КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____
„24" 06 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему:

Опалення, вентиляція та кондиціонування підприємства громадського харчування в м.Обухів

(назва)

Виконав студент групи ТВс-21

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

Гарбарчук Дмитро Дмитрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник Задоянний О.В.
(прізвище та ініціали)
Доцент, к.т.н.
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП 9
ЧАСТИНА І. ВИХІДНІ ДАНІ 10
РОЗДІЛ 1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУВАННЯ 11
1.1. Паспорт об’єкту 11
1.2. Характеристика об'єкту та географічний пункт будівництва 11
1.3. Розрахункові параметри зовнішнього повітря 12
1.4. Розрахункові параметри внутрішнього повітря 12
ЧАСТИНА ІІ. ОПАЛЕННЯ 14
РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР БУДІВЕЛЬНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ 15
2.1. Умови експлуатації та опори теплопередачі огороджувальних конструкцій 15
2.2. Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій 15
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ 21
3.1. Методика розрахунку огороджень 21
3.2. Розрахунок тепловтрат приміщень 22
РОЗДІЛ 4. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ 30
РОЗДІЛ 5. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ 32
5.1. Конфігурація системи опалення з урахуванням архітектурно-планувальних особливостей та призначення будівлі 32
5.2. Підбір та розміщення опалювальних приладів з урахуванням призначення приміщень 33
5.3. Запірна та регулююча арматура 34
5.4. Трубопроводи системи опалення та їх прокладання 34
5.5. Теплоізоляція 35
РОЗДІЛ 6. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ 36
ЧАСТИНА ІІІ. ВЕНТИЛЯЦІЯ 42
РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАДХОДЖЕНЬ 43
7.1. Вихідні дані до розрахунку системи вентиляції 43
7.2. Визначення теплових надходжень 43

7.2.1. Теплонадходження від сонячної радіації 43
7.2.2. Теплонадходження від штучного освітлення 44
7.2.3. Надходження шкідливостей від людей в теплий період року 44
7.2.4. Надходження шкідливостей від людей в холодний період року 46
7.2.5. Теплонадодження від їжі 47
7.2.6. Вологонадходження від їжі 48
7.3. Тепловий баланс приміщень 50
РОЗДІЛ 8. ПРИНЦИПОВІ РІШЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНУ 52
8.1. Принципові рішення системи вентиляції 52
8.2. Розрахунок повітрообміну обідньої зали 53
8.2.1. Розрахунок повітрообміну за санітарними нормами 53
8.2.2. Розрахунок повітрообміну на розбавлення до ГДК 53
8.2.3. Розрахунок повітрообміну в теплий період року 54
8.2.4. Розрахунок повітрообміну в холодний період року 56
8.3. Баланс повітря у будівлі 58
8.4. Розрахунок повітророзподілення 59
РОЗДІЛ 9. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ 61
9.1. Вихідні дані 61
9.1.1. Параметри зовнішнього повітря 61
9.1.2. Параметри внутрішнього повітря 61
9.1.3. Відносна вологість повітря 62
9.1.4. Мінімальні швидкості руху повітря 62
9.1.5. Максимальні швидкості руху повітря 62
9.2. Теплонадходження 62
9.3. Визначення повітрообміну за шкідливостями 63
РОЗДІЛ 10. АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ 70
10.1. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів 70
10.2. Вибір та розрахунок основного обладнання системи вентиляції 76
10.2.1. Розрахунок та підбір калориферів 76
10.2.2. Розрахунок та підбір фільтру 78
10.2.3. Підбір вентилятора 80

10.2.4. Обладнання припливної камери 81
10.2.5. Підбір припливно-витяжної установки 82
10.3. Акустичний розрахунок системи вентиляції 88
РОЗДІЛ 11. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ 93
11.1 Технологія монтажу системи вентиляції 93
11.1.1. Монтаж системи вентиляції 93
11.1.2. Монтаж канального вентилятора 94
11.1.3. Монтаж повітропроводів 94
11.1.4. Монтажне креслення системи вентиляції В4 96
11.2. Організація монтажу систем 97
11.2.1. Календарний план 97
11.2.2. Лінійний графік (послідовний та потоковий) методи монтажу 98
РОЗДІЛ 12. ОХОРОНА ПРАЦІ 101
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 117

ВСТУП

Даний дипломний проект присвячений розробці систем опалення, вентиляції та кондиціонування підприємства громадського харчування в місті Обухів Київської області.

Системи вентиляції і кондиціонування повітря – це необхідні компоненти систем життєзабезпечення в житлових, комерційних, громадських будівлях. Вони відповідають за очищення, зволоження, формування комфортного мікроклімату в приміщенні, забезпечують усунення неприємних запахів, що особливо важливо для об’єктів громадського харчування.

Інтенсивність повітрообміну в закладах громадського харчування регламентується встановленими стандартами і має бути комфортною для перебування в приміщенні максимальної кількості персоналу та відвідувачів. При відсутності вентиляції в закритих приміщеннях зростає концентрація шкідливих речовин, у першу чергу вуглекислого газу, що негативно позначається на самопочутті людей (викликає сонливість, головний біль, втрату працездатності). Ефективність природних систем невисока, тому різні приміщення на підприємстві обладнують примусовою вентиляцією.

У кухні повинна бути встановлена потужна система витяжки з підпором припливного повітря. Баланс припливного і витяжного повітря повинен схилятися до витяжного. Весь приплив розміщується ближче до виходу з кухні в загальну залу. Це не дасть запахам потрапляти в залу і в загальні приміщення закладу.

Вимоги, щодо систем вентиляції в зоні зали їдальні:

- в їдальні повинні бути організовані приплив та витяжка повітря;
- в кухні обов'язково встановлюються витяжні зонти над технологічним обладнанням (окрема система, ведеться окремим повітроводом);
- витяжка санвузлів обов'язкова та проектується окремою системою;
- витяжні повітропроводи необхідно виводити вище конька покрівлі.

ЧАСТИНА І. ВИХІДНІ ДАНІ

РОЗДІЛ 1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Паспорт об’єкту

Теплопостачання будівлі здійснюється від теплової мережі, що приєднується до вузла теплового вводу у підвалі підприємства громадського харчування.

Запроектована двотрубна колекторна горизонтальна система водяного опалення з поліетиленових труб. Для відключення гілок та спуску води на магістралях встановлюються вентилі та трійники з пробками. Випуск повітря із системи опалення здійснюється через повітряні крани, встановлені на опалювальних приладах. На підводах до приладів встановлюються термостатичні крани.

В якості опалювальних приладів радіатори VOGEL & NOOT типів 11VK, 21 VK.

Магістралі системи опалення та горизонтальні трубопроводи системи теплопостачання калориферів прокладаються з уклоном 0,002.

Технічні рішення прийняті в робочих кресленнях відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших норм, що діють на території України та забезпечують безпечну для життя та здоров’я людей експлуатацію об’єкта.

1.2. Характеристика об'єкту та географічний пункт будівництва

Проектується система вентиляції у місті: **Обухів**

- Призначення будівлі: **Їдальня**
- Географічна широта: **50** °пн.ш
- Барометричний тиск: **990** гПа
- Орієнтація зовнішньої стіни входу за сторонами світу: Пд
- Висота приміщень (від підлоги до стелі), Н = **3,0** м
- Площа обідньої зали: **200** м^2
- Кількість людей:
  - відвідувачі **246** люд.
  - персонал **40** люд.
- Теплоносій - вода

  $\mathbf{t_г}$ = 90 °С

  $\mathbf{t_о}$ = 70 °С

1.3. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Таблиця 1.1 «Розрахункові параметри зовнішнього повітря»

Період року	Температура t_{ext},°C	Ентальпія I_{ext}, кДж/кг	Вологовміст d_{ext}, г/кг	Відносна вологість φ_{ext} %
Теплий	23,7	53,6	12,4	67
Холодний	-22	-20,7	0,53	100

1.4. Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Температура і швидкість руху повітря в робочій зоні:

- для теплого періоду V_{wz} = 0,5 м/с
- для холодного періоду V_{wz} = 0,2 м/с

Температура у робочій зоні в теплий період року:

$$t^{тп}_{wz}=t^{тп}_{ext}+\Delta t_{wz} \quad (1.1)$$

t_{ext} - температура зовнішнього повітря теплий період

Δt_{wz} - нормативний перепад температур (4 °C)

$t^{тп}_{wz}$= 23,7+4= 27,7 °C

Температура повітря, що видаляється із верхньої зони приміщення:

$$t_l=t_{wz}+gradt\cdot(H-h_{wz}) \quad (1.2)$$

t_{wz} - температура в робочій зоні

gradt - градієнт температур

$gradt^{тп}$= 1,3 °C/м

$gradt^{хп}$= 1,3 °C/м

h_{wz} - висота робочої зони, приймаємо 1,5 м

H - висота приміщення

$t^{тп}_{lО.З.}$= 27,7+1,3·(3-1,5)= 29,7 °C

$t^{хп}_{lО.З.}$= 16+1,3·(3-1,5)= 17,3 °C

$t^{тп}_{lГ.Ц.}$= 27,7+1,3·(3-1,5)= 29,7 °C

$t^{хп}_{lГ.Ц}$= 18+0,8·(3-1,5)= 18,8 °C

Таблиця 1.2 «Розрахункові параметри внутрішнього повітря»

Примі-щення	Період року	Температура		Відносна вологість φ, %	Швидкість повітря V, м/с	ГДК CO_2, г/кг
		t_{wz},°C	t_l,°C			
Обідня зала	Теплий	27,7	29,7	≤ 60%	0,5	3,7
	Холодний	16	17,3		0,2	
Гарячий цех	Теплий	27,7	29,7	≤ 60%	0,5	3,7
	Холодний	18	18,8		0,2	

ЧАСТИНА ІІ. ОПАЛЕННЯ

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР БУДІВЕЛЬНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1. Умови експлуатації та опори теплопередачі огороджувальних конструкцій

При $12<t_{вн}<24$°С і відносній вологості φ=55% приймаємо нормальний режим експлуатації приміщень. Нормальному режиму експлуатації приміщень будинку відповідають умови експлуатації огороджувальних конструкцій – Б.

Підбір зовнішніх огороджуючих конструкцій опалюваного будівлі в цій роботі проводиться при умовах експлуатації Б тільки за обов'язкового виконання головної умови для забезпечення теплової надійності оболонки будинку:

$$R_o \geq R_{q\,min},$$

R_o – опір теплопередачі для термічно однорідних огороджувальних конструкцій, $м^2 \cdot К/Вт$;

$R_{q\ min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої чи світлопрозорої огороджувальної конструкції, $м^2 \cdot К/Вт$.

Мінімально допустиме значення, $R_{q\ min}$, опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій приймається за рекомендаціями.

2.2. Теплотехнічний розрахунок та підбір огороджувальних конструкцій

Нижче наведено розрахунок огороджувальних конструкцій:

Зовнішні стіни (ЗС)

Нормативний опір теплопередачі: $R_{q\,min}$= 3,30 $м^2 \cdot °С/Вт$

Конструкція зовнішньої стіни:

- Залізобетонна панель з утеплювачем із пінополістиролу

  $\delta_{табл}$= 0,345 м

  $R_{табл}$= 2,07 $м^2°С/Вт$

- Утеплювач: пінополістирол

  $\lambda_{ут}$= 0,055 Вт/(м°С)

Визначаємо розрахункову товщину утеплювача:

$\alpha_{вн}$= 8,7 Вт/(м^2°С) - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні ОК.

$\alpha_{зов}$= 23 Вт/(м^2°С) - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ОК.

$\delta_{ут}=\lambda_{ут}*(R_{q\ min}-R_{q\ табл}-1/\alpha_{зов}-1/\alpha_{вн})$= 0,055*(3,3-2,07-1/8,7-1/23)= 0,059 м

Приймаємо $\delta_{ут}$= 0,06 м

Визначаємо дійсний опір теплопередачі зовнішніх стін:

$R_0=1/\alpha_{зов}+R_{q\ табл}+\delta_{ут}/\lambda_{ут}+1/\alpha_{вн}$= 1/23+2,07+0,06/0,055+1/8,7= 3,320 м^2°С/Вт

$R_o \geq R_{q\ min}$: 3,32 ≥ 3,3 - умова виконується

Загальну товщину стіни з додатковим утеплювачем становить:

$\delta_{заг}=\delta_{табл}+\delta_{ут}$= 0,345+0,06= 0,405 м

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін рівний: k =1/3,32=0,302 Вт/(м^2·°С)

Безгорищне перекриття (БП)

Нормативний опір теплопередачі : $R_{q\ min}$= 5,35 м^2·°С/Вт

Конструкція безгорищного перекриття:

- Тришарові панелі з важкого бетону з утеплювачем з пінополістиролу

  $\delta_{табл}$= 0,350 м

  $R_{табл}$= 3,35 м^2°С/Вт

- Утеплювач: пінополістирол

  $\lambda_{ут}$= 0,055 Вт/(м°С)

Визначаємо розрахункову товщину утеплювача:

$\delta_{ут}=\lambda_{ут}*(R_{q\ min}-R_{q\ табл}-1/\alpha_{зов}-1/\alpha_{вн})$= 0,055*(5,35-3,35-1/8,7-1/23)= 0,101 м

Приймаємо $\delta_{ут}$= 0,110 м

Визначаємо дійсний опір теплопередачі безгорищного перекриття:

$R_0=1/\alpha_{зов}+R_{q\ табл}+\delta_{ут}/\lambda_{ут}+1/\alpha_{вн}$= 1/23+3,35+0,11/0,055+1/8,7= 5,509 м^2°С/Вт

$R_o \geq R_{q\ min}$: 5,509 ≥ 5,35 - умова виконується.

Загальну товщину перекриття з додатковим утеплювачем становить:

$\delta_{заг}=\delta_{табл}+\delta_{ут}$= 0,35+0,11= 0,460 м

Коефіцієнт теплопередачі безгорищного перекриття рівний: $k = 1/5{,}509 = 0{,}182$ Вт/(м^2·°С)

Перекриття над неопалюваним підвалом (ПП)

Нормативний опір теплопередачі : $R_{q\ min}$= 3,75 м^2·°С/Вт

Конструкція перекриття:

- Лінолеум на мастиці, стяжка з легкого бетону δ=0,5 м, гідроізоляція, тришарова залізобетонна панель з утеплювачем з пінополістиролу

  $\delta_{табл}$= 0,345 м

  $R_{табл}$= 2,38 м^2°С/Вт

- Утеплювач: пінополістирол

  $\lambda_{ут}$= 0,055 Вт/(м°С)

Визначаємо розрахункову товщину утеплювача:

$\alpha_{зов}$= 12 Вт/(м^2°С) - коефіцієнт тепловіддачі перекриттів над холодними підвалами.

$\delta_{ут}=\lambda_{ут}*(R_{q\ min}-R_{q\ табл}-1/\alpha_{зов}-1/\alpha_{вн})=$ 0,055*(3,75-2,38-1/8,7-1/12)= 0,064 м

Приймаємо $\delta_{ут}$= 0,070 м

Визначаємо дійсний опір теплопередачі перекриття:

$R_0=1/\alpha_{зов}+R_{q\ табл}+\delta_{ут}/\lambda_{ут}+1/\alpha_{вн}=$ 1/23+2,38+0,07/0,055+1/8,7= 3,812 м^2°С/Вт

$R_o \geq R_{q\ min}$: 3,812 ≥ 3,75 - умова виконується

Загальну товщину перекриття з додатковим утеплювачем становить:

$\delta_{заг}=\delta_{табл}+\delta_{ут}=$ 0,345+0,07= 0,415 м

Коефіцієнт теплопередачі перекриття рівний: $k = 1/3{,}83 = 0{,}262$ Вт/(м^2·°С)

Вікна та балконні двері (В,БД)

Нормативний опір теплопередачі: $R_{q\ min}$= 0,75 м^2·°С/Вт

Приймаємо: Пластикові вікна та балконні двері Fashion-Gazda (Rehau evro-design 70)

$R_{q\ min}$ = 0,77 м^2°С/Вт

$R_o \geq R_{q\ min}$: 0,77 ≥ 0,75 - умова виконується

Коефіцієнт теплопередачі вікон та дверей рівний: $k = 1/0{,}77 = 1{,}299$ Вт/(м^2·°С)

Вхідні двері (ВД)

Нормативний опір теплопередачі: $R_{q\ min}$= 0,50 м^2·°С/Вт

Приймаємо конструкцію входу:

- Зовнішні металеві двері, утеплені плитами з мінеральної вати

  $\lambda_{ут}$= 0,046 Вт/(м°С)

- тамбур

- Дерев'яні двері

  $\lambda_{табл}$= 0,230 Вт/(м°С)

  $\delta_{табл}$= 0,040 м

Потрібна товщина утеплювача визначається, м, визначається з урахуванням трьох внутрішніх тепловідділювальних поверхонь (внутрішня поверхня зовнішніх дверей та дві поверхні внутрішніх дверей)

$\delta_{ут}=\lambda_{ут}*(R_{q\ min}-1/\alpha_{зов}-\delta_{табл}/\lambda_{табл}-1/\alpha_{вн}-1/\alpha_{вн}-1/\alpha_{вн})$

$\delta_{ут}$= 0,046*(0,5-1/23-0,04/0,23-1/8,7-1/8,7-1/8,7)= -0,003 м

Таким чином утеплювач не потрібний.

$R_o=1/\alpha_{зов+}\delta_{табл}/\lambda_{табл}+1/\alpha_{вн}+1/\alpha_{зов}+1/\alpha_{вн}$

R_o= 1/23+0,04/0,23+1/8,7+1/8,7+1/8,7= 0,57

$R_o \geq R_{q\ min}$: 0,57 ≥ 0,5 - умова виконується

Коефіцієнт теплопередачі вхідних дверей рівний: k =1/0,5=2 Вт/(м^2·°С)

Внутрішні стіни (ВС)

Потрібний опір теплопередачі залізобетонної перегородки між приміщеннями:

- Санвузол: $t_{в1}$= 25 °С
- Кімната: $t_{в2}$= 20 °С

$t_{в1}$, $t_{в2}$ – розрахункові температури внутрішнього повітря в суміжних приміщеннях, ^{0}С;

$\Delta t_{сг}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції приймається $\Delta t_{ст}$ = 4,0 ^{0}С.

Потрібний опір теплопередачі:

$R_{потр}=(t_{в1}-t_{в2})/\alpha_{вн}*\Delta t=$ (25-20)/8,7*4= 0,15 м²°С/Вт

Фактичний опір теплопередачі:

$R_0=1/\alpha_{зов}+\delta_{табл}/\lambda_{табл}+1/\alpha_{вн}=$ 1/23+0,06/1,92+1/8,7= 0,190

$R_o \geq R_{q\ min}$: 0,19 ≥ 0,15 - умова виконується

Загальна товщина конструкції - 0,06м

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін рівний: k =1/0,19=5,264 Вт/(м²·°С)

Внутрішні стіни (ВС)

Потрібний опір теплопередачі залізобетонної перегородки між приміщеннями:

- Кімната: $t_{в1}=$ 25 °С
- Сходовий хол: $t_{в2}=$ 18 °С

Потрібний опір теплопередачі:

$R_{потр}=(t_{в1}-t_{в2})/\alpha_{вн}*\Delta t=$ (25-18)/8,7*4= 0,21 м²°С/Вт

Фактичний опір теплопередачі:

$R_0=1/\alpha_{зов}+\delta_{табл}/\lambda_{табл}+1/\alpha_{вн}=$ 1/23+0,08/1,92+1/8,7= 0,210

$R_o \geq R_{q\ min}$: 0,21 ≥ 0,21 - умова виконується

Загальна товщина конструкції - 0,08м

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін рівний: k =1/0,21=4,762 Вт/(м²·°С)

Результати розрахунку та підбору огороджувальних конструкцій зводимо у таблицю:

Таблиця 2.1 «Огороджувальні конструкції»

Найменування огороджувальної конструкції	Опір теплопере-дачі, м²·°С/Вт		Коефіцієнт теплопередачі k, Вт/(м²•°С)	Опис конструкцій	$\delta^{заг}$
	$R_{q,min}$	R_o			
Зовнішня стіна	3,30	3,32	0,302	Залізобетонна панель з утеплювачем із пінополістиролу	**0,405**

Продовження таблиці 2.1 «Огороджувальні конструкції»

Найменування огороджувальної конструкції	Опір теплопере-дачі, $м^{2}.^{o}С/Вт$		Коефіцієнт теплопередачі k, $Вт/(м^{2}•°С)$	Опис конструкцій	$\delta^{заг}$
	$R_{q,min}$	R_o			
Безгорищне перекриття	5,35	5,51	0,182	Тришарові панелі з важкого бетону з утеплювачем з пінополістеролу	**0,460**
Перекриття над підвалом	3,75	3,83	0,262	Лінолеум на мастиці, стяжка з легкого бетону δ=0,5 м, гідроізоляція, тришарова залізобетонна панель з утеплювачем з пінополістеролу	**0,415**
Вікна та балконні двері	0,75	0,77	1,299	Пластикові вікна та балконні двері Fashion-Gazda (Rehau evro-design 70)	-
Зовнішні двері	0,50	0,50	2,000	Металеві двері з утеплювачем з мін.вати, тамбур - дерев'яні двері δ = 0,04 м	-
Внутрішні стіни	0,15	0,19	5,264	Залізобетонна панель	**0,060**
Внутрішні стіни	0,21	0,21	4,762	Залізобетонна панель	**0,080**

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

3.1. Методика розрахунку огороджень

Метою теплотехнічного розрахунку є вибір конструкції огородження таким чином щоб фактичний опір теплопередачі був не менший розрахункового

$$R_0^{ф} >= R_0^{н}.$$

Фактичний опір теплопередачі визначається:

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_з}; \frac{м^2 \cdot ^0 C}{Вт} \quad (1)$$

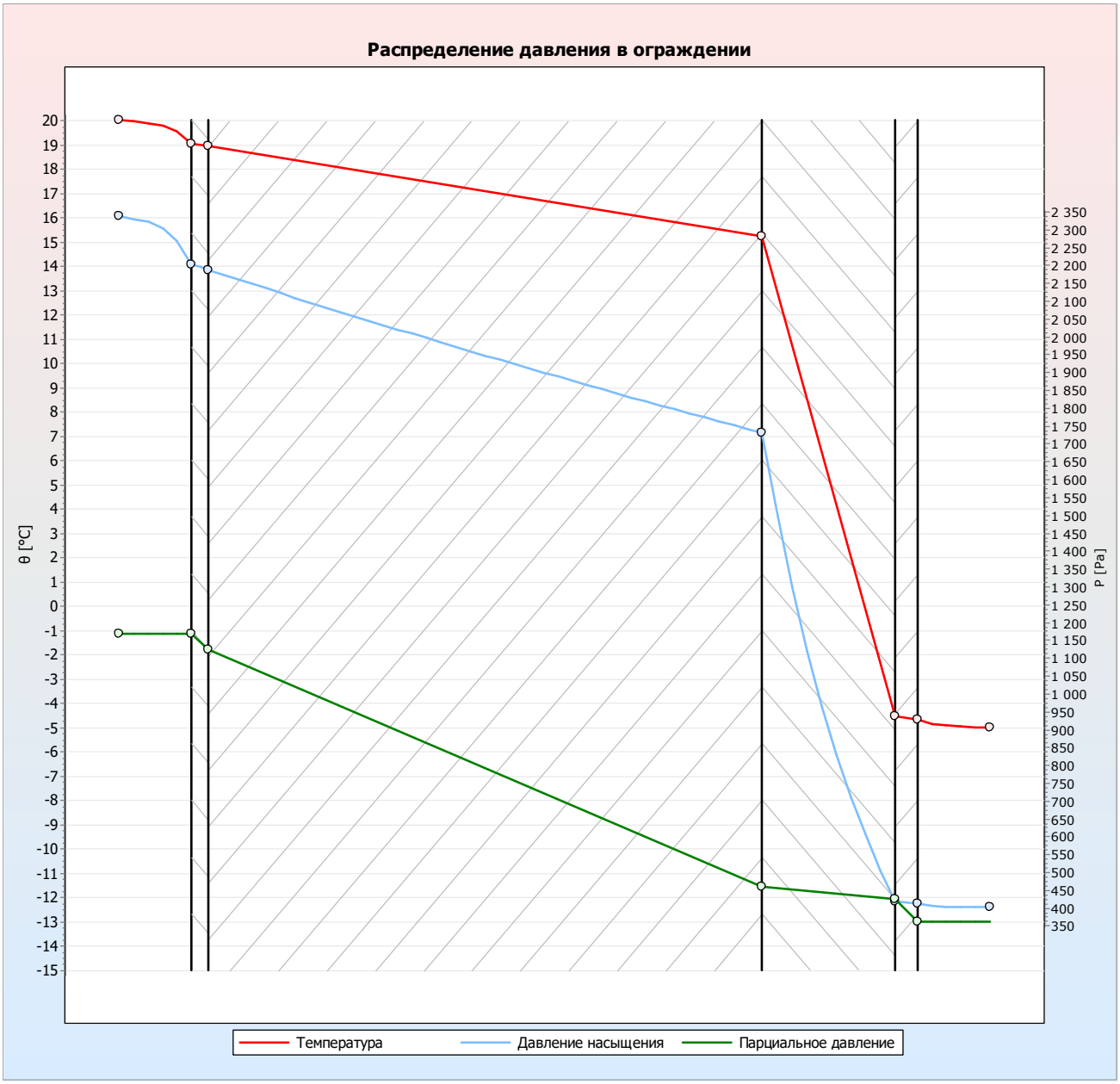
$\alpha_в$ - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до внутрішньої стінки огородження (для стін, гладких стель – 8,7 Вт/(м^2 ^{0}С));

$\delta_1 \ldots \delta_i$ - товщини шарів огородження;

$\lambda_1 \ldots \lambda_i$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалів приймаємо в залежності від умов експлуатації огороджень. Умови експлуатації огороджень визначаємо в залежності від вологісного режиму приміщення та зони вологості приміщення. Для даного варіанту вологісний режим приміщень нормальний і зона вологості нормальна. Отже умови експлуатації огороджувальних конструкцій буде А.

