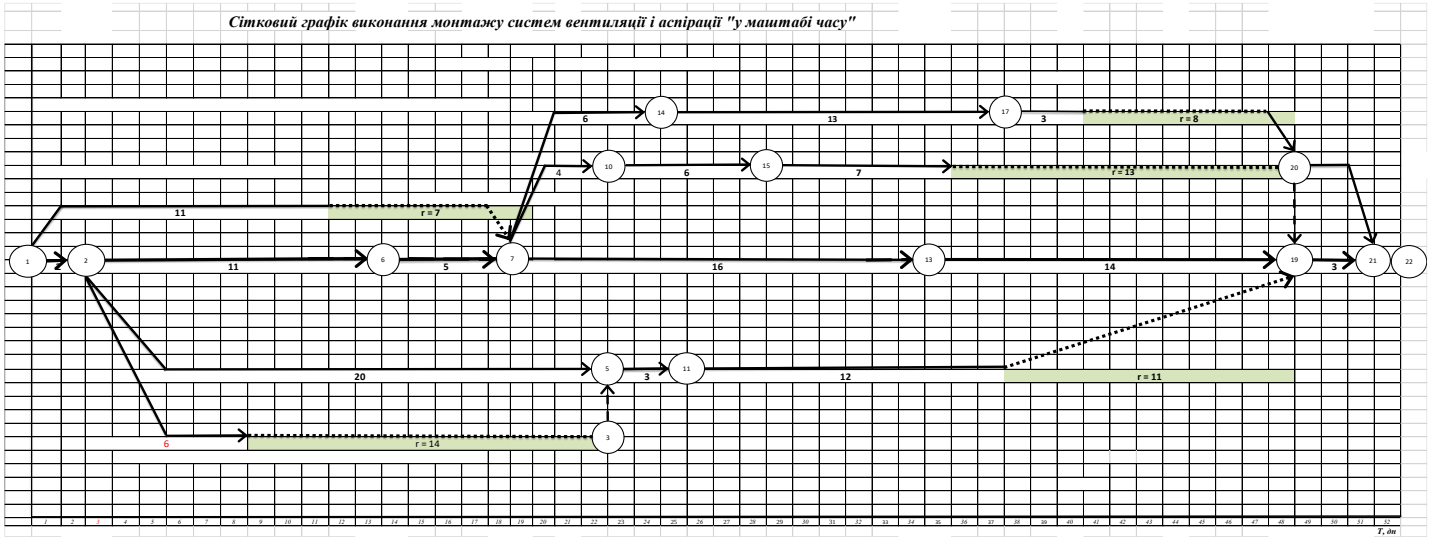


Рис. 6.7. Сітковий графік «у масштабі часу»

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Студент /_____/

Консультант /_____/

7.1. Аналіз потенційних, небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають під час роботи.

Система охорони праці, включаючи трудове законодавство та виробничу санітарію та техніку безпеки, гарантує належні умови праці для будівельників-монтажників. Це сприяє підвищенню культури виробництва, забезпечує безпеку праці та полегшує її, що впливає на підвищення продуктивності. Безпечні умови праці в будівництві прямо пов'язані з технологією та організацією виробництва.

Законодавство покладає відповідальність за безпеку робіт на технічних керівників будівництва, таких як головні інженери та інженери з охорони праці, а також на виконавців робіт і будівельних майстрів. Керівники будівництва зобов'язані організувати планування заходів щодо охорони праці та протипожежної безпеки, а також забезпечити їх вчасне проведення. [11]

Одним з головних завдань є поліпшення організації виробництва, створення на будівельному майданчику умов праці, які усувають ризики виробничих травматизму та професійних захворювань, а також забезпечення нормальних санітарно-побутових умов. Вирішення цих завдань має велике значення для подальшого зростання продуктивності праці в будівництві.

Таблиця 7.1

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

№	Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісні оцінки	Нормативні документи
1	2	3	4	5
1	Транспортні засоби	Транспортні роботи: підвезення матеріалів та конструкцій	Швидкість руху на прямих ділянках-10 км/год на поворотах 5км/год	ДБН А.3.2-2 2009 Розділ 8 ДБН А.3.1-5-2016
2	Падіння людини з висоти	монтажні роботи а)зовнішні а)внутрішні	h=36,2 м h=36,2 м h=6,5 м	ДБН В 2.2-41-2019 Розділ 10,14,17,15,
3	Падіння конструкцій і матеріалів з висоти	монтажні, покрівельні, опоряджувальні а)зовнішні б)внутрішні навант-розвант	h=36,2 м h=36,2 м h=36,2 м h=6,5 м h=36,2 м	ДБН А 3.2-2-2009 Розділ 10,14,17,15
4	Ураження електричним струмом	електромонтажні, зварювальні, освітлення, машини й механізми	220В, 6000/380В, 220В 220В, 380В	ДСТУ Б.А.3.213:2011 ПУЕ-2017 НПАОП 40.1-1.21-98
5	Вплив шкідливих речовин	Зварювальні: Ацетилен Марганець Опоряджувальні: Ацетон	ГДК 300мг/м^3 ГДК 0,2 мг/м^3 ГДК 200мг/м^3	НПАОП 0.00-5.23-16 СН 4617-88

