

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ І ОБЛАДНАННЯ ФОРМУВАННЯ
ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ВИСОКОГО КЛАСУ ЧИСТОТИ
ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИМІЩЕНЬ В МЕДЦЕНТРІ М. КИЇВ**

Лобанчиков Сергій Миколайович

Київ 2023р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

„___” _____ 20__ р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**Вдосконалення систем і обладнання формування внутрішнього
мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медцентрі
м. Київ**

Виконав студент групи зТВм-22

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

Лобанчиков Сергій Миколайович

Керівник Корбут В. П.
доктор технічних наук, професор

Ідентичність підтверджую

Київ 2023р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології

Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП»

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

„___” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Лобанчикова Сергія Миколайовича

1. Тема роботи **Вдосконалення систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медцентрі м. Київ**

затверджена наказом ректора КНУБА №__ від „___” _____ 20__ р.

2. Керівник роботи

Корбут Вадим Павлович доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції

3. Строк подання студентом роботи до захисту _____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Аналіз вимог, систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень.

Розділ 2. Аналіз приміщень для реалізації проекту

Розділ 3. Розрахунки і концептуальні рішення побудови системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень

Розділ 4. Проектування системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень.

Розділ 5. Проектування автоматизованої системи керування для розподілених систем вентиляційних установок.

Розділ 6. Охорона праці

5. Графічний матеріал за розділами

Розділ 2. Плани приміщень 10-го та 11-го поверхів будівлі. 2 креслення

Розділ 4. Блок-схеми системи. Схеми розміщення повітроводів на 10-му поверсі медцентру Схеми розміщення повітроводів на 11-му поверсі медцентру. 4 креслення.

Розділ 5. Структурна схема автоматизованої системи управління системою кондиціонування, функціональна схема системи управління кондиціонування операційного блоку, узагальнюючий алгоритм функціонування системи. 3 креслення.

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Аналіз вимог, систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень.	01.09.2023-01.10.2023
Розділ 2. Аналіз приміщень для реалізації проекту.	01.10.2023-20.10.2023
Розділ 3. Розрахунки і концептуальні рішення побудови системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень.	21.10.2023-27.10.2023
Розділ 4. Проектування системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень.	28.10.2023-13.11.2023
Розділ 5. Проектування автоматизованої системи керування для розподілених систем вентиляційних установок.	14.11.2023-30.11.2023
Розділ 6. Охорона праці	01.12.2023-05.12.2023
Остаточне оформлення роботи	8.12.2023
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	11.12.2023
Попередній захист роботи на кафедрі	14.12.2023

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		Дата	Підпис
Розділ 5.			
Розділ 6.			

9. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Корбут В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Лобанчиков С.М
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ

РЕЗЮМЕ (summary) <i>до атестаційної випускної роботи студента:</i>	Лобанчиков Сергій Миколайович				
<i>Заклад вищої освіти</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури				
<i>Тема АРМ</i>	Вдосконалення систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медцентрі м. Київ				
	Improvement of systems and equipment for the formation of an internal microclimate of a high class of cleanliness of operating rooms in the medical center of Kyiv				
<i>Освітній ступень</i>	Магістр за освітньо-професійною програмою				
<i>Факультет</i>	Факультет інженерних систем та екології				
<i>Кафедра</i>	Теплогазопостачання та вентиляції				
<i>Спеціальність</i>	Будівництво та цивільна інженерія				
<i>Спеціалізація</i>	Теплогазопостачання та вентиляції				
<i>Керівник</i>	Корбут Вадим Павлович доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції				
<i>Обсяг роботи:</i>	Пояснювальна записка				Креслень формату А1
	сторінок	розділів	таблиць	рисунків	
	106	6	16	33	9
<i>Розділ 1. Аналіз вимог, систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень</i>	<p>Представлено аналізу вимог до гігієни мікроклімату та повітряного середовища операційних приміщень медзакладів, визначено класи чистоти приміщень до реалізації з допустимими складовими повітря та параметрами мікроклімату для операційних приміщень медзакладу, Аналіз систем підготовки повітря для приміщень високого класу чистоти.</p> <p>Проведено аналіз способів регулювання мікроклімату високого класу чистоти, аналіз особливостей побудови систем вентиляції і кондиціонування високого класу. Визначено особливості систем вентиляції та кондиціонування та обґрунтовано необхідність використання багатоступінчатої фільтрації; встановлення кондиціонерів з рециркуляцією повітря та центрального кондиціонера для підготовки свіжого повітря; створення надлишкового тиску стосовно сусідніх приміщень; використання САV та VAV систем для регулювання параметрів витрат повітря та забезпечення надлишкового тиску. Встановлено, що конструкції та матеріали повітроводів, фільтрувальних камер та їх елементів повинні бути пристосовані для регулярного чищення та дезінфекції.</p>				
<i>Розділ 2. Аналіз приміщень для реалізації проекту</i>	В результаті проведених досліджень були визначені характеристики району будівництва, типи допустимого опалення, кондиціонування та вентиляцій. Детально проаналізовано плани приміщень, визначено, що проектних рішень потребують два поверхи будівлі по 48 приміщень на кожному, визначено їх функціональне призначення. В результаті				