$\alpha_з$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішнього поверхні огороджень зовнішньому повітрю визначаємо (для стін - $\alpha_з$ =23 Вт/(м^2 ^{0}С) ;для горищного перекриття $\alpha_з$ =12 Вт/(м^2 ^{0}С);для над підвального перекриття $\alpha_з$ =6 Вт/(м^2 ^{0}С)).

Схематичний розріз стіни :



3.2. Розрахунок тепловтрат приміщень

Розрахункові теплові втрати приміщення за рахунок теплопередачі через будівельні огородження $\boldsymbol{\Phi_{T,i}}$, Вт, слід обчислювати за формулою, що наведена нижче і враховує основні можливі варіанти влаштування приміщення:

$$\boldsymbol{\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)}, \text{ Вт}$$

де: $\boldsymbol{H_{T,ie}}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, 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;

$H_{T,ij}$ – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через огороджувальну конструкцію до суміжного опалюваного приміщення із іншою розрахунковою температурою, Вт/°С.

Орієнтацію будинку та додаткові тепловтрати у вигляді Σβ вказуємо на схемі будинку.

Тепловтрати приміщень на інших поверхах розраховуємо за допомогою приведеного коефіцієнта.

Тепловтрати на 2-8 поверхах будуть однакові. На цих поверхах тепловтрати через міжповерхове перекриття не враховується.

Проектне теплове навантаження системи опалення приміщення визначають за формулою теплового балансу приміщення

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} + \Phi_{Q,i}\text{ , Вт}$$

де: $\Phi_{T,i}$ – трансмісійні тепловтрати через огороджувальні конструкції приміщення, Вт;

$\Phi_{V,i}$ – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення, Вт;

$\Phi_{RH,i}$ – додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення, яка враховує ефект тимчасовості обігріву приміщення, Вт;

$\Phi_{Q,i}$ – інші можливі регулярні тепловтрати, або теплонадходження до опалюваного приміщення, Вт.

Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря:

$$H_{T,ie} = \Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \text{ , Вт/°С}$$

Останні поправочні коефіцієнти визначаються національними будівельними стандартами. Коефіцієнт теплопередачі k-будівельної конструкції огородження приміщення Uk визначається на попередніх етапах проектування системи опалення при теплотехнічному розрахунку зовнішніх будівельних конструкцій згідно ДБН В.2.5-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Характеристика трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через неопалюване приміщення до зовнішнього середовища визначається за формулою:

$$H_{T,iue} = \Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u \text{ , Вт/°С}$$

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

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\Sigma_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w \text{ , Вт/°С}$$

Характеристика трансмісійних тепловтрат (теплонадходжень) в приміщеннях, що мають різні розрахункові температури внутрішнього повітря:

$$H_{T,ij} = \Sigma_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \text{ , Вт/°С}$$

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення:

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

При відсутності організованого притоку:

$$V_i = max\,(V_{inf,i}, V_{min,i}) \text{ , м}^3\text{/год.}$$

$$V_{inf,i} = 2 \cdot v_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \text{ , м}^3\text{/год}$$

Для нежитлових та невиробничих:

$$V_{min,i} = Q_{tot} = n \cdot q_p + S \cdot q_B, \text{ м}^3\text{/год}$$

Додаткову компенсаційну теплову потужність для системи періодичного опалення:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, \text{ Вт}$$

Проектне теплове навантаження опалення будівлі визначають за формулою:

$$\boldsymbol{\Phi_{HL} = \Sigma\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Sigma\Phi_{RH,i}},\ \text{Вт}$$

Загальні розрахункові тепловтрати опалювального приміщення за спрощеною методикою обчислюються за формулою:

$$\boldsymbol{\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i}},\ \text{Вт}$$

Трансмісійні тепловтрати опалювального приміщення $\Phi_{T,i}$ за спрощеною методикою обчислюються за формулою:

$$\boldsymbol{\Phi_{T,i} = \Sigma_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)},\ \text{Вт}$$

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення $\Phi_{V,i}$ за спрощеною методикою обчислюються за формулою:

$$\boldsymbol{\Phi_{V,i} = V_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)},\ \text{Вт}$$

Визначення теплової потужності системи опалення будівлі за спрощеною методикою виконується за формулою:

$$\boldsymbol{\Phi_{HL} = \Sigma\Phi_{T,i} + \Sigma\Phi_{V,i} + \Sigma\Phi_{RH,i} + \sum\Phi_{Q,i}},\ \text{Вт}$$

Кліматологічні дані та характеристики вітру наведені в таблицях 3.1 та 3.2.

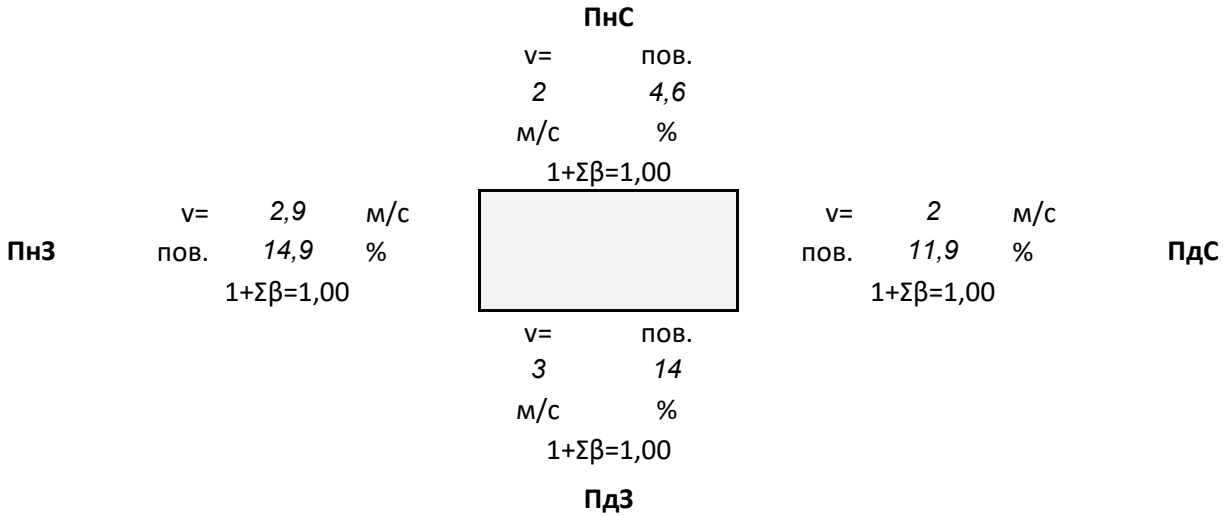
Таблиця 3.1 «Кліматологічні дані для холодного періоду року»

Місто	Зона вологості	Температура найхолодніші доби tзовн.1, С	Температура найхолоднішої п'ятиденки tзовн.5, С	Опалювальний сезон		Кількість градусодіб So.c, гр.діб	Кліматична зона
				Середня температура to.c, С	Тривалість Zo.c, діб		
Обухів	**Н**	**-26**	**-22**	**-1,1**	**187**	**3572**	**І**

Таблиця 3.2 «Напрямок і швидкість руху у січні»

Напрямок	Пн	ПнС	Сх	ПдС	Пд	ПдЗ	Зх	ПнЗ
Повторюваність, %	11,2	4,6	5,8	11,9	14,1	14	23,5	14,9
Швидкість, м/с	3,2	2	1,7	2	2,7	3	3	2,9

Схема розташування будівлі та орієнтація огороджень



Розрахунок тепловтрат по приміщеннях наведений в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 «Розрахунок тепловтрат приміщеннями»

Приміщення			Огороджувальна конструкція						Теплові мости			Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, e_l	Температурний коефіцієнт кореляції (неопал.пр.), b_u	Поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температур в сусідніх опалюваних приміщеннях, δi	Характеристика трансмісійних тепловтрат через огороджувальні конструкції приміщення назовні, $H_{T,i}$	Характеристика трансмісійних тепловтрат опал. прим. через ОК до суміжного опалювального приміщення i_3	Трансмісійні тепловтрати приміщення, $\Phi_{T,i}$, Вт	Мінімальний санітарно-гігієнічний повітрообмін в приміщенні, $V_{min,i}$, м³/год	Характеристика інфільтраційних тепловтрат приміщення, $H_{V,i}$, Вт/°С	Вентиляційні тепловтрати приміщення (без механічної вентиляції), $\Phi_{V,i}$, Вт	Інші постійні (періодичні) тепловтрати (надходж.), Φ_{Qi}, Вт	Теплова потужність СО приміщення (без вентиляційних тепловтрат), $\Phi_{hl,i}$, Вт	Теплова потужність системи опалення приміщення, $\Phi_{HL,i}$, Вт
№ Приміщення/Найменування	Площа приміщення, A_i, м²	Температура, $\Theta_{int,i}$, °С	Позначення	Орієнтація	Довжина, a, м	Ширина (висота), $b(h)$, м	Площа, $A_к$, м²	Коефіцієнт теплопередачі, U_k, Вт/м²*°С	Поправочний коефіцієнт додаткових тепловтрат, $e_к$	Коефіцієнт теплопередачі теплового мосту, ψ_l, Вт/(м·°С)	Довжина теплового мосту, l, м												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	45,05	22	ЗС	ПнС	20,90	3,00	59,1	0,302	1,00	0,44	1,2	1,0			18,38								
Кори-дор			ЗС	ПнЗ	2,70	3,00	8,1	0,302	1,00						2,45								
	6,4		В	ПнС	1,20	1,50	3,6	1,299	1,00						4,68		1820	40,5	13,8	1435	128	1948	3130
			ПЛ	-	2,50	20,70	51,8	0,262	1,00				0,39	0,39		5,24							
			СТ	-	2,50	20,70	51,8	0,182	1,00						9,42								
2	200	20	ЗС	ПнС	19,70	3,00	44,7	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			14,03								
Обід-ня зала	28,6		В	ПнС	1,20	1,50	14,4	1,299	1,00						18,71								
			ПЛ	-	10,40	19,80	207,2	0,262	1,00				0,39	0,386		20,974	4279	40,5	13,8	6347	1993	6272	8640
			СТ	-	10,40	19,80	207,2	0,182	1,00						37,71								
3	19,65	20	ЗС	ПнС	3,30	3,00	9,9	0,302	1,00						2,99								
-	2,8		ЗС	ПдС	6,30	3,00	17,6	0,302	1,00						5,32								
			ПЛ	-	6,40	3,40	22,2	0,262	1,00				0,39	0,386		2,2472	734	40,5	13,8	626	197	930	1170
			СТ	-	6,40	3,40	22,2	0,182	1,00						4,04								
			БД	ПдС	0,60	2,20	1,3	1,299	1,00	0,44	0,60	1,00			1,98								
4	19,02	20	ЗС	ПнС	3,30	3,00	9,9	0,302	1,00						2,99								
-	2,7		ЗС	ПдС	6,10	3,00	18,3	0,302	1,00						5,53								
			ПЛ	-	6,20	3,40	21,5	0,262	1,00				0,39	0,386		2,1764	661	40,5	13,8	606	190	851	1080
			СТ	-	6,20	3,40	21,5	0,182	1,00						3,91								

Продовження таблиці 3.3 «Розрахунок тепловтрат приміщеннями»

5	19,94	20	ЗС	ПдС	6,20	3,00	18,6	0,302	1,00						5,62		683	40,5	13,8	635	199	882	1120
-	2,8		ЗС	Пдз	3,40	3,00	10,2	0,302	1,00						3,08								
			ПЛ	-	6,30	3,50	22,5	0,262	1,00				0,39	0,386		2,2776							
			СТ	-	6,30	3,50	22,5	0,182	1,00						4,10							
6	34,19	20	ЗС	Пдз	4,30	3,00	9,3	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			3,34		844	40,5	13,8	1089	342	1186	1600
-	4,9		В	Пдз	1,20	1,50	3,6	1,299	1,00						4,68								
			ПЛ	-	8,40	4,40	37,5	0,262	1,00				0,39	0,386		3,80							
			СТ	-	8,40	4,40	37,5	0,182	1,00						6,83							
7	21,91	20	ЗС	Пдз	2,80	3,00	6,6	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			2,52		533	40,5	13,8	698	219	752	1020
-	3,1		В	Пдз	1,20	1,50	1,8	1,299	1,00						2,34								
			ПЛ	-	8,40	2,90	24,8	0,262	1,00				0,39	0,386		2,5104							
			СТ	-	8,40	2,90	24,8	0,182	1,00						4,51							
8	73,46	20	ЗС	Пдз	9,10	3,00	21,9	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			7,14		1674	40,5	13,8	2339	735	2409	3280
-	10,5		В	Пдз	1,20	1,50	5,4	1,299	1,00						7,01								
			ПЛ	-	8,40	9,20	78,0	0,262	1,00				0,39	0,386		7,90							
			СТ	-	8,40	9,20	78,0	0,182	1,00						14,20								
09(11)	23,56	20	ЗС	Пдз	3,00	3,00	7,2	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			2,70		564	40,5	13,8	750	236	800	1080
-	3,4		В	Пдз	1,20	1,50	1,8	1,299	1,00						2,34								
			ПЛ	-	8,40	3,10	26,5	0,262	1,00				0,39	0,386		2,6825							
			СТ	-	8,40	3,10	26,5	0,182	1,00						4,82								
10(12)	23,56	20	ЗС	Пдз	3,00	3,00	9,0	0,302	1,00						2,72		489	40,5	13,8	750	236	724	1010
-	3,4		ПЛ	-	8,40	3,10	26,5	0,262	1,00				0,39	0,386		2,6825							
			СТ	-	8,40	3,10	26,5	0,182	1,00						4,82								
13	24,38	20	ЗС	Пдз	3,10	3,00	7,5	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			2,79		580	40,5	13,8	776,2	243,8	823,78	1120
-	3,0		В	Пдз	1,20	1,50	1,8	1,299	1,00						2,34								
			ПЛ	-	8,40	3,20	27,4	0,262	1,00				0,39	0,39		2,77							
			СТ	-	8,40	3,20	27,4	0,182	1,00						4,99								
14	21,10	20	ЗС	Пдз	2,70	3,00	8,1	0,302	1,00						2,45		441,7	40,5	13,8	672	211	652,69	910
-	2,6		ПЛ	-	8,40	2,80	24,0	0,262	1,00				0,39	0,386		2,4295							
			СТ	-	8,40	2,80	24,0	0,182	1,00						4,37								

Продовження таблиці 3.3 «Розрахунок тепловтрат приміщеннями»

15	37,54	20	ЗС	ПдЗ	6,30	3,00	17,1	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			5,69		1204	40,5	13,8	1196	375,7	1579,2	2030
-	4,7		ЗС	ПнЗ	6,20	3,00	16,8	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			5,60								
			В	ПдЗ	1,20	1,50	1,8	1,299	1,00						2,34								
			В	ПнЗ	1,20	1,50	1,8	1,299	1,00						2,34								
			ПЛ	-	6,30	6,40	40,9	0,262	1,00				0,39	0,386		4,1402							
			СТ	-	6,30	6,40	40,9	0,182	1,00						7,44								
16	8,11	20	ЗС	ПнЗ	1,50	3,00	3,2	0,302	1,00						0,97		254,9	40,5	13,8	258,4	81,14	335,99	440
-	1,0		ПЛ	-	1,60	6,10	10,1	0,262	1,00				0,39	0,386		1,0224							
			СТ	-	1,60	6,10	10,1	0,182	1,00						1,84								
			БД	ПнЗ	0,60	2,20	1,3	1,299	1,00	0,44	0,6	1,00			1,95								
17	20,46	20	ЗС	ПнЗ	3,60	3,00	9,0	0,302	1,00	0,44	1,20	1,0			3,25		212,4	40,5	13,8	651,6	204,6	416,96	660
-	2,9		В	ПнЗ	1,20	1,50	1,8	1,299	1,00						2,34								
18	11,64	20	ЗС	ПнЗ	2,10	3,00	6,3	0,302	1,00						1,90		274,5	40,5	13,8	370,7	116,4	390,86	530
-	1,7		ПЛ	-	2,20	6,10	13,8	0,262	1,00				0,39	0,386		1,3969							
			СТ	-	2,20	6,10	13,8	0,182	1,00						2,51								
19	15,76	20	ЗС	ПнЗ	2,80	3,00	8,4	0,302	1,00						2,54		361,8	40,5	13,8	501,8	157,6	519,43	710
-	2,3		ПЛ	-	2,90	6,10	18,1	0,262	1,00				0,39	0,386		1,8322							
			СТ	-	2,90	6,10	18,1	0,182	1,00						3,29								

РОЗДІЛ 4. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Визначимо теплову потужність системи опалення. Теплова потужність системи опалення визначається за формулою:

$$Q = \left(Q_{буд} - Q_3\right) + Q_2, Вт, \tag{4.1}$$

де $Q_{буд}$ - сумарні тепловтрати приміщеннями;

Q_3 – побутові теплові надходження в приміщення будинку, які в даному проектному рішенні приймаємо рівними нулю, тому що кількість побутових джерел тепловиділень значно менша від загальних тепловтрат.

Q_2 - втрати тепла трубопроводами які прокладені в неопалювальних приміщеннях, визначаємо за формулою:

$$Q_2 = \sum L \cdot q \cdot 10^{-3}, кВт, \tag{4.2}$$

$\sum L$ - сума довжин ділянок труб, оскільки ми ще не маємо розведення трубопроводів то довжини ділянок труб визначаємо наближено, $\sum L_{под.}$=333,65м; $\sum L_{зв}$=574,65м; $\sum L$=908,3м.

q – тепловіддача 1м труби, яка визначається в залежності від: подаючий чи зворотній трубопровід і діаметра. Умовно приймаємо найбільший діаметр трубопроводів d=65мм. Отже тепловіддача буде мати наступні значення:

- для подаючого трубопроводу q=27 Вт/м^2,
- для зворотного трубопроводу q=17 Вт/м^2.

Отже підставимо у формулу:

$$Q_2^{под} = 333{,}65 \cdot 27 \cdot 10^{-3} = 9{,}01, кВт,$$

$$Q_2^{зв} = 574{,}65 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 9{,}77, кВт,$$

Загальні тепловтрати трубопроводами які прокладені в неопалювальних приміщеннях будуть рівні:

$$Q_2 = Q_2^{под} + Q_2^{зв} = 9{,}01 + 9{,}77 = 18{,}78 кВт \tag{4.3}$$

Підставимо всі дані у формулу:

$$Q = 102510 + 18{,}78 = 102528 кВт,$$

Розрахункове річне тепло споживання системою опалення визначається:

$$Q_{річ} = \frac{0{,}0864 \cdot Q \cdot s}{t_в - t_з}, кВт \qquad (4.4)$$

де, s – кількість градусодіб для даного району, s=2904г-д.

$t_в$ =18^{0}C;

$t_з$ - температура найбільш холодної п’ятиденки забезпеченістю 0,92,

$t_з$ =-20^{0}C.

Отже підставимо у формулу:

$$Q_{річ} = \frac{0{,}0864 \cdot 102528 \cdot 2904}{18 + 20} = 585{,}4 кВт .$$

РОЗДІЛ 5. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

5.1. Конфігурація системи опалення з урахуванням архітектурно-планувальних особливостей та призначення будівлі

На підставі розгляду декількох можливих варіантів конфігурації системи опалення з урахуванням нормативних документів та рекомендацій на проектування – була прийнята двотрубна горизонтальна система водяного опалення з тупіковим рухом теплоносія в приладових ділянках з нижньою розводкою магістральних трубопроводів. Параметри теплоносія в системі опалення 90-70 °С. Система опалення підключається до теплової мережі по незалежній схемі з використанням теплообмінника та циркуляційних насосів.

Горизонтальна система опалення забезпечує кращі санітарно-гігієнічні умови, має більш естетичний вигляд, так як є можливість прокладання горизонтальних ділянок трубопроводу в підлозі, або застосувати плінтусний варіант прокладання трубопроводів, дає можливість регулювання кількості теплоти, яка надходить до приміщення, за допомогою термостатичних клапанів.

Техніко-економічні показники прийнятої схеми системи водяного опалення вигідно відрізняються від економічних показників інших систем опалення:

- за рахунок кращого теплового регулювання при встановленні радіаторних термостатів в двотрубній системі досягається найбільший ефект енергозбереження (до 25% в порівнянні з нерегульованими системами);
- перепад температур води у кожному опалювальному приладі постійний і при температурному перепаді 90-70°С забезпечує високий температурний напір та тепловий потік від опалювальних приладів;
- конструктивно система має обмежене число проходів через перекриття;
- незначні втрати тиску;
- система опалення має достатньо спрощену схему гідравлічного розрахунку та теплотехнічного розрахунку опалювальних приладів;

- можливість відключення приладових віток при проведенні регламентних, ремонтних та експлуатаційних робіт у відповідних приміщеннях;
- горизонтальна система опалення, при прокладанні приладових гілок у заливних підлогах має більш естетичний вигляд;
- дає можливість регулювання кількості теплоти, яка надходить до приміщення, за допомогою термостатичних клапанів та можливість контролю гнучкого регулювання при відсутності використання приміщення.

Недоліками системи є:

- більша металоємність системи при порівнянні з однотрубною;
- значне використання часу на монтаж та введення в експлуатацію - мається на увазі проведення пуско-налагоджуючого (первинного) регулювання тепловіддачі опалювальних приладів, що є характерним для двотрубної системи.

5.2. Підбір та розміщення опалювальних приладів з урахуванням призначення приміщень

Для обраної системи опалення з урахуванням призначення приміщень пропонується застосовувати панельні алюмінієві армовані стальною трубою радіатори VOGEL & NOOT типів: 11VK, 21 VK висотою 500, 300мм.

Переваги сталевих радіаторів VOGEL & NOOT**:**

- Малий об'єм води сталевого панельного радіатора;
- Швидке нагрівання і економія електроенергії;
- Сучасний дизайн;
- Високоякісна обробка поверхні радіатора;
- Компактність сталевого радіатора при підвищеній тепловіддачі;
- Висока надійність матеріалу радіатора;
- Зручність і простота монтажу із схованим підведенням труб.

5.3. Запірна та регулююча арматура

Запірно-регулююча арматура передбачається для можливості автоматичного регулювання системи опалення та відключення її окремих частин у випадку аварії, ремонту. Для цих цілей використовується автоматичні регулятори перепаду тиску ASV-PV+ASV-M з функцією спорожнення системи. Для автоматичного підтримання температури приміщень на заданому рівні використовують терморегулятори RTD-3640 фірми "Danfoss". Термостатичні головки встановлюються в горизонтальній площині на підводках до опалювальних приладів.

З кожного опалювального приладу і в верхніх точках стояка передбачаємо видалення повітря, що доцільно для горизонтального прокладання трубопроводів. Для цього використовуємо ручні повітровипускні крани Маєвського та автоматичні повітровипускники FIX MATIC 548.

5.4. Трубопроводи системи опалення та їх прокладання

Трубопроводи прокладаються в ніші. Компенсація теплових подовжень здійснюється за допомогою кутів повороту. Трубопроводи в коридорах прокладаються у підвісній стелі. Трубопроводи, що прокладаються на цокольному поверсі в опалювальних приміщеннях не ізолюються.

Вибираємо поліетиленові трубопроводи PE-Xc/AL/PE з антидифузійним шаром фірми KAN для горизонтальної прокладки приладових гілок в заливних

підлогах і сталеві водогазопровідні звичайні труби (ГОСТ 3262-75) для магістральних трубопроводів. Труби з сітірованого поліетилену фірми KAN виготовлені із високоякісного матеріалу, який витримує високі температури, стійкий до корозії, має у 8-10 разів меншу шорсткість, та гарантований термін експлуатації не менше ніж 50 років, швидкий монтаж.

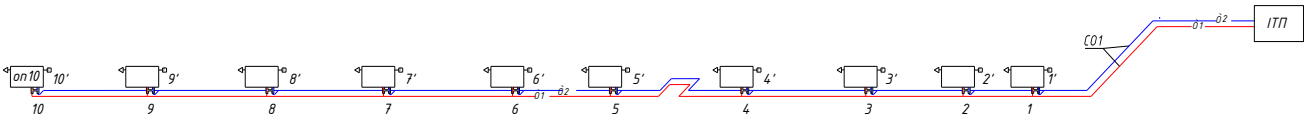
5.5. Теплоізоляція

Трубопроводи ізолюємо теплоізоляцією із спученого поліетилену Thermaflex FRZ (теплоізоляція для труб, розміщених у будівельних розчинах) і Thermoflex Ultra M (для захисту від ультрафіолетових променів), що перешкоджає замерзанню трубопроводів, перегріву приміщення, зайвих тепловтрат.

РОЗДІЛ 6. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Гідравлічний розрахунок системи опалення СО-1, СО-2, СО-3 наведений в таблицях 6.1-6.3.