Продовження таблиці 7.1

№	Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісні оцінки	Нормативні документи
1	2	3	4	5
6	Виробничий шум	Роботи з інструментом, механізмами, експлуатація машин	< 80дБ А < 80дБ А < 80дБ А	ДСН 3.3.6-037-99
7	Недостатнє освітлення робочих місць	монтаж конструкцій, монтажні, опоряджувальні: внутрішні, зовнішні,	30лк 30лк 30лк 50лк 30лк	ДБН В.2.5-28-2018 ДСТУ Б.А.3.2.15:2011
8	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	t=20-22˚С f=60-46% v=0,3 м/с	ДСН 3.3.6.042-99
9	Атмосферна електрика	Захист від блискавки	II катег.	ДСТУ Б.В.2.538:2008 ДСТУ EN 62305-3:2012
10	Пожежна безпека	Захист від пожежі	II ступ. вогнестійк. категор. пож.безп В	ДБН В.1.1-7-2016 ДБН В.1.2-7-2008 ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 Категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою з 1.1 17 р.)

7.2. Заходи профілактики виявлених факторів

7.2.1. Загальні вимоги безпеки

Необхідно регулярно очищати проїзди, проходи та робочі місця, уникати перешкод, а взимку посипати їх піском.

Майданчики, призначені для вантажних та розвантажувальних робіт, мають бути правильно спланованої та мати не більше 5-градусного уклону.

Вхід до будинку, що будується, має бути захищений суцільним козирком шириною, що не менше ширини входу, з вилітом на відстань не менше 2 метрів від стіни будинку.

Робочі, інженерно-технічні працівники та службовці повинні бути забезпечені спеціальним одягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Перед початком основних будівельно-монтажних робіт необхідно забезпечити санітарно-побутові приміщення, де будуть розташовані аптечки з медикаментами та засобами для надання першої допомоги потерпілим.

7.2.2 Міри профілактики потенційно-небезпечних і шкідливих факторів

У проекті будівельного майданчика передбачено наступне:

• Для обмеження доступу сторонніх осіб будівельний майданчик оточено захисно-охоронною огорожею висотою 3 метри, яка також включає захисні козирки.

• Зони, де можуть бути постійні або потенційні небезпечні фактори, обладнані інвентарною захисною огорожею висотою 1,2 метра.

• Для забезпечення безпеки під час роботи в темний період доби, проїздів, проходів, складських майданчиків та робочих місць освітлюються. Виконання робіт в недостатньо освітлених місцях заборонено.

7.2.3 Організація будівельного майданчика

Експлуатація будівельних машин (механізмів, засобів малої механізації), включаючи проведення технічного обслуговування, має відповідати вимогам ДБН А.3.1-5-16 та стандартам, встановленим заводами-виробниками Технічне обслуговування машин слід проводити тільки після зупинення двигуна та зняття тиску в гідравлічних та пневматичних системах, за винятком випадків, коли інструкція завода-виробника передбачає інше.

На в'їзді і виїзді з будівельного майданчика має бути встановлена схема

руху транспортних засобів. Місце розташування машин обирається таким чином, щоб забезпечити достатній простір для огляду робочої зони та маневрування. При використанні ручних машин слід дотримуватись правил безпечної експлуатації, передбачених відповідними інструкціями заводів-виробників.

7.2.4 Падіння людей з висоти

Організація робочого місця повинна гарантувати безпеку праці та забезпечити зручний та безпечний доступ до нього. Одним із основних вимог до безпеки праці монтажників сантехнічного обладнання є використання захисних пристосувань на місцях виконання робіт.

Безпеку працюючих на висоті під час приймання, встановлення та закріплення конструкцій, як правило, забезпечується за допомогою засобів колективного захисту. Часто використовуються приставні сходи з робочими площадками, металеві площадки та підмостки.