	проведених досліджень приміщень 10-го та 11-го поверхів будівлі отримано 4 класи приміщень: особливо чисті; чисті; умовно чисті; брудні. Проведено класифікацію чистих приміщень і чистих зон за ISO 14644-1.
<i>Розділ 3. Розрахунки і концептуальні рішення побудови системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень</i>	Проведено розрахунок витрат припливного повітря у визначених приміщеннях заданого класу чистоти, який враховує надлишки тепла і вологи, виділення вуглекислоти, а також вимоги до допустимої концентрації колонієутворюючих одиниць (КУО). Здійснено підрахунок загальної кількості припливного повітря. Представлено концептуальні рішення щодо проектування.
<i>Розділ 4. Проектування системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень</i>	Розроблено блок-схеми формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медзакладі. Розроблено схеми прокладання повітроводів на архітектурні плани приміщень.
<i>Розділ 5. Проектування автоматизованої системи керування для розподілених систем вентиляційних установок.</i>	Обґрунтовано, що для забезпечення належної якості та кількості повітря необхідним є розробка системи автоматизації для чотирьох систем кондиціонування, які забезпечують мікроклімат безпосередньо в операційних, та двох припливно витяжних систем, які підготовлюють повітря для цих систем та забезпечують вентиляцію інших приміщень чистої зони. Розроблено та обґрунтовано структурну схему автоматизованої системи управління системою кондиціонування. Розроблено функціональну схему системи автоматизації. Для забезпечення функціонування розроблених структурної та функціональної схем системи управління проведено вибір елементної бази системи. Розроблено узагальнюючий алгоритм функціонування підсистеми
<i>Розділ 6. Охорона праці</i>	Проведено аналіз організаційних вимог до охорони праці. Визначено небезпечні чинники та представлено інструкції щодо запобігання виникненню ситуацій, що можуть нанести шкоду здоров'ю та життю співробітників, що експлуатують та обслуговують систему
<i>Висновки по роботі:</i>	Містять узагальнюючі результати проведених досліджень.
<p>Ключові слова: проектування, вентиляція, кондиціонування, класи чистоти, мікроклімат, автоматизація, операційні, медцентр</p> <p>Keywords: system design, ventilation, conditioning, cleanliness classes, microclimate, automation, operating rooms, medical center</p>	

Керівник _____ Корбут В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Лобанчиков С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

„___” _____ 20__ р.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИМОГ, СИСТЕМ І ОБЛАДНАННЯ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИМІЩЕНЬ	15
1.1. Аналіз вимог до гігієни мікроклімату та повітряного середовища операційних приміщень медзакладів	15
1.2. Аналіз способів регулювання мікроклімату високого класу чистоти ...	18
1.3. Аналіз особливостей побудови систем вентиляції і кондиціонування високого класу чистоти	27
1.4. Аналіз систем підготовки повітря для приміщень високого класу чистоти.	37
Висновки до першого розділу.....	43
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ	45
Висновки до другого розділу	54
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКИ І КОНЦЕПТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИМІЩЕНЬ	56
3.1. Розрахунок витрати припливного повітря.....	56
3.2. Обґрунтування концептуальних рішень проектування	62
Висновки до третього розділу.....	66
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	67
4.1. Розробка блок-схем систем формування внутрішнього мікроклімату ..	67
4.2. Розробка схем прокладання повітроводів на архітектурні плани	72
Висновки до четвертого розділу.....	73
РОЗДІЛ 5. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК	75
5.1. Структурна модель управління для розподілених систем вентиляційних установок.....	75

5.2. Розробка функціональної схеми управління кондиціонуванням операційного блоку	80
5.3. Аналіз елементної бази системи управління кондиціонування операційного блоку	83
5.4. Блок схема алгоритму роботи підсистеми	89
Висновки до п'ятого розділу	92
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	93
6.1 Впровадження в практику будівельного виробництва ринкових відносин	93
6.2 Робота з електродвигунами та щитом автоматики управління.....	94
6.3 Робота з фреоновими установками	94
6.4 Охорона здоров'я під час виконання технічних робіт в відділенні	96
Висновки до шостого розділу	97
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	101
ДОДАТКИ.....	106

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

CAV – const air volume.

HEPA – High Efficiency Particular Airfilters.

VAV – variable air volume.

ВЛІ – внутрішньолікарняні

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

СВК – системи вентиляції і кондиціонування.