Схема системи опалення СО-1



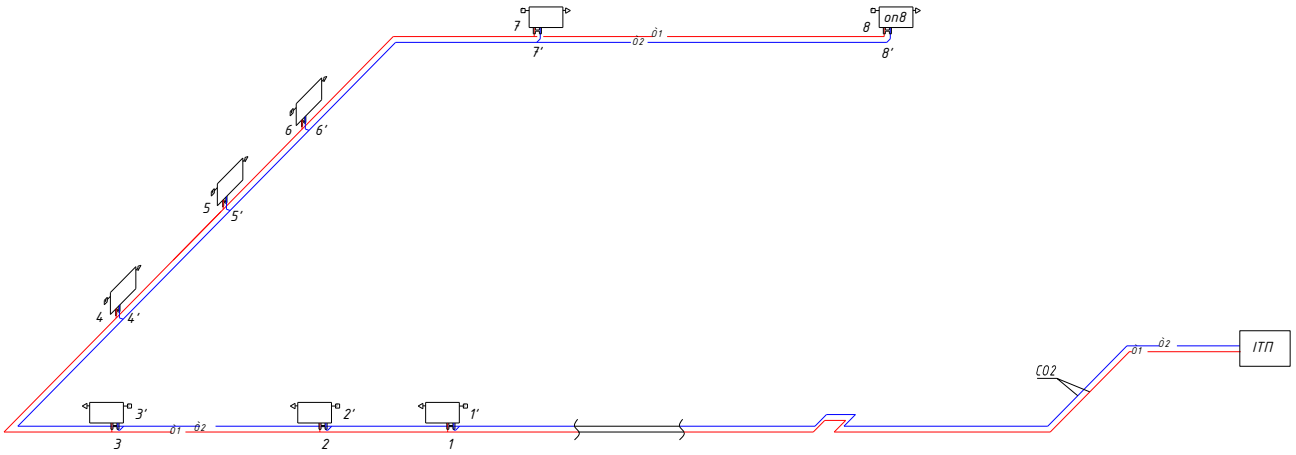
Таблиця 6.1 «Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-1)»

Номер розрахункової ділянки	Теплове навантаження ділянки	Витрата води на ділянці	Довжина ділянки	Діаметр трубопроводу	Приведений коефіцієнт тертя	Питома витрата води	Питомий динамічний тиск	Швидкість води на ділянці	Сумма коефіцієнтів місцевих опорів	Приведений коефіцієнт місцевих	Характеристика опору ділянки	Втрати тиску на ділянці	Загальні втрати тиску
діл.	$Q_{діл}$, Вт	G, кг/год	l, м	d, мм	λ/d, м-1	G/v, (кг/год)/(м/с)	A*10-4, Па/(кг/год)^2	V, м/с	Σξ	ξпр	S , Па/(кг/год)^2	ΔРділ, Па	ΣΔР, Па
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-1)													
ІТП-1	10100	217	8,0	15	2,69	685	0,0010500	0,317	13	35	0,036246	1709	1709
1'-ІТП'	10100	217	8,0	15	2,69	685	0,0010500	0,317	13	35	0,036246	1709	3418
1-2	9300	200	2,5	15	2,69	685	0,0010500	0,292	1	8	0,008111	324	3743
2'-1'	9300	200	2,5	15	2,69	685	0,0010500	0,292	1	8	0,008111	324	4067
2-3	8500	183	3,0	15	2,69	685	0,0010500	0,267	2	10	0,010049	336	4402
3'-2'	8500	183	3,0	15	2,69	685	0,0010500	0,267	2	10	0,010574	353	4756
3-4	7480	161	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,369	1	11	0,028522	738	5493
4'-3'	7480	161	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,369	1	11	0,028522	738	6231
4-5	6380	137	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,314	3	13	0,033628	633	6864
5'-4'	6380	137	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,314	3	13	0,033628	633	7496
5-6	5280	114	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,260	1	11	0,028522	368	7864
6'-5'	5280	114	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,260	1	11	0,028522	368	8231
6-7	4180	90	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,206	1	11	0,028522	230	8462
7'-6'	4180	90	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,206	1	11	0,028522	230	8692

Продовження таблиці 6.1 «Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-1)»

7-8	3100	67	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,153	1	11	0,028522	127	8819
8'-7'	3100	67	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,153	1	11	0,028522	127	8946
8-9	2090	45	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,103	1	11	0,028522	58	9003
9'-8'	2090	45	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,103	1	11	0,028522	58	9061
9-10	1010	22	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,050	1	11	0,028522	13	9074
10'-9'	1010	22	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,050	1	11	0,028522	13	9088
оп 10	1010	22	1,0	10	3,39	436	0,002553	0,050	22	25	0,064831	31	9118

Схема системи опалення СО-2



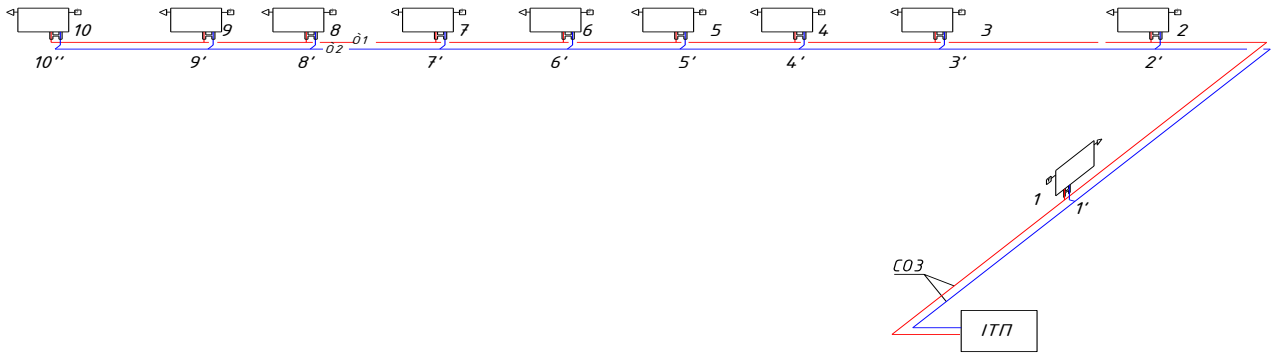
Таблиця 6.2 «Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-2)»

№ діл.	$Q_{діл}$, Вт	G, кг/год	l, м	d, мм	λ/d, м-1	G/v, (кг/год)/(м/с)	A*10-4, Па/(кг/год)^2	V, м/с	Σξ	ξпр	S , Па/ (кг/год)^2	ΔРділ, Па	ΣΔР, Па
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-2)													
ІТП-1	8820	190	37	15	2,69	685	0,0010500	0,277	9	109	0,113957	4098	4098
1'-ІТП'	8820	190	37	15	2,69	685	0,0010500	0,277	10	110	0,115007	4136	8233
1-2	7700	166	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,379	4	14	0,034905	957	9190
2'-1'	7700	166	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,379	4	14	0,036182	992	10182
2-3	6790	146	6,0	10	3,39	436	0,002553	0,335	1	21	0,054490	1161	11343
3'-2'	6790	146	6,0	10	3,39	436	0,002553	0,335	1	21	0,054490	1161	12504
3-4	4760	102	6,0	10	3,39	436	0,002553	0,235	1	21	0,054490	571	13075

Продовження таблиці 6.2 «Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-2)»

4'-3'	4760	102	6,0	10	3,39	436	0,002553	0,235	1	21	0,054490	571	13646
4-5	4100	88	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,202	1	11	0,028522	222	13867
5'-2'	4100	88	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,202	1	11	0,028522	222	14089
5-6	3660	79	6,0	10	3,39	436	0,002553	0,180	1	21	0,054490	337	14426
6'-2'	3660	79	6,0	10	3,39	436	0,002553	0,180	1	21	0,054490	337	14764
6-7	3130	67	7,0	10	3,39	436	0,002553	0,154	1	25	0,063146	286	15050
7'-6'	3130	67	8,0	10	3,39	436	0,002553	0,154	1	28	0,071802	325	15375
7-8	1565	34	9,0	10	3,39	436	0,002553	0,077	1	32	0,080458	91	15466
8'-7'	1565	34	10,0	10	3,39	436	0,002553	0,077	1	35	0,089114	101	15567
оп 8	1565	34	3,0	10	3,39	436	0,002553	0,077	22	32	0,082143	93	15660

Схема системи опалення СО-3



Таблиця 6.3 «Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-3)»

№ діл.	$Q_{діл}$, Вт	G, кг/год	l, м	d, мм	λ/d, м-1	G/v, (кг/год)/(м/с)	A*10-4, Па/ (кг/год)^2	V, м/с	Σξ	ξпр	S , Па/ (кг/год)^2	ΔРділ, Па	ΣΔР, Па
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-3)													
ІТП-1	10890	234	8,0	15	2,69	685	0,0010500	0,342	13	35	0,036246	1987	1987
1'-ІТП'	10890	234	8,0	15	2,69	685	0,0010500	0,342	13	35	0,036246	1987	3974
1-2	9810	211	2,5	15	2,69	685	0,0010500	0,308	1	8	0,008111	361	4335
2'-1'	9810	211	2,5	15	2,69	685	0,0010500	0,308	1	8	0,008111	361	4696
2-3	8730	188	3,0	15	2,69	685	0,0010500	0,274	2	10	0,010049	354	5050

Продовження таблиці 6.3 «Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення (СО-3)»

3'-2'	8730	188	3,0	15	2,69	685	0,0010500	0,274	2	10	0,010574	372	5422
3-4	7650	164	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,377	1	11	0,028522	772	6194
4'-3'	7650	164	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,377	1	11	0,028522	772	6965
4-5	6570	141	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,324	3	13	0,033628	671	7636
5'-4'	6570	141	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,324	3	13	0,033628	671	8307
5-6	5490	118	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,271	1	11	0,028522	397	8705
6'-5'	5490	118	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,271	1	11	0,028522	397	9102
6-7	4410	95	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,217	1	11	0,028522	256	9358
7'-6'	4410	95	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,217	1	11	0,028522	256	9615
7-8	3330	72	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,164	1	11	0,028522	146	9761
8'-7'	3330	72	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,164	1	11	0,028522	146	9907
8-9	2250	48	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,111	1	11	0,028522	67	9974
9'-8'	2250	48	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,111	1	11	0,028522	67	10041
9-10	1080	23	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,053	1	11	0,028522	15	10056
10'-9'	1080	23	3,0	10	3,39	436	0,0025534	0,053	1	11	0,028522	15	10071
оп 10	1080	23	1,0	10	3,39	436	0,0025534	0,053	22	25	0,064831	35	10106

Розрахунок опалювальних приладів наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 «Підбір опалювальних приладів»

№ опал.приміщ.	№ опал.пр.	Необхідна розра-хункова теплова	Розрахункова теплова потужність ОП	Витрата води у ОП	Температура води на вході у ОП	Перепад тем-ператури води	Температура приміщення	Температурний напір ОП	Теплова потужн. опал.приладу	Поправ.коеф. на витрату води в ОП	Поправ.коеф. на температурний напір	Потрібний тепловий потік опал. прладу	Фактичний тепловий потік опал. прладу	Невязка	Довжина	Тип по ширині
№ прим.	№р ад.	Q_1, Вт	Q_1* φ_{co} Вт	$G_{оп}$, кг/год	$t_{вх}$, °С	$\Delta t_{оп}$, °С	$t_{вн}$, °С	$\Delta t_т$, °С	$Q_{оп}$, Вт	φ_1	φ_2	$Q^{потр}_н$, Вт	$Q_{н.ф}$, Вт	M, %	L, мм	
01	1	1565	1630	70	90	20	20	60	1646	0,82	0,97	2100	2538	20,9	1600	21 KV
	2	1565	1630	70	90	20	20	64	1646	0,89	0,97	1931	2094	8,5	1320	21 KV
02	3	1080	1130	49	90	20	20	64	1141	0,89	0,96	1348	1509	11,9	1400	11 KV
	4	1080	1130	49	90	20	20	64	1141	0,88	0,96	1362	1509	10,8	1400	11 KV

Продовження таблиці 6.4 «Підбір опалювальних приладів»

02	5	1080	1130	49	90	20	20	63	1141	0,87	0,96	1376	1509	9,7	1400	11 KV
	6	1080	1130	49	90	20	20	63	1141	0,86	0,96	1390	1509	8,5	1400	11 KV
	7	1080	1130	49	90	20	20	62	1141	0,85	0,96	1405	1724	22,7	1600	11 KV
	8	1080	1130	49	90	20	20	62	1141	0,85	0,96	1420	1724	21,4	1600	11 KV
	9	1080	1130	49	90	20	20	61	1141	0,84	0,96	1435	1724	20,1	1600	11 KV
	10	1080	1130	49	90	20	20	61	1141	0,83	0,96	1450	1724	18,9	1600	11 KV
03	11	1170	1220	52	90	20	20	60	1232	0,82	0,96	1581	1724	9,1	1600	11 KV
04	12	1080	1130	49	90	20	20	60	1141	0,82	0,96	1466	1724	17,6	1600	11 KV
06	13	800	840	36	90	20	20	60	848	0,82	0,96	1096	1207	10,1	1120	11 KV
	14	800	840	36	90	20	20	60	848	0,82	0,96	1096	1207	10,1	1120	11 KV
07	15	1020	1070	46	90	20	20	60	1081	0,82	0,96	1390	1509	8,6	1400	11 KV
08	16	1100	1150	49	90	20	20	60	1162	0,82	0,96	1492	1724	15,6	1600	11 KV
	17	1100	1150	49	90	20	20	60	1162	0,82	0,96	1492	1724	15,6	1600	11 KV
	18	1100	1150	49	90	20	20	60	1162	0,82	0,96	1492	1724	15,6	1600	11 KV
09	19	1080	1130	49	90	20	20	60	1141	0,82	0,96	1466	1724	17,6	1600	11 KV
10	20	1010	1060	46	90	20	20	60	1071	0,82	0,96	1377	1509	9,6	1400	11 KV
11	21	1080	1130	49	90	20	20	60	1141	0,82	0,96	1466	1724	17,6	1600	11 KV
12	22	1010	1060	46	90	20	20	60	1071	0,82	0,96	1377	1509	9,6	1400	11 KV
13	23	1120	1170	50	90	20	20	60	1182	0,82	0,96	1517	1724	13,6	1600	11 KV
14	24	910	950	41	90	20	20	60	960	0,82	0,96	1237	1423	15,0	1320	11 KV

Продовження таблиці 6.4 «Підбір опалювальних приладів»

15	25	2030	2120	91	90	20	20	60	2141	0,82	0,97	2716	3209	18,1	1600	22 KV
17	26	660	690	30	90	22	0	79	695	1,17	0,95	631	776	23,0	720	11 KV
18	27	440	460	20	90	23	0	79	462	1,16	0,94	426	647	51,9	600	11 KV
19	28	530	560	24	90	20	20	60	566	0,82	0,95	737	862	17,0	800	11 KV
												39272	45214	15,1		

ЧАСТИНА ІІІ. ВЕНТИЛЯЦІЯ

РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАДХОДЖЕНЬ

7.1. Вихідні дані до розрахунку системи вентиляції

Проектується система вентиляції у місті: **Обухів**

- Призначення будівлі: **Їдальня**
- Географічна широта: **50** ^{o}пн.ш
- Барометричний тиск: **990** гПа
- Орієнтація зовнішньої стіни входу за сторонами світу: Пд
- Висота приміщень (від підлоги до стелі), Н = **3,0** м
- Площа обідньої зали: **200** м^2
- Коефіцієнт площі на людину: **0,7**
- Кількість людей:
  - відвідувачі **246** люд.
  - персонал **40** люд.

7.2. Визначення теплових надходжень

7.2.1. Теплонадходження від сонячної радіації

Визначається як сума надходження сонячної радіації через вікна та через перекриття:

$$Q_{с.р}=(q_{вік}^{с.р}\cdot A_{вік})+(q_{пер}^{с.р}\cdot A_{пер}) \quad (7.1)$$

$q_{вік}^{с.р}$ - питомі теплонадходження через вікно, Вт/м^2

$q_{вік}^{с.р}$= 139 Вт/м^2

Авік - сумарна площа вікон

$$A_{вік}=n\cdot f_{вік} \quad (7.2)$$

n - кількість вікон

n = 8 шт.

$f_{вік}$ - площа одного вікна

$$f_{вік}=a\cdot b \quad (7.3)$$

a, b - відповідно висота та ширина вікна

a = 1,2 м

b = 1,5 м

$f_{вік}$= 1,2·1,5= **1,8** м^2

$A_{вік}$ = 8·1,8= **14,4** м^2

$q_{пер}^{с.р}$ - питомі теплонадходження через перекриття, Вт/м^2

$q_{пер}^{с.р}$= 17

$A_{пер}$ - площа перекриття

$A_{пер}$= 200 $м^2$

$Q_{с.р\ О.Б.}$= (139·14,4)+(17·200)= **5410** Вт

$Q_{с.рГ.Ц.}$= (139·5,4)+(17·73,46)= **2000** Вт

7.2.2. Теплонадходження від штучного освітлення

В якості освітлювальних приладів приймаємо люмінесцентні лампи, теплонадходження яких обчислюємо за формулою:

$$Q_{осв}=A\cdot E\cdot q_{ос}\cdot\eta_{ос} \quad (7.4)$$

A - площа підлоги

A= 200 $м^2$

E - освітленість

E = 200 Люкс.

$\mathbf{q_{ос}}$ - питома потужність

$\mathbf{q_{ос}}$= 0,025 $Вт/м^2$

$\boldsymbol{\eta_{ос}}$ - коефіцієнт світла перетвореного в теплоту

$\boldsymbol{\eta_{ос}}$= 0,55

$Q_{осв}$= 200·200·0,025·0,55= **550** Вт

$Q_{осв}$= 73,46·200·0,025·0,55= **210** Вт

7.2.3. Надходження шкідливостей від людей в теплий період року

Явна кількість теплоти

$$Q_{л,\ h}=\sum(q_{л,\ h}\cdot n) \quad (7.5)$$

$\mathbf{q_{л,\ h}}$ - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі $\mathbf{t_{wz}}$= 27,7 °C

  $\mathbf{q_{л,\ h}}$= 51,5 Вт

  n = 246 люд.

  $Q_{л,\ hО.З.}$= 51,5·246 = **12670** Вт

- персонал $\mathbf{t_{wz}}$= 27,7 °C

  $\mathbf{q_{л,\ h}}$= 54 Вт

  n = 40 люд.

  $Q_{л,\ hГ.Ц.}$= 53,8·40 = **2160** Вт

Повна кількість теплоти

$$Q_{л,\ hf}=\sum(q_{л,\ hf}\cdot n) \quad (7.6)$$

$\mathbf{q_{л,\ hf}}$ - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі $\mathbf{t_{wz}}$= 27,7 °C

$\mathbf{q_{л,\ hf}}$= 145 Вт

n = 246 люд.

$Q_{л,\ hfО.З}$= 145·246 = **35670** Вт

- персонал $\mathbf{t_{wz}}$= 27,7 °C

$\mathbf{q_{л,\ hf}}$= 195 Вт

n = 40 люд.

$Q_{л,\ hfГ.Ц.}$= 195·40 = **7800** Вт

Вологонадходження

$$M_в=\sum(m_{вл}\cdot n) \quad (7.7)$$

$\mathbf{m_{вл}}$ - питомі вологонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі $\mathbf{t_{wz}}$= 28 °C

$\mathbf{m_{вл}}$= 134 г/год.

n = 246 люд.

$M_{вО.З}$= 133,9·246 = **32940** Вт

- персонал $\mathbf{t_{wz}}$= 27,7 °C

$\mathbf{m_{вл}}$= 209 г/год.

n = 40 люд.

$M_{вГ.Ц.}$= 209,3·40 = **8380** Вт

Кількість вуглекислого газу

$$M_{co2}=\sum(M\cdot n) \quad (7.8)$$

M - питомі надходження CO_2 від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі $\mathbf{t_{wz}}$= 27,7 °C

M = 45 г/год.

n = 246 люд.

$M_{co2О.З.}$= 45·246 = **11070** г/год

- персонал $\mathbf{t_{wz}}$= 27,7 °C

M = 60 г/год.

n = 40 люд.

$M_{co2Г.Ц.}$ = 60·40= **2400** г/год

7.2.4. Надходження шкідливостей від людей в холодний період року

Явна кількість теплоти

$$Q_{л,\ h}=\sum(q_{л,\ h}\cdot n) \qquad (7.9)$$

$q_{л,\ h}$ - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі t_{wz}= 16 °C

  $q_{л,\ h}$= 116 Вт

  n = 246 люд.

$$Q_{л,\ hО.З.}= 116\cdot246 = \mathbf{28540}\ Вт$$

- персонал t_{wz}= 18 °C

  $q_{л,\ h}$= 117 Вт

  n = 40 люд.

$$Q_{л,\ hГ.Ц.}= 117\cdot40 = \mathbf{4680}\ Вт$$

Повна кількість теплоти

$$Q_{л,\ hf}=\sum(q_{л,\ hf}\cdot n) \qquad (7.10)$$

$q_{л,\ hf}$ - питомі явні теплонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі t_{wz}= 16 °C

  $q_{л,\ hf}$= 154 Вт

  n = 246 люд.

$$Q_{л,\ hfО.З.}= 154\cdot246 = \mathbf{37890}\ Вт$$

- персонал t_{wz}= 18 °C

  $q_{л,\ hf}$= 207 Вт

  n = 40 люд.

$$Q_{л,\ hfГ.Ц.}= 207\cdot40 = \mathbf{8280}\ Вт$$

Вологонадходження

$$M_{в}=\sum(m_{вл}\cdot n) \qquad (7.11)$$

$m_{вл}$ - питомі вологонадходження від однієї людини

n - кількість людей

- відвідувачі t_{wz}= 16 °C

  $m_{вл}$= 72,0 г/год.

  n = 246 люд.

$$M_{вО.З}= 72\cdot246 = \mathbf{17720}\ г/год$$

- персонал $\mathbf{t_{wz}}$= 18 °C

$\mathbf{m_{вл}}$= 128 г/год.

n = 40 люд.

$$M_{вГ.Ц.}= 128\cdot 40 = \mathbf{5120}\ г/год$$

7.2.5. Теплонадодження від їжі

Повна кількість теплоти, що виділяє їжа при остиганні.

$$Q_{г.ї.}= 0{,}278\cdot \frac{m\cdot C_{ср}\cdot(t_п-t_к)\cdot n}{\tau}$$

m - середня маса обіду на 1 людину

m = 0,85 кг

$\mathbf{C_{ср}}$ - середня теплоємність страви

$\mathbf{C_{ср}}$= 3,35 кДж/(кг·°С)

$\mathbf{t_п}$, $\mathbf{t_к}$ - початкова та кінцева температура страви

$\mathbf{t_п}$ = 70 °С

$\mathbf{t_к}$ = 40 °С

n - кількість людей

n = 246 люд.

τ - тривалість прийому їжі однією людиною

для ресторанів **τ** = 1 год.

для столових дез самообслуговуванням **τ** = 0,75 год.

для столових з самообслуговуванням **τ** = 0,3 год.

$$Q_{г.ї.}= 0{,}278\cdot \frac{0{,}85\cdot 3{,}35\cdot(70-40)\cdot 246}{0{,}75} = \mathbf{7790}\ Вт$$

Загальна теплота що поступає в приміщення гарячого цеху

$$\mathbf{Q_{заг.г.ц}}=1000\cdot K_1\cdot[N_м\cdot k_2\cdot(1-k_3)]$$

$\mathbf{N_м}$ - встановлена потужність модульованого обладнання

$\mathbf{N_м}$ = 74 кВт

$\mathbf{k_1}$ - коефіцієнт одночасності роботи теплового обладнання

$\mathbf{k_1}$ = 0,8

$\mathbf{k_2}$ - коефіцієнт завантаження, за характеристиками обладнання

$\mathbf{k_2}$ = 0,65

$\mathbf{k_3}$ - коефіцієнт ефективності місцевих витяжок

k_3 = 0,75

$$Q_{заг.г.ц} = 1000 \cdot 0{,}8 \cdot [74 \cdot 0{,}65 \cdot (1-0{,}75)] = 9620 \text{ Вт}$$

Теплота, що вловлюється місцевими витяжками

$$Q_{м.в.} = 1000 \cdot K_1 \cdot [N_м \cdot k_2 \cdot k_3]$$

$N_м$ - встановлена потужність модульованого обладнання

$N_м$ = 74 кВт

k_1 - коефіцієнт одночасності роботи теплового обладнання

k_1 = 0,8

k_2 - коефіцієнт завантаження, за характеристиками обладнання

k_2 = 0,65

k_3 - коефіцієнт ефективності місцевих витяжок

k_3 = 0,75

$$Q_{заг.г.ц} = 1000 \cdot 0{,}8 \cdot [74 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}75] = 28860 \text{ Вт}$$

7.2.6. Вологонадходження від їжі

$$M_{в.ї.} = k \cdot \frac{m \cdot C_{ср} \cdot (t_п - t_к) \cdot n}{\tau \cdot (2500 + 1{,}8 \cdot t_{с.р})}$$

$t_{ср}$ - середня температура їжі

$t_{ср}$ = 55 °С

k - коефіцієнт що враховує нерівномірність споживання їжі

k = 0,34

m - середня маса обіду на 1 людину

m = 0,85 кг

$C_{ср}$ - середня теплоємність страви

$C_{ср}$ = 3,35 кДж/(кг·°С)

$t_п$, $t_к$ - початкова та кінцева температура страви

$t_п$ = 70 °С

$t_к$ = 40 °С

n - кількість людей

n = 246 люд.

τ - тривалість прийому їжі однією людиною

для ресторанів τ = 1 год.

для столових дез самообслуговуванням τ = 0,75 год.

для столових з самообслуговуванням **τ =** 0,3 год.

$$M_{в.ї.} = 0{,}34 \cdot \frac{0{,}85 \cdot 3{,}35 \cdot (70-40) \cdot 246}{0{,}75 \cdot (2500+1{,}8 \cdot 55)} = \mathbf{3670}\ \text{г/год}$$

Вологонадходження від технічного обладнання, що поступає в приміщення гарячого цеху

$$\mathbf{M_{заг.г.ц}} = 1000 \cdot K_1 \cdot [M_м \cdot k_2 \cdot (1-k_3)]$$

$N_м$ - кількість вологи що виділяється від модульованого обладнання

$M_м$ = 30 кг/год

k_1 - коефіцієнт одночасності роботи теплового обладнання

k_1 = 0,8

k_2 - коефіцієнт завантаження, за характеристиками обладнання

k_2 = 0,65

k_3 - коефіцієнт ефективності місцевих витяжок

k_3 = 0,75

$$\mathbf{M_{заг.г.ц}} = 1000 \cdot 0{,}8 \cdot [30 \cdot 0{,}65 \cdot (1-0{,}75)] = 3900\ \text{г/год}$$

Волога, що поступає безпосередньо до місцевих витяжок

$$\mathbf{M_{м.в.}} = 1000 \cdot K_1 \cdot [N_м \cdot k_2 \cdot k_3]$$

$N_м$ - кількість вологи що виділяється від модульованого обладнання

$M_м$ = 30 кг/год

k_1 - коефіцієнт одночасності роботи теплового обладнання

k_1 = 0,8

k_2 - коефіцієнт завантаження, за характеристиками обладнання

k_2 = 0,65

k_3 - коефіцієнт ефективності місцевих витяжок

k_3 = 0,75

$$\mathbf{M_{заг.г.ц}} = 1000 \cdot 0{,}8 \cdot [30 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}75] = 11700\ \text{г/год}$$

Розрахунки заносимо в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 «Надходження шкідливостей в приміщення»

назва приміщення	Надходження шкідливостей в приміщення							
	Джерела теплонадходження	Теплонадходження в періоди року, Вт				Вологонадходження		CO_2
		Теплий		Холодний				
		Явні	Повні	Явні	Повні	Т.П.	Х.П.	
Обідній зал	Опалювальні прилади	-	-	8510	8510	-	-	-
	Сонячна радіація	5410	5410	-	-	-	-	-
	Штучне освітлення	550	550	550	550	-	-	-
	Їжа	7790	7790	7790	7790	3670	3670	-
	Люди	12670	35670	28540	37890	17720	17720	11070
	Всього	26420	49420	45390	54740	21390	21390	11070
Гарячий цех	Опалювальні прилади	-	-	3240	3240	-	-	-
	Сонячна радіація	2000	2000	-	-	-	-	-
	Штучне освітлення	210	210	210	210	-	-	-
	Обладнання	9620	9620	9620	9620	3900	3900	-
	Люди	2160	7800	4680	8280	5120	5120	2400
	Всього	13990	19630	17750	21350	9020	9020	2400

7.3. Тепловий баланс приміщень

За результатами розрахунку складаю баланс шкідливостей. Різниця теплонадходжень та тепловтрат визначається теплонадлишками в приміщенні, які повинні бути компенсовані вентиляційним повітрям.

