

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **“ Автоматизація процесів забезпечення оптимальних
мікрокліматичних умов адміністративної будівлі ”**

Виконав: ст. гр. Акт-22сп
Спеціальності 151 – „Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології”
(шифр і назва)

Задерецький Роман Михайлович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Луб П.М.
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: _____
(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Спеціальність 151 – „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____

д.т.н., проф. А.М. Тригуба

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Задерецький Роман Михайлович

1. Тема роботи: «Автоматизація процесів забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов адміністративної будівлі»

Керівник роботи Луб Павло Миронович, к.т.н., доцент.

Затверджені наказом по університету від 30 грудня 2022 року № 453/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 15.06.2023 р.

3. Початкові дані до роботи: 1. Кліматичні умови регіону розташування підприємства; 2. Методика розрахунку витрати вологи в приміщеннях; 3. Методика розрахунку витрати повітря в приміщеннях; 4. ДСТУ.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Теоретичні основи створення сприятливих мікрокліматичних умов у виробничому підрозділі

2. Обґрунтування повітряно-теплового режиму адміністративної будівлі

3. Автоматизація процесів забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних

5. Техніко-економічне оцінення розробок

Висновки та пропозиції.

Список використаних джерел.

Додатки.

5. Перелік презентаційного матеріалу : _____

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Луб П.М., доцент кафедри інформаційних технологій</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання 30 грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу та означення головних завдань роботи</i>	30.12.22- 01.01.23	
2	<i>Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків</i>	01.01.23- 01.02.23	
3.	<i>Виконання третього розділу та формування початкових даних</i>	01.02.23- 01.03.23	
4.	<i>Виконання четвертого розділу та узагальнення отриманих результатів роботи</i>	01.02.23- 01.03.23	
5.	<i>Вартісне оцінення ефективності пропозицій роботи</i>	01.03.23- 01.04.23	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	01.04.23- 01.05.23	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	01.05.23- 16.06.23	

Студент

_____ Заdereцький Р.М.
(підпис)

Керівник роботи

_____ Луб П.М.
(підпис)

УДК 681.5.03 : 628.83

Кваліфікаційна робота: 59 с. текст. част., 13 рис., 10 табл., 10 слайдів, 20 джерел.

Автоматизація процесів забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов адміністративної будівлі. Задерецький Р.М. Кафедра ІТ. – Дубляни, Львівський НУП, 2023.

Виконано аналіз вимог нормативних актів до мікроклімату виробничих приміщень, а також загальної будови припливно-витяжної вентиляційної системи.

Описано виробничо-побутові умови в адміністративній будівлі.

Виконано розрахунки та запроєктовано теплоізоляційний захист приміщень, визначено режими теплопередачі будівлі, а також проведено розрахунок теплового режиму приміщення.

Розроблено систему автоматизації процесів забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов. Зокрема розроблено систему припливної вентиляції, визначено повітрообмін приміщень адміністративної будівлі та розрахунок повітрообміну за нормативною кратністю.

Запропоновано заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, а також охорони довкілля.

Виконано техніко-економічне оцінення розробок у кваліфікаційній роботі.

Ключові слова: автоматизація, мікроклімат, система, вентиляція, адмінбудівля, умови праці, економія витрат.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	6
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ СПРИЯТЛИВИХ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ У ВИРОБНИЧОМУ ПІДРОЗДІЛІ.....	8
1.1. Вимоги нормативних актів до мікроклімату виробничих приміщень	8
1.2. Загальна будова припливно-витяжної вентиляційної системи.....	11
1.3. Аналіз виробничо-побутових умов в адміністративній будівлі.....	14
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОВІТРЯНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ.....	17
2.1. Проектування теплоізоляційного захисту приміщень.....	17
2.2. Визначення режимів теплопередачі будівлі.....	19
2.3. Розрахунок теплового режиму приміщення.....	23
3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ.....	29
3.1. Система припливної вентиляції.....	29
3.2. Повітрообмін приміщень адміністративної будівлі.....	30
3.3. Розрахунок повітрообміну за нормативною кратністю.....	38
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44
4.1. Структурно-функціональний аналіз та розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій.....	44
4.2. Розрахунок складного заземлювача.....	46
4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	48
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЕННЯ РОЗРОБОК.....	49
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54
ДОДАТКИ.....	56

ПЕРЕДМОВА

В середовищі агропромислового комплексу, де виробничі процеси пов'язані із виділенням пилу, вологи, газів, тепла та інших шкідливих речовин у виробничі приміщення, особливо важливо, щоб була забезпечена висока ефективність роботи вентиляційних установок [4]. Тому потрібні знання і уміння застосування цих установок під час проектування, монтажі, налагодці і експлуатації вентиляційних установок із урахуванням вимог відповідних нормативних актів. Основні "Санітарні норми проектування промислових підприємств" визначають допустимі норми запиленості, загазованості, відносній вологості, швидкості руху повітря, освітленості, шуму і вібрації в робочій зоні виробничого приміщення – це так звані параметри мікроклімату приміщення.

Вентиляційні установки, за умови їх правильного проектування і монтажу, забезпечують підтримку необхідних параметрів повітря, створення необхідних санітарно-гігієнічних і технологічних умов виробництва в приміщеннях. В результаті створюються умови для підвищення продуктивності праці і ефективності роботи технологічного устаткування, виключення конденсації пари вологи і осадження пилу і інших шкідливих речовин на поверхнях устаткування, усувається їх згубна дія на устаткування н продукт.

Мікрокліматичні умови на робочому місці та й у виробничих приміщеннях – найважливіший санітарно-гігієнічний чинник, від якого багато у чому залежить стан здоров'я та працездатність людини. Визначається він поєднанням таких показників або параметрів, як температура повітря і поверхонь, відносна вологість, швидкість руху (рухливість) повітря, теплове випромінювання [1, 4].

Відповідно до вищезазначеного, мікроклімат на робочому місці залежить від ряду багатьох чинників, в тому числі таких, як теплофізичні особливості технологічного процесу та виду використовуваного обладнання, клімат, сезон або період року, число працівників, а також розмірів і стану виробничого приміщення, опалення та вентиляції тощо.

Мета роботи – підвищити ефективність автоматизації процесів забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов в адміністративній будівлі.

Об'єкт – автоматизована система забезпечення мікрокліматичних умов.

Предмет – показники та режими функціонування вентиляційної системи, показники теплообміну приміщення.

Результати – запроектовано теплоізоляційний захист приміщень, визначено режими теплопередачі будівлі, розраховано показники системи припливної вентиляції, повітрообміну приміщень адміністративної будівлі та повітрообміну за нормативною кратністю.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ СПРИЯТЛИВИХ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ У ВИРОБНИЧОМУ ПІДРОЗДІЛІ

1.1. Вимоги нормативних актів до мікроклімату виробничих приміщень

Мікрокліматичні умови на робочому місці, у виробничих приміщеннях - найважливіший санітарно-гігієнічний фактор, від якого багато в чому залежить стан здоров'я та працездатність людини. Визначається він поєднанням таких показників або параметрів, як температура повітря і поверхонь, відносна вологість, швидкість руху (рухливість) повітря, теплове випромінювання.

Висока температура як ступінь нагрітості повітря (вимірюється в градусах Цельсія, °C) відзначається в ливарних, термічних, ковальських цехах, у ряді виробництв текстильної, гумової, харчової, хімічної промисловості, виробництві цементу, шиферу, скла, цегли та інших будівельних матеріалів і найчастіше обумовлена роботою основного технологічного обладнання. Низька температура характерна для робіт, виконуваних на відкритому повітрі (лісозаготівельні, будівельні, дорожні, торф'яні та інші роботи) і в неопалюваних приміщеннях в холодний період року, а також при обслуговуванні штучно охолоджуваних приміщень, зокрема холодильних камер.

Отже, мікроклімат виробничих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається дією на організм людини поєднанням температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь [4, 5]. Загальновідомо, що повітряне середовище відіграє важливу роль у життєвій і виробничій діяльності людини. З повітря органи дихання людини засвоюють кисень, через повітря відбувається віддача частини тепла і вологи, що виділяє організм, за допомогою повітря з робочого місця можна видалити різні шкідливі домішки у вигляді пилу, парів і газів. Під впливом багатьох факторів, повітряне середовище із сприятливого може стати несприятливим або, навіть, небезпечним [4, 5].

Мікроклімат виробничих приміщень (рис. 1.1) – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. (ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень).



Рисунок. 1.1 – Класифікаційні ознаки виробничого мікроклімату 1]

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та системному впливі на людину забезпечують зберігання

нормального теплового стану організму без активації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності. Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень зафіксовані у ДСН 3.3.6.042-99.

Метеорологічні умови робочої середовища (мікроклімат) впливають на процес теплообміну і характер роботи. Тривалий вплив на людину несприятливих метеорологічних умов різко погіршує його самопочуття, знижує продуктивність праці і призводить до захворювань. Висока температура повітря сприяє швидкій стомлюваності працюючого, може призвести до перегрівання організму, теплового удару. Низька температура повітря може викликати місцеве або загальне охолодження організму, може стати причиною простудного захворювання або обмороження. Вологість повітря значно впливає на терморегуляцію організму людини.

Таблиця 1.1. Зміна відчуттів людини із зміною параметрів робочого середовища [1]

Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Суб'єктивні відчуття
21	40	Найбільш приємний стан.
	75	Хороше, спокійний стан.
	85	Відсутність неприємних відчуттів.
	90	Втома, пригнічений стан.
24	20	Відсутність неприємних відчуттів.
	65	Неприємні відчуття.
	80	Потреба в спокої.
	100	Неможливість виконання важкої роботи.
30	25	Відсутність неприємних відчуттів.
	50	Нормальна працездатність.
	65	Неможливість виконання важкої роботи.
	80	Підвищення температури тіла.
	90	Небезпека для здоров'я.

Висока відносна вологість (відношення вмісту водяної пари в 1 м³ повітря до максимально можливого змісту в цьому ж об'ємі) при високій температурі повітря сприяє перегрівання організму, при низькій температурі ж вона підсилює тепловіддачу з поверхні шкіри, що веде до переохолодження організму. Низька вологість викликає пересихання слизових оболонок шляхів працюючого.

1.2. Загальна будова припливно-витяжної вентиляційної системи

Забезпеченість якісним повітря у приміщенні залежить у першу чергу від осьових вентиляторів, але проблемою є те що в них низький тиск, тобто, на шляху подачі повітря зустрічається перешкоди такі як (довгі повітропроводи, багато поворотів та ін.) Тому у всіх системах вентиляції застосовуються радіальні вентилятори, вони відрізняються високим тиском створеного потоку повітря.

Вентилятор є основою всіх систем штучної вентиляції. Підбір вентилятора виконується з урахуванням основних параметрів: продуктивність, підлягає кількість подачі повітря, що подається при повному тиску.

Складові частини припливно-витяжної вентиляції: 1) вентилятори; 2) повітряні фільтри; 3) очищувач повітря; 4) шумопоглинач; 5) частотний перетворювач; 6) двигун; 7) клапани.

Складові системи вентиляцій залежить від їх типу. Примітивний ланцюг складається з таких компонентів які показані на рис. 1.2.

Ці всі пристрої є окремими елементами, але вони можуть бути об'єднані між собою та складати більш великий агрегат: 1) нагрівач (може бути як окремою частиною так і секційною); 2) фільтри; 3) зволожувач; 4) вхідні решітки; 5) засланки та ін.

Відцентрові вентилятори – принцип їх дії такий: спочатку повітря надходить у вхідний отвір, потім, за рахунок обертання лопатки колеса, розташованого в спіральному кожусі, він потрапляє в канали між лопатками колеса, де переміщається під дією відцентрової сили (звідси і назва вентилятора),

і, нарешті, збирається кожухом і направляється в випускний отвір. Відцентровий або радіальний вентилятор складається з трьох основних частин: 1) колесо з лопатками; 2) спіральний кожух; 3) станина з валом і підшипниками.