Поміж раніше згаданих засобів колективного захисту на сьогоднішній день широко використовуються захисні сітки зі синтетичних матеріалів, таких як капрон і лавсан.

Монтажні площадки, навісні драбини та інші засоби, необхідні для роботи монтажників на висоті, мають бути встановлені та закріплені на монтажних конструкціях перед їх використанням. Під час монтажу конструкцій або зварювальних робіт застосовуються монтажні каркаси. На підмостках повинні бути огородження висотою 0,9 м. При покрівельних роботах робітники використовують запобіжні паси та індивідуальні засоби захисту, і також необхідно встановити огородження висотою 1,5 м.

7.2.5. Падіння конструкцій та інших предметів

Падіння предметів з висоти під час монтажу є одним з найважливіших факторів, які необхідно враховувати для запобігання виробничим травмам. Для поліпшення процесу монтажу конструкцій розглядаються наступні основні напрямки: зменшення ваги конструкцій, збільшення їх розмірів та зменшення кількості типорозмірів збірних

елементів. Аналіз причин травматизму при монтажі показує, що більшість нещасних випадків стаються через падіння монтажних конструкцій, падіння працівників з висоти, неправильний вибір монтажного обладнання, недоліки або несправність механізмів, машин, електричного обладнання, а також через інші фактори, такі як недостатнє освітлення та неправильна послідовність робочих операцій.

Падіння працівників з висоти може відбуватись під час наведення, установки та закріплення елементів збірних конструкцій, при остаточному оформленні вузлів і особливо під час переміщення на нове робоче місце.

Елементи монтованих конструкцій або обладнання під час переміщення повинні бути утримані від розгойдування та обертання за допомогою гнучких фіксуючих засобів.

Під час перерв у роботі не дозволяється залишати підняті елементи конструкцій або обладнання на висоті. Заборонено знаходження працівників під монтажними елементами конструкцій або обладнання до їх установки у відповідне положення та закріплення. Розстропування встановлених у проектне положення конструкцій проводиться лише після тимчасового або постійного закріплення. Для підняття використовуються вантажо-захисні засоби, які вибираються згідно з проектом. Розташування з'єднань, що забезпечують стійкість закріплених конструкцій, вирішується в проекті виробництва робіт.

7.2.6 Заходи профілактики ураження електричним струмом

При здійсненні електрозварювальних робіт існує ризик отримання ураження електричним струмом через несправність зварювального апарату або системи заземлення, неправильного підключення зварювального обладнання до мережі, несправної електропроводки та некоректного виконання самого зварювання. Отримання ураження може статися при доторканні до провідних частин зварювального обладнання.

Всі провідні металеві частини (зварювальний апарат) належно заземлені для випадку випадкового контакту.

На монтажних ділянках встановлені розподільчі щити, які дозволяють включати всю необхідну апаратуру. При проведенні прокладки та переміщення зварювальних проводів необхідно дотримуватися заходів для захисту їх ізоляції від пошкоджень та контакту з водою, мастилами та металевими канатами.

Відстань від зварювальних проводів до гарячих трубопроводів і кисневих балонів

має бути не менше 0,5 метра, а до гарячих газів - не менше 1,0 метра.

Заземлення зварювального трансформатора повинно бути здійснене згідно з встановленими нормами. Лінії електропередачі над дорогою повинні бути встановлені на висоті 6 метрів, над проходами - 3,5 метра, над робочими місцями - 2,5 метра.

При здійсненні робіт поруч з провідними частинами, що перебувають під напругою, існує ризик випадкового доторкання до них.

Основні ізоляційні захисні засоби, які можуть тривалий час витримувати робоче напруження і використання яких дозволяє доторкатися до частин електроустановки, що перебувають під напругою (до 1000 В), включають діелектричні гумові рукавиці, інструменти з ізольованими рукоятками, струмошукачі. Для електроустановок з напругою вище 1000 В застосовуються ізолюючі штанги, ізолюючі та провідні клещі.

Якщо на місці робіт є розрив електричного кола, перевірка відсутності напруги здійснюється на провідних частинах з обох боків розриву.

Постійні огородження знімаються або відкриваються безпосередньо перед перевіркою відсутності напруги.

На робочому місці додатково встановлюється заземлення в тих випадках, коли ці частини можуть бути під напругою (потенціалом), що може призвести до ураження струмом, або коли на них може бути подана напруга понад 42 В змінного та 110 В постійного струму від зовнішнього джерела.

В електроустановках з напругою до 10 кВ, у випадках, коли неможливо огородити провідні частини щитами, допускається використання ізоляційних накладок, розташованих між вимкненими та знаходячимися під напругою провідними частинами.