Знайдені величини приводяться в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 «Тепловий баланс в приміщенні»

Баланс шкідливостей в приміщенні				
Період року	Параметри	Надходження	Втрати	Надлишки
Обідній зал				
Теплий	Явна теплота	26420	-	26420
	Повна теплота	49420	-	49420
	Волога	21390	-	21390
	CO_2	11070	-	11070
Холодний	Явна теплота	45390	8790	36600
	Повна теплота	54740	8790	45950
	Волога	21390	-	21390
	CO_2	11070	-	11070
Гарячому цеху				
Теплий	Явна теплота	13990	-	13990
	Повна теплота	19630	-	19630
	Волога	9020	-	9020
	CO_2	2400	-	2400
Холодний	Явна теплота	17750	3300	14450
	Повна теплота	21350	3300	18050
	Волога	9020	-	9020
	CO_2	2400	-	2400
Місцеві відсмоктувачі				
Повний рік	Повна теплота	28860	-	28860
	Волога	11700	-	11700

РОЗДІЛ 8. ПРИНЦИПОВІ РІШЕННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНУ

8.1. Принципові рішення системи вентиляції

Запроектована механічна припливна і витяжна система вентиляції у приміщеннях, окремо для технологічної частини та загальних залів.

Приміщення кухні, санвузлів оснащені окремими витяжними системами В3, В4 та В5 відповідно, з витяжними каналами проведеними вище покрівлі.

Розрахунок повітря виконувався виходячи з параметрів:

1 робітник – 60 $м^3$/год

1 відвідувач – 20 $м^3$/год.

Всі витяжні вентилятори передбачені канального типу.

Припливна система П1 (фірма «Rosenberg») передбачена канального типу та обслуговує приміщення обідньої зали. Для підігріву приливного повітря в холодний період року до нормованих температур застосовується водяна секція нагріву. Для охолодження в теплий період року - водяна секція охолодження. Також в системі встановлюється фільтр G4.

Припливна система П2 (фірма «Rosenberg») передбачена канального підвісного типу та обслуговує приміщення гарячого цеху. Для підігріву приливного повітря в холодний період року до нормованих температур застосовується електрична секція нагріву. Для охолодження в теплий період року - водяна секція охолодження. Також в системі встановлюється фільтр G4.

Припливна система П3 (фірма «Rosenberg») передбачена канального типу та обслуговує основні та технологічні приміщення. Для підігріву приливного повітря в холодний період року до нормованих температур застосовується водяна секція нагріву. Для охолодження в теплий період року - водяна секція охолодження. Також в системі встановлюється фільтр G4.

8.2. Розрахунок повітрообміну обідньої зали

8.2.1. Розрахунок повітрообміну за санітарними нормами

$$L_{с.н.}=\sum q_{с.п.}\cdot n$$

$q_{с.п.}$ - санітарна норма зовнішнього повітря на людину яка займається певним видом діяльності

$q_{с.п.}$= 20 м^3/год.; якщо людина перебуває в приміщенні менше 3 год.

$q_{с.п.}$= 60 м^3/год.; якщо людина перебуває в приміщенні більше 3 год.

n - кількість людей

$L_{с.н.}$= 20·246= **4920** м^3/год.

$G_{с.н.}=L_{с.н.}\cdot\rho=1,2\cdot L_{с.н.}$

$G_{с.н.}$= 4920·1,2= **5904** кг/год

8.2.2. Розрахунок повітрообміну на розбавлення до ГДК

$$G_{co2}=\frac{M_{co2}}{\frac{c_{wz}}{\rho_{wz}}-\frac{c_{ext}}{\rho_{ext}}}$$

c_{ext} - конентрація CO_2 в зовнішньому повітрі

c_{ext} = 0,91 г/м^3

c_{wz} - гранична допустима концентрація CO_2

c_{wz} = 3,7 г/м^3

ρ_{ext}; ρ_{wz} - густина відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря

$$\rho_{ext}=\frac{353}{273+t_{ex}}=\frac{353}{273+23,7}=1,19 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{wz}=\frac{353}{273+t_{wz}}=\frac{353}{273+27,7}=1,17 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{co2}=\frac{11070}{\frac{3,7}{1,17}-\frac{0,91}{1,19}}=\mathbf{4610} \text{ г/год}$$

$$L_{co2}=\frac{G_{co2}}{\rho}=\frac{4610}{1,2}=\mathbf{3840} \text{ м}^3\text{/год}$$

8.2.3. Розрахунок повітрообміну в теплий період року

Таблиця 8.1 «Характеристика повітря в приміщеннях в теплий період року»

Період	Точка	Опис	t,°C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Обідній зал	ext	зовнішнє повітря	23,7	53,6	12,4	67
	wz	робоча зона	27,7	59,1	13,15	55
	l	видаляєме повітря	29,7	61,9	13,5	50
Гарячий цех	ext	зовнішнє повітря	23,7	53,6	12,4	67
	C	суміш	24,6	54,8	12,6	65,5
	wz	робоча зона	27,7	59,2	13,2	56
	l	видаляєме повітря	29,7	62	13,6	50
Місцеві витяжки	wz	робоча зона	27,7	59,2	13,2	56
	l	видаляєме повітря	30,5	63,2	13,7	49

- кількість повітря що видаляється із гарячого цеху місцевими витяжками

$$G_{м.в}=\Sigma G_{м.в.}= \quad 7200 \quad кг/год$$

- кількість повітря що подається припливною системою обладнанням

$$G_{м.п}=\Sigma G_{м.п.}= \quad 4610 \quad кг/год$$

- кількість повітря що видаляється із верхньої зони горячого цеха

$$G_{в.г}=k\cdot V\cdot\rho= \quad 2\cdot 220{,}38\cdot 1{,}2= \quad 530 \quad кг/год$$

- загальна кількість повітря, що видаляється із гарячого цеху

$$G_{г}= \quad 530+7200= \quad 7730 \quad кг/год$$

- максимальна кількість повітря, що поступає в отвір із обідньої зали

$$G_{р.п}=0{,}4\cdot G_{г}= \quad 0{,}4\cdot 7730= \quad 3100 \quad кг/год$$

- допустима кількість повітря, що поступає в гарячий цех через отвір

$$G_{р.п.(v)}=v\cdot\rho\cdot F_{пр}\cdot 3600$$

v - максемальна швидкість повітря в отворі

$v= \quad 0{,}2 \quad м/с$

ρ - густина повітря

$\rho= \quad 1{,}2 \quad кг/м^3$

$F_{пр}$- площа отвору

$F_{пр}= \quad 2{,}0 \quad м^2$

$$G_{р.п.(v)}= \quad 0{,}2\cdot 1{,}2\cdot 2\cdot 3600= \quad 1730 \quad кг/год$$

- кількість повітря що подається в гарячий цех

$$G_{п.дод}=G_{г}-G_{р.п(v)}\cdot G_{м.п}= \quad 1390 \quad кг/год$$

- загальна кількість зовнішнього повітря, що подається в гарячий цех

$$G_{п.г}=G_{м.п.}+G_{п.доп}= \quad 6000 \quad кг/год$$

-визначаємо промінь процесу асиміляції теплоти і вологи в обідній залі

$$\varepsilon_{о.з}= \frac{3,6\cdot\Delta Q_{hf}}{\Delta M_{вл}} = \frac{3,6\cdot 49420}{21390} = 8,32 \quad кДЖ/год$$

- теплота асимільованого повітря, що видаляється через роздаточний отвір обідньої зали:

$$\Delta Q^{п}_{р.п}=G_{р.п}\cdot(I_{wz}-I_{ext})= \quad 1730\cdot(19,3-13,3)= \quad 10380 \quad кДж/год$$

- кількість повітря, що видаляється із верхньої зони обідньої зали:

$$G_{в.т}= \frac{\Delta Q_{т.з}-\Delta Q^{п}_{р.п}}{I_{l}^{т.з}-I_{in}^{т.з}} = \frac{45950-10380}{21,3-13,3} = \quad 4440 \quad кг/год$$

- загальний повітрообмін в обідній залі:

$$G_{т.з}=G_{р.п}+G_{в.т}= \quad 6170 \quad кг/год$$

Визначення параметрів повітря в гарячому цеху

Значення суміші зовнішнього повітря і повітря, що поступає в гарячий цех через отвір:

$$I_{с.г}= \frac{I_{ext}\cdot(G_{м.п}+G_{п.доп})+I_{р.т}\cdot G_{р.п}}{G_{м.п}+G_{п.доп}+G_{р.п}} = \frac{53,6\cdot(4610+1390)+59,1\cdot 1730}{7730} = 54,8 \quad кДж/год$$

Знанаходимо усі решта значення суміші

$$d_{с.г}= \frac{d_{ext}\cdot(G_{м.п}+G_{п.доп})+d_{р.т}\cdot G_{р.п}}{G_{м.п}+G_{п.доп}+G_{р.п}} = \frac{12,4\cdot(4610+1390)+13,15\cdot 1730}{7730} = 12,6 \quad г/кг$$

$$t_{с.г}= \frac{t_{ext}\cdot(G_{м.п}+G_{п.доп})+t_{р.т}\cdot G_{р.п}}{G_{м.п}+G_{п.доп}+G_{р.п}} = \frac{23,7\cdot(4610+1390)+27,7\cdot 1730}{7730} = 24,6 \quad ^{o}C$$

$$P_{н.п}= 479+(11,52+1,62\cdot t_{с.г})^2 = 479+(11,52+1,62\cdot 24,6)^2 = 3118 \text{ Па}$$

$$\varphi_{с.г}= \frac{d_{с.г}\cdot P_{б}}{(623-d_{с.г})\cdot P_{н.п}} \cdot 10000 = \frac{12,6\cdot 990}{(623-12,6)\cdot 3118} \cdot 10000 = 65,5 \quad \%$$

-визначаємо промінь процесу асиміляції теплоти і вологи в гарячому цеху

$$\varepsilon_{г.ц}= \frac{3,6\cdot\Delta Q_{hf}}{\Delta M_{вл}} = \frac{3,6\cdot 19630}{9020} = 7,83 \quad кДж/год$$

Перевіряємо кількість прийнятого повітрообміну що видаляється з верхньої зони гарячого цеху

$$G_{в.г}= \frac{\left|\Delta Q_{г.ц.}-G_{м.в.}\cdot(I_{wzг.ц.}-I_{с.г.ц.})\right|}{I_{l\ г.ц.}-I_{c\ г.ц.}} = \frac{\left|19630-7200*(59,2-54,8)\right|}{62-54,8} = 1680$$

-визначаємо промінь процесу асиміляції теплоти і вологи безпосередньо біля мізцевих витяжок

$$\varepsilon_{м.в}= \frac{3,6\cdot\Delta Q_{hf}}{\Delta M_{вл}} = \frac{3,6\cdot 28860}{11700} = 8,88 \quad кДж/год$$

- визначаємо ентальпію повітря, що видаляється із місцевих витяжок

$$I_{lм.в}= I_{wzг.ц}+ \frac{\Delta Q_{hf}}{G_{м.в}} = 59,2+ \frac{28860}{7200} = 63,2 \quad кДж/год$$

8.2.4. Розрахунок повітрообміну в холодний період року

Таблиця 8.2 «Характеристика повітря в приміщеннях в холодний період року»

Період	Точка	Опис	t,°C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Обідній зал	ext	зовнішнє повітря	-22	-20,7	0,53	100
	in	припливне повітря	12	13,3	0,53	8
	wz	робоча зона	16	19,3	1,3	10
	l	видаляєме повітря	17,3	21,3	1,55	11
Гарячий цех	ext	зовнішнє повітря	-22	-20,7	0,53	100
	C	суміш	14,4	16	0,7	6,6
	in	припливне повітря	14	15,2	0,53	8
	wz	робоча зона	18	21,7	1,48	10
	l	видаляєме повітря	18,8	22,8	1,6	11
Місцеві витяжки	wz	робоча зона	18	21,7	1,48	10
	l	видаляєме повітря	21	25,7	1,9	11

-визначаємо промінь процесу асиміляції теплоти і вологи в обідньому залі

$$\varepsilon_{о.з}= \frac{3,6\cdot\Delta Q_{hf}}{\Delta M_{вл}} = \frac{3,6\cdot 45950}{21390} = 7,73 \quad кДЖ/год$$

- теплота асимільованого повітря, що видаляється через роздаточний отвір обідньої зали:

$$\Delta Q^{п}_{р.п}=G_{р.п}\cdot(I_{wz}-I_{ext})= \quad 1730\cdot(19,3-13,3)= \quad 10380 \quad кДж/год$$

- кількість повітря, що видаляється із верхньої зони обідньої зали:

$$G_{в.т}= \frac{\Delta Q_{т.з}-\Delta Q^{п}_{р.п}}{I_l^{т.з}-I_{in}^{т.з}} = \frac{45950-10380}{21,3-13,3} = \quad 4440 \quad кг/год$$

- загальний повітрообмін в обідній залі:

$$G_{т.з}=G_{р.п}+G_{в.т}= \quad 6170 \quad кг/год$$

Визначення параметрів повітря в гарячому цеху

$$I_{с.г}= \frac{I_{in}\cdot(G_{м.п}+G_{п.доп})+I_{wz}\cdot G_{р.п}}{G_{м.п}+G_{п.доп}+G_{р.п}} =\frac{15,2\cdot(4610+3070)+19,3\cdot1730}{9410} = \quad 16 \quad кДж/год$$

Знаходимо усі решта значення суміші

$$d_{с.г}= \frac{d_{ext}\cdot(G_{м.п}+G_{п.доп})+d_{р.т}\cdot G_{р.п}}{G_{м.п}+G_{п.доп}+G_{р.п}} =\frac{0,53\cdot(4610+3070)+1,3\cdot1730}{9410} = \quad 0,7 \quad г/кг$$

$$t_{с.г}= \frac{t_{ext}\cdot(G_{м.п}+G_{п.доп})+t_{р.т}\cdot G_{р.п}}{G_{м.п}+G_{п.доп}+G_{р.п}} =\frac{14\cdot(4610+3070)+16\cdot1730}{9410} = \quad 14,4 \quad ^oC$$

$$P_{н.п}=479+(11,52+1,62\cdot t_{с.г})^2= \quad 479+(11,52+1,62\cdot14,4 \quad)^2= \quad 1693 \quad Па$$

$$\varphi_{с.г} = \frac{d_{с.г}\cdot P_б}{(623-d_{с.г})\cdot P_{н.п}} \cdot10000= \frac{0,7\cdot990}{(623-0,7)\cdot1693} \cdot10000= \quad 6,6 \quad \%$$

-визначаємо промінь процесу асиміляції теплоти і вологи в гарячому цеху

$$\varepsilon_{г.ц}= \frac{3,6\cdot\Delta Q_{hf}}{\Delta M_{вл}} = \frac{3,6\cdot18050}{9020} = \quad 7,20 \quad кДж/год$$

-визначаємо промінь процесу асиміляції теплоти і вологи безпосередньо біля мізцевих витяжок

$$\varepsilon_{м.в}= \frac{3,6\cdot\Delta Q_{hf}}{\Delta M_{вл}} = \frac{3,6\cdot28860}{11700} = \quad 8,88 \quad кДж/год$$

- визначаємо ентальпію повітря, що видаляється із місцевих витяжок

$$I_{lм.в}= \quad I_{wzг.ц}+ \frac{\Delta Q_{hf}}{G_{м.в}} = 21,7+ \frac{28860}{7200} = 25,7 \quad кДж/год$$

8.3. Баланс повітря у будівлі

Значення повітрообмінів в кожному приміщенні заносимо до таблиці 8.3. Різниця між повітрообмінами по притоку та витяжці - дисбаланс подається (видаляється) в загальне приміщення.

L=Kp·V (повітрообмін за кратність);

L=L1·n (повітрообмін за обладнанням).

Таблиця 8.3 «Повітрообмін у приміщеннях»

Номер приміщення	Приміщення	Обєм приміщення Vм^3/год	Приплив		Витяжка		Примітка
			k_p, год$^{-1}$	L, м^3/год	k_p, год$^{-1}$	L, м^3/год	
201	Вентиляційний центр	120	2	240	2	240	П3, В3
101	Коридор	125	2	220	-	-	П3, В3
102	Обідня зала	600	9	5440	7	4000	П1, В1
103	Фоє	165	2	330	-	-	П3, В3
104	Сходова клітина	18,5	-	-	-	-	П3, В3
105	Дирекція	60	3	-	-	-	П3, В3
106	Коридор	285	2	1200	-	-	П3, В3
107	Шеф повар	20	3	60	1,5	30	П3, В3
108	Гарячий цех	220	42,1	9280	49	10720	П2, В2, В4
109	Склад овочей	50	-	-	1,5	75	П3, В3
110	Склад сухої продукції	50	-	-	1	50	П3, В3
111	Рибний цех	50	3	150	4	200	П3, В3
112	Обідня зала	50	3	150	4	200	П3, В3
113	Кабінет лікаря	30	7,5	225	1,5	45	П3, В3
114	Завхоз	30	-	-	1,5	45	П3, В3
115	Передягальня	120	1,5	190	3	360	П3, В3
117	Курилка	44	-	-	10	440	В5
118	Туалет		-	-	-	300	В5

Продовження таблиці 8.3 «Повітрообмін у приміщеннях»

119	Туалет		-	-	-	300	В5
120	Душова	25	-	-	5	125	П3, В3
121	Душова	25	-	-	5	125	П3, В3
122	Передягальня	35	1,5	55	3	105	П3, В3
123	Ігрова	60	3	180	1,5	90	П3, В3
124	Кладова	30	-	-	1	30	П3, В3
125	Мийка	120	4	480	6	720	П3, В3
				∑ 18200		∑ 18200	

8.4. Розрахунок повітророзподілення

Вихідні дані до розрахунку:

Висота приміщення h = ***3,0*** м;

Витрата повітря, що необхідно розподілити L = ***17650*** м^3/год

Максимальна швіидкість подачі повітря v_p = ***4*** м/с

Температура повітря у робочі зоні t_{wz} = ***16,0*** °С

Температура припливного повітря t_{in} = ***17,5*** °С

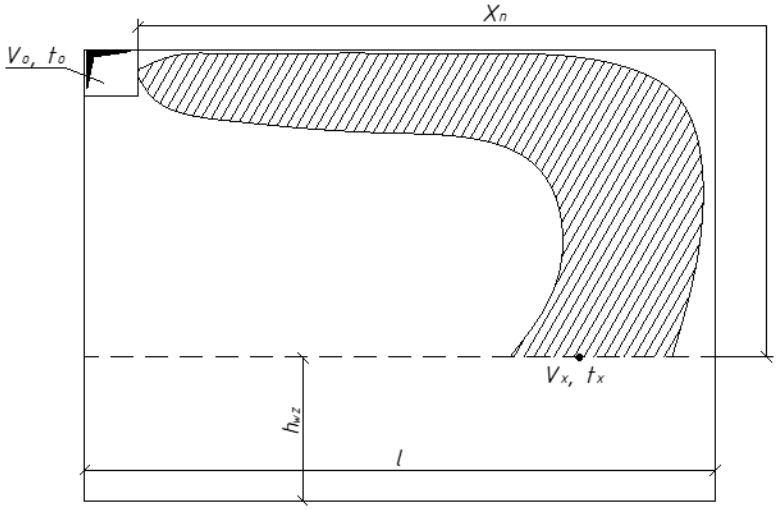


Схема подачі повітря в приміщення

Визначаємо необхідну площу перерізу:

$A=L/(3600 \cdot v_p)$= 17650/(3600·4)= ***1,23*** м^2

1. Визначаємо швидкість повітря на початку повітропроводу та еквівалентний діаметр:

$v_н=L/(3600*a*b)$= 17650/(3600*1,25*1)= ***3,93*** м/с

$d_н^e=2*a*b/(a+b)$= 2*1,25*1/(1,25+1)= ***1,120*** м/с

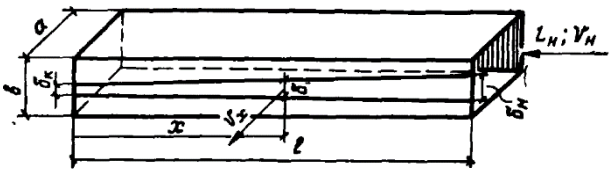
За отриманими значеннями визначаємо динамічний тиск та питомі втрати тиску на тертя:

$P_д$ = ***21,6*** Па; $R_н$ = ***0,715*** Па/м

2. Визначаємо довжину щілини на початку повітропроводу:

$\delta_н = L_н/(3600*l*v_p)$= 17650/(3600*9*4)= ***0,136*** м

Приймаємо коефіцієнт витрати для даного виду повітророзподільника становить:



μ = ***0,56***

3. Визначаємо висоту щілини в першому перерізі від початку трубопроводу:

$$\delta_1 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\delta_k^2} - \left(\frac{\mu \cdot x}{F}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{R_i \cdot x}{3 \cdot P_i}\right)^2}}$$

$$\delta_1 = 1/\sqrt{\frac{1}{0{,}136} - \left(\frac{0{,}56*1}{1{,}25}\right)^2 * \left(1 - \frac{0{,}715*1}{3*21{,}6}\right)} = 0{,}140 \text{ м.}$$

А швидкість в перерізі:

$v_{x1} = L_н/(3600*l*\delta_{x1})$= 17650/(3600*9*0,14)= ***3,89*** м/с.

Для інших перерізів виконуємо аналогічний розрахунок, результати заносимо до таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 «Розрахунок повітророзподільників»

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
δ_x, м	0,136	0,140	0,140	0,140	0,145	0,145	0,145	0,150	0,155	0,160
v_x, м/с	-	3,89	3,89	3,89	3,76	3,76	3,76	3,63	3,51	3,40

4. Визначаємо повний тиск на початку повітропроводу:

$$P_н = \frac{v_p^2 \cdot \rho}{2 \cdot \mu^2} + \frac{1}{3} \cdot R_н \cdot l$$

$$P_н = \frac{4^2 * 1{,}2}{2 * 0{,}56^2} + \frac{1}{3} + 0{,}715 * 9 = 32{,}8 \text{ Па}$$

РОЗДІЛ 9. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

9.1. Вихідні дані

9.1.1. Параметри зовнішнього повітря

Параметри для зовнішнього повітря міста Обухів вибираються із ДСТУ Н.Б.В. 1.1 – 27:2010. Для систем кондиціонування повітря, для теплого періоду року за найжаркішою добою із забезпеченістю 0,95 [3, с. 9 табл. 2].

$$t_{\text{н.с.ТП}} = 28\ °\text{c}$$

Для холодного періоду року згідно найхолоднішою доби [3, с. 9 табл. 2].

$$t_{\text{н.с.ХП}} = -22\ °\text{c}$$

Таблиця 9.1 «Параметри зовнішнього повітря»

Місто	Період року	Температура $t, °c$	Ентальпія I, кДж/кг	Вологовміст d, г/кг	Відн. вол. φ, %
Обухів	Теплий	28	70	16	64
	Холодний	-22	-28	0,3	84

9.1.2. Параметри внутрішнього повітря

Параметри внутрішнього повітря приймаються за ДБН В 2.5 – 67:2013, згідно додатку Д. Система кондиціонування повітря забезпечує оптимальні параметри повітряного середовища приміщення.

Для визначення температури внутрішнього повітря, потрібно знайти:

- рівень метаболізму людини:

при помірній роботі для обідньої зали рівний 2,0 мет [1, с. 102 табл. Д 2].

- термічний опір теплових комбінацій одягу:

для обідньої зали приймаємо робочий одяг із значенням 0,5 «кло», як для ТП, так і для ХП [1, с. 103 табл. Д 5];

Згідно графіків даних в ДБН, на перетині значень метаболізму і «кло» визначається температура в зонах при ТП і ХП:

для обідньої зали [1, с. 101 рис. Д 2]:

$$t_{wz\text{ТП}} = 22 \mp 2{,}5 = 20°\text{c} \qquad t_{wz\text{ХП}} = 22 \mp 2{,}5 = 20°\text{c}$$

Таблиця 9.2 «Параметри внутрішнього повітря»

Зона будівлі	Період року	Температура $t, °c$	Відносна вологість $\varphi, \%$	Мінімальні швидкості v , м/с	Максимальні швидкості v_{max}, м/с
Обідня зала	Теплий	20	60	0,22	0,27
	Холодний	20	30	0,22	0,27

9.1.3. Відносна вологість повітря

Відносна вологість для зовнішнього повітря приймається згідно ДСТУ Н.Б.В. 1.1 – 27:2010, для ТП – за липнем, ХП – за січнем [3, с. 93 табл. 24]:

$$\varphi_{\text{зовн.ТП}} = 64\ \% \qquad \varphi_{\text{зовн.ХП}} = 84\ \%$$

Відносна вологість для внутрішнього повітря приймається згідно ДБН В 2.5 – 67:2013 для ХП і ТП відповідно [1, с. 105 табл. Д 5]:

$$\varphi_{\text{зовн.ТП}} = 60\ \% \qquad \varphi_{\text{зовн.ХП}} = 30\ \%$$

9.1.4. Мінімальні швидкості руху повітря

Мінімальні швидкості руху повітря в робочих зонах приймаються згідно ДБН В 2.5 – 67:2013 для ХП і ТП відповідно [1, с. 105 рис. Д 4]:

- в обідній залі мінімальні швидкості рівні:

ТП: v = 0,22 м/с ХП: v = 0,22 м/с

9.1.5. Максимальні швидкості руху повітря

Максимальні швидкості руху повітря в зонах знаходяться за формулою:

$$v_{max} = 1{,}2 \cdot v, \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де v – мінімальна швидкість руху повітря в зоні.