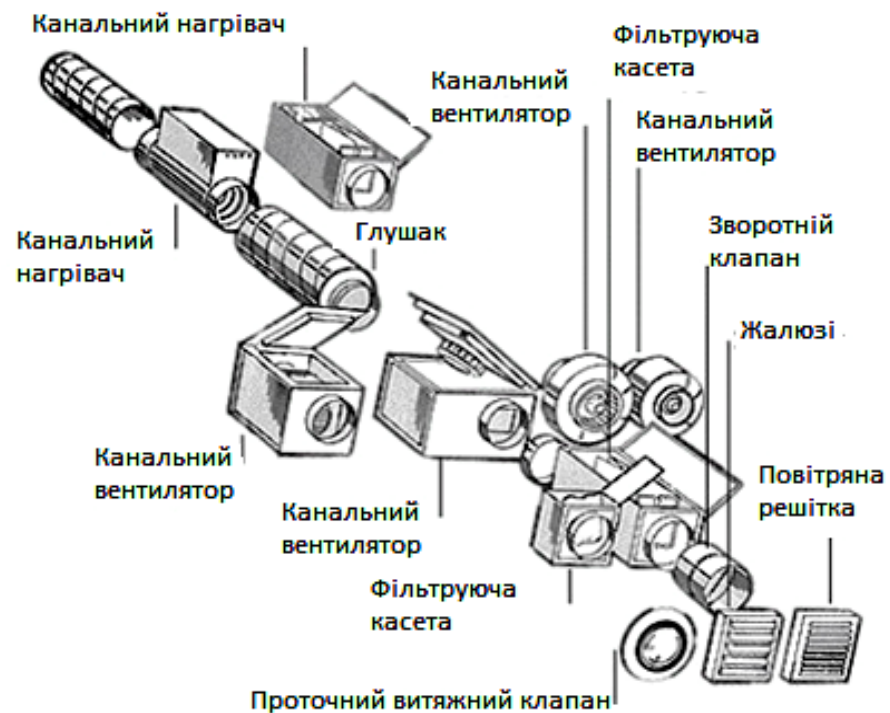


Рисунок 1.2 – Типова схема головних робочих елементів вентиляційної системи

Для того щоб привести вентилятор в рух використовується електричний двигун. В свою чергу колесо вентилятора – його основний елемент, складається з лопаток, переднього і заднього дисків, а також ступні. Кількість лопаток і то, як вони загнуті – вперед або назад залежить від мети використання відцентрового вентилятора.

Залежно від повного тиску, створюваного при переміщенні повітря, відцентрові вентилятори ділять на 3 групи: 1) високого тиску – 3000-12 000 Па; 2) середнього тиску – 1000-3000 Па; 3) низького тиску – до 1000 Па.

В першу чергу, вибираючи відцентровий вентилятор, слід враховувати з якою середовищем він буде взаємодіяти.

Круглий каналний нагрівач – використовується як головний підігрівач повітря в приточній системі вентиляції, або як другорядний підігрівач в окремо запланованих приміщеннях, де потрібно індивідуально регулювати температуру.



Рисунок 1.3 – Відцентровий вентилятор

Перевагами даних нагрівачів є: великий вибір діапазону потужності до 24 кВт, в цих агрегатах використовуються високоякісні нагрівальні елементи з нержавіючого металу, сам корпус виготовлено з листового металу з покриттям (алюмінієм та цинком), резинові ущільнювачі для з'єднання з круглими повітропроводами, присутній захист від перенагрівання з автоматичним та ручним регулюванням.

В якості нагрівальних елементів, в каналних нагрівачах для круглих труб, встановлені так звані тени високої якості. Ступінь захисту корпусу становить IP43.

При підключенні каналного нагрівача необхідно передбачити блокування або по роботі вентилятора, або де проходить через калорифер потоку повітря. Подача напруги до електричного нагрівача повинна припинятися при зупинці вентилятора або відсутності потоку повітря. Можлива установка диференціальних датчиків тиску, які будуть підтверджувати роботу вентилятора і давати сигнал на

включення/вимикання нагрівача. Мінімально допустима швидкість руху повітряного потоку в корпусі нагрівача НК повинна бути не менше 1,5 м/с.



Рисунок 1.4 – Круглий каналний нагрівач

Дані нагрівачі створені для отримання на виході максимальної температури повітря – 40°C. Канальний нагрівач можна побачити на рис. 1.4.

Повітряний клапан – сучасний житловий або промисловий об'єкт неможливо прийняти в експлуатацію без наявності системи вентиляції. Невеликі повітряні клапани для установки в квартирах і величезні агрегати з підгрівом і електроприводом для промислових і адміністративних будівель виконують важливу задачу – вони регулюють обсяг подачі і виведення повітряного потоку.

Однак, для повного перекриття потоку повітря дана модель не призначена, оскільки навіть через вертикально зафіксовану лопата проходить близько 10% повітряного потоку. Повітряний клапан зображено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Повітряний клапан

Для технологічних складських приміщень передбачені окремі припливно витяжні установки. Розміщення вентиляційних установок для технологічних приміщень передбачається в вентиляційних камерах розташованих в підвалі або в окремій кімнаті. Припливно-витяжні установки до складу установок входять пластинчаті рекуператори теплоти витяжного повітря.

Нагрівання припливного повітря здійснюється за рахунок повітрянагрівачів, що входять до складу установок. Теплоносій – вода з параметрами 80-60 °С.

Ступінь вогнестійкості транзитних повітроводів має відповідати нормативним значенням. Повітроводи системи загально обмінної вентиляції виконуються класом «А». При використанні кондиціонерів передбачено застосування озono безпечного фреону R410A.

1.3. Аналіз виробничо-побутових умов в адміністративній будівлі

Відповідно до виданого завдання на виконання дипломного проекту,

необхідно спроектувати систему вентиляції адміністративної будівлі Долинянської сільської ради Рогатинського району Івано-Франківської області, відповідно до діючих Будівельних норм і правил (СНиП, СНБ), вказівок з проектування (СН), технічних умов (ТУ) на монтаж і експлуатацію систем вентиляції. Головний фасад приміщення орієнтований на північ. Будівля сільської ради двоповерхова. Висота приміщень від підлоги до стелі – 3,5 м. Зовнішні стіни виконані із цегли із міжстінним утеплювачем. Покриття складається з наступних шарів (послідовно зсередини назовні): 1) цегла; 2) полистиролбетон; 3) цегла.

Підлога бетонна не утеплена, встановлена на ґрунті. Заповнення світлових отворів – скління в металевих палітурках.

Таблиця 1.2. Початкові дані щодо параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря

Параметри зовнішнього повітря						
Період року	t_z , °C	Ентальпія I_n , кДж/кг	Швидкість вітру v , м/с	t_v , °C	Відносн. волог-ть ϕ , %	Рухомість повітря в приміщ. v , м/с
Теплий	32,5	49	1	26,5	75	0,5
Холодний	-23	-23,1	2	15	75	0,4
Перехідні умови	8	22,5	-	15	75	0,4

Товщина скла – 3,5 мм. Джерело теплопостачання будівлі – власне. Теплоносій – перегріта вода з температурою 120-70 °C. Категорія робіт в приміщенні середньої тяжкості Пб. Кількість працівника – до 12 людей.

Аналіз кліматичних умов регіону дав змогу сформулювати початкові дані щодо розрахункових параметрів зовнішнього повітря [1].

Таким чином, виконання розрахунків щодо гідротермічних режимів адміністративної будівлі виконаємо для встановлених початкових умов.

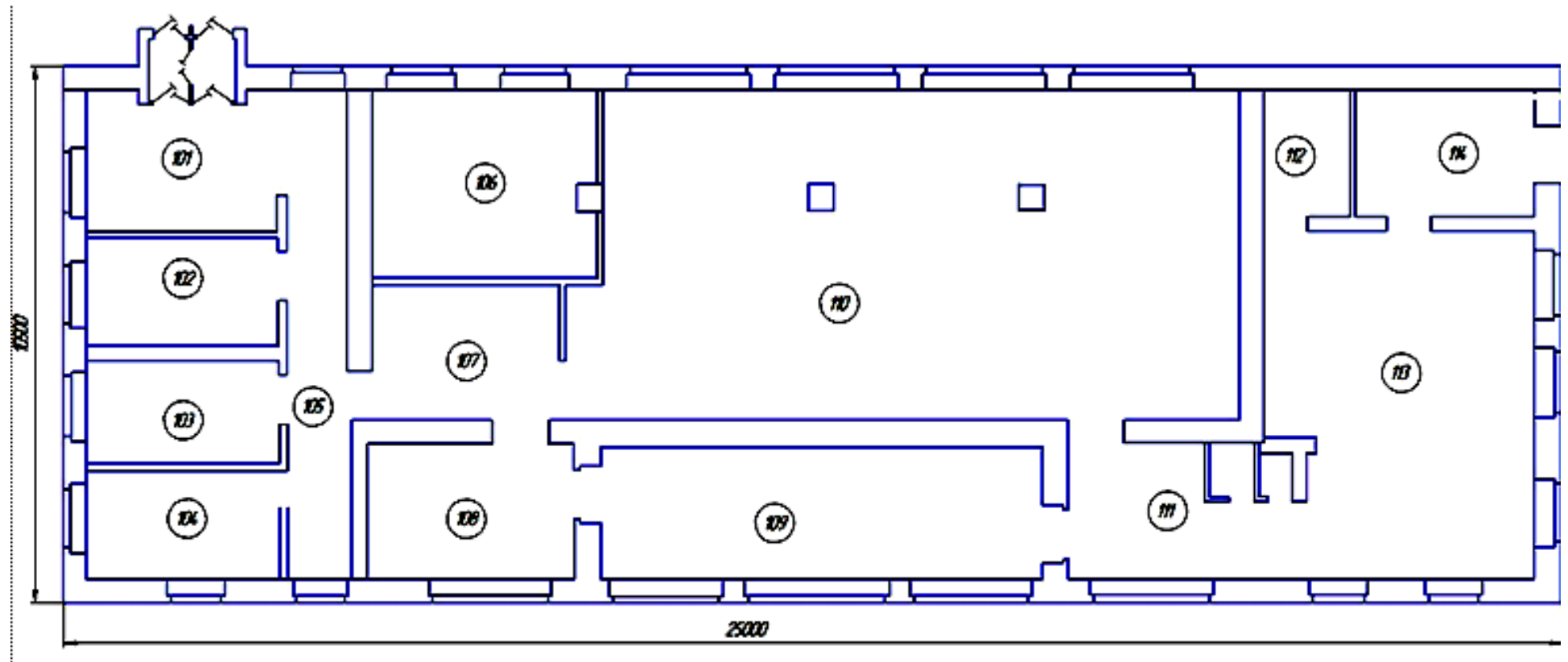


Рисунок 1.6. План-схема приміщень адмінбудівлі: 101 – вестибюль; 102-104 – заступник голови СР; 105 – коридор; 106 – гардероб; 107 – зал очікувань; 108 – приймальня голови СР; 109 – кабінет голови СР; 110 - конференцзал; 111 – побутові приміщення; 112 – вузол управління; 113 – бібліотека, читальний зал; 114 – архів СР

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОВІТРЯНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

2.1. Проектування теплоізоляційного захисту приміщень

Під час проектування теплоізоляційної оболонки будинку на основі багат шарових конструкцій, треба розташовувати з внутрішньої сторони конструкцій шари з матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплоємність та опір паропроникненню [6].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3°C та більше, обов'язкове виконання умов [6]:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}}, \quad (2.1)$$

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{ср}}, \quad (2.2)$$

$$\tau_{\text{в min}} > t_{\text{min}}. \quad (2.3)$$

де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; $R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; $\Delta t_{\text{пр}}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °C; $\Delta t_{\text{ср}}$ – допустима різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °C; $\tau_{\text{в min}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °C; t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °C.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \text{ min}}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і

дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно табл. 2.1 залежно від температурної зони експлуатації будинку [6].

Таблиця 2.1. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків, $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, для температурної зони			
		I	II	III	IV
1	Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0
2а*	Покриття й перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5	3,9	3,3
2б		3,3	3,0	2,6	2,2
3	Перекриття над проїздами та холодними підвалами, що межують із холодним повітрям	3,5	3,3	3,0	2,5
4	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані вище рівня землі	2,8	2,6	2,2	2,0
5а*	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані нижче рівня землі*	3,75	3,45	3,0	2,7
5б		2,5	2,3	2,0	1,8
6а	Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,6	0,56	0,5	0,45
6б		0,5	0,5	0,5	0,45
7	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,44	0,41	0,39	0,32
8	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,6	0,56	0,54	0,45
9	Вхідні двері в квартири, що розташовані вище першого поверху	0,25	0,25	0,25	0,25

* Для будинків садибного типу і будинків до 4 поверхів включно

У разі реконструкції будинків, що виконується з метою їх термомодернізації, допускається приймати значення $R_{q \min}$ згідно з табл. 2.1 з коефіцієнтом 0,8.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових (сільськогосподарських) будинків встановлюється згідно з табл. 2.2 залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища, теплової інерції огорожувальних конструкцій, D , що розраховується за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i s_{i p}, \quad (2.4)$$

де R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою (2.5).

Термічний опір i -го шару конструкції:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{i,p}}, \quad (2.5)$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м; $\lambda_{i,p}$ – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К); s_{ip} – коефіцієнт теплосвоєння матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м²·К); n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Формула (2.4) наведена для багатошарової конструкції, що складається з однорідних шарів. Якщо шари складаються з різних матеріалів, то для конструкції чи її частини, що розраховується, треба враховувати середні термічні опори в межах товщини δ_i (за формулою $R_i = \delta_i / \lambda_{cp,p}$, де $\lambda_{cp,p}$ – середнє за площею значення теплопровідності в розрахункових умовах) і середні коефіцієнти теплосвоєння.