7.2.7. Шкідливі речовини

Зварювальний аерозоль, що утворюється під час зварювання і містить тверді частинки в газовому середовищі, становить найбільшу загрозу для здоров'я зварників.

Цей аерозоль може призводити до розвитку бронхо-легеневих захворювань, пневмоконіозу та збільшити ризик онкологічних захворювань через вплив канцерогенних речовин, таких як шестивалентний хром і нікель. Марганець може спричинити отруєння, супроводжуване болями у верхніх кінцівках, погіршенням пам'яті та головним болем. Хромові сполуки можуть спричиняти розвиток злоякісних пухлин, а цинк може впливати на печінку, викликаючи запалення тканин. Нікель у формі зварювального аерозолю може спричинити алергічну реакцію. Оксиди азоту, озон та фтористий водень мають подразнюючу дію, викликаючи подразнення очей та дихальних шляхів, кашель, біль у грудях та головний біль. Фтористий водень може пошкодити опорно-руховий апарат та вплинути на мінеральний обмін.

Для зменшення впливу шкідливих речовин на здоров'я зварників застосовуються такі заходи, як місцева та загальна вентиляція, подача чистого повітря в зону дихання та використання малотоксичних зварювальних матеріалів. Також необхідно використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, такі як респіратори, промислові протигази та ізолюючі дихальні апарати. Для захисту очей, шкіри голови і шиї від випромінювання дуги та бризок розплавленого металу зварники використовують спеціальні щитки (маски). Працівники, які працюють у шкідливих умовах, підлягають попередньому та періодичним медичним оглядам згідно з відповідними нормативними вимогами.

7.2.8. Виробничий шум

Для боротьби з шумом виробничих приміщень використовуються різні технологічні заходи. Один з них - вибір механізмів та машин, які мінімізують динамічні навантаження і зменшують шумову емісію. З метою захисту працюючих від шуму, використовуються різні методи, такі як звукоізоляція допоміжних приміщень,

встановлення кабін нагляду та дистанційного управління, використання акустичних екранів та звукоізоляційних кожухів, а також обробка стін та стелі звукопоглинаючими матеріалами.

У разі потреби можуть бути застосовані індивідуальні засоби захисту, так такі як навушники, вкладиші або шоломи. З метою забезпечення нормативного шумового режиму, проект передбачає використання шумозахисних заходів, таких як спеціальні підлоги та прокладки, малошумні насоси та електродвигуни, а також шумогасники на повітропроводах систем вентиляції. Застосовуються гнучкі вставки для підключення повітропроводів до вентиляторів, а також еластичне підключення трубопроводів для циркуляційних насосів. Додатково, влаштовуються теплозвукоізолюючі шари та дотримуються нормативних значень швидкості повітря та води у відповідних системах.

7.2.9. Освітленість робочих місць

Освітленість на робочих місцях повинна враховувати характер зорової діяльності. Збільшення освітленості на робочих поверхнях позитивно впливає на продуктивність праці. Проте існує певна межа, після якої подальше збільшення освітленості не має значного ефекту і стає неекономічним.

Рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні є важливим. Нерівномірна яскравість вимагає постійної переадаптації очей під час роботи, що може викликати зморшки зору.

Для ділянок, де здійснюється монтаж системи вентиляції та опалення, передбачається рівномірне освітлення. Мінімальний рівень освітленості повинен бути не менше 30 Лк. У випадках, коли природне освітлення недостатнє або відсутнє, передбачається використання штучного освітлення для забезпечення необхідного рівня освітленості.

7.2.10. Атмосферна електрика

Ця будівля належить до II категорії залежно від імовірності виникнення пожежі або вибуху, враховуючи можливий масштаб руйнувань та шкоди. Відповідно до норм, будівлі II категорії потребують захисту від блискавки в місцевостях, де грозова активність триває протягом 20 годин і більше щороку. Вибір типу зони захисту

для блискавковідводів залежить від ступеня вогнестійкості будівлі. У випадку даного об'єкта, необхідна зона захисту типу А з надійністю на рівні 99.5%.

Для захисту будівлі від прямих ударів блискавки (первинного впливу), використовують окремостоячі або встановлені на будинку (але ізольовані від нього) стержневі блискавковідводи. Ці блискавковідводи повинні бути виготовлені зі смугової або круглої сталі, а також можуть використовуватись водогазопровідні труби з площею перетину не менше 100 мм² та довжиною не менше 200 мм

7.2.11. Пожежне забезпечення

Пожежна безпека означає, що об'єкт з деякою ймовірністю уникне виникнення пожежі, а у разі її виникнення будуть забезпечені умови для виявлення, обмеження поширення та захисту людей та майна.