- для ТП максимальні швидкості руху повітря рівні:

Обідня зала: $v_{max\text{ТП}} = 1{,}2 \cdot 0{,}22 = 0{,}264\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

- для ХП максимальні швидкості руху повітря рівні:

Обідня зала: $v_{max\text{ХП}} = 1{,}2 \cdot 0{,}22 = 0{,}264\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

9.2. Теплонадходження

Теплонадходження розраховуються за аналогічною методикою, що була наведена в розділі 7. Кількість людей для розрахунку приймається 16 чоловік,

площа приміщення 18 м^2 об'єм 55 м^3. В таблиці 9.3 наведені теплонадходження в приміщення.

Таблиця 9.3 «Зведена таблиця тепло надходжень будівлі»

Приміщення	Джерело теплонадходжень	Період року			
		ТП		ХП	
		явна	повна	явна	повна
Обідня зала	Сонячна радіація	2828	2828	-	-
	Люди	2400	3280	1680	3280
	Штучне освітлення	3055	3055	3055	3055
	Всього	**5455**	**6335**	**4735**	**6335**

Таблиця 9.4 «Зведена таблиця шкідливостей»

Приміщення	Вид забруднення	Період року	Волога	CO_2
Обідня зала	Люди	ТП	2240	960
		ХП	3280	

9.3. Визначення повітрообміну за шкідливостями

1. Визначити кількість повітря, що потрібно подати до обідньої зали за санітарними нормами [1, с.131, дод. Х]:

Об'ємна:

$$L_{min} = \left(n \cdot q_р + A \cdot q_в\right) \cdot 3{,}6, м^3/год,$$

де $q_р$ – питома витрати зовнішнього повітря на одну людину, $дм^3/(с \cdot люд)$ $[1, с. 131,\ табл. Х. 1]$:

$$q_л = 7 дм^3/(с \cdot люд);$$

$q_в$ – питома витрата зовнішнього повітря на зменшення концентрації забруднюючих речовин, що виділяються від будівельних матеріалів, $дм^3/(с \cdot м)[1, с. 131,\ табл. Х. 1]$:

$$q_в = 0{,}35\ дм^3/(с \cdot м);$$

$$L_{min} = (16 \cdot 7 + 555 \cdot 0{,}35) \cdot 3{,}6 = 1105\ м^3/год$$

Масова:

$$G_{min} = L_{min} \cdot \rho, кг/год,$$

де ρ – густина повітря при температурі $20°с$;

$$\rho = \frac{353}{274 + 20} = 1{,}201 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{min} = 1105 \cdot 1{,}201 = 1330 \text{ кг/год}$$

2. Визначити кількість повітря, що потрібно подати за ГДК:

$$L_{CO_2} = \frac{\mu_{CO_2}}{\Delta c \cdot 1{,}83}, \text{м}^3/\text{год},$$

де Δc – рівень концентрації CO_2 в приміщенні понад рівень у зовнішньому повітрі, ppm [1, с. 133, табл. X. 3]:

$$\Delta c = 500 \text{ ppm}$$

$$L_{CO_2} = \frac{\mu_{CO_2}}{\Delta c \cdot 1{,}83}, \text{м}^3/\text{год},$$

$$L_{CO_2} = \frac{960 \cdot 1000}{500 \cdot 1{,}83} = 1050 \text{ м}^3/\text{год}$$

Масова:

$$G_{CO_2} = 1050 \cdot 1{,}201 = 1265 \text{ кг/год}$$

Побудова i-d діаграми в боулінгу для теплого періоду:

Знаходимо кут променю процесу:

$$\xi = \frac{3{,}6 \cdot Q_{hf}}{W_{вол}}, \text{ кДж/г}$$

де Q_{hf} - повні теплонадходження;

$W_{вол}$ - повні вологонадходження

$$\xi = \frac{3{,}6 \cdot 6108}{2240} = 9{,}8 \text{ кДж/г}$$

Ставимо на i-d діаграмі точку робочої зони «t_{wz}», параметри точки робочої зони:

Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
20	42	8,5	60

Відкладаємо кут променю процесу на діаграмі.

Знаходимо температуру повітря що видаляється t_l:

$$t_l = t_{wz} + gradt \cdot (H - h_{wz}), \text{ °C}$$

де H – висота приміщення, H = 5,4 м;

h_{wz} – висота робочої зони, h_{wz}=2 м;

$gradt$ – градієнт температури.

$$t_l = 20 + 0{,}5 \cdot (5{,}4 - 2) = 25{,}4 \text{ °C}$$

На перетині кута променю процесу і температури t_l ставимо на діаграмі точку повітря, що видаляється «l». Параметри точки:

Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
25,4	49,8	9,5	47

Знаходимо температуру припливного повітря t_{in}:

$$t_{in} = t_{wz} - \Delta t, \text{ °C}$$

де Δt - Допустимий перепад температури між робочою зоною та повітрям, що подається, приймаємо 4 °C

$$t_{in} = 20 - 4 = 16 \text{ °C}$$

На перетині температури припливного повітря і кута променю процесу ставимо точку «in».

Знаходимо усі параметри точки:

Точка	Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
in	16	36,4	8	70

Відрізок «in-L» на діаграмі – асиміляція теплоти і вологи

Визначаємо кількість повітря, що потрібно подати на асиміляцію теплоти:

$$G_Q = \frac{3{,}6 \cdot Q_{hf}}{I_l - I_{in}} = \frac{3{,}6 \cdot 6108}{49{,}8 - 36{,}4} = 1645 \text{ кг/год}$$

Визначаємо об’ємну витрату:

$$L_Q = \frac{G_Q}{\rho_{пов.}} = \frac{1645}{1{,}201} = 1370 \text{ м}^3\text{/год}$$

Визначаємо кількість повітря, що потрібно подати на асиміляцію вологи:

$$G_W = \frac{Q_W}{d_l - d_{in}} = \frac{2240}{9{,}5 - 8} = 1495 \text{ кг/год}$$

Визначаємо об'ємну витрату:

$$L_Q = \frac{G_W}{\rho_{пов.}} = \frac{1495}{1{,}201} = 1245 \text{ м}^3\text{/год}$$

Від точки «L», по лінії d_{const} піднімаємось на значення gradt, таким чином знаходимо точку рециркуляційного повітря «r».

За температурою, відносною вологістю знаходимо точку зовнішнього повітря «ext» та знаходимо її параметри:

Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
28	70	16	64

Сполучаємо точки «r» і «ext».

Максимальна кількість повітря на рециркуляцію дорівнює максимальному значенню серед гранично допустимої концентрації та санітарними нормами.

$G_г$=1330 кг/год.

Знаходимо кількість повітря яке викидається у зовнішнє середовище:

$$G_{ext} = G_{асим.} - G_r \text{, кг/год}$$

де $G_{асим.}$ - максимальне значення витрати повітря на асиміляцію теплоти.

$$G_{ext} = 1645 - 1330 = 315 \text{ кг/год}$$

Визначаємо вологовміст суміші за формулою:

$$d_{сум} = \frac{G_{ext} \cdot d_{ext} + G_r \cdot d_r}{G_{заг}} \text{, г/кг}$$

де $G_{заг} = G_{асим.}$ = 1645 кг/год

$$d_{сум} = \frac{315 \cdot 16 + 1330 \cdot 9{,}5}{1645} = 11{,}1 \text{ г/кг}$$

На перетині вологовмісту суміші і відрізка «r-ext» ставимо точку суміші «С».

Від точки «in» опускаємся по лінії d=const до φ=90% і ставим точку «О».

Відрізок «С-О» - зволоження і охолодження в камері зволоження.

Визначаємо витрату холоду в зрошувальній камері:

$$Q_x = G_{заг} \cdot (I_c - I_o), кДж/год$$

$$Q_x = 1645 \cdot (55{,}9 - 32{,}7) = 31784 \ \frac{кДж}{год} = \frac{31784}{3600} = 9 \ кВт$$

Визначаємо кількість вологи, що треба подати в камеру зрошення:

$$W_x = G_{заг} \cdot (d_c - d_o), г/год$$

$$W_x = 1370 \cdot (11{,}1 - 8) = 4247 \ г/год$$

По лінії d=const піднімаємось на 1 ^oC і ставимо точку «О'» (нагрів повітря у повітропроводі та вентиляторі).

Відрізок «in-О» - підігрів повітря у першому підігрівачі. У теплий період 2 підігрівач не працює.

Визначаємо витрату теплоти на II підігрів:

$$Q_{II} = G_{заг} \cdot (I_{in} - I_o), кДж/год$$

$$Q_{II} = 1645 \cdot (36{,}4 - 32{,}7) = 5069 \ \frac{кДж}{год} = \frac{5069}{3600} = 1{,}5 \ кВт.$$

Побудова i-d діаграми для холодного періоду:

Знаходимо кут променю процесу:

$$\xi = \frac{3{,}6 \cdot Q_{hf}}{W_{вол}}, кДж/г$$

$$\xi = \frac{3{,}6 \cdot 6333}{3280} = 4{,}5 \ кДж/г$$

Ставимо на i-d діаграмі точку робочої зони «t_{wz}», параметри точки робочої зони:

Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
20	37,9	6,97	48

Відкладаємо кут променю процесу на діаграмі.

Знаходимо температуру припливного повітря t_{in}:

$$t_{in} = t_{wz} - \frac{\frac{Q_h}{\rho_{пов}}}{0{,}24 \cdot G_{заг}} = 20 - \frac{\frac{4733}{1{,}201}}{0{,}24 \cdot 1645} = 10\ ^{o}\text{C}$$

На перетині температури припливного повітря і кута променю процесу ставимо точку «in».

Оскільки градієнт температури у холодний період дорівнює 0, то точка «l» находиться на точці «t_{wz}»

Знаходимо усі параметри точок:

Точка	Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
in	10	15,5	2,2	30
l	20	31	4,1	30

Визначаємо кількість повітря, що потрібно подати на асиміляцію теплоти:

$$G_Q = \frac{3{,}6 \cdot Q_{hf}}{I_l - I_{in}} = \frac{3{,}6 \cdot 6333}{31 - 15{,}5} = 1475 \text{ кг/год}$$

Визначаємо об’ємну витрату:

$$L_Q = \frac{G_Q}{\rho_{пов.}} = \frac{1475}{1{,}201} = 1230 \text{ м}^3\text{/год}$$

Визначаємо кількість повітря, що потрібно подати на асиміляцію вологи:

$$G_W = \frac{Q_W}{d_l - d_{in}} = \frac{3280}{4{,}1 - 2{,}2} = 1730 \text{ кг/год}$$

Визначаємо об’ємну витрату:

$$L_Q = \frac{G_W}{\rho_{пов.}} = \frac{1730}{1{,}201} = 1445 \text{ м}^3\text{/год}$$

За температурою, відносною вологістю знаходимо точку зовнішнього повітря «ext» та знаходимо її параметри:

Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
-22	-28	0,3	84

Сполучаємо точки «t_{wz}» і «ext».

Від точки «in» опускаємся по лінії d=const до φ=90% і ставим точку «O».

Відрізок «О- in» - підігрів повітря у другому нагрівачі.

Ставимо на i-d діаграмі точку робочої зони «Т„, параметри точки робочої зони:

Температура, t	Ентальпія, I	Вологовміст, d	Відносна вологість, φ
1	1,5	0,3	7

Відрізок «ext-Т» - підігрів повітря у першому підігрівачі.

Визначаємо витрату теплоти на II підігрів:

$$Q_{II} = G_{заг} \cdot (I_{in} - I_o), кДж/год$$

$$Q_{II} = 1645 \cdot (15{,}5 - 1{,}5) = 23030 \ \frac{кДж}{год} = \frac{23030}{3600} = 6{,}5 \ кВт.$$

Відрізок «Т-О» зволоження та охолодження повітря у камері зволоження.

РОЗДІЛ 10. АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

10.1. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів

Аеродинамічний розрахунок повітропроводів наведений в таблицях 10.1-10.6.

Таблиця 10.1 «Аеродинамічний розрахунок припливної системи П1»

Номер ділянки	1	Витрата повітря на ділянці $L_{діл}$, м³/год	2	Довжина ділянки $l_{діл}$, м	3	Розрахункова швидкість в перерізі $υ_р$, м/с	4	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу $f_р$, м²	5	Розмір поперечного перерізу повітропроводу a x b (B x H) для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм	6	Еквівалентний діаметр $d_е$, мм	7	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_д$, м²	8	Дійсна швидкість в перерізі $v_д$, м/с	9	Коефіцієнт шорсткості $β_ш$	10	Коефіцієнт K_1	11	Швидкісний (динамічний) тиск на ділянці $P_д$	12	Втрати тиску на тертя: Питомі на 1 п.м R, Па/м	13	Втрати тиску на тертя: На всій ділянці $P_{діл} = R \cdot l \cdot β_ш \cdot K_1$	14	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $Σξ_{діл}$	15	Коефіцієнт K_2	16	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $ΔP_z = Σξ_{діл} \cdot P_д \cdot K_2$	17	Загальні втрати тиску на ділянці , $ΔP_{діл} = P_{тер} + P_z$, Па	18	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	19	Невʼязка	20	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дроссельованая $ξ_{дж}$	21
Магістраль																																							
1 - 2	544	5,0	4,00	0,038	100	x	300	250	0,0491	3,08	1	1	5,71	0,853	4,27	1,94	1	11,07	15,34	15,34	-	-																
2 - 3	1088	5,7	4,67	0,065	150	x	350	315	0,0779	3,88	1	1	9,07	0,959	5,44	0,84	1	7,62	13,06	28,39	-	-																
3 - 4	2176	3,9	5,33	0,113	250	x	400	400	0,1257	4,81	1	1	13,93	1,035	4,04	0,68	1	9,46	13,50	41,90	-	-																
4 - 5	3264	3,9	6,00	0,151	250	x	550	450	0,1590	5,70	1	1	19,59	1,204	4,70	0,61	1	11,95	16,64	58,54	-	-																
5 - 6	4352	3,9	6,67	0,181	400	x	400	500	0,1963	6,16	1	1	22,85	1,208	4,71	0,60	1	13,59	18,30	76,85	-	-																
6 - 7	5440	8,0	7,33	0,206	400	x	450	560	0,2463	6,14	1	1	22,67	1,041	8,33	1,49	1	33,79	42,12	118,96	-	-																
Сумарні втрати тиску вмережі: 118,96 Па																																						
Відгалуження																																						
2 - 16	544	0,5	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	0,43	1,720	1	9,81	10,24	10,24	33,20	0,90																
3 - 8	1088	1,8	4	0,076	250	x	250	315	0,078	3,88	1	1	9,07	0,968	1,74	0,80	1	7,25	8,99	8,99	-	-																
8 - 9	544	5,0	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	4,30	1,80	1	10,27	14,57	23,56	17,01	0,85																
8 - 17	544	0,5	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	0,43	1,72	1	9,81	10,24	10,24	13,88	-0,22																
4 - 10	1088	1,8	4	0,076	250	x	250	315	0,078	3,88	1	1	9,07	0,968	1,74	0,80	1	7,25	8,99	8,99	-	-																
10 - 11	544	5,0	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	4,30	1,80	1	10,27	14,57	23,56	43,76	3,23																
10 18	544	0,5	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	0,43	1,72	1	9,81	10,24	10,24	13,88	-0,22																
5 - 12	1088	1,8	4	0,076	250	x	250	315	0,078	3,88	1	1	9,07	0,968	1,74	0,80	1	7,25	8,99	8,99	-	-																
12 - 13	544	5,0	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	4,30	1,80	1	10,27	14,57	23,56	80,19	16,82																
12 - 19	544	0,5	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	0,43	1,720	1	9,81	10,24	10,24	91,39	19,17																
6 - 14	1088	1,8	4	0,076	250	x	250	315	0,078	3,88	1	1	9,07	0,968	1,74	0,80	1	7,25	8,99	8,99	-	-																
14 - 15	544	5,0	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	4,30	1,80	1	10,27	14,57	23,56	80,19	16,82																
14 - 20	544	0,5	4	0,038	100	x	300	250	0,049	3,08	1	1	5,71	0,860	0,43	1,72	1	9,81	10,24	10,24	91,39	19,17																

Таблиця 10.2 «Аеродинамічний розрахунок витяжної системи В1»

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{діл}$, м^3/год	Довжина ділянки $l_{діл}$, м	Розрахункова швидкість в перерізі $\upsilon_р$, м/с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу $f_р$, м^2	Розміри поперечного перерізу повітропроводу a x b (B x H) для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм			Еквівалентний діаметр $d_э$, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_д$, м^2	Дійсна швидкість в перерізі $v_д$, м/с	Коефіцієнт шорсткості $\beta_ш$	Коефіцієнт K_1	Швидкістний (динамічний) тиск на ділянці $P_д$	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma\xi_{діл}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma\xi_{діл} \cdot P_д \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці , $\Delta P_{діл} = P_{тер} + P_z$, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцового опору дроселькласпана $\xi_{дк}$
														Питомі на 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці $P_{діл} = R \cdot l \cdot \beta_ш \cdot K_1$							
1	2	3	4	5	6			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль																						
1 - 2	500	5,5	4,00	0,03	100	x	250	250	0,0491	2,83	1	1	4,82	0,736	4,05	1,94	1	9,35	13,40	13,40	-	-
2 - 3	1000	7,8	4,80	0,06	100	x	500	315	0,0779	3,57	1	1	7,66	0,827	6,43	0,46	1	3,49	9,91	23,31	-	-
3 - 4	2000	3,9	5,60	0,1	250	x	300	400	0,1257	4,42	1	1	11,77	0,893	3,48	0,34	1	4,05	7,54	30,85	-	-
4 - 5	3000	3,9	6,40	0,13	250	x	450	450	0,1590	5,24	1	1	16,55	1,039	4,05	0,28	1	4,63	8,69	39,53	-	-
5 - 6	4000	1,0	7,20	0,15	250	x	550	450	0,1590	6,99	1	1	29,42	1,719	1,72	1,49	1	43,83	45,55	85,08	-	-
Сумарні втрати тиску вмережі:																				**85,08**	**Па**	
Відгалуження																						
2 - 16	500	0,5	4	0,03	100	x	250	250	0,049	2,83	1	1	4,82	0,741	0,37	1,720	1	8,29	8,66	8,66	35,37	0,99
3 - 8	1000	2,0	4	0,07	150	x	400	315	0,078	3,57	1	1	7,66	0,834	1,67	0,80	1	6,13	7,80	7,80	-	-
8 - 9	500	5,0	4	0,03	100	x	250	250	0,049	2,83	1	1	4,82	0,741	3,71	1,80	1	8,68	12,38	20,18	13,44	0,65
8 - 17	500	0,5	4	0,03	100	x	250	250	0,049	2,83	1	1	4,82	0,741	0,37	1,720	1	8,29	8,66	8,66	11,10	-0,18
4 - 10	1000	2,0	4	0,07	150	x	400	315	0,078	3,57	1	1	7,66	0,834	1,67	0,80	1	6,13	7,80	7,80	-	-
10 - 11	500	5,0	4	0,03	100	x	250	250	0,049	2,83	1	1	4,82	0,741	3,71	1,80	1	8,68	12,38	20,18	34,59	2,23
10 18	500	0,5	4	0,03	100	x	250	250	0,049	2,83	1	1	4,82	0,741	0,37	1,720	1	8,29	8,66	8,66	11,10	-0,18
5 - 12	1000	2,0	4	0,07	150	x	400	315	0,078	3,57	1	1	7,66	0,834	1,67	0,80	1	6,13	7,80	7,80	-	-
12 - 13	500	5,0	4	0,03	100	x	250	250	0,049	2,83	1	1	4,82	0,741	3,71	1,80	1	8,68	12,38	20,18	76,28	13,55
12 - 19	500	0,5	4	0,03	100	x	250	250	0,049	2,83	1	1	4,82	0,741	0,37	1,720	1	8,29	8,66	8,66	89,82	15,95

Таблиця 10.3 «Аеродинамічний розрахунок припливної системи П2»

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{діл}$, м³/год	Довжина ділянки $l_{діл}$, м	Розрахункова швидкість в перерізі $\upsilon_р$, м/с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу $f_р$, м²	Розміри поперечного перерізу повітропроводу a x b (B x H) для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм			Еквівалентний діаметр $d_э$, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_д$, м²	Дійсна швидкість в перерізі $v_д$, м/с	Коефіцієнт шорсткості $\beta_ш$	Коефіцієнт K_1	Швидкістний (динамічний) тиск на ділянці $P_д$	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma\xi_{діл}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma\xi_{діл} \cdot P_д \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{діл} = P_{тер} + P_z$, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дроселькласпана $\xi_{дк}$
														Питомі на 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці $P_{діл} = R \cdot l \cdot \beta_ш \cdot K_1$							
1	2	3	4	5	6			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль																						
1 - 2	1360	5,0	4,00	0,094	250	x	300	355	0,0990	3,82	1	1	8,77	0,802	4,01	1,85	1	16,23	20,24	20,24	-	-
2 - 3	2720	5,7	5,00	0,151	250	x	550	450	0,1590	4,75	1	1	13,60	0,875	4,97	0,45	1	6,12	11,09	31,33	-	-
3 - 4	4080	3,9	6,00	0,189	400	x	400	500	0,1963	5,77	1	1	20,08	1,079	4,21	0,60	1	12,05	16,26	47,58	-	-
4 - 5	5440	10,0	7,00	0,216	400	x	450	560	0,2463	6,14	1	1	22,67	1,041	10,41	2,54	1	57,59	68,01	115,59	-	-
Сумарні втрати тиску вмережі:																				**115,59**	**Па**	
Відгалуження																						
2 - 16	1360	0,5	4	0,094	250	x	300	355	0,099	3,82	1	1	8,77	0,809	0,40	1,85	1	16,23	16,63	16,63	17,81	0,41
8 - 17	1360	0,5	4	0,094	250	x	300	355	0,099	3,82	1	1	8,77	0,809	0,40	1,85	1	16,23	16,63	16,63	85,61	11,35
10 18	1360	0,5	4	0,094	250	x	300	355	0,099	3,82	1	1	8,77	0,809	0,40	1,85	1	16,23	16,63	16,63	85,61	11,35

Таблиця 10.4 «Аеродинамічний розрахунок витяжної системи В2»

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{діл}$, $м^3$/год	Довжина ділянки $l_{діл}$, м	Розрахункова швидкість в перерізі $\upsilon_р$, м/с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу $f_р$, $м^2$	Розміри поперечного перерізу повітропроводу a x b (B x H) для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм			Еквівалентний діаметр $d_э$, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_д$, $м^2$	Дійсна швидкість в перерізі $v_д$, м/с	Коефіцієнт шорсткості $\beta_ш$	Коефіцієнт K_1	Швидкістний (динамічний) тиск на ділянці $P_д$	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma\xi_{діл}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma\xi_{діл} \cdot P_д \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{діл} = P_{тер} + P_z$, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дросельклапана $\xi_{дк}$
														Питомі на 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці $P_{діл} = R \cdot l \cdot \beta_ш \cdot K_1$								
1	2	3	4	5	6			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль																						
1 - 2	1180	5,0	4,00	0,08	250	x	250	355	0,0990	3,31	1	1	6,60	0,626	3,13	1,94	1	12,81	15,94	15,94	-	-
2 - 3	2360	5,7	5,00	0,13	250	x	450	450	0,1590	4,12	1	1	10,24	0,683	3,88	0,40	1	4,10	7,97	23,91	-	-
3 - 4	3540	3,9	6,00	0,16	250	x	600	500	0,1963	5,01	1	1	15,12	0,841	3,28	0,23	1	3,48	6,76	30,67	-	-
4 - 5	4720	20,0	7,00	0,19	400	x	400	500	0,1963	6,68	1	1	26,87	1,392	27,84	2,60	1	69,87	97,71	128,38	-	-
Сумарні втрати тиску вмережі:																				**128,38**	**Па**	
Відгалуження																						
2 - 16	1180	0,5	4	0,08	250	x	250	355	0,099	3,31	1	1	6,60	0,631	0,32	1,940	1	12,81	13,13	13,13	17,65	0,43
8 - 17	1180	0,5	4	0,08	250	x	250	355	0,099	3,31	1	1	6,60	0,631	0,32	1,94	1	12,81	13,13	13,13	89,78	17,56
10 18	1180	0,5	4	0,08	250	x	250	355	0,099	3,31	1	1	6,60	0,631	0,32	1,94	1	12,81	13,13	13,13	89,78	17,56

Таблиця 10.5 «Аеродинамічний розрахунок витяжної системи В4»

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{діл}$, $м^3$/год	Довжина ділянки $l_{діл}$, м	Розрахункова швидкість в перерізі $\upsilon_р$, м/с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу $f_р$, $м^2$	Розміри поперечного перерізу повітропроводу a x b (B x H) для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм			Еквівалентний діаметр $d_э$, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_д$, $м^2$	Дійсна швидкість в перерізі $v_д$, м/с	Коефіцієнт шорсткості $\beta_ш$	Коефіцієнт K_1	Швидкістний (динамічний) тиск на ділянці $P_д$	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma\xi_{діл}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma\xi_{діл} \cdot P_д \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{діл} = P_{тер} + P_z$, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дроселькласпана $\xi_{дк}$
														Питомі на 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці $P_{діл} = R \cdot l \cdot \beta_ш \cdot K_1$								
1	2	3	4	5	6			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль																						
1 - 2	1500	5,5	4,00	0,104	250	x	350	400	0,1257	3,31	1	1	6,62	0,540	2,97	1,92	1	12,71	15,68	15,68	-	-
2 - 3	3000	7,8	5,33	0,156	250	x	550	450	0,1590	5,24	1	1	16,55	1,039	8,07	0,48	1	7,86	15,93	31,61	-	-
3 - 4	6000	3,9	6,67	0,25	400	x	550	630	0,3117	5,35	1	1	17,22	0,707	2,76	0,09	1	1,55	4,31	35,92	-	-
Сумарні втрати тиску вмережі:																				**35,92**	**Па**	
Відгалуження																						
2 - 8	1500	0,5	4	0,104	250	x	350	400	0,126	3,31	1	1	6,62	0,544	0,27	1,720	1	11,38	11,66	11,66	25,65	0,61
3 - 5	3000	2,0	4	0,208	400	x	450	560	0,246	3,38	1	1	6,90	0,371	0,74	0,80	1	5,52	6,26	6,26	-	-
5 - 6	1500	5,0	4	0,104	250	x	350	400	0,126	3,31	1	1	6,62	0,544	2,72	1,80	1	11,91	14,64	20,89	33,90	1,63
5 - 7	1500	0,5	4	0,104	250	x	350	400	0,126	3,31	1	1	6,62	0,544	0,27	1,720	1	11,38	11,66	11,66	86,28	-0,82