2.2. Визначення режимів теплопередачі будівлі

Для запропонованих змін адміністративної будівлі та, зокрема, площу конференцзалу було збільшено у 2 рази. Прибудовані приміщення першого поверху, а також надбудований другий поверх над частиною будівлі. Товщина зовнішніх стін прибудованих приміщень, як і стіни вже існуючі, виконані з цеглини марки М75. Товщина стін 0,6 м.

Необхідно визначити чи відповідає опір теплопередачі зовнішніх стін потрібному. Необхідний опір теплопередачі R_0^{mp} є найменшим, при якому забезпечується допустима за санітарно-гігієнічними вимогами мінімальна температура внутрішньої поверхні стіни при розрахунковій зимовій температурі зовнішнього повітря :

$$R_0^{TP} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\Delta t_H \cdot \alpha_B}, \quad (2.6)$$

де R_0^{TP} – необхідний опір теплопередачі, $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; n – поправочний коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від положення зовнішньої поверхні будівлі, відносно до зовнішнього повітря [2, 4, 8, 17]; t_B – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$; t_H – розрахункова температура зовнішнього повітря, рівна температурі холодної п'ятиденки, $^\circ\text{C}$; Δt_H – нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні стіни, згідно із [2, 4]; α_B – коефіцієнт теплоприйняття внутрішньої поверхні стін, що приймається за [8, 17] для гладких внутрішніх поверхонь рівним $8,7 \text{ Вт}/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$.

У цьому проекті режим вологості для приміщення адмінбудівлі - нормальний, а кліматична зона помірно волога. Отже, умови експлуатації визначимо:

$$R_{0TP} = 1 \cdot (20 - (-40)) / 8,7 \cdot 4 = 1,72 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Опір теплопередачі для цегляної стіни завтовшки 0,6 м складає $0,85 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [2, 4, 8, 17]. Оскільки опір теплопередачі стіни менше потрібного - виникає необхідність утеплення зовнішніх стін. Як утеплювач вибираємо утеплювач Rockwool с $\lambda = 0,0420,7 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C}$.

Далі визначаємо товщину утеплюючого шару. З рівняння (2.1) знаходиться термічний опір шару утеплювача $R_{i \text{ ут}}$, за величиною якого можна визначити товщину утеплюючого шару конструкції:

$$R_0^P = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + \dots + R_{i \text{ ут}} + \dots + R_n + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (2.7)$$

де $R_1 \dots R_{i \text{ ут}} \dots R_n$ - термічний опір теплопередачі окремих шарів стін будівлі, визначають як:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (2.8)$$

де δ_i – товщина i -го шару, м; λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару, Вт/(м² °С) [2, 4]; α_n – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні конструкції, що захищає, взимку, що приймається за [2, 4, 8, 17] для поверхонь, дотичних до зовнішнього повітря, рівного 23 Вт/(м² °С).

Коефіцієнт теплопередачі для усіх конструкцій, що захищають, обчислюваний за формулою:

$$K = \frac{1}{R_0}, \text{ Вт/(м}^2 \text{ °С)} \quad (2.9)$$

Розрахунок конструкцій, що захищають. Зовнішня стіна.

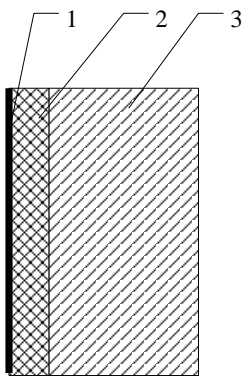


Рисунок 2.1 Конструкція зовнішньої стіни: 1 – облицювання фасадне; 2 – утеплювач Rocswool $\lambda = 0,0420,7$ Вт/м²⁰С; 3 – цегла, $\lambda = 0,7$ Вт/м²⁰С, $\delta_3 = 0,6$ м,

Згідно із [2, 4, 8, 17] визначаємо умови експлуатації стін будівлі залежно від режиму вологості приміщення і зони вологості.

Знаходимо товщину утеплюючого шару застосовуючи формули (2.3) и (2.4) :

$$R_3 = 0,85 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт};$$

$$R_2 = R_{0\text{тр}} - R_3 - 1/\alpha_{\text{в}} - 1/\alpha_{\text{н}} = 1,72 - 0,85 - 1/8,7 - 1/23 = 0,72 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт};$$

Перекриття горища:

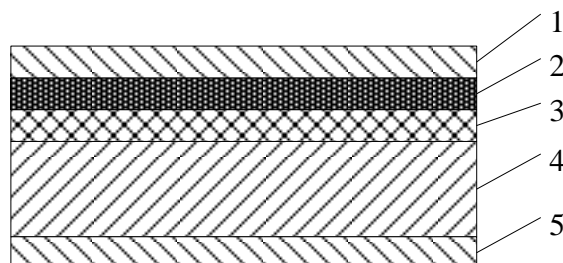


Рисунок 2.2. – Конструкція перекриття горища: 1– цементна стяжка, $\lambda_1 = 0,76$ Вт/м²⁰С, $\delta_1 = 0,02$ м, 2 – пінополістерол, $\lambda_2 = 0,041$ Вт/м²⁰С; 3 – керамзитний гравій, $\lambda_3 = 0,17$ Вт/м²⁰С, $\delta_3 = 0,11$ м; 4 – залізобетонна плита

перекриття, $\lambda_4 = 1,92 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$, $\delta_4 = 0,22 \text{ м}$; 5 – стяжка цементним розчином, $\lambda = 0,76 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$, $\delta_5 = 0,005 \text{ м}$.

За формулою (2.4) визначаємо товщину утеплюючого шару δ_2 :

$$\delta_2 = R_2 \cdot \lambda_2 = 0,72 \cdot 0,042 = 0,03 \text{ м.}$$

Коефіцієнт опору теплопередачі K визначаємо за формулою (2.5):

$$K = 1 / 1,72 = 0,58 \text{ Вт/(м}^2 \text{°С)}.$$

За формулою 2.2 визначимо:

$$R_{0\text{тр}} = 1 \cdot (20 - (-40)) / 8,7 \cdot 4 = 1,72 \text{ м}^2 \text{°С/Вт}.$$

Знаходимо товщину утеплюючого шару застосовуючи формули (2.3) і (2.4). Як утеплювач вибираємо пінополістерол, з $\lambda_2 = 0,041 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$

$$R_1 = 0,02 / 0,76 = 0,03 \text{ м}^2 \text{°С/Вт};$$

$$R_3 = 0,11 / 0,17 = 0,65 \text{ м}^2 \text{°С/Вт};$$

$$R_4 = 0,22 / 1,92 = 0,12 \text{ м}^2 \text{°С/Вт};$$

$$R_5 = 0,005 / 0,76 = 0,007 \text{ м}^2 \text{°С/Вт};$$

$$\begin{aligned} R_{2\text{ут}} &= R_{0\text{тр}} - R_1 - R_3 - R_4 - R_5 - 1/\alpha_{\text{в}} - 1/\alpha_{\text{н}} = \\ &= 1,72 - 0,03 - 0,65 - 0,12 - 0,007 - 1/8,7 - 1/23 = 0,763 \text{ м}^2 \text{°С/Вт}; \end{aligned}$$

за формулою (2.4) визначаємо товщину утеплюючого шару δ_2 :

$$\delta_2 = R_2 \cdot \lambda_2 = 0,763 \cdot 0,041 = 0,03 \text{ м.}$$

Коефіцієнт опору теплопередачі K визначаємо за формулою (1.5):

$$K = 1 / 1,72 = 0,58 \text{ Вт/(м}^2 \text{°С)}.$$

Утеплення підлоги першого поверху. Відповідно до [2, 4, 8, 17] для підлог, що не утеплюють, розташованих нижче за рівень землі, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт/(м}^2 \text{°С)}$ у зонах шириною 2м, паралельним зовнішнім стінам, приймаємо R_0 , $\text{м}^2 \text{°С/Вт}$ рівним:

2,1 – для I зони;

4,3 – для II зони;

8,6 – для III зони;

14,2 – для IV зони (для площі підлоги, що залишилася).

Утеплює підлоги слой керамзитбетону, завтовшки 150мм. Для утепленої підлоги $R_{п}$ визначається за формулою:

$$R_{п} = R_0 + \delta/\lambda, \quad (2.10)$$

де δ і λ – товщина і теплопровідність матеріалу кожного утеплюючого шару

$$\text{I зона: } R=2,1+0,1875=2,28 \text{ м}^2\text{C/Вт};$$

$$\text{II зона: } R=4,3+0,1875=4,48 \text{ м}^2\text{C/Вт};$$

$$\text{III зона: } R=8,6+0,1875=8,78 \text{ м}^2\text{C/Вт};$$

$$\text{IV зона: } R=14,2+0,1875=14,38 \text{ м}^2\text{C/Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі у зонах:

$$k_{\text{I}} = 1/2,28 = 0,43 \text{ Вт/м}^2\text{C};$$

$$k_{\text{II}} = 1/4,48 = 0,22 \text{ Вт/м}^2\text{C};$$

$$k_{\text{III}} = 1/8,78 = 0,11 \text{ Вт/м}^2\text{C};$$

$$k_{\text{IV}} = 1/14,38 = 0,07 \text{ Вт/м}^2\text{C}.$$

Вікна. Тип заскління – потрійне в дерев'яних палітурках (спарений і одинарний). $R_0=0,5 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ [2, 4, 8, 17]. Коефіцієнт теплопередачі $k_{\text{ок}}=2 \text{ Вт/м}^2\text{C}$.

Зовнішні двері. Зовнішні двері подвійні. $R_{\text{д}}=0,43 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ [2, 4, 8, 17]. Коефіцієнт теплопередачі $k_{\text{дв}}=2,33 \text{ Вт/м}^2\text{C}$.

2.3. Розрахунок теплового режиму приміщення

Розрахунок теплонадходжень від людей. Джерелами теплонадходжень є люди, освітлення, електродвигуни, нагріте технологічне устаткування, остигаючі матеріали, сонячна радіація. Крім того, в приміщенні є теплові втрати через стіни, втрати теплоти на нагрів зовнішнього повітря, що надходить через відкриті отвори, тепловтрати на нагрів технічних засобів і матеріалів завезених з вулиці.

Надлишкова теплота – залишкова кількість явної теплоти за вирахуванням тепловтрат, що надходить в приміщення при розрахункових параметрах зовнішнього повітря після здійснення усіх технологічних заходів щодо їх зменшення.

Відповідно до [2] теплонадходження від людей розраховується за виразом:

$$Q_{\text{эп ä}} = \sum_{i=1}^n n_i \cdot q_{\text{эп ä}_i} \cdot k_i, \text{ Вт} \quad (2.11)$$

де n – розрахункова кількість людей в приміщенні, $n = 32$; $q_{\text{эп ä}}$ – кількість теплоти, що виділяється одним чоловіком при певній температурі внутрішнього повітря і певному виді виконуваних робіт, Вт/люд. [4, 8]; k – коефіцієнт, що врахування того хто знаходиться в розрахунковому приміщенні (для чоловіків $k = 1$, для жінки $k = 0,85$).

Розрахунок теплонадходжень від штучного освітлення. Передбачається, що від штучного освітлення теплота надходить в холодний період року і в перехідні періоди. Теплонадходження від штучного освітлення визначаються за формулою [4]:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot q_{\text{осв}} \cdot F \cdot \eta_{\text{осв}}, \text{ Вт} \quad (2.12)$$

де E – нормована освітленість приміщення залу, лк [4]; $q_{\text{осв}}$ – питома тепловиділення від ламп, Вт/(м²·лк) [4]; F – площа підлоги приміщення залу, м²; $\eta_{\text{осв}}$ – частка теплоти, що надходить в приміщення залу, згідно [4] для будівель загального призначення $\eta_{\text{осв}} = 1$.

Таким чином, теплонадходження від штучного освітлення в холодний період року і в перехідні періоди будуть рівні.

Надходження тепла від сонячної радіації. Розраховується надходження тепла за рахунок сонячної радіації через віконні отвори тільки в теплий період року. Кількість теплоти, що надходить у приміщення кожної години розрахункової доби через віконні отвори, знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{II}} = Q_{\text{IIP}} + Q_{\text{ИТ}} = (q_{\text{IIP}} + q_{\text{ИТ}}) \cdot F_{\text{II}}, \text{ Вт} \quad (2.13)$$

де Q_{IIP} – кількість тепла, що надходить у приміщення через вікна площею F_{II} за рахунок радіації, Вт; $Q_{\text{ИТ}}$ – кількість тепла, що надходить у приміщення через вікна площею F_{II} за рахунок теплопередачі, Вт; q_{IIP} – питомі тепло надходження від сонячної радіації через горизонтальні, вертикальні і похилі поверхні вікон,

Вт/м²; $q_{шт}$ – питомі тепло надходження за рахунок теплопередачі через горизонтальні, вертикальні і наклонні поверхні вікон, Вт/м²; F_{II} – площа вікон, м².