Пожежу може спричинити згоряння електроізоляції кабелів при короткому замиканні або неналежні дії обслуговуючого персоналу, які порушують правила пожежної безпеки, наприклад, використання відкритого вогню або паління в недозволених місцях.

Технічні рішення для запобігання пожежі включають:

- Використання електрообладнання, яке відповідає вимогам електростатичної електробезпеки за стандартом ДСТУ 7302:2013.
- Встановлення захисту від короткого замикання на розподільному щиті теплового пункту.[12]
- Наявність громовідводу на будівлі.

Технічні рішення для протипожежного захисту включають проектні рішення для систем опалення, вентиляції та кондиціонування, які відповідають вимогам норм та правил щодо противибухового та протипожежного захисту.

На робочому місці та на будівельній площадці необхідно проводити навчання працівників щодо правил пожежної безпеки та дій у разі виникнення пожежі.

Працівники, які не пройшли інструктаж, не повинні бути допущені на будівельні майданчики. Кожен працівник повинен дотримуватись вимог пожежної безпеки, а також приймати заходи щодо виявлення порушень пожежної безпеки та гасіння виниклих пожеж і загорянь.

7.2.12. Незадовільні параметри мікроклімату

У приміщеннях, де проводяться монтажні роботи під час холодного періоду, потрібно забезпечити тимчасове опалення, а також впровадити систему постачання свіжого повітря зовні і підтримання встановленої швидкості його руху. Щоб запобігти протягам, можна покрити відкриті прорізи дверей або вікон поліетиленовою плівкою.

Для захисту робітників від переохолодження надаються теплі одяг і взуття. спецодяг має бути виготовлений з матеріалів, які пропускають повітря та вологу, таких як бавовна, льон або груба вовна, і мати зручний крій. Для захисту голови від теплового випромінювання використовують дюралеві, фіброві каски або повстяні капелюхи. Для захисту очей застосовують окуляри з темним або прозорим металевим покриттям, а для обличчя - маски з відкидним прозорим екраном. Захист від низьких температур досягається за допомогою теплого спецодягу, а при дощі – захисних плащів і гумових чобіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Опалення промислових об’єктів: методичні вказіки до виконання індивідуального завдання / уклад.: М.П.Сенчук, О.П.Любарець, М.О.Шишина, В.О.Любарець.– К.: КНУБА, 2018. – 84 с.

2. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплотехнічний розрахунок і підбір огороджувальних конструкцій» курсового проекту для студентів напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво» за професійним спрямування.

3. ДБН В.2.5-67: 2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – Чинні від 01.09.2013 – 167 с.

4. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Гідравлічний розрахунок водяного опалення» курсового проекту для студентів напрямку підготовки. 060101 «Будівництво» за професійним спрямуванням

5. Тепловий розрахунок водогрійного котла: методичні вказівки до курсового проекту. / уклад.: П. М. Гламаздін, Д. П. Гламаздін.– К.: КНУБА, 2014. – 50 с.

6. Аеродинамічний розрахунок газоповітряного тракту котла:
Методичні вказівки / уклад. А.Н. Хуторний, С.В. Хон. –Харків: Видавництво Харків. держ. архіт.-буд. 2010. – 40 с.

7. ДСТУ-Н Б В.1.1 - 27:2010 «Будівельна кліматологія». – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 123 с.

8. ДБН А.3.1-5:2016 Розробники: Галінський, П. Григоровський, А. Котляренко, О. Молодін, О. Мурасьова.

9. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28–2018. – [Чинний від 2019-18-02]. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.

10. Сафонов В.В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник / За редакцією В.В. Сафонова. – К.: Основа, 2011. – 480 с.

11. В.В. Покотилов «Системи водяного опалення», Відень, 2008р.

12. Охорона атмосферного повітря. Розрахунок вмісту шкідливих речовин і їх розподіл в повітрі

13. Організація і планування будівництва. В.М. Майданов, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. За ред. Г.Д. Малишевського та С.А. Ушацького.— К.: Урожай, 1993. - 432 с.

14. Лубенець В.Г. Основи організації і планування будівельного виробництва взапитаннях та відповідях. — К.: 2000. - 156 с.
15. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. – К.: «Основа». 2011. – 551 с.
16. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень будинків та зовнішних установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: УкрНІІПБ) МНС України, 2007. – 27 с.