Таблиця 10.6 «Аеродинамічний розрахунок витяжної системи В5»

Номер ділянки	Витрата повітря на ділянці $L_{діл}$, м^3/год	Довжина ділянки $l_{діл}$, м	Розрахункова швидкість в перерізі $\upsilon_р$, м/с	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу $f_р$, м^2	Розміри поперечного перерізу повітропроводу a x b (B x H) для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм	Еквівалентний діаметр $d_э$, мм	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_д$, м^2	Дійсна швидкість в перерізі $v_д$, м/с	Коефіцієнт шорсткості $\beta_ш$	Коефіцієнт K_1	Швидкістний (динамічний) тиск на ділянці $P_д$	Втрати тиску на тертя		Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma\xi_{діл}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma\xi_{діл} \cdot P_д \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{діл} = P_{тер} + P_z$, Па	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дроселькласпана $\xi_{дк}$
												Питомі на 1 п.м R, Па/м	На всій ділянці $P_{діл} = R \cdot l \cdot \beta_ш \cdot K_1$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Магістраль																				
1 - 2	220	2,5	4,00	0,02	100 x 100	160	0,0201	3,04	1	1	5,57	1,459	3,65	1,91	1	10,64	14,28	14,28	-	-
2 - 3	440	4,5	5,00	0,02	100 x 150	200	0,0314	3,89	1	1	9,13	1,701	7,62	0,75	1	6,85	14,47	28,75	-	-
3 - 4	740	0,5	6,00	0,03	100 x 250	250	0,0491	4,19	1	1	10,56	1,462	0,73	0,68	1	7,18	7,91	36,66	-	-
4 - 5	1040	5,5	7,00	0,04	100 x 350	250	0,0491	5,88	1	1	20,85	2,652	14,59	0,44	1	9,18	23,76	60,43	-	-
Сумарні втрати тиску вмережі:																		**60,43**	**Па**	
Відгалуження																				
2 - 12	220	0,5	4	0,02	100 x 100	160	0,020	3,04	1	1	5,57	1,470	0,73	1,91	1	10,64	11,37	11,37	20,39	0,53
3 - 8	300	1,0	4	0,02	100 x 150	200	0,031	2,65	1	1	4,24	0,876	0,88	0,90	1	3,82	4,69	4,69	-	-
8 - 7	200	1,3	4	0,01	100 x 50	160	0,020	2,76	1	1	4,60	1,243	1,62	0,36	1	1,66	3,27	7,97	-	-
7 - 6	100	1,3	4	0,01	100 x 50	100	0,008	3,52	1	1	7,45	3,415	4,44	1,91	1	14,22	18,66	26,63	7,38	0,29
4 - 11	300	1,0	4	0,02	100 x 150	200	0,031	2,65	1	1	4,24	0,876	0,88	0,40	1	1,70	2,57	2,57	-	-
11 - 10	200	1,3	4	0,01	100 x 50	160	0,020	2,76	1	1	4,60	1,243	1,62	0,25	1	1,15	2,77	5,34	-	-
10 - 9	100	1,3	4	0,01	100 x 50	100	0,008	3,52	1	1	7,45	3,415	4,44	1,91	1	14,22	18,66	24,00	34,53	1,71
7 13	100	0,5	4	0,01	100 x 50	100	0,008	3,52	1	1	7,45	3,415	1,71	1,56	1	11,62	13,33	13,33	67,26	-0,72
8 - 14	100	0,5	4	0,01	100 x 50	100	0,008	3,52	1	1	7,45	3,415	1,71	1,56	1	11,62	13,33	13,33	183,87	-1,17
10 - 15	100	0,5	4	0,01	100 x 50	100	0,008	3,52	1	1	7,45	3,415	1,71	1,56	1	11,62	13,33	13,33	149,56	-1,08
11 - 16	100	0,5	4	0,01	100 x 50	100	0,008	3,52	1	1	7,45	3,415	1,71	1,56	1	11,62	13,33	13,33	417,92	-1,45

10.2. Вибір та розрахунок основного обладнання системи вентиляції

10.2.1. Розрахунок та підбір калориферів

Розрахунок калориферів розпочинаємо з визначення втрати теплоти для нагрівання повітря за формулою:

$$Q=0,278\cdot c_n\cdot G_n\cdot(t_{in}-t_c)$$

Q - витрата теплоти на нагрів повітря, Вт

$c_п$ - питома теплоємність повітря, кДЖ/(кг·˚С)

$c_п$ = 1,005 кДЖ/(кг·˚С)

$G_п$ - кількість повітря яке необхідно нагріти, кг/год

$G_п$ = 21180 кг/год

t_{in} - температура повітря після нагрівання, тобто температура припливного повітря ˚С

t_{in} = 17,5 ˚С

t_c - температура повітря до калорифера, ˚С

t_c = -1,2 ˚С

$$Q= 0,278\cdot1,005\cdot21180\cdot(17,5--1,2) = \mathbf{110660}\text{ Вт}$$

Попередньо приймаємо розподіл об'ємної витрати між калорифером і обвідним клапаном у відсотковому відношенні 70% і 30% відповідно.

$G_{кал}$= **77462** кг/год $G_{ок}$= **33198** кг/год

Приймаємо масову швидкість повітря (vρ), в межах рекомендованих величин 4-12 кг/(м^2·с), визначаємо розрахункову площу живого перерізу $f_ж$, м^2, калориферів по повітрю за формулою:

$$f_ж = \frac{G_{кал}}{3600\cdot(v\rho)}$$

$G_{кал}$ - кількість повітря що проходить через калорифер, кг/год

$G_{кал}$= 77462 кг/год

(vρ) - максимальна швидкість повітря що проходить через калорифер, кг/(м^2·с)

(vρ) = 8 кг/(м^2·с)

$$f_ж = \frac{77462}{3600\cdot8} = \mathbf{2,690}\ м^2$$

Взявши за основу необхідну площу живого перерізу fж калорифера, вибираємо модель, марку номер і число калориферів, яке повинне бути мінімальним:

Марка і номер калорифера

Сталева пластинчата багатоходова модель КВС-12-П

площа живого перерізу по повітрю:	$f_ж$=	**1,299**	м^2
площа поверхні нагріву:	$F_ф$=	**108,00**	м^2
площа живого перерізу по теплоносію:	$f_{тр}$ =	**0,00347**	м^2

Визначаємо дійсну площу живого перерізу калориферів по повітрю

$$f_Д=f_ж \cdot n$$

$f_ж$ - площа живого перерізу по повітрю

$f_ж$= 1,299 $м^2$

n - кількість калориферів

n = 2 шт

$$f_Д= 1,299 \cdot 2= \mathbf{2,598} \ м^2$$

Визначаємо дійсну масову швидкість повітря за формулою:

$$(v\rho)= \frac{G_{кал}}{3600 \cdot f_Д}$$

$G_{кал}$ - кількість повітря що проходить через калорифер, кг/год

$G_{кал}$= 77462 кг/год

$f_Д$ - дійсна площа живого перерізу по повітрю

$f_Д$= 2,598 $м^2$

$$(v\rho)_Д= \frac{77462}{3600 \cdot 2,598} = \mathbf{8,283} \ \frac{кг}{(м^2 \cdot с)}$$

Визначаємо швидкість руху теплоносія (вода) в трубах калорифера

$$\omega= \frac{Q}{c_в \cdot \rho_в \cdot f_{тр} \cdot n \cdot (t_г - t_о)}$$

Q - витрата теплоти на нагрів повітря, Вт

Q = 110660 Вт

$\rho_в$ -густина теплоносія (вода)

$\rho_в$ = 1000 кг/$м^3$

$c_в$ - питома теплоємність води

$c_в$ = 4,19 кДж/(кг·˚С)

$f_{тр}$ - площа живого перерізу калорифера по теплоносію

$f_{тр}$ = 0,00347 $м^2$

n - число паралельних потоків теплоносія, які проходять через колориферну установку

n = 2

$t_г$ - температура теплоносія в подавальному потрубці

$t_г$= 90 ˚С

$t_о$ - температура теплоносія в зворотньому потрубці

$t_о$= 70 ˚С

$$\omega= \frac{110660}{1000 \cdot 4,19 \cdot 0,003474 \cdot 2 \cdot (90-70) \cdot 3600} = \mathbf{0,053} \ м/с$$

Визначаємо необхідну площу поверхні нагрівання калориферної установки

$$F_н = \frac{Q}{K\cdot(t^{T}_{сер}-t^{п}_{сер})}$$

Q - витрата теплоти на нагрів повітря, Вт

Q = 110660 Вт

К - коефіцієнт теплопередачі калорифера

К = 27,85

$t^{T}_{сер}$ - середня температура теплоносія

$$t^{T}_{сер} = \frac{t_г-t_о}{2} = \frac{90+70}{2} = 80 \ ^{\circ}C$$

$t_г$ - температура теплоносія в подавальному потрубці

$t_г$= 90 ˚С

$t_о$ - температура теплоносія в зворотньому потрубці

$t_о$= 70 ˚С

$$F_н = \frac{110660}{27,85\cdot(80-17,5)} = \mathbf{63,58} \ м^2$$

Визначаємо запас площі поверхні нагрівання калориферів

$F_н$= 63,58·2= 127,16 $м^2$

$F_ф$= 108·2= 216,00 $м^2$

$$\varepsilon = \frac{F_н-F_ф}{F_н} = \frac{216-127,16}{216,00}\cdot 100 = \mathbf{41,13} \ \%$$

Визначаємо аеродинамічний опір проходженню повітря через калорифер

$$\Delta P_{кал}=2,2\cdot(v\rho)^{1,62}$$

$\Delta P_{кал}$= 2,2·8,283 ^{1,62}= **67,6** Па

10.2.2. Розрахунок та підбір фільтру

Визначаємо необхідну площу фільтруючої поверхні

$$F_ф = \frac{L}{L_{пит}}$$

L - кількість повітря що очищується у фільтрі $м^3$/год

L = 17650 $м^3$/год

$L_{пит}$ - питоме повітряне навантаження

$L_{пит}$ = 8000

$$F_ф = \frac{17650}{8000} = \mathbf{2,2} \ м^2$$

Визначаємо розрахункову кількість ячейок фільтру

$$n_р = \frac{F_ф}{f}$$

f - площа однієї ячейки

f= 0,22 м^2

$$n_р = \frac{2,2}{0,22} = \mathbf{10,0} \text{ шт}$$

Приймаємо до установки 11 ячейки та визначаємо фактичну площу фільтру

$$F_ф = f \cdot n_у$$

f - площа однієї ячейки

f= 0,22 м^2

$n_у$ - кількість встановлених ячейок

$n_у$ = 11 шт

$$F_ф = 0,22 \cdot 11 = \mathbf{2,20} \text{ м}^2$$

Визначаємо фактичне питоме навантаження на фільтр

$$L_{питф} = \frac{L}{F_ф}$$

L - кількість повітря що очищується у фільтрі м^3/год

L = 17650 м^3/год

$F_ф$ - фактична площа фільтру

$F_ф$ = 2,20 м^2

$$L_{питф} = \frac{17650}{2,20} = \mathbf{8022,8} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

Визначаємо кількість пилу що буде вловлюватися фільтром

$$m_{ро} = \frac{L \cdot q_п \cdot \eta}{n_у \cdot 100}$$

$q_п$ - початкова концентрація пилу

$q_п$ = 0,0015 мг/м^3

η - ступінь очишчення

η = 85 %

$n_у$=$n_р$ - кількість ячейок

$n_у$= 10 шт

$$m_{ро} = \frac{17650 \cdot 0,0015 \cdot 85}{10 \cdot 100} = \mathbf{2,3} \frac{\text{г}}{\text{год}}$$

Визначаємо пиловмісткість однієї ячейки фільтра

$$П=П_1 \cdot f$$

$П_1$ - пиломісткість фільтра

$П_1 =$ 2300 г/м^2

$$П= 2300 \cdot 0{,}22 = 506 \text{ г}$$

Визначаємо час роботи фільтра τ, до регенерації

$$\tau = \frac{П_1}{m_{ро}} = \frac{506}{2{,}3} = 220 \text{ год}$$

Визначаємо аеродинамічний опір фільтра при фактичному навантаженні

$$\Delta P_ф = \frac{2 \cdot \Delta P_{пит} \cdot L^2_{питф}}{L^2_{пит}}$$

$\Delta P_{пит}$ - питомий опір фільтру

$\Delta P_{пит} =$ 60 Па

$L_{питф}$ - фактичне питоме невантаження на фільтр

$L_{питф} =$ 8022,8 м^3/(м^2·год)

$L_{пит}$ - питоме повітряне навантаження

$L_{пит} =$ 8000

$$\Delta P_ф = \frac{2 \cdot 60 \cdot 8022{,}8^{\ 2}}{8000^{\ 2}} = 120{,}69 \text{ Па}$$

10.2.3. Підбір вентилятора

До встановлення приймаємо радіальний вентилятир класу AV20-630 мм загальнопромислового призначення.

Розрахункова витрата L= 17650 м^3

Тиск, який повинний створювати вентилятор:

$$\Delta P_в = 1{,}1 \cdot (\Delta P_{П1} + \Delta P_{кол} + \Delta P_ф)$$

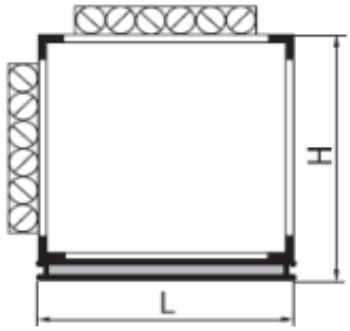
$\Delta P_{П1}=$ **84,17** Па $\Delta P_{кол}=$ **67,6** Па $\Delta P_ф=$ **120,69** Па

$$\Delta P_в = 1{,}1 \cdot (84{,}17 + 67{,}6 + 120{,}69) = 299{,}71 \text{ Па}$$

- потужність $N_у =$ 2,2 кВт
- коефіцієнт корисної дії η = 0,65
- швидкість обертання вентилятора n = 440 об/хв

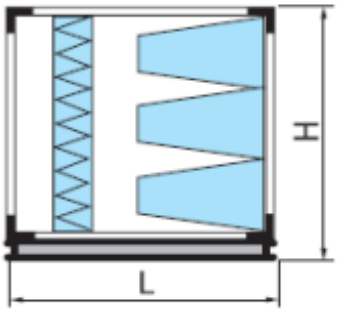
10.2.4. Обладнання припливної камери

Блок приймальнозмішувальний



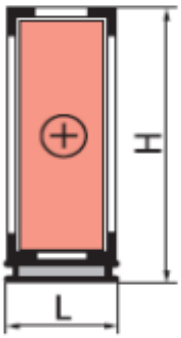
L= 1,13 м
H= 1,26 м
$W_{ширина}$= 1,63 м
$AxB_{вхід}$= 1,4x1 м
Маса= 130 кг

Блок фільтрів



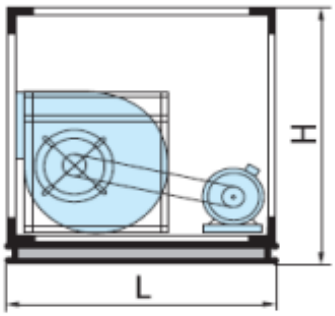
L= 1,13 м
H= 1,26 м
$W_{ширина}$= 1,63 м
$AxB_{вхід}$= 1,4x1 м
Маса= 110 кг

Блок повітронагрівачів



L= 0,39 м
H= 1,26 м
$W_{ширина}$= 1,63 м
Маса= 80 кг

Блок вентилятора

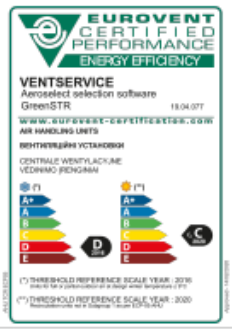


L= 1,13 м
H= 1,26 м
$W_{ширина}$= 1,63 м
$AxB_{вхід}$= 1,4x1 м
Маса= 180-200 кг

10.2.5. Підбір припливно-витяжної установки

Ventservice

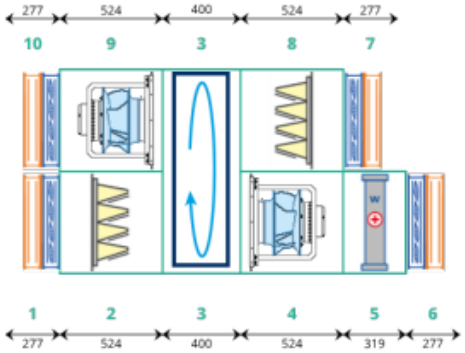
Дата:	**18-06-2024**
Пропозиція №:	**204017**
Підготував:	



Про проект:	
Опис:	Припливно-витяжна установка Aerostar ПВ1
Замовник:	Тест
Місце:	Лук'янівка, Київська область, Україна
Підготовлено для:	Тест

Модель: GreenSTR-5

ВИТРАТА ПРИПЛИВНОГО ПОВІТРЯ:	5440	m^3/h	ВІЛЬНИЙ ТИСК НА ПРИТОЦІ	150	Pa
ВИТРАТА ВИТЯЖНОГО ПОВІТРЯ:	4000	m^3/h	ВІЛЬНИЙ ТИСК НА ВИТЯЖЦІ	150	Pa
Швидкість повітря в припливній секції	3.14	m/s	Зимова темп. по проекту	-22	°C
			Швидкість повітря у витяжній секції	2.31	m/s



Ширина:	mm	930 (REC 1130)	Висота:	mm	1360
Загальна довжина:	mm	2321			

Номінальне електроспоживання: 4.4 кВт

Розміри установки, вага і комплектація - попередні і можуть бути оптимізовані перед замовленням.

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ

Ізоляція	**Мінеральна вата**	Товщина панелей	**50 mm**
Дах	**без даху**	Внутрішня панель	**З оцинкованої сталі**
Сторона обслуговування	**Права**	Зовнішня панель	**З пофарбованої оцинкованої сталі RAL7024**
Сторона підключення	**Права**	Внутрішні деталі	**З оцинкованої сталі**
		Без рами	

Eurovent data:

Температурний діапазон установки:	-30/50	°C	Швидкість повітря в секції фільтра:	3.1/2.3	m/s
Model box:	GreenSTRMB2		Зимова темп.зовн.повітря:	-22	°C
Air density:	1.2	kg/m^3	Коеф.теплопередачі:	T2	
Мех. міцність корпусу:	D1(M)		Теплові містки:	TB3	
Байпас фільтра:	F8(M)				

- - -
- Phone: - - Fax: -
- E-mail: -

Термін дії пропозиції: 30 днів

1	Кінцевий елемент
Вхідна секція з переднім клапаном	
Регулюючий клапан, розміри L830xH580 мм, витрата повітря 5440 m³/h, Кількість штоків - 1	
З гнучкою вставкою	
Підключення 830x580 мм, Шинорійка 20 мм	

2	Фільтр
G4(ISO Coarse 70%) N°2 287 x 287 x 360 mm	
G4(ISO Coarse 70%) N°2 435 x 287 x 360 mm	
Площа фільтраційного матеріалу 3 м²	
Клас енергоефективності фільтра: E	
Падіння тиску на чистому фільтрі 52 Pa	
Розрахункове падіння тиску на фільтрі 101 Pa	
Втрата тиску забруд. фільтру 150 Pa	
Інспекційні двері	
Фільтри не сертифіковані Eurovent	

3 Роторний рекуператор

N°1 RRS-P-E16-1000/1000-905

Витрата приточного повітря	**5440**	**m³/h**	**Витрата витяжного повітря**	**4000**	**m³/h**
Зимові умови					
Температура повітря на вході	-22	°C	Температура повітря на вході	-11	°C
Відносна вологість на вході	87	%	Відносна вологість на вході	93	%
Температура повітря на виході	-15.44	°C	Температура повітря на виході	-19.36	°C
Вологість повітря на вході	85.39	%	Вологість повітря на вході	95	%
Витрата тиску	253	Pa	Втрата тиску на викиді	197	Pa
Зовнішня в.т. (ρ повітря 1.2 кг/м3)	335	Pa	В.т. на викиді (ρ повітря 1.2 кг/м3)	241	Pa
Швидкість повітря	4.01	m/s	Швидкість повітря	3.08	m/s
Ефективність рекуперації	12.75	kW	Temperature efficiency	57/73	%
			Moisture efficiency	39/77	%
ККД (сухий) для збалансованого об'єму повітря	64.6	%			
Літні умови					
Температура повітря на вході	-1	°C	Температура повітря на вході	17	°C
Відносна вологість на вході	17	%	Відносна вологість на вході	12	%
Температура повітря на виході	10	°C	Температура повітря на виході	2.27	°C
Вологість повітря на вході	7.9	%	Вологість повітря на вході	32.2	%
Витрата тиску	294	Pa	Втрата тиску на викиді	237	Pa
Зовнішня в.т. (ρ повітря 1.2 кг/м3)	335	Pa	В.т. на викиді (ρ повітря 1.2 кг/м3)	241	Pa
Швидкість повітря	4.34	m/s	Швидкість повітря	3.41	m/s
Ефективність рекуперації	19.35	kW	Temperature efficiency	60/82	%
			Moisture efficiency	0/0	%
Двигун: Rotor control unit 0.4 kW					
Число оборотів: 10 об/хв					
Продувний сектор 2,5*					

4 Приточний вентилятор

ВЕНТИЛЯТОР			ДВИГУН		
ZIEHL					
Тип вентилятора GR35C-ZID.DC.CR - 116171/A01			Встановлена потужність	EC MOTOR 2.5	kW
Розмір	355		Живлення	3~ 400V 50Hz	
Продуктивність	**5440**	**m^3/h**	Тип двигуна	EC	
Наявний тиск	**150+302**	**Pa**	Клас ізоляції	F	
Втрата тиску в установці	476	Pa	Захист	IP55	
Повний тиск	1021	Pa	Ефективність	66.51	%
Загальний статичний тиск	928	Pa	Макс. число обертів	2970	rpm
Динамічний тиск	93	Pa	Споживана потужність (літо)	2.32	kW
Кількість обертів	2951	rpm	Споживана потужність (зима)	2.24	kW
Power consumption	2.32	kW	Струм в робочій точці	3.56	A
Рівень звукової потужності	88.93	dB(A)	Максимальний струм	4	A
Напруга в робочій точці	400	V			
SFP клас	4/1535	$W/m^3/s$			
ERP клас	2015				

Рівень звук. потужності по октавним смугам (дБ)

F[Hz] - dB	Загальний	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Supply-Lw(A)6	89	49	58	78	79	85	83	78	75
Suction-Lw(A)5	82	45	53	75	75	74	74	71	70

Звуковий тиск на відстані 1 м. В дБ (А) з напівсферичним поширенням - Допуск +/- 4 дБ

F[Hz]	dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Supply	81	41	50	70	71	77	75	70	67
Suction	74	37	45	67	67	66	66	63	62
External	56	33	40	53	49	48	48	39	31

Ефективність системи вентилятора розрахована згідно продуктивності вентилятора
Для вологих умов
Інспекційні двері
Необхідно додати пристрій для контролю обертів двигуна

5 Нагрівач

Параметри повітря			Рідина		
Витрата повітря	5440	m^3/h	Вода		
Температура на вході	-1	°C	Температура на вході	80	°C
Відносна вологість на вході	16	%	Температура на виході	60	°C
Температура на виході	16.2	°C	Витрата	1399.2	l/h
Відносна вологість	4.9	%	Втрата тиску	1.8	kPa
Потужність	**31.44**	**kW**			
Запас потужності	53.7	%			
Втрата тиску повітря (ρ air 1.2 kg/m3)	81.4	Pa			
Втрата тиску сухого повітря	81.4	Pa			
Швидкість повітря	3.78	m/s			
MOD AQ 80x50/3R CC					
Кількість теплообмінників	1		Кількість контурів	15	
Кількість рядів	3		Діаметр підключення	1"	
Площа теплообміну	20.8	m^2	Робочий перетин	800x500	mm
Об'єм теплообмінника	4.35	dm^3	Колектор	Мідний	
Додаткова ширина +115 мм					

6 Кінцевий елемент

Вхідна секція з переднім клапаном
Регулюючий клапан, розміри L830xH580 мм, витрата повітря 5440 m^3/h, Кількість штоків - 1
З гнучкою вставкою
Підключення 830x580 мм, Шинорійка 20 мм

7 Кінцевий елемент

Вхідна секція з переднім клапаном
Регулюючий клапан, розміри L830xH580 мм, витрата повітря 4000 m^3/h, Кількість штоків - 1
З гнучкою вставкою
Підключення 830x580 мм, Шинорійка 20 мм

8 Фільтр

G4(ISO Coarse 70%) N°2 287 x 287 x 360 mm
G4(ISO Coarse 70%) N°2 435 x 287 x 360 mm
Площа фільтраційного матеріалу 3 м²
Клас енергоефективності фільтра: D
Падіння тиску на чистому фільтрі 39 Pa
Розрахункове падіння тиску на фільтрі 95 Pa
Втрата тиску забруд. фільтру 150 Pa
Інспекційні двері
Фільтри не сертифіковані Eurovent