Питомі теплонадходження від сонячної радіації через горизонтальні, вертикальні і похилі поверхні вікон розраховуються за виразом [4]:

$$q_{шт} = (q_n^e \cdot k_{inc} + q_p^e \cdot k_{обл}) \cdot k_{відн} \cdot \tau_2 s, \text{ Вт} \quad (2.14)$$

де q_n^e і q_p^e – кількість тепла від сонячної радіації відповідно прямої і розсіяної, що надходить в приміщення кожен розрахункову годину через 1 м² одинарного скла, Вт/м²; $k_{відн}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через вікна, які відрізняються від одинарного [17]; τ_2 – коефіцієнт, що враховує затінювання світлового отвору [8, 17]; k_{inc} – коефіцієнт інсоляції, визначимо за наступною формулою:

$$k_{inc} = \left(1 - \frac{L_z \cdot ctg \beta - a}{H}\right) \cdot \left(1 - \frac{L_6 \cdot tg A_{c.o} - c}{B}\right), \quad (2.15)$$

де H – висота віконного отвору, м; B – ширина віконного отвору, м; a, c – відстань відповідно від горизонтального і вертикального елементів затінювання до відкосу віконного отвору, м; L_z, L_6 – розміри відповідно горизонтальних і вертикальних виступаючих елементів затінювання, м; β – кут (для горизонтальних затінюючих пристроїв) між вертикальною площиною скла і проекцією сонячного променя на вертикальну площину, перпендикулярну даній площині скла, град.

Кут β знаходиться за наступним виразом:

$$\beta = arctg \cdot (ctgh \cdot \cos A_{c.o}), \text{ град.} \quad (2.16)$$

де h – висота розташування сонця, град. [2, 4]; A_c – азимут сонця, град.; $A_{c.o}$ – сонячний азимут вікна, град; $k_{обл}$ – коефіцієнт опромінення [8, 17] в залежності від β_1 і γ_1 :

$$\beta_1 = arctg \frac{L_z}{H + a}, \text{ град.} \quad (2.17)$$

$$\gamma_1 = arctg \frac{L_6}{B + c}, \text{ град.} \quad (2.18)$$

Оскільки вся теплота, що надійшла через віконні отвори проникає в приміщення, то частина її акумулюється внутрішніми стінами приміщення. З урахуванням викладеного вище, розрахункова кількість тепла, що надходить в приміщення через віконні отвори за рахунок сонячної радіації, знаходиться за наступним виразом:

$$Q_{IP}^{\delta} = Q_{IPB} \cdot \frac{1,5 \cdot F_1 \cdot m_1}{F_1}, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

де F_1 – площа підлоги, м^2 , $F_1 = 1008 \text{ м}^2$; m_1 – коефіцієнт, що враховує акумуляцію тепла підлогою, $m_1 = 0,55$.

$$Q_{IT} = q_{IT} \cdot F_{IT}, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

$$q_{IT} = \frac{(t_{i.\hat{o}i} - t_{\hat{a}})}{R_{IT}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (2.21)$$

де t_e – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$; R_{IT} – опір теплопередачі віконних отворів, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ [2, 4, 8, 17]; $t_{i.\hat{o}i}$ – умовна температура зовнішнього середовища, $^{\circ}\text{C}$. Розраховується за формулою:

$$t_{i.\hat{o}i} = t_{i.\hat{n}\hat{o}} + 0,5 \cdot A_{ti} \cdot \beta_2 + \frac{S_{\hat{a}} \cdot k_{ii\hat{n}} + D_{\hat{a}} \cdot k_{i\hat{a}\hat{e}}}{\alpha_i} \cdot \rho_{IT} \cdot \tau_2, \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad (2.22)$$

де $t_{n.cp}$ – середня температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця, $^{\circ}\text{C}$; A_{ti} – добова амплітуда температури зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ [2, 4, 8, 17]; β_2 – коефіцієнт, що враховує гармонійну зміну температури зовнішнього повітря [2, 4, 8, 17]; $S_{\hat{a}}$, $D_{\hat{a}}$ – кількість теплоти відповідно до прямої і розсіяної радіації, що поступає на вертикальну поверхню, Вт/м^2 [2, 4]; ρ_{IT} – приведений коефіцієнт поглинання сонячної радіації заповненням світлових отворів; α_n – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні стін, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. Визначимо за формулою в залежності від швидкості вітру:

$$\alpha_n = 5,8 + 11,6 \cdot \sqrt{v_n}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) \quad (2.23)$$

Розрахунок надходження тепла через дахове покриття. Кількість теплоти, що надходить у приміщення через 1 м^2 покриття, визначається за виразом:

$$q_{Icp} + \Delta q_I = k_{покр} \cdot (t_{н.ср} + \frac{\rho_{покр} \cdot q_{ср}^2}{\alpha_n^2} - t_г^{покр}) + \frac{\alpha_6 \cdot \beta_{II}}{v_{покр}} \cdot (0,5 \cdot A_{t_n} \cdot \beta_2 + \frac{\rho_{покр} \cdot A_{q_z}}{\alpha_n}), \text{Вт/м}^2 \quad (2.24)$$

де q_{Icp} – середня добова кількість теплоти, що надходить на горизонтальну поверхню дахового покриття, Вт/м^2 ; Δq_I – частина тепло надходжень, що змінюється протягом доби, Вт/м^2 ; $k_{покр} = \frac{1}{R_m^{покр}}$ – коефіцієнт теплопередачі покриття, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$; $R_m^{покр}$ – опір теплопередачі покриття, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; $\rho_{покр}$ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею покриття; $q_{ср}^2$ – середньодобова кількість сумарної (прямого і розсіяного) тепла, що надходить на поверхню дахового покриття, Вт/м^2 [2, 4, 8, 17]; α_n^2 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні покриття, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$, що розраховується за формулою залежно від швидкості вітру:

$$\alpha_n^2 = 8,7 + 2,6 \cdot \sqrt{v_n}, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)} \quad (2.25)$$

де β_{II} – коефіцієнт, що враховує наявність в конструкції покриття повітряного прошарку (за відсутності повітряного прошарку $\beta_{II} = 1$, за її наявності $\beta_{II} = 0,6$); $t_г^{покр}$ – температура повітря під покриттям приміщення, °C ; $v_{покр}$ – значення загасання коливань температури зовнішнього повітря в конструкції покриття; β_2 – коефіцієнт, що враховує гармонійну зміну температури зовнішнього повітря; A_{q_z} – кількість тепла, рівна різниці сумарної сонячної радіації в кожену годину (з урахуванням періоду запізнювання температурних коливань) і середньої за добу сумарної сонячної радіації, Вт/м^2 . Знаходиться за виразом:

$$A_{q_z} = (S_2 + D_2) - q_{ср}^2. \quad (2.26)$$

Значення загасання коливань температури зовнішнього повітря в конструкції покриття визначається за формулою:

$$v_{покр} = e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_6) \cdot (S_2 + Y_1) \cdot (S_3 + Y_2) \cdot \dots \cdot (\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1) \cdot (S_2 + Y_2) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_n) \cdot \alpha_n}, \quad (2.27)$$

де S_1, S_2, \dots, S_n – коефіцієнт теплосвоєння матеріалу окремих шарів покриття, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$; Y_1, Y_2, \dots, Y_n – коефіцієнт теплосвоєння окремих шарів покриття,

Вт/(м²·°С); α_e – коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні покриття, Вт/(м²·°С); α_n – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні покриття, Вт/(м²·°С).

Коефіцієнт теплосвоєння 1 шару покриття (розглядаючи послідовно зсередини назовні) розраховується:

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_e}{1 + R_1 \cdot \alpha_e}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)} \quad (2.28)$$

де R_1 – термічний опір 1 слою покриття, (м²·°С)/Вт.

Коефіцієнт теплосвоєння i -го шару покриття знаходиться за формулою:

$$Y_i = \frac{R_i \cdot S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i \cdot Y_{i-1}}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)} \quad (2.29)$$

де Y_{i-1} – коефіцієнт теплосвоєння слою покриття, Вт/(м²·°С).

Кількість теплоти, що надходить в приміщення через усю площу покриття, розраховується за формулою:

$$Q_I = (q_{Icp} + \Delta q_I) \cdot F_I, \text{ Вт} \quad (2.30)$$

де F_I – площа поверхні покриття, м², $F_I = 1008$.

Таким чином, застосування методики розрахунку теплонадходжень у приміщення дає змогу отримати відповідні показники щодо теплових режимів та на підставі цього сформулювати початкові дані щодо розроблення вентиляційної системи.

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ

3.1. Система припливної вентиляції

Вентиляцію влаштовують для підтримки в приміщеннях нормальних умов повітряного середовища, відповідних санітарно-гігієнічним і технологічним вимогам. Система вентиляції створює організований повітрообмін – видаляє забруднене повітря і подає замість нього оброблене (нагріте або охолоджене, зволожене або осушене) свіже і чисте повітря. Маса повітря, що видаляється, і повітря що подається або проникаючого в приміщення через нещільність будівельних конструкцій, завжди рівні.

Для організації повітрообміну в приміщеннях із великою кількістю людей (наприклад, конференцзалі) використовується припливна система вентиляції, що здійснює подачу свіжого, нагрітого повітря в приміщення. На рис. 3.1 представлена схема припливної вентиляції [2, 4, 8, 17].

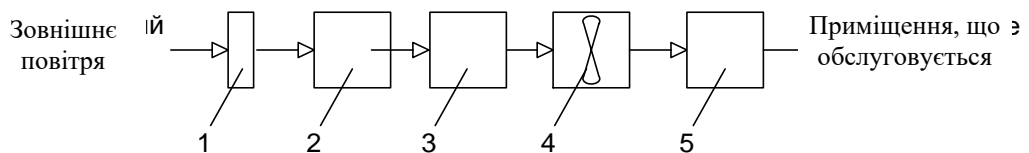


Рисунок 3.1 – Схема автоматизованої припливної вентиляції: 1 – припливна заслінка, 2 – фільтр повітря, 3 – повітропідігрівач, 4 – припливний вентилятор, 5 – повітропровід

За напрямом руху повітря в робочому колесі вентиляторів загального призначення підрозділяються на радіальних (відцентрові) і осьових. До вентиляторів загального призначення відносяться також дахові вентилятори.

Залежно від фізико-хімічних властивостей переміщуваного середовища вентилятори виготовляють [11]:

- звичайного виконання – для переміщення неагресивних середовищ;

- корозійностійкі – для переміщення повітря, забрудненого агресивними домішками;

- іскрозахищені – для переміщення деяких газопароповітряних сумішей;

- пилові – для переміщення повітря, що містить пилоподібні домішки.

У припливних вентиляційних системах повітропроводи служать для розподілу чистого повітря, що подається від припливних камер або кондиціонерів в приміщення, по місцях повітророздачі, а у витяжних системах, навпаки, для збору забрудненого повітря в місцях повітровидалення і подачі його до витяжного вентилятора з наступним викидом через очисні пристрої (чи без них) в атмосферу.

3.2. Повітрообмін приміщень адміністративної будівлі

У адміністративних будівлях проектується припливно-витяжна система вентиляції. У залах (актових залах) де відбуваються збори, наради тощо, проектується припливна вентиляція з механічним приводом. Витяжна вентиляція із залу для глядачів передбачається природна.

У частині актового залу влаштовується вентиляція:

- штучна припливна в усіх кімнатах для занять нарадчих груп, приймальнях, виставкових залах і вестибюлі;

- природна витяжна для усіх приміщень;

- штучна для туалетів й душових.

Для вентиляції використовуються допустимі значення параметрів внутрішнього повітря. Вони приймаються залежно від призначення приміщення і розрахункового періоду року відповідно до п.2.1. [8, 17] за даними дод. 1 [2, 4].

У теплий період року температура припливу $t_{п}^T = t_{н}^T$ (п), $t_{п}^T = 21,7$ °С, $t_{пз} = t_{п}^T + 3$ °С = 24,7 °С.

У холодний і перехідний періоди:

$$t_{п} = t_{пз} - \Delta t, \text{ °С}, \quad (3.1)$$

де $t_{пз}$ - приймається за дод. 1 [2, 4], $t_{пз} = 20$ °С.

Оскільки висота приміщення більше 4 метрів, приймаємо Δt рівним 5°C .

$$t_{\text{пр}}^{\text{хп}} = 20 - 5 = 15^\circ\text{C}.$$

Температура повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, визначається за формулою:

$$t_{\text{уд}} = t_{\text{рз}} + \text{grad } t(H - h_{\text{рз}}), \quad (3.2)$$

де $t_{\text{рз}}$ – температура повітря в робочій зоні, $^\circ\text{C}$; $\text{grad } t$ – перевищення температури на 1 м висоти вище за робочу зону, $^\circ\text{C}/\text{м}$; H - висота приміщення, м; $H = 7,35$ м; $h_{\text{рз}}$ - висота робочої зони, м; $h_{\text{рз}} = 2$ м; $\text{grad } t$ вибираємо з таблиці VII.2 [2, 4] залежно від району будівництва – с. Долиняни Рогатинського району Івано-Франківської області: $\text{grad } t^{\text{T}} = 0,5^\circ\text{C}/\text{м}$; $\text{grad } t^{\text{хп}} = 0,1^\circ\text{C}/\text{м}$;

$$t_{\text{уд}}^{\text{T}} = 24,7 + 0,5 \cdot (7,35 - 2) = 27,38^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{уд}}^{\text{хп}} = 20 + 0,1 \cdot (7,35 - 2) = 20,54^\circ\text{C}.$$

Результати зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Назва	Період року	Допустимі параметри			$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{уд}}, ^\circ\text{C}$
		$t_{\text{рз}}, ^\circ\text{C}$	$\phi_{\text{рз}}, \%$	$\theta, \text{м/с}$		
Зал для глядачів	Т	24,7	65	0,5	21,7	27,4
	П	20	65	0,2	15	20,5
	Х	20	65	0,2	15	20,5

У громадських будівлях де перебувають люди, до шкідливих випарів відносять: надлишкове тепло і волога, вуглекислий газ, що виділяється людьми, а також тепло від освітлення і сонячної радіації.