9 Витяжний вентилятор

ВЕНТИЛЯТОР			ДВИГУН		
EBM					
Тип вентилятора 8300100984 - VBH0310CTPMZ			Встановлена потужність	EC MOTOR 1.5	kW
Продуктивність	**4000**	**m³/h**	Живлення	3~/400/ 50/60	
Наявний тиск	**150+275**	**Pa**	Тип двигуна	EC	
Втрата тиску в установці	332	Pa	Клас ізоляції	F	
Повний тиск	843	Pa	Захист	IP 55	
Загальний статичний тиск	757	Pa	Ефективність	74.59	%
Динамічний тиск	86	Pa	Макс. число обертів	3800	rpm
Кількість обертів	3592.5	rpm	Споживана потужність (літо)	1.3	kW
Споживча потужність механічна	1.13	kW	Споживана потужність (зима)	1.25	kW
Power consumption	1.3	kW	Номінальний струм	2.4	A
Рівень звукової потужності	84.22	dB(A)	Струм в робочій точці	1.99	A
Напруга в робочій точці	400	V			
SFP клас	3/1170	W/m³/s			

Рівень звук. потужності по октавним смугам (дБ)

F[Hz] - dB	Загальний	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Supply-Lw(A)6	84	67	65	74	74	78	77	77	75
Suction-Lw(A)5	81	62	63	75	70	72	73	75	74

Звуковий тиск на відстані 1 м. В дБ (А) з напівсферичним поширенням - Допуск +/- 4 дБ

F[Hz]	dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Supply	76	59	57	66	66	70	69	69	67
Suction	73	54	55	67	62	64	65	67	67
External	55	51	47	50	44	41	42	38	31

Ефективність системи вентилятора розрахована згідно продуктивності вентилятора
Для вологих умов
Інспекційні двері
Необхідно додати пристрій для контролю обертів двигуна

10 Кінцевий елемент

Вхідна секція з переднім клапаном
Регулюючий клапан, розміри L830xH580 мм, витрата повітря 4000 m³/h, Кількість штоків - 1
З гнучкою вставкою
Підключення 830x580 мм, Шинорійка 20 мм

АКУСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Октавні смуги (Гц)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Загальний рівень
Lw at S.A. Вхід [дБ]	45	53	75	75	74	74	71	70	81
Lw at S.A. Вихід [дБ]	49	58	78	79	85	83	78	75	89
Lw at E.A. Вхід [дБ]	62	63	75	70	72	73	75	74	81
Lw at E.A. Вихід [дБ]	67	65	74	74	78	77	77	75	84
Lw в навкол.середовище	58	54	53	43	45	37	31	29	61

Короткі характеристики установки		
Завод виробник	VENTSERVICE	
Модель установки	GreenSTR-5	
Типологія	NRVU; BVU	
Тип секції рекуперації	Роторний	
Теплова ефект. рекуперації [%]	69.86	
Номінальна витрата повітря [m3/s]	1.51	
Class of casing leakage at -400Pa	L2(R)	
Class of casing leakage at +400Pa	L2(R)	
Class of casing leakage at +700Pa	L2(R)	
Макс. внутрішня швидкість витоку повітря [%]	< 5	
FsPref (winter)	0.85	
FsPref (summer)	0.97	
Ashrae WMO reference	333450	
SFP total [Вт/м³/с]	2705	
	Приплив	**Витяжка**
Номінальна витрата повітря [m3/s]	1.51	1.11
Тип приводу	Установка приводу з регульованою швидкістю	Установка приводу з регульованою швидкістю
Споживана ел.потужність, [кВт] зима / літо	2.24/2.32	1.25/1.3
Швидкість потоку [м/с]	3.14	2.31
Наявний тиск [Pa]	452	425
Внутрішнє dP компонентів вентиляції [Pa] зима / літо	435/476	292/332
Статична ефективність вентилятора [%] зима / літо	59.8/60.4	63.7/64.7
Енергоефективність фільтрації	E	D
Падіння тиску на чистих фільтрах [Pa]	52	39
Internet address for disassembly instructions:		
Ecodesign	Немає	

Загальна кількість DLL - 8 шт.
Roen Est 1.3.38
EBMpapst 3.0.3.275
Karyer 3.01.2018
Klingenburg(Rotor) 5.0.14, 02/2024
Klingenburg(Plate) 4.2, 09/2019
Recutech 7.2.0.10
Ziehl-abegg FANselect V 1.01 (230724) (1.23.07.24) AMCA V 1.03 September, 2021 RLT V 1.00 Dezember, 2021
Zern 1.0.0.0

10.3. Акустичний розрахунок системи вентиляції

Вихідні дані для розрахунку:

- площа розрахункового приміщення, **A= 200 м^2;**
- об'єм розрахункового приміщення, **V= 600 м^3;**
- витрата повітря у приміщенні **$L_{пр}$= 17650 м^3/год;**
- вентилятор **AV20-630 мм**

І етап. Визначаємо октавні рівні звукової потужності вентилятора і допустимі рівні в приміщенні.

Визначаємо загальний рівень звукової потужності шуму вентилятора на стороні нагнітання і допустимі рівні в приміщенні, заносимо до табл. 10.7.

$$L_{р\ заг}=L+25\cdot lgH+10\cdot lgQ+\delta \quad (10.1)$$

де: L - критерій шумності, що залежить від типу і конструкції вентилятора, дБ; Q - продуктивність вентилятора, м^3/с; Н - повний тиск, що створює вентилятор, кгс/м^2; δ - поправка на режим роботи вентилятора, дБ.

L= 41 дБ
Н= 33 кгс/м^2
Q=Qпр/3600= 4,9 м^3/с
δ= 4
$L_{р\ заг}$=41+25·lg38+10·lg2,2+4= 89,9 дБ

Октавний рівень звукової потужності вентилятора, що випромінюється у вентиляційну мережу:

$$L_{рв}=L_{р\ заг}-\Delta L_1+\Delta L_2 \quad (10.2)$$

де: ΔL_1 - поправка що враховує розподіл звукової потужності вентилятора по октавним полосам, дБ; ΔL_2 - поправка, що враховує вплив приєднання вентилятора до мережі повітроводів, дБ. Значення цих коефіцієнтів заносимо до таблиці 10.7.

Визначаємо допустимі рівні шуму у приміщенні $L_{доп}$ і записуємо їх до таблиці.

Таблиця 10.7 «Допустимі і випромінювані рівні звукової потужності»

№	Величина	Середньогеометричні частоти октавних полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Загальний рівень звукової потужності шуму, що створює вентилятор на стороні нагнітання, $L_{р\ заг}$, дБ	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9

2	Поправка ΔL_1, при 1420об/хв	11	7	5	6	9	16	21	26
3	Поправка ΔL_2	13	8	3,5	0,5	0	0	0	0
4	Октавний рівень звукової потужності шуму вентилятора, що випромінюється в мережі, $L_{рв}$, дБ	91,9	90,9	88,4	84,4	80,9	73,9	68,9	63,9
5	Допустимий рівень шуму в приміщенні $L_{доп}$, дБ	63	52	45	39	35	32	30	28

Згідно призначення приміщення приймаємо номер граничного спектру ГС=30, при якому максимальна допустима швидкість у шумоглушнику становить 8 м/с.

II етап. Визначення зниження рівня звукової потужності в елементах вентиляційної мережі.

Знаходимо допустимі швидкості повітря в плафонах по формулі:

$$\mathbf{v_{доп}=0,7\cdot 10^{k}} \qquad (10.3)$$

де:

$$k=\frac{L_{доп}+10\lg\frac{B}{Fn}-30\lg\xi+\Delta L_1-(Б+\Delta+6)}{60} \qquad (10.4)$$

де: Lдоп - допустимий по нормам октавний рівень звукового тиску, дБ; В - постійна приміщення, м^2, при даній октавній частоті; F - площа поперечного перізу підводящого повітроводу, м^2; n - число плафонів в приміщенні; ξ - коефіцієнт місцевого опору повіророзподільника; Б - поправка що залежить від типу елемента; Δ - плправка на розміщення джерела шуму; 0,7 - коефіцієнт запасу.

Допустима швидкість руху повітря визначається тільки для однієї частоти; котра для решіток рівна 2000 Гц.

$B=B_{1000}\cdot\mu$

де: μ - постійний частотний множник; B_{1000} - постійна приміщення на частоті 1000 Гц.

μ= 1,6

B_{1000}= 410

B=410·1= 656

$L_{доп}$= 32 дБ

F= 0,08

n= 8

ξ= 3,3 (для решіток типу ДР)

ΔL_1= 8 Гц

Б= 0

Δ= 0

$$k = \frac{32 + 10\lg\frac{656}{0.09 \cdot 8} - 30\lg 3{,}3 + 8 - (0 + 0 + 6)}{60} = \mathbf{0{,}81}$$

$\mathbf{v_{доп}=0{,}7 \cdot 10^{0{,}81}=}$ **4 м/с**

Фактична швидкість повітря $v_{факт}$=3,74 м/с в плафонах, менша допустимої $v_{доп}$=4,6м/с.

Таким чином шум, що генерується у повітророзподільниках далі не враховується.

Зниження рівня шуму в круглих металічних повітроводах не враховується.

Таблиця 10.8 «Звуковий тиск у розрахункових точках приміщення, дБ»

№	Величина	Середньогеометричні частоти октавних полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Пряма ділянка	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	Поворот на 90^0	0,0	3,0	8,5	7,0	5,0	6,5	7,5	8,0
3	Втрати у відгалудженнях	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
4	Відбивання від решіток	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Сумарне зниження, ΔLрв	9,7	11,5	16,8	15,2	13,2	14,7	15,7	16,2

III етап. Визначаємо рівні звукового тиску в розрахункових точках приміщення і розміри глушника шуму.

У нашому випадку шум від вентилятора розповсюджується по повітроводах і випромінюється через повітророзподільчі отвори.

Октавні рівні звукового тиску в приміщенні визначаємо по формулі (10.5) і заносимо до таблиці 10.9:

$$\mathbf{L_i=L_{рв}-\Delta L_{рв}-10lgB+\Delta+6} \quad (10.5)$$

де: $L_{рв}$ - октавний рівень звукової потужності джерела шуму, дБ; $\Delta L_{рв}$ - сумарні зниження (втрати) рівня звукової потужності шуму вентилятора або елемента установки у розглядуваній октавній полосі по шляху розповсюдження звуку по повітроводам, дБ (у круглих повітроводах не враховується).

Визначаємо необхідне зниження рівня звукового тиску по формулі (10.6) і заносимо до таблиці 10.9.

$$\mathbf{L_н=L_і-L_{доп}+10lgn+5} \quad (10.6)$$

Визначаємо вільний поперечний переріз для приміщення з номером спектра ГС=30

$$\mathbf{F_в=Q/(3600\cdot v_{гл})} \quad (10.7)$$

де: $v_{гл}$ - допустима швидкість у глушнику, м/с.

$\mathbf{F_в=7857/(3600\cdot 7)=}$ **0,7** $\mathbf{м^2}$

Вибираємо для встановлення 1 пластинчатий шумоглушник довжиною 2м, товщиною середніх пластин 800 мм, з фактором вільної площі φ=25% .

Ефективність шумоглушників визначаємо подвоєнням даних і записуємо до таблиці 10.9.

Таблиця 10.9 «Звуковий тиск у розрахункових точках приміщення, дБ»

№	Величина	Середньогеометричні частоти октавних полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Рівень звукової потужності на виході із решітки, $L_{рв}$-$\Delta L_{рв}$, дБ ($\Delta L_{рв}$=0)	82,1	79,4	71,6	69,2	67,7	59,2	53,2	47,7
2	Параметр 10·lgB	23,1	23,1	23,5	24,6	26,1	28,2	30,9	33,9

Продовження таблиці 10.9 «Звуковий тиск у розрахункових точках приміщення, дБ»

3	Рівень звукового тиску в розрахункових точках від одного повітророзподільника $L_і$, дБ	65,0	62,3	54,0	50,6	47,5	37,0	28,3	19,8

4	Величина 10·lgn+5, при n=7	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
5	Потрібне зниження рівня звукового тиску $L_н$, дБ	16,0	24,3	23,1	25,6	26,6	19,0	12,3	5,8
6	Ефективність вибраного глушника, при l=2м	17,5	22,5	28	26	24	21	18,5	16,5

Як видно, ефективність прийнятих глушників на всіх частотах перевищує потрібні значення зниження шуму. Визначаюча частота 1000 Гц.

Потрібний переріз глушника при φ=25%:

$$\mathbf{F_{потр}=F_в/\varphi} \qquad (10.8)$$

$\mathbf{F_{потр}=0,3/0,5=}$ **2,8** $\mathbf{м^2}$

Приймаємо довжину 3000 мм і висоту 1000 мм.

Гідравлічний опір одного шумоглушника:

$$\Delta H = (\xi + \lambda \frac{l}{d_{гл}}) \frac{v^2}{2q} \gamma \qquad (10.9)$$

де: ξ - сумарний коефіцієнт місцевого опору при φ=25%, без оптікателя; λ - коефіцієнт тертя $d_{гл}$- гідравлічний діаметр поперечного перерізу глушника, м; А - відстань між пластинами, h - висота глушника;

$$d_{гл} = \frac{2 \cdot A \cdot h}{A + h} =$$ 1,50 м

ξ= 0,95

λ= 0,03

$$\Delta H = (0,95 + 0,025 \frac{2}{1.09}) \frac{7^2}{2 \cdot 9,81} 1,2 =$$ **2,9** **кгс/м²**

Опір одного послідовно встановленого глушника:

$\mathbf{\Delta H_c=13,8=}$ **2,9** **кгс/м²** **28,9** **Па**

Студент **/Гарбарчук Д.Д./**

Консультант **/Сенчук М.П./**

11.1 Технологія монтажу системи вентиляції

11.1.1. Монтаж системи вентиляції

Монтування системи вентиляції починається з проектування, яке включає ретельне вивчення вимог будівлі або приміщення. На цьому етапі визначається необхідний об’єм повітря, тип приміщень і їх функціональне призначення. Після цього вибирається відповідне обладнання, яке включає повітропроводи, фільтри, вентилятори та інші деталі. Враховуючи технічні характеристики та конструктивні особливості будівлі, складається детальна схема системи, де визначається розташування всіх елементів.

Другим важливим етапом є підготовка. Для цього потрібно підготуватися до монтажу, забезпечити доступ до місць встановлення системи та доставити всі необхідні матеріали на об’єкт. В цей момент також можна завершити роботи з підготовки поверхонь, які будуть використовуватися для кріплення елементів системи, таких як стіни, стелі та перекриття. Правильна підготовка гарантує надійність встановлення та запобігає проблемам під час основного монтажу.

Безпосереднє встановлення обладнання та з’єднання його компонентів є основним етапом монтажу. Першим кроком є монтаж основних компонентів системи, таких як повітропроводи та вентиляційні канали. Вони закріплюються відповідно до проектної документації, щоб зменшити втрати повітря та відповідати стандартам. Далі встановлюються фільтри, вентилятори та інші компоненти. Всі підключення повинні бути герметичними, а система повинна бути перевірена на наявність потенційних витоків.

Завершальним етапом є пуско-налагодження. Перевірка роботи всієї системи та регулювання параметрів роботи, таких як швидкість потоку повітря

та рівень фільтрації, входять до них. Крім того, проводиться тестування відповідності проекту стандартам і його характеристикам. Після завершення тестування система вентиляції включається в роботу. Це створює приємні та безпечні місця для перебування, а також гарантує довгострокову ефективність системи.

11.1.2. Монтаж канального вентилятора

Почнемо з встановлення кріплень на повітропроводі. Це перший етап монтажу вентилятора. Установка вентилятора повинна бути такою, щоб стрілка на його корпусі показувала напрямок потоку повітря. Для зменшення шуму та вібрацій використовуйте гумові ущільнювачі між вентилятором і повітропроводом. Після цього за допомогою спеціальних кріплень прикріпіть вентилятор до повітропроводу, щоб забезпечити надійне та герметичне з’єднання. Переконайтеся, що всі з’єднання щільно закріплені.

Після механічного монтажу вентилятора потрібно підключити його електрично. Для забезпечення безпеки відключіть електроживлення до початку роботи. Відповідно до інструкцій виробника підключіть електричні дроти до клем вентилятора. Переконайтеся, що всі з’єднання зроблені належним чином і надійно закріплені. Після підключення перевірте, чи не оголені провода та чи всі з'єднання ізольовані.

Завершальним етапом є випробування ефективності вентилятора. Увімкніть вентилятор і перевірте його роботу в кількох режимах. Переконайтеся, що вентилятор працює тихо, і що повітряний потік відповідає вимогам проекту. Якщо необхідно, проведіть додаткові налаштування, щоб система працювала якнайкраще. Після успішного тестування система вентиляції забезпечує ефективний повітрообмін у приміщеннях.

11.1.3. Монтаж повітропроводів

Для забезпечення правильного розподілу повітря між різними приміщеннями та вентиляційними агрегатами важливим етапом є монтаж

повітропроводів для вентиляційних систем. Процес починається з ретельної підготовки. Спочатку розробляється план розміщення повітропроводів відповідно до проектної документації. Цей план включає розташування кожного приміщення, через яке вони пройдуть, а також точки підключення до вентиляційних агрегатів. Крім того, необхідно враховувати конструктивні особливості будівлі, щоб уникнути потенційних перешкод і визначити найкращі маршрути для прокладання повітропроводів.

Підготовчий етап включає доставку всіх необхідних матеріалів на об’єкт і підготовку місць для монтажу. Завдяки вимогам проекту повітроводи можуть бути виготовлені з різних матеріалів, наприклад оцинкованої сталі, алюмінію або пластику. Щоб уникнути пошкодження матеріалів, важливо їх правильно зберігати та транспортувати. Встановлення кріплень і підвісів, які використовуватимуться для фіксації повітропроводів на стінах, стелі та інших конструкціях будівлі, також є частиною підготовки.

Установка та з’єднання повітропроводів є основним етапом монтажу. Повітропроводи розташовуються та закріплюються на підготовлених кріпленнях. Особлива увага приділяється тому, щоб з’єднання були герметичні, щоб запобігти витоку повітря. Для цього використовуються спеціальні герметики та ущільнювачі, які забезпечують надійне з’єднання між секціями повітропроводу. Встановлення основних повітропроводів призводить до підключення додаткових елементів, таких як відводи, трійники та клапани, щоб гарантувати, що система працює належним чином.

Завершальним етапом є перевірка та тестування системи повітропроводів, яка була встановлена. Проводиться візуальний огляд для виявлення потенційних дефектів і перевірки герметичності з’єднань. Система тестується, щоб переконатися, що вона працює правильно та відповідає проектним параметрам. Проблеми негайно вирішуються. Після завершення тестування система вважається готовою до запуску. На цьому етапі система вентиляції буде працювати ефективно та надійно, створюючи комфортні умови в приміщеннях.

11.1.4. Монтажне креслення системи вентиляції В4

1. Канальний вентилятор фірми Alpix:

Конструкція: Корпус складається з оцинкованої сталі. Для швидкого та зручного монтажу на стіну чи стелю на корпусі закріплений кронштейн. Вентилятори RVO мають клемну коробку та введення кабелю. Усі моделі вентиляторів RVO мають одну фазу, 230В, за винятком моделі 355Lx, яка має три фази та 380В.

Двигун: двигуни з зовнішнім ротором із робочим колесом із назад загнутими центрифужними лопатками, виготовленими з композиційного матеріалу, використовуються для керування. Вентилятори RVO мають вбудований термозахист із електронним перезапуском, щоб запобігти перегріванню двигунів.

Регулювання швидкості (опція): 1-фазні вентилятори можна регулювати за допомогою 5-ступінчастого трансформатора або безступінчастого тиристора, а 3-фазні вентилятори можна регулювати за допомогою 5-ступінчастого трансформатора. За допомогою частотного перетворювача також можна регулювати однофазні та трифазні вентилятори RVO.

2. Повітророзподільник ПВЛУ

Повітророзподільник типу ПВЛУ є важливим компонентом системи вентиляції, призначеним для рівномірного розподілу повітря в приміщенні. Цей пристрій зазвичай встановлюється на стелі або у верхній частині стін і використовується як у системах припливної, так і витяжної вентиляції.

ПВЛУ призначений для ефективного розподілу повітря шляхом зниження швидкості потоку повітря до прийнятного рівня та рівномірного розподілу повітря по всій площі приміщення. Повітророзподільники мають корпус, у якому є отвори або решітки, через які проходить повітря. Внутрішня частина може містити додаткові компоненти для орієнтації та контролю потоку повітря.

Вибір місця монтажу: ПВЛУ повинні бути встановлені в місцях з найкращою циркуляцією повітря, щоб вони максимально працювали. Часто це центр приміщення або місце, де найбільш рівномірне розподілення повітряного потоку потрібне. Важливо врахувати висоту стелі, розташування меблів і інші перешкоди, які можуть впливати на потік повітря.

Налаштування і тестування: Після встановлення повітророзподільника його потрібно налаштувати. Це включає зміну положення решіток або направляючих елементів, щоб забезпечити ідеальний розподіл повітряного потоку. Після налаштування перевірте систему вентиляції, щоб переконатися, що повітря рівномірно розподіляється по всій площі приміщення та що параметри потоку відповідають вимогам проекту.

Правильно встановлений і налаштований повітророзподільник типу ПВЛУ створює приємний мікроклімат і сприяє ефективному повітрообміну.

Креслення системи В4 дивись Аркуш 4.

11.2. Організація монтажу систем

11.2.1. Календарний план

Календарне планування є невід'ємною частиною успішної організації монтажу систем та мереж. Воно передбачає створення чіткої структури робіт, що дозволяє забезпечити їх своєчасне та якісне виконання.

Календарне планування мінімізує затримки та перевищення кошторису завдяки системному підходу до організації робіт. Це особливо важливо для великих проектів, у яких працюють багато підрядників і постачальників.

Планування дозволяє кожному учаснику проекту планувати свої дії, щоб гарантувати, що завдання виконуються послідовно та своєчасно. Таким чином, це підвищує продуктивність роботи та гарантує високу якість результату.

Календарне планування складається з кількох основних етапів:

1. Аналіз проекту
2. Розробка графіку робіт
3. Розподіл ресурсів
4. Координація робіт
5. Моніторинг та контроль

Календарне планування має багато переваг, що сприяє успішному завершенню монтажних робіт. По-перше, воно забезпечує чітку структуру процесу, що запобігає неузгодженості та хаосу. По-друге, планування дозволяє оптимізувати використання ресурсів, уникаючи перевитрат і гарантуючи своєчасну доставку матеріалів і обладнання на об’єкт. По-третє, календарне планування підвищує продуктивність праці, оскільки всі учасники проекту мають чітке розуміння своїх завдань і термінів їх виконання.

Таким чином, календарне планування є життєво важливим для успішного завершення монтажу систем і мереж. Він гарантує чітку структуру робіт, ефективне використання ресурсів і чітку координацію дій усіх проектних сторін. Цей метод дозволяє досягти високої якості виконання робіт і своєчасного завершення проекту. У результаті це задовольняє потреби замовників і підвищує авторитет підрядника.

11.2.2. Лінійний графік (послідовний та потоковий) методи монтажу

У потоковому методі монтажу роботи виконуються одночасно на кількох ділянках. Цей метод використовує поділ монтажного процесу на окремі етапи (операції), які виконуються різними бригадами одночасно на різних ділянках об'єкта.

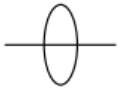
Послідовний метод монтажу вимагає виконання всіх робіт поетапно, одна ділянка за одною. Цей метод зазвичай використовується при монтажі систем розміром від невеликих до середніх, де необхідний високий рівень точності та контролю якості.

Вибір між потоковим і послідовним методами монтажу залежить від масштабу, складності, наявності ресурсів і термінів завершення робіт. Великі проекти з великим обсягом робіт, де важлива швидкість виконання, можуть використовувати цей метод. Але для менших проектів, де якість і точність монтажу є важливими, послідовний метод буде кращим.

Кожен метод монтажу має свої переваги та недоліки, і те, наскільки ефективним є той чи інший метод, залежить від конкретних обставин і вимог проекту. Незважаючи на те, що цей метод забезпечує високу продуктивність і ефективність використання ресурсів, він вимагає ретельного планування. Хоча послідовний метод спрощує координацію робіт і дозволяє створювати монтаж високої якості, він може зайняти більше часу. Вибір найкращого методу монтажу є важливою частиною успішного завершення проекту, щоб забезпечити ефективну організацію робіт і задоволення потреб замовника.

Для планування та організації монтажу систем і мереж циклограма є важливим інструментом. Цей план дозволяє візуально показати, як виконуються роботи, враховуючи час і ресурси, необхідні для кожного етапу. Циклограма допомагає координувати різні підрозділи та оптимізувати процес монтажу.

Таблиця 11.1 «Комплектувальна відомість на вироби і деталі»

№	Позначення	Найменування деталі	Розмір перетину, мм			Довжина, мм	Кількість	Центр. кут, гр.	Площа поверхні, м²		Матеріал товщина, мм	Примітка
			круг	прямокут								
			D	a	b				один	заг		
1		Повітрозабірна решітка	-	1000	158	1000	4	90	0,42	5,04	0,7	Ventservice
2		Дросель-клапан	400	-	-	450	2	90	0,33	0,66	0,5	Vents
2,1			450	-	-	500	1		0,43	0,43		
3		Муфта	400	-	-	100	12	90	0,113	1,135	0,5	Vents
3,1			450	-	-	100	7		0,21	1,47		
4		Трійник	400	-	-	400	1	90	7,27	7,27	0,5	Vents
4,1			450	-	-	400	2		0,15	0,30		
5		Відвід	400	-	-	640	2	90	2,28	4,56	0,5	Vents
5,1			450	-	-	720	1		3,12	3,12		
6		Повітропровід	400	-	-	2380	1	90	0,43	0,43	0,5	Vents
6,1			400	-	-	1890	1		0,43	0,43		
6,2			400	-	-	650	1		0,43	0,43		
6,3			400	-	-	3020	1		0,43	0,43		
6,4			450	-	-	1790	1		0,62	0,62		
6,5			450	-	-	1130	1		0,62	0,62		
6,6			450	-	-	330	1		0,62	0,62		
6,7			450	-	-	4300	1		0,62	0,62		
8		Гнучка вставка	450	-	-	160	1	90	0,1008	0,1008	0,8	Vents
9		Вентилятор канальний	-	-	-	-	1	-	-	-	-	Vents

РОЗДІЛ 12. ОХОРОНА ПРАЦІ

Студент **/Гарбарчук Д.Д./**

Консультант **/Клімова І.В./**

Охорона праці та навколишнього середовища

Загальні положення

Будівельна сфера, як і усі інші сфери господарської діяльності підпадає під дію Закону України «Про охорону праці». Під час зведення будівельних об'єктів повинні бути вжиті заходи для запобігання впливу на працівників та населення, яке перебуває на прилеглій до будівельного об'єкта території, небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За можливості впливу таких факторів необхідно розробити та реалізувати заходи відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», інших нормативних документів, нормативно-правових актів.