Враховуємо, що в приміщенні знаходяться 200 чоловік: 130 чоловіків і 70 жінок – вони не виконують ніяких робіт (знаходяться у спокої). У розрахунку враховуємо повне тепловиділення від людей і повне теплонадходження за формулою:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{м}} \cdot n_{\text{м}} + q_{\text{жс}} \cdot n_{\text{жс}}, \quad \text{Вт}, \quad (3.3)$$

де $q_m, q_{ж}$ – повне тепловиділення чоловіків і жінок, Вт/чол; $n_m, n_{ж}$ – число чоловіків і жінок в приміщенні. Повне тепловиділення q визначимо за таблицею 2.24 [8, 17].

Теплий період:

$$t_{pz}^T = 24,7 \text{ }^\circ\text{C}; q = 145 \text{ Вт/чол.}$$

$$Q_{л}^T = 145 \cdot 130 + 70 \cdot 145 \cdot 0,85 = 27473 \text{ Вт.}$$

Холодний період:

$$t_{pz}^{xp} = 20 \text{ }^\circ\text{C}; q = 151 \text{ Вт/чол.}$$

$$Q_{л}^{xp} = 151 \cdot 130 + 70 \cdot 151 \cdot 0,85 = 28615 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від джерел сонячного освітлення $Q_{осв}$, Вт, визначаємо за формулою:

$$Q_{осв} = E \cdot F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, \quad (3.4)$$

де E – питома освітленість, лк, приймаємо за таблицею 2.3 [2]; F – площа освітленої поверхні, m^2 ; $q_{осв}$ – питома виділення тепла від освітлення, $Вт/(m^2/лк)$, визначається за табл. 2.4 [4, 8]; $\eta_{осв}$ – коефіцієнт використання теплоти для освітлення, приймаємо по [8].

$$E = 200 \text{ лк}; F = 247 \text{ } m^2; q_{осв} = 0,55; \eta_{осв} = 1;$$

$$Q_{осв} = 300 \cdot 247 \cdot 0,55 \cdot 1 = 4402 \text{ Вт.}$$

Загальне теплонадходження визначимо за формулою:

$$Q_n = Q_{л} + Q_{осв} + Q_{cp}, \text{ Вт} \quad (3.5)$$

У літній період:

$$Q_{п}^T = 27478 + 11729 = 39207 \text{ Вт.}$$

У перехідний період:

$$Q_{п}^p = 28614 + 4402 + 0,5 \cdot 11729 = 38881 \text{ Вт.}$$

У зимовий період:

$$Q_{п}^x = 28614 + 4402 + 0 = 33016 \text{ Вт.}$$

Надходження вологи від людей, $W_{вл}$, г/год, визначається за формулою:

$$W_{вл} = n_{л} \cdot \varpi_{вл}, \quad (3.6)$$

де $n_{\text{л}}$ – кількість людей, що виконують роботу цієї важкості; $w_{\text{вл}}$ – питома вологовиділення однієї людини, приймаємо за таблицею 2.24 [2].

Для теплого періоду року, $t_{\text{р.з.}}=24,7^{\circ}\text{C}$; $w_{\text{вл}}=115$ г/год·люд.

$$W_{\text{вл}}^{\text{T}} = 130 \cdot 115 + 70 \cdot 115 \cdot 0,85 = 21792,5 \text{ г/год.}$$

Для холодного і перехідного періодів року, $t_{\text{р.з.}}=20^{\circ}\text{C}$; $w_{\text{вл}}=75$ г/год·люд.

$$W_{\text{вл}}^{\text{T}} = 130 \cdot 75 + 70 \cdot 75 \cdot 0,85 = 14212,5 \text{ г/год.}$$

Кількість CO_2 , що міститься в повітрі, яке видихається людиною, залежить від інтенсивності праці і визначається за формулою:

$$M_{\text{CO}_2} = n_{\text{л}} \cdot m_{\text{CO}_2}, \text{ г/год,} \quad (3.7)$$

де $n_{\text{л}}$ – кількість людей, що знаходяться в приміщенні, чол; m_{CO_2} – питома виділення CO_2 однією людиною, визначається за таблицею VII.1 [2, 4, 8, 17].

Доросла людина у спокої виділяє $m_{\text{CO}_2}=25$ г/год·люд. Тоді:

$$M_{\text{CO}_2} = 130 \cdot 25 + 0,85 \cdot 70 \cdot 25 = 4737,5 \text{ г/год.}$$

Різниця теплонадходжень і втрат тепла визначає надлишки, або недоліки тепла в приміщенні. У проєкті ми умовно приймаємо, що система опалювання повністю компенсує втрати тепла, яке буде в приміщенні. Надходження шкідливих випарів (шкідливостей) враховується для трьох періодів року: холодного, перехідного і теплого.

Результати розрахунку усіх видів шкідливостей зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Обсяги шкідливих речовин виведених з приміщення

Назва приміщення	Період року	Надлишки тепла, $\Delta Q_{\text{п}}$, Вт	Надлишки вологи, $W_{\text{вл}}$, г/год	Кількість CO_2 , M_{CO_2} , г/год
Конференцзал	Т	39207	21793	4738
	П	38881	14213	4738
	Х	33016	14213	4738

Вентиляційні системи будівлі і їх продуктивність вибирають в результаті розрахунку повітрообміну. Послідовність розрахунку необхідного повітрообміну наступна:

- задаються параметри припливного повітря, що видаляється;
- визначають необхідний повітрообмін для заданого періоду за шкідливими виділеннями, людьми і мінімальної кратності;
- вибирається максимальний повітрообмін з усіх розрахунків за різними чинниками.

Повітрообмін за нормативною кратністю визначається за формулою:

$$L = K_{P_{\min}} \cdot V_P, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.8)$$

де $K_{P_{\min}}$ – мінімальна кратність повітрообміну, 1/год; V_P – розрахунковий об'єм приміщення, м^3 .

За табл. 7.7 [4] $K_{P_{\min}} = 1$ 1/год.

Розрахунковий об'єм приміщення знайдемо:

$$V_P = F_n \cdot 6;$$

$$V_P = 247 \cdot 6 = 1729 \text{ м}^3.$$

$$L = 1729 \cdot 1 = 1729 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Повітрообмін за людьми визначається за формулою:

$$L = n_L \cdot l_L, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.9)$$

де l_L – повітрообмін на одну людину, $\text{м}^3/\text{ГОД} \cdot \text{люди}$; n_L – кількість людей в приміщенні.

За дод.17 [8] визначаємо, що для аудиторії, де люди знаходяться більше 3 годин безперервно, $l_L = 60 \text{ м}^3/\text{ГОД} \cdot \text{люди}$.

$$L = 200 \cdot 60 = 12000 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Повітрообмін за вуглекислим газом визначається за формулою:

$$L = \frac{M_{CO_2}}{Y_{\text{ПДК}} - Y_{\text{П}}}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.10)$$

де M_{CO_2} – кількість вуглекислого газу, що виділяється CO_2 , л/год; $Y_{\text{ПДК}}$ – гранично-допустима концентрація CO_2 в повітрі, $\text{г}/\text{м}^3$, при довготривалому перебуванні $Y_{\text{ПДК}} = 3,45 \text{ г}/\text{м}^3$; $Y_{\text{П}}$ – вміст газу в припливному повітрі, $\text{г}/\text{м}^3$, $Y_{\text{П}} = 0,5 \text{ г}/\text{м}^3$.

$$M_{CO_2} = 4738 \text{ г}/\text{ГОД}.$$

Тоді:

$$L = 4738 / (3,45 - 0,5) = 6317,3 \text{ м}^3/\text{год}.$$

У приміщеннях з тепло- і вологовиділеннями повітрообмін визначається за Id -діаграмою. Розрахунок повітрообмінів в приміщеннях зводиться до побудови процесів зміни параметрів повітря в приміщенні.

Повітрообмін за надлишками тепла і вологи теплий період року.

Повітрообмін за надлишками тепла:

$$L_{\Pi} = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{\Pi}}{\rho(I_{уд} - I_{\Pi})}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.11)$$

Повітрообмін за надлишками вологи :

$$L_{\Pi} = \frac{W_{в.л}}{\rho(d_{уд} - d_{\Pi})}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.12)$$

де $I_{уд}$, I_{Π} – відповідно до ентальпії повітря, що видаляється і припливного, кДж/кг.св.

$$I_{уд} = 56,5 \text{ кДж/кг.св}; I_{\Pi} = 49 \text{ кДж/кг.св}; d_{уд} = 12,1 \text{ г/кг.св}; d_{\Pi} = 11 \text{ г/кг.св}.$$

За надлишками тепла :

$$L_{\Pi} = 3,6 \cdot 39207 / (1,2 \cdot (56,5 - 49)) = 15683 \text{ м}^3/\text{год}.$$

За надлишками вологи :

$$L_{\Pi} = 21793 / 1,2 \cdot (12,1 - 11) = 16509 \text{ м}^3/\text{год}.$$

В розрахунок йде більший повітрообмін за надлишками вологи:

$$L_{\Pi} = 16509 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Повітрообмін за надлишками тепла і вологи в перехідний період року. У перехідний період передбачена рециркуляція повітря.

За параметрами зовнішнього повітря ($t_H = 8^\circ\text{C}$, $I_H = 22,5 \text{ кДж/кг.св}$) будемо точку Н (рис. 3.2).

Для побудови точки У знаходимо розрахунковий приріст волого насичення повітря:

$$\Delta d_{HY} = \frac{W_{6.л}}{\rho \cdot L_{H \min}} = d_{уд} - d_H \quad (3.13)$$

Сформувавши початкові дані: $W_{в.л} = 14213 \text{ г/год}$; $L_{H \min} = L_H$ (за працівниками); $L_{H \text{ кр } \min} = 1729 \text{ м}^3/\text{год}$; $L_{H \min} = 12000 \text{ м}^3/\text{год}$.

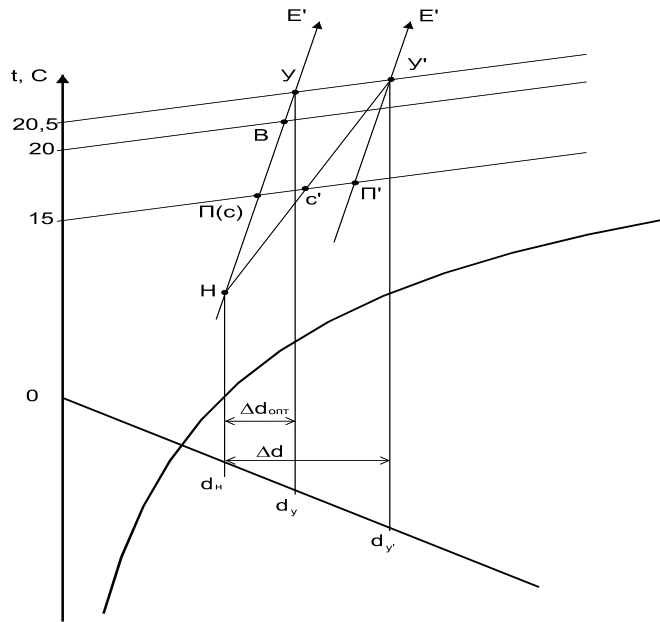


Рисунок 3.2. Перехідний період року

За формулою:

$$L_{H \text{ кр min}} = K_{Pmin} \cdot V_P, \quad (3.14)$$

Отримаємо:

$$\Delta d_{HY} = 14213 / 1,2 \cdot 12000 = 0,9 \text{ г/кг}_{\text{св}};$$

$$d_{YД} = d_H + \Delta d_{HY} = 5,5 + 0,9 = 6,4 \text{ г/кг}_{\text{св}}.$$

Точка Y знаходиться на перетині відрізка $\Delta d_{YД} = \text{const}$ і відрізка $t_{YД} = \text{const}$.

Сполучаємо точки H і Y . На цій лінії розташована точка суміші C .