Вимоги до заходів із забезпечення безпеки праці необхідно зазначити у проектно-технологічній документації - проектах організації будівництва - ПОБ, проектах виконання робіт -ПВР. Виконання будівельно-монтажних робіт без ПВР забороняється.

Організація і виконання будівельно-монтажних робіт повинні відповідати вимогам:

- законодавства України про охорону праці;
- природоохоронного законодавства;
- нормативно-правових актів, що містять вимоги з охорони праці;
- державних стандартів системи стандартів безпеки праці (ССБП);
- державних будівельних норм (ДБН);
- правил безпечного зведення та безпечної експлуатації будинків і споруд;
- галузевих правил і типових інструкцій з охорони праці, що затверджені у визначеному порядку;
- гігієнічних нормативів, санітарних правил і норм, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Охорона праці для будівельної діяльності є обов’язковою умовою, адже під час здійснення будівництва застосовується велика кількість обладнань та виконуються роботи, що відносяться до об’єктів підвищеної небезпеки. Зазвичай, організаціям, які планують здійснювати будівництво на підставі повідомлення або ліцензії на будівництво необхідно отримали дозвільний документ на виконання робіт підвищеної небезпеки або експлуатації машин, механізмів, устаткувань підвищеної небезпеки.

Для будівництва можуть застосовуватися такі машини, механізми та устаткування підвищеної небезпеки для експлуатації яких необхідно дозвіл на експлуатацію обладнання:

- устаткування та технічні засоби для виготовлення, використання і транспортування вибухових матеріалів і виробів на їх основі, комплекси для їх переробки та зберігання;
- устаткування напругою понад 1000 В (електричне устаткування електричних станцій та мереж; технологічне електрообладнання);
- вантажопідіймальні крани і машини, ліфти, ескалатори, пасажирські конвеєри, пасажирські підвісні канатні дороги, фунікулери, підйомники та колиски для підіймання працівників.

Також, наприклад, до машин, механізмів та устаткування підвищеної небезпеки для експлуатації яких необхідна декларація з охорони праці, і які можуть використовуватися в будівництві належать технологічні транспортні засоби.

Перелік робіт підвищеної небезпеки, що потребують Дозволу охорони праці:

- Вибухові роботи та роботи, пов'язані з використанням енергії вибуху;
- Газонебезпечні роботи та роботи у вибухопожежонебезпечних та/або пожежонебезпечних зонах;

- Спорудження магістральних газопроводів, нафтопроводів і продуктопроводів (нафтопродуктопроводів, аміакопроводів, етиленопроводів тощо), систем газопостачання природного та зрідженого газу;
- Роботи, що виконуються за допомогою механічних підіймачів та будівельних підйомників;
- Монтаж, демонтаж та капітальний ремонт будинків, споруд, а також відновлення та зміцнення їх аварійних частин;
- Плавильні, заливочні роботи і роботи з термообробки лиття;
- Будівництво, ремонт, експлуатація та ліквідація підземних споруд, не пов'язаних з видобутком корисних копалин;
- Газополум'яні роботи.

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

При проведенні комплексу робіт при будівництві опорного блоку необхідно розробити план заходів по нормальному безпечному виконанню всього об'єму будівельно-монтажних робіт. Під нормальним безпечним виконанням робіт розуміють такі роботи, що виключають різного роду виробничі фактори, які шкідливо впливають на здоров'я людини, а також можуть призвести до травм та різного роду нещасних випадків. Для встановлення можливих причин виникнення шкідливих факторів проводять аналіз потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів. Аналіз приведений в таблиці 11.1.

Таблиця 12.1 «Аналіз небезпечних та шкідливих факторів»

№	Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісні оцінки	Нормативні документи
1	2	3	4	5
1	Падіння людини з висоти	монтажні роботи а)зовнішні а)внутрішні	h=12,74 м h=12,74 м h=2,7м	ДБН А 3.2-2-2009 Розділ 10,14,17,15,

Продовження таблиці 12.1 «Аналіз небезпечних та шкідливих факторів»

1	2	3	4	5
2	Падіння з висоти конструкцій і матеріалів ,тощо.	монтажні, покрівельні, опоряджувальні а)зовнішні б)внутрішні навант-розвант	h=12,74 м h=12,74 м h=12,74 м h=12,74 м h=2,7 м	ДБН А 3.2-2-2009 Розділ 10,14,17,15
3	Ураження електричним струмом	електромонтажні, зварювальні, освітлення, машини й механізми	220В, 6000/380В, 220В 220В, 380В	ДБН А.3.2-2-2009 п. 9, п.18 НПАОП 40.1-1.21-92
4	Недостатнє освітлення для робочих місць	монтаж конструкцій, монтажні, опоряджувальні: внутрішні, зовнішні,	30лк 30лк 30лк 50лк 30лк	ДСТУ Б.А.3.2-15-2011 ДБН А.3.2-2-2009 ДБН В.2.5-28:2018
5	Мікроклімат	Монтаж, експлуатація систем	t=20-22˚С f=60-46% v=0,3 м/с	ГОСТ 12.1.005-88 ДСН 3.3.6.042-99
6	Атмосферна електрика	Захист від блискавки	II катег.	ДСТУ Б.В.2.5-38-2008
8	Пожежна безпека	Захист від пожежі	II ступ. вогнестійк. категор. пож.безп В	ДСТУ Б В.1.1-36:2016 ДБН В.1.1-7:2016
9	Шкідливі фактори	Електрозварювальні роботи: Пил	ГДК 0,15 мг/м^3	НПАОП 0.00-5.23-16 ГОСТ 12.1.005-88

Заходи профілактики виявлених факторів

Загальні вимоги безпеки

Будівельний майданчик повинен бути розміщений в межах, відведених під забудову. У разі потреби на час будівництва використовується додаткова територія, відведення якої узгоджується з її власником.

Огорожа майданчика повинна забезпечити безпеку осіб, що рухаються вулицями, проїздами і проходами громадського користування поблизу будівництва.

Якщо огорожа встановлюється ближче 10 м від об'єкта, що будується, обов'язковою є установка захисного козирка над пішохідною доріжкою шириною не менше 1,25 м з дощок завтовшки не менше 40 мм.

Всі площадки для проведення вантажно-розвантажувальних робіт повинні бути вірно спланованими та мати уклін не більше 5°.

Для комфортної та безпечної роботи працівників кожну площадку слід посипати піском в зимовий період.

Робочі, інженерно-технічні працівники та службовці повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту. До початку виконання основних будівельно-монтажних робіт повинні бути встановлені санітарно-побутові приміщення, в яких розташовані приміщення під влаштування аптечок з медикаментами та засобами для здійснення першої допомоги потерпілим.

Міри профілактики потенційно-небезпечних і шкідливих факторів

При організації будівельного майданчику проектом передбачено:

– будівельний майданчик обнесено захисно-охоронною огорожею висотою 3 м із захисними козирками для обмеження доступу сторонніх осіб;

– зони постійно і потенційно діючих небезпечних факторів огородженні інвентарною захисною огорожею висотою 1,2 м;

– безпечність роботи в темний період доби забезпечується освітленням проїздів, проходів, складських майданчиків, робочих місць. Виробництво робіт в неосвітлених місцях заборонено.

Організація будівельного майданчика

Правильна організація будівельного майданчика і створення безпечних умов роботи є першочерговим етапом здійснення будівництва будь-якого об'єкту і однією з передумов зниження виробничого травматизму і професійних захворювань працюючих. Попереду всього територія будмайданчика огороджується парканом. Це особливо необхідно в умовах міського будівництва, щоб уникнути появи на території сторонніх осіб. Поверхня будмайданчика ретельно планується з влаштуванням водовідведення за її межі. Обґрунтовуються під'їздні і унутрі майданчикові шляхи, проїзди. На під'їздах до території будмайданчика встановлюють необхідні дорожні знаки, позначають безпечні проходи для пішоходів. Крім цього також вирішуються питання

розміщення і безпечної експлуатації будівельних машин і механізмів, питання щодо забезпечення господарсько-питним і протипожежного водопостачання, енергопостачання, освітлення, санітарно-побутове забезпечення, улаштування протипожежної сигналізації та інше.

Падіння людей з висоти

Організація робочого місця повинна забезпечувати безпеку праці, а також безпечний та зручний доступ до робочого місця. Однією з основних вимог безпечної праці по відношенню до організації безпечних умов праці монтажників сантехнічного обладнання — є застосування захисних пристосувань в місцях виконання робіт.

Безпека працюючих на висоті при прийманні, встановленні та проектному закріпленні конструкції забезпечує, як правило, застосування засобів колективного захисту. При цьому найбільш часто застосовуються приставні сходи з робочими площадками, металеві площадки, підмостки і.т.п.

Поряд з вище перерахованими засобами колективного захисту в даний час застосовуються захисні сітки з синтетичних матеріалів : капронові та лавсанові.

Монтажні площадки, навісні драбини та інші засоби, необхідні для роботи монтажників на висоті, встановлюють і кріплять на монтуючих конструкціях до їх підйому. При монтажі конструкцій, при зварювальних роботах користуються монтажними каркасами. На підмостях є огородження висотою 0,9 м. При покрівельних роботах робочі застосовують запобіжні паси та індивідуальні засоби захисту, необхідно зробити огородження висотою 1,5 м.

Падіння конструкцій та інших предметів

Падіння предметів з висоти під час монтажу є одним із найважливіших факторів запобігання виробничому травматизму. Вдосконалення монтажу конструкції в основному здійснюється по наступним напрямках: зменшення маси конструкції, збільшення розмірів і зменшення кількості габаритів збірних елементів. Аналіз причин травматизму під час монтажу показує, що більшість

нещасних випадків трапляється з людьми про причині: падіння монтажних конструкцій; падіння робітників з висоти; недосконаліть і неправильний підбір монтажного обладнання, недосконалий або дефектний стан механізмів і машин, а також електрообладнання та інших факторів (недостатнє освітлення, незадовільна послідовність роботи тощо).

Падіння робітників з висоти відбуваються при наведенні, монтажі та закріпленні елементів збірних конструкцій під час знесення, остаточного проектування вузлів і особливо при переїзді на нове робоче місце.

Елементи монтованих конструкцій або обладнання під час переміщення утримують від розгойдування і обертання гнучкими відтяжками. Під час перерв у роботі не дозволено залишати підняті елементи конструкцій і обладнання на висоті. Не дозволено знаходження людей під монтажними елементами конструкцій і обладнання до установки їх у проектне положення і закріплення.

Розстропування конструкцій встановлених у проектне положення проводять лише після тимчасового або постійного закріплення. для підйому використовувати вантажо-захисні засоби, вибрані у відповідності з проектом.

Розташування зв'язків, які забезпечують стійкість закріплених конструкцій, вирішується в проекті виробництва робіт.

Заходи профілактики ураження електричним струмом

Всі струмоведучі випадкового дотику металеві частини (зварювальний апарат) заземлені. В місцях монтажних ділянок встановлені розподільчі щити, що дають змогу включати все обладнання. При прокладання та переміщенні зварюючих проводів прийняти міри проти пошкодження їх ізоляції і доторкання води, масла, металевими канатами. Відстань від зварювальних проводів до гарячих трубопроводів і балонів з киснем не менше 0,5 м, а з гарячими газами – не менше 1,0м. Захисне заземлення зварювального трансформатору із L50x50=2500 мм. Лінії електропередачі над дорогою виконати на висоті 6 м., над проходами 3,5м., над робочими місцями 2,5 м.

При виконання робіт поблизу струмоведучих частин, які знаходяться під напругою, існує небезпека випадкового до них торкання.

Основні ізолюючі електрозахисні засоби, які можуть довгий час витримувати робоче напруження та їх використання дає можливість торкання до частин електроустановки яка знаходиться під напруженням (до 1000В). До них відносяться діелектричні гумові рукавиці, інструмент з ізольованими рукоятками, струмошукачі, в електроустановках напруженням вище 1000В - ізолюючі штанги, ізолюючі та струмоведучі клещі.

Шкідливі речовини

Гігієнічна оцінка складу повітря робочої зони здійснюється за концентрацією в ньому шкідливих речовин. На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу.

Основним джерелом виділення шкідливих газів при проведенні монтажу сантехнічних систем є зварювальні роботи, при проведенні яких виділяється значна кількість шкідливих оксидів.

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони регламентується ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ „Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Згідно цього стандарту за ступенем дії на організм шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

1. Надзвичайно небезпечні, що мають ГДК менше 0,1 мг/м^3 у повітрі (смертельна концентрація в повітрі менше 500 мг/м^3);

2. Високо небезпечні – ГДК – 0,1-1,0 мг/м^3 (смертельна концентрація в повітрі 500-5000 мг/м^3);

3. Помірно небезпечні – ГДК – 1,1-10 мг/м3 (смертельна концентрація в повітрі 5000-50000 мг/м^3);

4. Мало небезпечні – ГДК >10 мг/м^3 (смертельна концентрація в повітрі більше 50000 мг/м^3).

Для уникнення впливу газів на організм працюючих при виконанні зварювальних робіт потрібно використовувати засоби індивідуального

захисту органів дихання, а також слідкувати за наявністю природного видалення шкідливостей та асиміляції їх до ГДК.

Виробничий шум

Виробничий шум – це невпорядковане поєднання сукупності акустичних (звукових) коливань різних за частотою та інтенсивністю (силою).

Виробничі шуми за частотною характеристикою поділяються на:

- низькочастотні – від 16 до 300 Гц;

- середньочастотні – від 300 до 1000 Гц;

- високочастотні – понад 1000 Гц.

Нормування шуму - це порівняння виміряних значень рівнів звукового тиску в октавних смугах від 31,5 до 8000 Гц з їх гранично допустимими значеннями. Відповідно до ДСН 3.3.6.037 - 99 « Державні санітарні норми. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» нормування відбувається за двома методами:

1. За загальним рівнем звуку, тобто виміряного шуму по шкалі А шумоміру - використовується для орієнтовної (якісної) оцінки постійного і непостійного шумів.

2. За граничним спектром (спектральний аналіз) – основний метод дослідження постійних шумів (використовується для кількісної оцінки шуму).

Якщо виміряні рівні шуму в усіх смугах спектру не перевищують нормативних значень, шум вважається допустимим і тому дозволяється працювати без використання індивідуальних засобів захисту. Якщо хоча б в одній із смуг спектру буде зафіксовано перевищення над граничним спектром – слід використовувати засоби індивідуального або колективного захисту людини від шум.

З точки зору об’єкта, який необхідно захистити від шуму зазвичай застосовують засоби колективного та індивідуального захисту, до яких відносяться:

- звукоізоляція джерела шуму(навушники,вкладиші,шлеми);

- застосування звукопоглинаючих матеріалів;
- застосування акустичних екранів.

Для забезпечення нормативного шумового режиму проектом передбачено комплекс шумозахисних заходів, а саме:

– підлога теплового пункту виконується “плаваючою” (по шару піску товщиною 50 мм) та відокремлюється від стін пружними прокладками;

– використовуються малошумні насоси й електродвигуни;

– насоси встановлюються на фундаментах.

Для забезпечення нормативного шуму в приміщеннях і на прилеглій території передбачаються наступні заходи:

– на припливних та витяжних повітропроводах систем вентиляції встановлені шумогасники;

– підключення повітропроводів до вентиляторів – за допомогою гнучких вставок; циркуляційні насоси застосовуються з еластичним підключенням трубопроводів;

– в підлозі венткамери передбачається влаштування теплозвукоізолюючого шару;

– швидкості повітря в повітропроводах і решітках, а також води в трубопроводах не перевищують нормативні.

Освітленість робочих місць

При недостатній освітленості або коли наявні значні зміни освітленості або умов видимості, органам зору необхідно пристосовуватися; це можливо завдяки властивостям очей – акомодації та адаптації.

Акомодація – це здатність ока пристосовуватися до ясного бачення предметів, що знаходяться від нього на різних відстанях.

Адаптація зорова - здатність ока змінювати чутливість при зміні умов освітлення.

Часті зміни рівнів яскравості приводять до зниження зорових функцій, розвитку стомлення внаслідок переадаптації ока. Зорове стомлення, викликане

напруженою роботою та частою переадаптацією, призводить до зниження зорової і загальної працездатності.

За джерелом походження освітлення поділяється на:

- природне;
- штучне;
- комбіноване.

Для ділянок, де проводиться монтаж системи вентиляції та опалення передбачено рівномірне освітлення. При цьому освітленість повинна бути не менше 30 лК.

При недостатньому природному освітленні та для освітлення в той період, коли природного світла недостатньо або воно відсутнє, передбачено штучне електричне освітлення.

Атмосферна електрика

Атмосферна електрика – особливий вид електричних зарядів, що нагромаджуються і розподіляються на хмарах внаслідок аеродинамічних і термічних процесів в атмосфері.

За рівнем блискавкозахисту будівлі і споруди поділяються на три категорії, що визначається, головним чином, класом вибухонебезпечності згідно з ПУЕ.

До *І категорії* належать будівлі та споруди з вибухонебезпечними зонами класів В-0, В-1, В-20, В-21. В них зберігаються чи знаходяться легкозаймисті та горючі речовини, здатні утворювати газо-, пило-, пароподібні суміші, які можуть вибухнути за наявності іскри.

ІІ категорія включає будівлі та споруди (класи В-2, В-21), в яких пароподібні суміші можуть з’явитися лише у разі аварії чи порушення технологічного процесу. Сюди ж належать склади з вибухонебезпечними матеріалами, горючими та легкозаймистими рідинами.

До *ІІІ категорії* належать будівлі та споруди з пожежонебезпечними зонами класів П-1, П-2 та П-2а, зовнішні технологічні установки, відкриті склади

горючих речовин, димові труби підприємств і котелень, башти та вишки різного призначення висотою 15 м і вище.

Будівлі та споруди першої і другої категорій необхідно захищати як від прямих ударів блискавки, так і від вторинних її проявів; третьої – як правило, лише від прямих ударів блискавки.

Блискавкоприймачі виготовляють зі сталі довжиною 1 – 1,5 *м* і площею поперечного розрізу не менше 100 *мм.*

Струмопроводи виготовляють зі стального дроту діаметром не менше 6 *мм*.

Заземлювачі роблять з металевих труб, кутників або стрижнів аналогічно до заземлювачів електроустановок.

Захист від електростатичної індукції (вторинний прояв блискавки) здійснюється приєднанням устаткування до заземлювача для відведення електростатичних зарядів в землю. Захист від занесення високих потенціалів у будівлю здійснюється приєднанням до заземлювача металоконструкцій. Перемички між металоконструкціями в місцях їхнього зближення менше ніж на 10 *см* зварюють, щоб уникнути проявів електромагнітної індукції та іскри.

Пожежне забезпечення

Пожежа — це неконтрольоване горіння поза спеціальним осередком, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

Пожежна безпека — це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на попередження та гасіння пожежі.

Основними причинами пожеж є: необережне поводження з вогнем (паління в недозволених місцях, порушення правил виконання „вогневих” робіт тощо), порушення правил улаштування і експлуатації будівельного електрообладнання, порушення режимів деяких будівельних технологічних процесів, порушення правил експлуатації опалювальних приладів у тимчасових приміщеннях будівельного майданчика, невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Технічні рішення системи запобігання пожежі

- використання електрообладнання, яке відповідає вимогам електростатичної електробезпеки по ДСТУ 7302:2013;
- застосування захисту від короткого замикання на розподільному щиті теплового пункту;
- наявність громовідводу у будинку.

Технічні рішення системи протипожежного захисту

Для всієї будівлі проектні рішення систем опалення, вентиляції та кондиціонування передбачають противибухові та протипожежні заходи у відповідності з вимогами норм та правил.

Основні з них такі:

– прийняті схеми систем загальнообмінної вентиляції і центрального кондиціонування з поверховим підключенням до вертикального колектора під стелею поверху, розташованого вище (повітряні затвори) чи підключення на поверсі, що обслуговується з встановленням вогнезатримувальних клапанів не допускають перетікання продуктів згоряння з нижніх поверхів у верхні. Усі повітропроводи проектуються з необхідною межею вогнетривкості;

– при перетині стін з нормованою межею вогнетривкості встановлюються вогнезатримувальні клапани з необхідною межею вогнетривкості з електричним датчиком показником положення полотна клапана;

– у будівлі запроектована система протидимного захисту. Димовидалення запроектоване в торгівельних залах з кожної димової зони, площею не більше 900 м^2 , з коридорів без природного освітлення в підвалі;

– в підвалі, з приміщень без природного освітлення менше 200 м^2, димовидалення запроектоване через коридори. Витрата диму прийнята з розрахунку приміщень.

До встановлення прийняті сертифіковані дахові вентилятори ДВ, призначені для транспортування продуктів згоряння з температурою 600 ^{o}C з

приміщень і 400 ºС з коридорів. При пожежі всі вентилятори загальнообмінної вентиляції автоматично відключаються, а системи підпору включаються, одночасно включається система ДВ, що обслуговує димову зону, в якій трапилася пожежа.

Працівники можуть бути допущені до роботи тільки після проходження протипожежного інструктажу, а у разі змінення специфіки роботи - після проходження відповідного навчання.

Залежно від особливостей виробництва, будівельного майданчика, розмірів і умов експлуатації приміщень, наявного обладнання і кількості робочих місць, а також максимально можливої чисельності присутніх людей необхідно передбачити належну кількість первинних засобів пожежогасіння.

Незадовільні параметри мікроклімату

Мікроклімат виробничих приміщень – основний фактор виробничого середовища, який потребує гігієнічної оцінки на всіх робочих місцях.

При наявності джерел тепловиділення використовують комплекси теплозахисного обладнання.

В залежності *від принципу дії теплозахисні засоби* поділяються на:

- *тепловідбивні* – металеві листи (сталь, залізо, алюміній, цинк, полірованні або покриті білою фарбою тощо) одинарні або подвійні; загартоване скло з плівковим покриттям; металізовані тканини; склотканини; плівковий матеріал та ін.;
- *тепловбираючі* – сталеві або алюмінієві листи або коробки з теплоізоляцією з азбестового картону, шамотної цегли, повсті, вермикулітових плит та ін. теплоізоляторами; сталева сітка (одинарна або подвійна з загартованим силікатним склом); загартоване силікатне органічне скло та ін.;
- *тепловідвідні* – екрани водоохолоджувальні (з металевого листа або сітки з водою, що стікає), водяні завіси та ін.;

комбіновані.

Для профілактики перегрівання та переохолодження використовуються засоби індивідуального захисту на працюючих ЗІЗ.

В тих випадках, коли на нормативний рівень за допомогою вказаних засобів вивести мікрокліматичні умови не вдається, використовуються засоби індивідуального захисту: спецодяг, спецвзуття, ЗІЗ для захисту очей, голови, обличчя, рук і т.д.).

В залежності від призначення ЗІЗ поділяються:

- для постійної роботи в гарячих цехах;
- для виконання аварійних робіт;
- для захисту ніг від крапель металу, контакту з нагрітими поверхнями; від теплового випромінювання;
- для захисту рук від опіків;
- для захисту голови від теплового випромінювання, крапель металу;

для захисту очей та обличчя.

Спецодяг повинен виключати можливість нагрівання її внутрішніх поверхонь більше 40°С. Якщо немає можливості встановити регламентуючу інтенсивність теплового випромінювання використовують повітряне душування, обдування; водно-повітряне душування.

Для профілактики порушень водно-сольового балансу тих, хто працює в умовах нагріваючого мікроклімату, забезпечують компенсацію рідини, солей (натрій, калій, кальцій та ін.), мікроелементів (магній, мідь, цинк, йод та ін.), розчинних в рідині вітамінів, які виділяються з організму потом.

Для попередження можливого переохолодження працюючих в холодний період в приміщеннях, де на робочих місцях мікрокліматичні умови нижче допустимих величин, влаштовують повітряні або повітряно-теплові завіси біля воріт, технологічних та ін. отворів у зовнішніх стінах, а також тамбури-шлюзи: виділяють спеціальні місця для обігріву, встановлюють засоби для швидкого та ефективного обігрівання верхніх і нижніх кінцівок (локальний променево-контактний обігрів і т. ін.); встановлюють внутрішньозмінний

режим праці та відпочинку, що передбачає можливість перерв для обігріву; забезпечують працюючих засобами індивідуального захисту (одяг, взуття, рукавиці).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування./ Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2013.- 141 с.
2. ДБН В.2.2-25:2009. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)/ Мінрегіонбуд України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2010.- 85 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія"// Мінрегіонбуд України.-К.:2011.
4. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель./ Мінбуд України.- К.: ДП „Укрархбудінформ”, 2017.- 70 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.
6. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплотехнічний розрахунок і підбір огороджувальних конструкцій» курсового проекту / уклад.: Ю.К. Росковшенко, О.П. Любарець, М.П. Сенчук, В.О. Мілейковський, В.О. Любарець. – К.: КНУБА, 2013. – 32 с.
7. ДСТУ Б EN 12831:2008. Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження.
8. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проектів з дисципліни опалення для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція»./ Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2016. – 34с.
9. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник./ Уклав: П.Л.Зінич - К: КНУБА, 2002. - 256 с.
10. Степанов М.В., Вакалюк А.С. Організація будівельно-монтажних робіт: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2011. – 88 с.
11. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва/ Мінрегіонбуд та ЖКГ України.- К.: ДП „Укрархбудінформ” Мінбуду України, 2016.- 51 с.

12. 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.
13. Законодавство України про охорону праці: У 3 т. – К.: Основа, 2008.- Т.1.- 368 с., Т.2-352с., Т.3-464с.
14. Вахонєва Т.М. Основи охорони праці в Україні. - Дакор, 2019. - 508 с.
15. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення./ Мінрегіонбуд України.- К.: ДП „Укрархбудінформ" Мінбуду України, 2012.- 122 с.