Визначаємо її місце розташування. Для цього будемо промінь процесу:

$$E = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{II}}{W_{ВЛ}} = \frac{3,6 \cdot 38881}{14,2} = 9848, \text{ кДж/кг}_{\text{вл}}.$$

Проводимо промінь процесу через точку Y , отримуємо на перетині з ізотермами точки B і Π . З точки Π по лінії $d = \text{const}$ опускаємося до перетину з лінією HY , отримуємо точку C . кількість рециркулюючого повітря, G_P , визначаємо:

$$G_{n \text{ min}} = L_{n \text{ min}} \cdot 1,2 = 14400 \text{ кг/год};$$

$$G_P = (4,6/2 - 1) \cdot G_{n \text{ min}} = 1,3 \cdot 14400 = 18720 \text{ кг/год};$$

$$L_n = G_n / \rho = 15600 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Повітрообмін за надлишками тепла і вологи в зимовий період року. У зимовий період також передбачена рециркуляція повітря. За параметрами зовнішнього повітря ($t_H = -40^\circ\text{C}$, $I_H = -40,2$ кДж/кг св) будуємо точку Н (рис. 3.3)

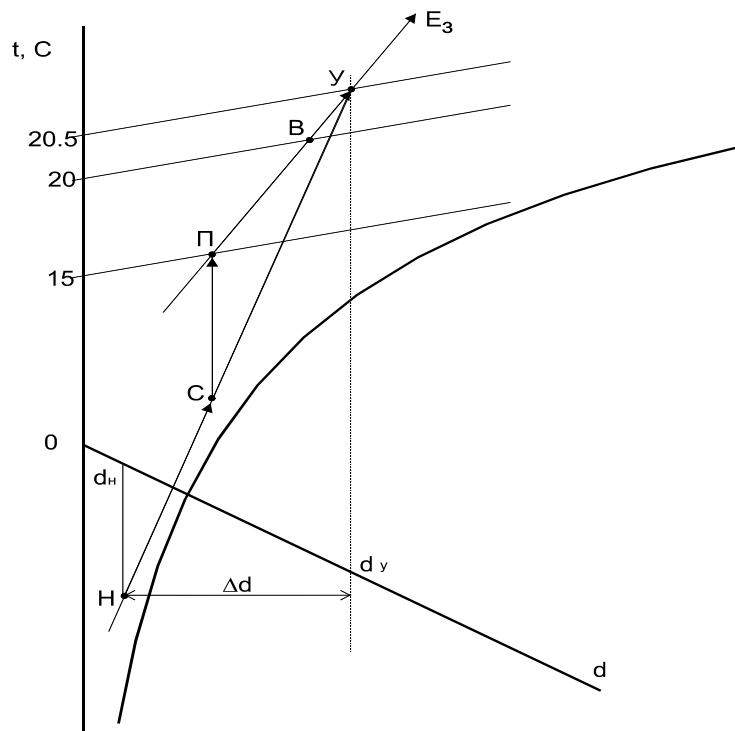


Рисунок 3.3. Холодний період року

Для побудови точки У знаходимо розрахунковий приріст вмісту вологи повітря:

$$\Delta d_{HY} = \frac{W_{6л}}{\rho \cdot L_{H\min}} = d_{уд} - d_H \quad (3.15)$$

За початковими даними: $W_{ВЛ} = 14213$ г/год; $L_{H\min} = L_H$ (за працівниками); $L_{H\min} = 12000$ м³/год.

Підставивши дані отримаємо:

$$\Delta d_{HY} = 14213 / 1,2 \cdot 12000 = 0,9 \text{ г/кг.св.}$$

$$d_{уд} = d_H + \Delta d_{HY} = 0,2 + 0,9 = 1,1 \text{ г/кг.св.}$$

Проводимо ізотерми $t_{уд} = 20,54^\circ\text{C}$, $t_B = t_{р.з.} = 20^\circ\text{C}$, $t_H = 15^\circ\text{C}$,

Точка У знаходиться на перетині відрізка $\Delta d_{уд} = \text{const}$ і відрізка $t_{уд} = \text{const}$.

Об'єднуємо точки Н і У. На цій лінії розташована точка суміші С. Визначаємо її місцерозташування. Для цього будуємо промінь процесу :

$$E = \frac{3.6 \cdot \Delta Q_{II}}{W_{ВЛ}} = \frac{3.6 \cdot 33016}{14.213} = 8363, \text{ кДж/кг}_{ВЛ}$$

Проводимо промінь процесу через точку $У$, отримуємо на перетині з ізотермами точки $В$ і $П$. З точки $П$ по лінії $d=const$ опускаємося до перетину з лінією $НУ$, отримуємо точку $С$. Кількість рециркулюючого повітря, G_P , визначаємо:

$$G_{n \min} = L_{n \min} \cdot 1.2 = 14400 \text{ кг/год};$$

$$G_P = \left(\frac{l_{HY}}{l_{CV}} - 1 \right) \cdot G_{H \min} = \left(\frac{20.7}{14} - 1 \right) \cdot 14400 = 6891 \text{ кг/год};$$

$$G_H = G_P + G_{n \min} = 14400 + 6891 = 21291 \text{ кг/год};$$

$$L_n = G_n / \rho = 17743 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Результат розрахунку повітрообмінів зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Результати розрахунку повітрообміну конференцзалу

Період року	Повітрообмін L_H за чинниками, $\text{м}^3/\text{год}$				Макс. повітрообмін, $\text{м}^3/\text{год}$
	За мінімальною кратністю	За CO_2	Нормований по людям	За Id-діаграмою	
Т	1729	6317	12000	16509	16509
П	1729	6317	12000	15600	15600
Х	1729	6317	12000	17743	17743

Отримані показники відіграють важливу роль у розрахунку режимів роздачі повітря, зокрема, припливного.

3.3. Розрахунок повітрообміну за нормативною кратністю

Для інших приміщень повітрообмін розраховується за нормативною кратністю залежно від призначення приміщення. Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 Розрахунок повітрообміну адмінбудівлі

№	Назва приміщення	VP, м ³	Кратність, 1/год		L _п , м ³ /год	
			приплив	витяжка	приплив	витяжка
1	Конференц зал	2035	8,5	8,5	17743	17743
2	Вестибюль	530	-	2	1060	-
3	Гардероб	220	1	1	220	220
4	Санвузол	-	-	-	-	400
5	Відділ прийому відвідувачів	235	2	2	470	470
6	Приймальна голови	154	2	2	308	308
8	Бібліотека	98	2	2	196	196
9	Приміщення зберігання документації	108	-	1	-	108
10	Кабінет голови СР	235	2	2	470	470

Отримані показники дають вичерпну інформацію щодо режимів повітрообміну приміщень адмінбудівлі.

Для залу глядачів приймаємо схему повітрообміну знизу-вгору, оскільки є надлишки тепла і вологи. Вибираємо схему повітророзподілу за рис. 3.2, оскільки $H_{п} > 4$ м, то IV схема (рис. 3.3, г).

Подача повітря здійснюється плафонами типу ВДШ.

Для знаходження необхідної кількості розподільників повітря Z площа підлоги обслуговуваного приміщення F ділиться на площі будівельних модулів F_n . $z = F/F_n$.

Визначаємо кількість повітря, що доводиться на одного розподільника повітря:

$$L_0 = L_{сум}/Z; \quad (3.16)$$

де $L_{сум}$ – загальна кількість припливного повітря, що подається через плафони.

$$L_0 = 17743/10 = 1774 \text{ м}^3/\text{год.}$$

На підставі отриманої подачі L_0 вибираємо тип і типорозмір розподільника повітря (ВДШ-4). Далі знаходимо швидкість руху повітря в його горловині:

$$g_0 = g_x \cdot \frac{X_n}{m \cdot \sqrt{F_0} \cdot K_C \cdot K_H \cdot K_{B3}} \quad (3.17)$$

Для початкових даних:

Відповідні показники знайдемо:

$$g_x = k \cdot g_{доп} = 1,4 \cdot 0,2 = 0,28 \text{ м/с};$$

$$X_H = H_H - h_{ПОТ} - h_{ПЛ} - h_{P3}.$$

Для сформованих початкових даних: $m_1=0,8$; $n_1=0,65$.

$$X_H = 7,4 - 1 - 0,5 - 0,3 = 4,6 \text{ м};$$

$$F_0 = L_0 / 3600 \cdot 5 = 1774 / 3600 \cdot 5 = 0,085 \text{ м}^2.$$

Приймаємо ВДШ-4, $F_0 = 0,13 \text{ м}^2$.

Значення коефіцієнтів :

$$K_C = 0,25; \text{ оскільки } \frac{X_n}{\sqrt{F_n}} = \frac{4,6}{\sqrt{5 \cdot 5,5}} = 0,87 \text{ м}.$$

$$K_{B3} = 1; \text{ оскільки } 1/X_n = 5,5/4,6 = 1,24;$$

$$K_H = 1,0; \text{ оскільки } \Delta t - \text{ не обмежений.}$$

$$g_0 = 0,28 \cdot \frac{4,6}{0,8 \cdot \sqrt{0,13} \cdot 0,25 \cdot 1,0} = 55,6 \text{ м/с};$$

$$g_{ф.д.} = \frac{1774}{3600 \cdot 0,13} = 3,79 \text{ м/с}.$$

тобто умова $\vartheta\Phi < \vartheta_0$ задоволена

$$\Delta t_x = t_x - t_0 = \frac{n \cdot \Delta t \cdot \sqrt{F_0} \cdot K_{B3}}{X_n \cdot K_C \cdot K_H} = \frac{0,65 \cdot 6 \cdot \sqrt{0,08} \cdot 1}{4,6 \cdot 1,3 \cdot 0,25} = 0,74 \text{ } ^\circ\text{C}$$

що задовольняє умовам, тобто $< 1^\circ\text{C}$. Для інших приміщень розрахунок повітророзподілу проводиться аналогічно.

3.4. Підбір елементів автоматизації системи забезпечення мікрокліматичних умов у приміщеннях адмінбудівлі

Вентиляційні системи складаються з безлічі компонентів: заслінки, фільтри, вентилятори, нагрівачі, охолоджувачі, зволожувачі, рекуператори тощо. Для злагодженої роботи цих компонентів систему необхідно автоматизувати.

Залежно від складу вентиляційної системи обираємо потрібний алгоритм керування. Шафи керування займають багато місця, тому їх слід розміщувати у підсобних приміщеннях, або сховати під монтажні конструкції, через що доступ до системи керування для користувачів стає обмеженим.

Компанії постачальними такого обладнання пропонують різноманітні рішення, якими ми і скористалися в для проектування автоматизації нашої системи забезпечення мікрокліматичних умов. Зокрема, розроблено рішення для автоматизації основних керуючих елементів вентиляційної системи із готовими алгоритмами роботи. Автоматику встановимо в середині шафи, а відповідальна особа керуватиме вентиляцією за допомогою зовнішнього сенсорного пульта (рис.).

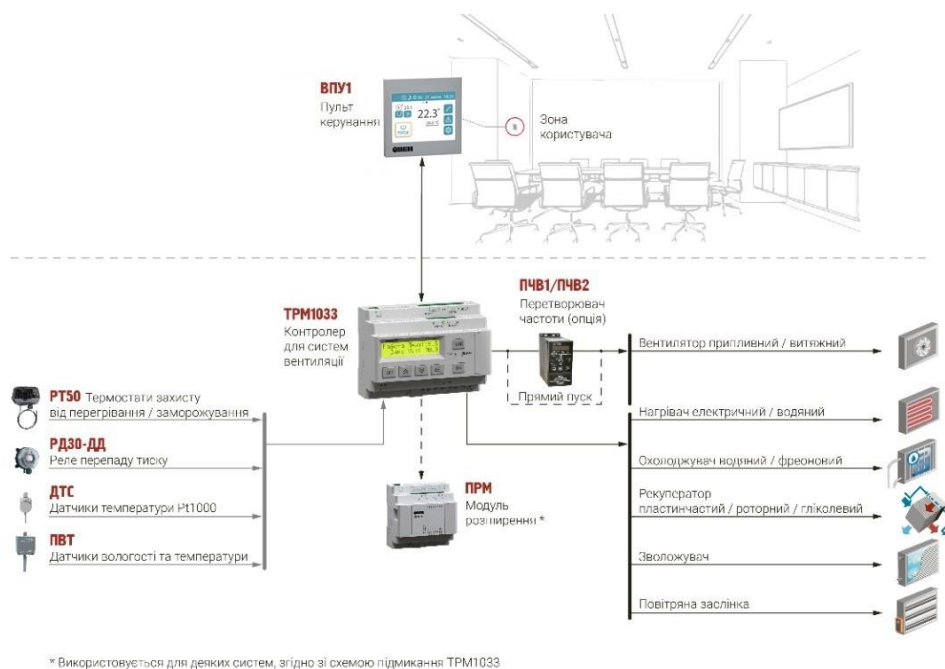


Рисунок 3.5 – Елементи автоматизованої системи забезпечення мікрокліматичних умов

Таблиця 3.5 – Специфікація обладнання

№	Найменування	Модифікація	К-ть, шт.
1	Регулятор для систем вентиляції ТРМ10331	ТРМ1033-хх.уу	1
2	Модуль розширення дискретного вводу/виводу*	ПРМ-220.1	1
3	Пульти керування виносний*	ВПУ1-1.Б / ВПУ1-2.Б	1
4	Перетворювач частоти векторний*	ПЧВ1 / ПЧВ2	1 – 2
5	Локальна панель оператора ЛПО1*	ЛПО1 / ЛПО2	1 – 2
6	Реле твердотільне для керування ТЕНом2	МД-хх44.ZD3 / НД- хх44.ZD3 / НТ-хх44.ZD	1
7	Радіатори охолодження для твердотільних реле3	РТР052 / РТР060 / РТР061.1 / РТР034 / РТР036 / РТР037	1
8	Датчик температури каналний	ДТС3015-РТ1000.В2.200	1 – 2
9	Датчик температури кімнатного/вуличного повітря	ДТС3005-РТ1000.В2	1
10	Датчик температури накладний	ДТС224-РТ1000.В2.43/Х	1
(для системи з водяним нагрівачем)			
11	Датчик температури кімнатного/вуличного повітря	ДТС125Л-РТ1000.В2.60	1
12	Реле перепаду тиску	РД30-ДД200 / РД30- ДД400 / РД30-ДД500	1 – 5
13	Датчик вологості й температури	ПВТ100-К1.2.И / ПВТ10- Н2. 3.И	1
(для системи зі зволожувачем)			
14	Термостат захисту від заморожування/перегрівання	РТ50-х	1 – 2

Головні завдання, що виконуватиме автоматизована система забезпечення мікрокліматичних умов:

- Підтримання заданої припливної температури.
- Керування повітряним клапаном.
- Керування і контролювання працездатності вентиляторів (опціонально частотне керування, плавний пуск, керування обертами).
- Контролювання забрудненості повітряного фільтра.
- Керування нагрівачем (електричний до 3-х ступенів/водяний), контролювання перегріву і захист від заморожування.

- Керування і контролювання роботи охолоджувача (фреоновий/водяний).
- Контролювання працездатності пластинчастого рекуператора, керування байпасною заслінкою.
- Керування і контролювання працездатності роторного/гліколевого рекуператора.
- Встановлення календарного, тижневого графіка роботи системи, режими «день/ніч», режими «зима/літо».
- Відображення даних і віддалене керування на виносному пульті.

Таким чином, виконані розрахунки дали змогу встановити режими роботи вентиляційної системи, визначити її параметри та обґрунтувати рішення щодо автоматизації системи забезпечення мікрокліматичних умов в адміністративній будівлі.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Структурно-функціональний аналіз та розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій

У зображеннях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події, що утворюють конкретну аварійну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм та катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління ОП виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому аналізу й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій. Деякі небезпечні ситуації в табл. 4.1.

Працівники, що обслуговують електрообладнання вениляційної системи, зобов'язані знати Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів відповідно до займаної посади або роботи, як вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки [1, 11].

Працівники, що порушили вимоги Правил безпечної експлуатації електроустановок, усуваються від роботи і несуть відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, кримінальну) згідно з чинним законодавством. Такі працівники не допускаються до робіт в електроустановках без позачергової перевірки знань вимог правил безпечної експлуатації електроустановок.

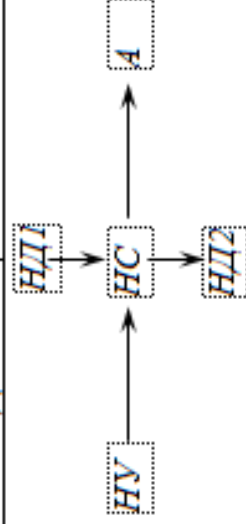
Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань Правил безпечної експлуатації електроустановок.

Працівнику, який пройшов перевірку знань Правил безпечної експлуатації електроустановок, видається посвідчення встановленої форми, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Таблиця 4.1. Аналіз процесів формування та виникнення травмонезбезпечних і аварійних ситуацій [7]

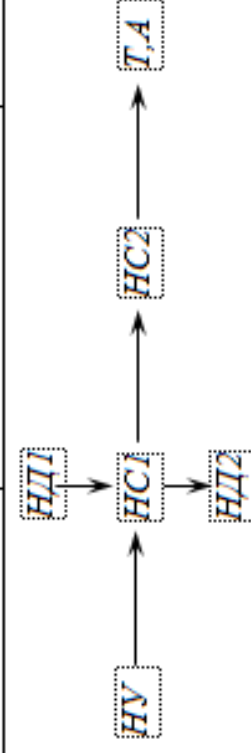
Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Використання механічної вентиляції	Оператор не перевіряв обладнання НУ	Пошкоджений трубопровід мережі НД1 Закупорений трубопровід шланга НД2	Відмова вентиляційної системи (двигуна) НС	Аварія	Розвісити плакати, провести інструктажі із експлуатації обладнання системи

Модель процесу:



Використання електронних пристроїв регулювання	Пошкоджена ізоляція провідників з'єднання НУ	Пробій на корпус НД1 Коротке замикання НД2	Ураження людини електричним струмом НС1 Виведення обладнання із ладу НС2	Травма Аварія	Заміна провідників, устанавлення захисного обладнання (запобіжників, захист від ураження людини струмом) тощо
--	--	---	---	------------------	---

Модель процесу:



4.2. Розрахунок складного заземлювача

Основним параметром, що характеризує заземлюючий пристрій, є його опір розтіканню струму, який залежить від опору землі. Опір розтіканню штучних заземлювачів залежить від ґрунту, в якому вони прокладені, їх довжини, глибини закладання, форми і ступеню прилягання заземлювача до землі.

Опір розтіканню кожного із заземлювачів можна визначити за формулами. Заземлювач розміщений біля поверхні ґрунту [2, 4, 8, 17]:

$$R_0 = 0.366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d} \quad (4.1)$$

$$R_0 = 0.366 \frac{0.9 \cdot 10^4}{20} \cdot \lg \cdot \frac{4 \cdot 250}{40} = 183 \text{ Ом.}$$

де R_0 - опір розтіканню одиничного трубчастого заземлювача, Ом; ρ — питомий опір ґрунту, Ом \times см; l – довжина труби, см; d — діаметр труби, см.

Опір розтіканню струму для трубчастого стержня, забитого на певну глибину від поверхні ґрунту, визначають за формулою:

$$R_0 = 0.366 \frac{\rho}{l} \left[\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h+l}{4h-1} \right] \quad (4.2)$$

$$R_0 = 0.366 \frac{0.9 \cdot 10^4}{250} \left[\lg \frac{2 \cdot 250}{40} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 125 + 250}{4 \cdot 125 - 250} \right] = 21,4 \text{ Ом}$$

де h — відстань від поверхні землі до середини заземлювача, см.

Опір розтіканню заземлювача, виготовленого з металевої штаби, визначають за формулою:

$$R_u = 0.366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{2l^2}{bh} \quad (4.3)$$

$$R_\phi = 0.366 \frac{0.9 \cdot 10^4}{250} \lg \frac{2 \cdot 250^2}{125 \cdot 4} = 302,9i \text{ Ом.}$$

де l — довжина штаби, см; b — ширина штаби, см; h — глибина закладання заземлювача, см.

Складний заземлювач складається з певної кількості електродів і однієї штаби. Необхідну кількість вертикально розміщених заземлювачів (стержнів) визначають за формулою:

$$n = \frac{R_0}{R_\delta \eta_c} \quad (4.4)$$

$$n = \frac{21,4}{0,44 \cdot 4} = 12,1 \approx 12i \text{ шт.}$$

де R_δ — допустимий опір заземлювача проектного об'єкта або об'єкта, для якого проектується заземлення, Ом; η_c — коефіцієнт використання заземлювачів.

Відповідно розрахунковий опір заземлювача, що має n стержнів без штаби, визначають за формулою:

$$R_{cp} = \frac{R_0}{n \eta_c} \quad (4.5)$$

$$R_{cp} = \frac{21,4}{0,44 \cdot 12} = 4,1 \text{ Ом.}$$

Опір розтіканню штаби з урахуванням коефіцієнта використання штаби тiш визначають за формулою:

$$R_{\phi \delta} = \frac{R_\phi}{\eta_\phi} \quad (4.6)$$

$$R_{\text{шп}} = \frac{302,9}{0,2} = 1514,5 \text{ Ом.}$$

Опір складного заземлювача з урахуванням опору розтіканню трубчастих заземлювачів і штаби визначають за формулою:

$$R_{c3} = \frac{R_{cp} R_{\phi \delta}}{R_{cp} + R_{\phi \delta}} \quad (4.7)$$

$$R_{c3} = \frac{4,1 \cdot 1514,5}{4,1 + 1514,5} = \frac{6209,4}{1518,6} = 4 \text{ Ом.}$$

Після визначення опору складного заземлювача його порівнюють з опором, регламентованим вимогами спеціальних правил. Регламентований опір для заземлення становить 4 Ом. Що відповідає нашому розрахунку.

4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань не лише підприємства, але й цілої держави. Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЕННЯ РОЗРОБОК

Визначимо витрати на встановлення системи вентиляції в адміністративній будівлі (для прикладу сільської ради). Для цього складаємо кошторис витрат на виготовлення оригінальних деталей і придбання стандартних виробів. Ці витрати приймаємо відповідно до прас-листів підприємств виробників та результатів визначення потрібної кількості вентиляційних проводів у адмінбудівлі, а також обладнання системи вентиляції (мережі, виносні конструкції, фіксуючі пристрої, двигуни, вентилятори тощо) [14].

Згідно із опрацьованими даними та проведеними розрахунками, встановлено такі значення витрат відповідно $C_1 = 32\ 000$ грн., а для придбання серійних виробів $C_2 = 65\ 600$ грн.

Балансову вартість обладнання визначаємо за формулою [14]:

$$B_y = (C_1 + C_2) K_m; \quad (5.1)$$

де K_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж і обкатку, $K_m = 1,2$.

$$B_y = (32\ 000 + 65\ 600) \cdot 1,2 = 117\ 120,0 \text{ грн.}$$

Оскільки система працюватиме в автоматичному режимі, то експлуатаційні витрати будуть складатися лише з амортизаційних відрахувань та відрахувань на ТО і ремонт (норматив $a = 7\% = 0,07$). Тоді ці витрати за рік становитимуть

$$A_y = a \cdot B_y = 0,07 \cdot 117\ 120,0 = 8198,4 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

Річні приведені витрати на роботу установки становитимуть

$$P_y = A_y + 0,15 \cdot B_y = 8198,4 + 0,15 \cdot 117\ 120,0 = 25\ 766,4 \text{ грн.}$$

Тривалість (t_n) роботи системи залежить від тривалості перебування людей в приміщенні. Для адмінбудівлі це проміжок доби з 8⁰⁰ до 19⁰⁰ год, тобто - $t_n = 11$ год.

При потужності електродвигуна вентилятора $N_H = 4$ кВт річні витрати (для 9 місяців) електроенергії становитимуть

$$C_e' = N_H \cdot n \cdot t_n \cdot 9 \cdot 30 = 4 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 9 \cdot 30 = 23\ 760 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.} \quad (5.3)$$

При тарифі на електроенергію 0,34 грн/кВт·год річні витрати коштів становитимуть

$$\Delta E_1 = e \cdot C'_e = 0,34 \cdot 23\,760 = 8\,078,4 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Перебування працівників у приміщеннях із низькою якістю повітря зумовлює втрати їх здоров'я, а саме загальну хворобливість, слабкість організму та низьку відірність імунної системи. Внаслідок цього виникає можливість оцінення ефективності впровадження припливної та витяжної системи для створення мікроклімату у приміщенні будівлі.

Таблиця 5.1. Результати вартісного оцінення розробок у проекті

№ п/п	Показник	Розмірність	Значення
1	Капіталовкладення у придбання вентиляційної мережі	грн.	32000.0
2	Витрати на підготовчі, транспортні роботи та будівельні роботи тощо	грн.	65600.0
3	Балансова вартість обладнання	грн.	117120.0
4	Експлуатаційні витрати	грн.	8198.4
5	Річні приведені витрати на роботу установки	грн./рік	25766.4
6	Річні витрати (для 9 місяців) електроенергії	кВт·год/рік	23760.0
7	Річні витрати коштів на роботу установки	грн./рік	8078.4
8	Матеріальні наслідки хворобливості працівників	грн./рік	58880.0
9	Термін окупності капіталовкладень	років	1.99

Матеріальні наслідки хворобливості працівників (травматизму, застуда тощо) оцінюються з огляду на витрати які необхідні для їх оздоровлення (у домашніх умовах, санаторіях, медичне лікування тощо) [14]:

$$M_{н1} = D_m \cdot S \cdot \Phi, \quad (5.5)$$

де D_m - кількість людино-днів непрацездатності, відповідно до загальної кількості працівників ($D_m = 160$ люд·днів); S - середня денна вартість оздоровлення одної особи, 320 грн./добу; Φ - коефіцієнт матеріальних наслідків (страхові внески, штрафи, матеріальні втрати тощо); $\Phi = 1,15$.

Матеріальні наслідки хворобливості учнів:

$$M_{nl} = 160 \cdot 320 \cdot 1,15 = 58880 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект від впровадження системи відображатиме зниження витрат на оздоровлення працівників та становитиме – 58 880 грн/рік.

Тоді, термін окупності капіталовкладень у систему створення мікроклімату знайдемо

$$T_{ок} = B_y / M_{nl} = 117120.0 / 58880.0 = 1,99 \text{ року.}$$

Отже, відповідно до положень про фінансування витрат електроенергії на роботу системи вентиляції із бюджету підприємства (держави) термін окупності капіталовкладень у систему створення мікроклімату становитиме – 2 роки.

ВИСНОВКИ

Раціональне поєднання оптимальних параметрів мікроклімату дозволяє людині почувати себе комфортно. Велике значення має також склад повітря. Під час дихання людей у приміщенні зменшується вміст кисню і збільшується концентрація вуглекислого газу й інших шкідливих домішок. Збільшується також і вологість повітря.

Забезпечення вимог нормативних актів до мікроклімату виробничого приміщення дає змогу забезпечити продуктивність роботи людини, а відтак створити сприятливі умови для її здоров'я. Це значним чином залежить від мікрокліматичних умов приміщення де вона знаходиться. Параметри мікроклімату виробничого середовища включають: температуру, вологість, швидкість руху повітря, температуру навколишніх поверхонь (теплове випромінювання), барометричний тиск.

Одним із методів збереження у приміщеннях повітря належної якості є вентилявання: організації постійного контрольованого повітрообміну – впускання в приміщення свіжого повітря з вулиці, що змішується з брудним повітрям і, йдучи у витяжні вентиляційні канали, виводить з нього надлишки води, вуглекислий газ, небажані домішки й запахи тощо.

Відповідно до великого різноманіття систем вентиляції, зумовленому призначенням приміщень, характером технологічного процесу, видів шкідливих викидів тощо, їх класифікувати за методом переміщення повітря; за місцем дії; за конструктивним виконанням тощо.

Виконаний теплотехнічний розрахунок будівлі дав змогу встановити показники необхідного опору теплопередачі зовнішньої стіни, термічний опір окремих шарів зовнішніх стін та захисних конструкцій, товщину теплоізоляційного шару зовнішньої стіни, а також товщину теплоізоляційного шару покриття.

За цими результатами, а також за результатами розрахунку тепловтрат в приміщеннях, визначеної температури внутрішнього повітря, тепловтрат

приміщенням адмінбудівлі, а також теплонадходжень у приміщення здійснено розрахунок місцевої вентиляції, розрахунок роздачі припливного повітря, витяжної системи механічної вентиляції.

Компанії постачальними такого обладнання пропонують різноманітні рішення, якими ми і скористалися в для проектування автоматизації нашої системи забезпечення мікрокліматичних умов. Зокрема, розроблено рішення для автоматизації основних керуючих елементів вентиляційної системи із готовими алгоритмами роботи (рис. 3.5 та табл. 3.5). Автоматику встановимо в середині шафи, а відповідальна особа керуватиме вентиляцією за допомогою зовнішнього сенсорного пульта.

Аналіз вимог до безпечного користування обладнанням вентиляційної системи дав змогу встановити потенційно небезпечні виробничі фактори та здійснити моделювання аварійних ситуацій та травмонебезпечних умов. За результатами виконаного розрахунку щодо заземлення встановлено показники опору розтіканню заземлювача виготовленого із металевої штаби та необхідну кількість вертикально розміщених заземлювачів (стержнів).

Техніко-економічне оцінення розробок у роботі спираючись на положення про фінансування витрат електроенергії на роботу системи вентиляції із бюджету підприємства, дає підстави стверджувати, що термін окупності капіталовкладень у систему механічної вентиляції становитиме – 2 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ВЕНТС - виробництво систем вентиляції і кондиціонування. URL: <http://ukr.vents.ua>
2. Говоров В.П., Зарецький Е.Н., Рабкин Г.М. Виконання вентиляційних робіт. М.: БудІнвест, 2012. 312 с.
3. Гряник Г.М. Охорона праці / [Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. та ін.]. К. : Урожай, 2010. 273 с.
4. Довідник нормативних документів у сфері охорони праці, пожежної безпеки, гігієни праці та соціального страхування від нещасних випадків. К.: Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України, 2009. 244 с.
5. Довідник сантехніка / І.А.Бережнов, В.Д. Кузнєцов, В.В. Медведєв та ін. Харків: Прапор, 2017. 205 с.
6. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. [5-е вид.]. Львів : Афіша, 2010. 350 с.
7. Жуковський С. С. Гігієна мікроклімату приміщень : навч. посіб. / С. С. Жуковський, О. Т. Возняк, О. В. Омельчук. Львів : Видво Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2005. 88 с.
8. Зінич П. Л. Вентиляція громадських будівель : навч. посіб. / П. Л. Зінич. К. : КНУБА, 2002. 256 с.
9. Кокорін О.Я. Установки кондиціонування повітря. Основи розрахунку і проектування. К.: Машинобудування, 2018. 264 с.
10. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. / ДБН В.2.6- 31 : 2016. К.: 2016. 96 с.
11. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев В.І. К. : Урожай, 2013. 270 с.
12. Приступа М.М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація М.М. Приступа, М.В. Бохонко. Рівне: видавець О. Зень, 2011. 104 с.

13. Розанов В.С., Рязанов А.В. Забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища в робочій зоні: Підручник. – М.: МІРЕА, 2019. 52 с.
14. Санітарні норми мікроклімату приміщень : ДСНЗ.3.6.042-99. К., 2000. 15 с.
15. Системи вентиляції та кондиціонування повітря. Процедури випробування та методи вимірювання під час здавання в експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування повітря (EN 12599:2000, IDT) ДСТУ EN 12599:2005. К: Держспоживстандарт України. 2006. 38.
16. Система каналної вентиляції. Каталог компанії «ССК ТМ», 2017. 156 с.
17. Стефанов Е.В. Вентиляція і кондиціонування повітря. СП: Вид-во «Авок схід-захід», 2005. 401с.
18. Щербатюк Б.І. Енергоощадні системи опалення будинків: Навч. посібн. Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2013. 262 с.
19. Хазанов І.С. Експлуатація, обслуговування і ремонт вентиляційних установок машинобудівних підприємств. М. Машинобудування. 2016. 294 с.
20. Харланов С.А., Степанов В.А. Монтаж систем вентиляції і кондиціонування повітря. М.: Висш. шк., 2016. 224 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А.

Таблиця А.1. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій промислових будинків, $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [6]

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будинків	Значення $R_{q \min}$, для температурної зони, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$			
	I	II	III	IV
Зовнішні непрозорі стіни будинків				
- з сухим і нормальним режимом з конструкціями з:				
$D > 1,5$	1,5	1,3	1,2	0,7
$D \leq 1,5$	2,0	1,8	1,7	1,2
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з:				
$D > 1,5$	1,6	1,4	1,2	0,9
$D \leq 1,5$	2,2	2,0	1,8	1,5
- з надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	0,55	0,45	0,45	0,35
Покриття й перекриття будинків				
- з сухим і нормальним режимом з конструкціями з:				
$D > 1,5$	1,6	1,5	1,3	0,9
$D \leq 1,5$	2,1	2,0	1,8	1,1
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з:				
$D > 1,5$	1,6	1,5	1,4	1,2
$D \leq 1,5$	1,8	1,7	1,5	1,4
- з надлишками тепла (більше $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	0,55	0,45	0,45	0,35
Перекриття над проїздами й підвалами:				
з конструкціями з $D > 1,5$	1,8	1,7	1,6	1,4
з конструкціями з $D \leq 1,5$	2,2	2,0	1,9	1,7
Двері й ворота будинків:				
- з сухим і нормальним режимом	0,55	0,55	0,5	0,42
- з вологим і мокрим режимом	0,72	0,65	0,6	0,54
- з надлишками тепла (більше $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	0,2	0,2	0,2	0,2
Вікна й zenітні ліхтарі будинків:				
- із сухим і нормальним режимом	0,42	0,39	0,39	0,32
- з вологим і мокрим режимом	0,45	0,42	0,42	0,35
- з надлишками тепла (більше $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	0,18	0,18	0,18	0,18

Таблиця А.2. Сумарні втрати теплоти приміщенням адмінбудівлі

(продовження)

№, приміщ.	Площа приміщ., F, м ²	Назва огорожі (стіни)	Орієнтац.	Розміри, м	A, м ²	k, Вт/(м ² °C)	(тв-тн) _n , °C	1+Σβ	Q, Вт	Примітка	
103	15	НС(нижня зона)	С	3,2x4	11,432	0,2	58	1,2	150		
		НС(верхня зона)	С	3,2x2	6,4	0,2	60,8	1,2	88		
		Окно	С	1,2x1,14	1,368	1,7	58	1,1	145		
		Пол				5,44	0,5	58	1	150	Зона1
						5,44	0,2	58	1	73	Зона2
						5,44	0,1	58	1	37	Зона3
						0	0,1	58	1	0	Зона4
		Стеля			3,2x6	19,2	0,3	60,8	1	389	
		ΣQ= 1034									
		105	15 54,2	НС(нижня зона)	Ю	6,0x4	6	0,2	58	1,1	72
НС(верхня зона)	Ю			6,0x2	12	0,2	60,8	1,1	152		
Вікно	Ю			5,0x3,6	18	1,7	58	1,1	1914		
Підлога						11,2	0,5	58	1	309	Зона1
						11,2	0,2	58	1	151	Зона2
						11,2	0,1	58	1	76	Зона3
						19,78	0,1	58	1	81	Зона4
Стеля					5,7x9,5	54,15	0,3	60,8	1	1097	
ΣQ= 3852											
108	18 51,8	НС	С	1,6x3	2,889	0,2	61	1,2	40		
		НС	Ю	51,4x3	12,8208	0,2	61	1,1	163		
		НС	В	6,6x3	17,049	0,2	61	1,1	216		
		Вікно	Ю	1,14x1,14	2,5992	1,7	61	1,1	291	2 вікна	
		Двері	С	0,9x2,1	1,911	0,6	61	1,1	51		
		Двері	В	1,31x2,1	2,751	0,6	61	1,1	74		
		Підлога				16,9	0,5	61	1	491	Зона1
						9,7	0,2	61	1	138	Зона2
						7,55	0,1	61	1	54	Зона3
				0,4	0,1	61	1	2	Зона4		
ΣQ= 1519											
109	16 14,9	НС	Ю	6,6x9,6	63,36	0,2	59	1,1	778		
		Вікно	Ю	1,14x1,14	2,5992	1,7	59	1,1	281		
		Підлога				10,2	0,5	59	1	287	Зона1
						5,4	0,2	59	1	74	Зона2
						0	0,1	59	1	0	Зона3
						0	0,1	59	1	0	Зона4
		Стеля				14,85	0,3	59	1	292	
ΣQ= 1712											

107 Зал очік.	18	НС	С	8,7x3	20,901 6	0,2	61	1,2	289	
	15,6	Вікно	С	1,14x1,14	5,1984	1,7	61	1,1	581	4 вікна
		ΣQ= 871								
108 Прийм.	17	НС	С	6,5x3	18,200 4	0,2	60	1,2	248	
	27,7	НС	В	5,1x3	12,700 8	0,2	60	1,1	159	
		Вікно	С	1,14x1,14	1,2996	1,7	60	1,1	143	
		Вікно	В	1,14x1,14	2,5992	1,7	60	1,1	286	2 вікна
		ΣQ= 835								
110 Конфере нц.зал	15	НС	С	3,1x3	8,0004	0,2	58	1,2	105	
	14,9	Вікно	С	1,14x1,14	1,2996	1,7	58	1,1	138	
		ΣQ= 244								
111 Побутові прим.	16	НС	З	1,6x3	2,49	0,2	59	1,2	33	
	17,8	Двері	З	1,1x2,1	2,31	0,6	59	1,1	60	
		ΣQ= 93								
102 Заступн.	20	НС	С	11,75x3	30,051 6	0,2	63	1,2	430	
	50	НС	З	6,25x3	18,75	0,2	63	1,2	268	
		Вікно	С	1,14x1,14	5,1984	1,7	63	1,1	144	4 вікна
		Стеля			49,95	0,3	63	1	1049	
		ΣQ= 1891								
113 Бібл.	20	НС	С	6,5x3	18,200 4	0,2	63	1,2	260	
	27,7	НС	В	5,1x3	12,700 8	0,2	63	1,2	182	
		Вікно	С	1,14x1,14	1,2996	1,7	63	1,1	150	
		Вікно	В	1,14x1,14	2,5992	1,7	63	1,1	300	2 вікна
		Стеля			27,7	0,3	63	1	582	
		ΣQ= 1474								
114 Архів.	16	НС	З	1,6x3	2,49	0,2	59	1,2	33	
	17,8	Двері	З	1,1x2,1	2,31	0,6	59	1,1	60	
		Стеля			17,8	0,3	59	1	350	
		ΣQ= 443								