ВСТУП

Актуальність дослідження. Використання сучасних технологій лікування вимагає специфічних умов мікроклімату в палатах, операційних, відділеннях інтенсивної терапії, та запобігання розповсюдженню вірусів та шкідливих бактерій між відділеннями через забруднення навколишнього середовища, що притаманне закладам охорони здоров'я. Комфортні умови навколишнього середовища покращують стан хворого, сприяють його одужанню. Належна якість та температура повітря, що надходить до палат хворих дозволить їм отримувати необхідну кількість кисню і при цьому бажану вологість повітря.

Створення внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти набуває особливої актуальності в операційних приміщеннях, де невідповідність параметрів мікроклімату може мати ряд негативних наслідків, зокрема невдалого хірургічного втручання. Невідповідність вимог температурних режимів, особливо при трансплантації може спричинити інфікування, а в подальшому, запальних процесів в післяопераційний період та відторгнення органів. Для сучасних медичних закладів використання чистих приміщень є обов'язковим. Сучасними напрямками розвитку виробництва і послуг з чистими технологіями в сфері охорони здоров'я є центри клітинних і тканинних технологій, виробництво лікарняних засобів, медичних виробів та інш.

Розвиток сучасної науки та техніки, зміни у нормативно-правовому забезпеченні вимагають знайдення нових рішень при побудові приміщень, особливо високого класу чистоти операційних у закладах сфери охорони здоров'я.

При побудові систем мікроклімату приміщень особлива увага приділяється використанню енергоефективних технологій для мінімізації витрат підприємства та впливу на навколишнє природне середовище. Враховуючи повномасштабне вторгнення Росії в Україну, доволі актуальним

є процеси збереження енергоресурсів та знайдення нових і ефективних технологій економії для цього. Тому дослідження щодо вдосконалення систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату високого складу чистоти операційних приміщень є актуальним дослідженням.

Метою роботи є вдосконалення систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медцентрі м. Київ.

Для досягнення вказаної мети необхідним є вирішення наступних науково-технічних задач:

- провести аналіз вимог, систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень;
- провести аналіз приміщень для реалізації проекту;
- провести відповідні розрахунки і виробити концептуальні рішення побудови системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень;
- здійснити проектування системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень;
- здійснити проектування автоматизованої системи керування для розподілених систем вентиляційних установок;
- розглянути питання охорони праці.

Об'єктом дослідження виступають процеси та технології вдосконалення систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень

Предметом дослідження є моделі, методи, засоби та технології вдосконалення систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень на прикладі медцентру м.Київ.

Методологія роботи – системний аналіз використовується при дослідженні структури системи її декомпозиції та аналізу кожної складової;

теорія автоматичного управління використовувалась у межах створення автоматизованої системи для управління виконавчими механізмами.

Наукова новизна дослідження. До найбільш вагомих наукових результатів слід віднести:

- проведений аналіз вимог, систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень;
- концептуальні рішення побудови системи формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень;
- запропоновані блок-схеми формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти приміщення;
- структурна модель автоматизованої системи управління системою кондиціонування;
- узагальнюючий алгоритм роботи підсистеми.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці блок-схем формування внутрішнього мікроклімату, схем розміщення повітроводів, функціональної схеми автоматизованої підсистеми управління кондиціонуванням операційного блоку, здійсненим вибором обладнання, які є закінченими та доведені до практичної реалізації. Можуть бути реалізовані в межах даного медцентру для побудови системи формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень.

Особистий внесок здобувача. Усі результати роботи отримані автором самостійно.

Апробація результатів та публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях: X Міжнародна науково-технічна конференція, II Всеукраїнська науково-технічна конференція та засіданні кафедри комп'ютерних наук.

Публікації. Основні результати магістерської роботи були подані до публікації у матеріалах міжнародної наукової конференції, що проіндексована у базі даних Scopus:

Korbut V., Lobanchykov S, Lobanchykova N. Improvement of systems and equipment for the formation of a high-class internal microclimate of cleanliness in the operating rooms of the medical center. Proceedings of the 5th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security with CEUR-WS, Khmelnytskyi, Ukraine, May 21–24, 2024 – подано до друку.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИМОГ, СИСТЕМ І ОБЛАДНАННЯ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1. Аналіз вимог до гігієни мікроклімату та повітряного середовища операційних приміщень медзакладів

Вимоги до систем і обладнання формування внутрішнього мікроклімату операційних приміщень в закладах охорони здоров'я регламентуються низкою нормативно-правових документів [1-7].

В сучасній медицині велику роль в ефективному проведенні операцій та відновлення пацієнтів відіграє чистота в приміщеннях [7-9]. Тому при будівництві медичних закладів велику увагу приділяють матеріалам якими оздоблюють стіни, підлогу, стелю, меблі та сантехнічні прилади (прилади опалення, сантехніка та інше). Важливу роль для забезпечення чистоти приміщень відіграє система вентиляції та кондиціонування (СВК) [7,10-12].

У припливному необробленому повітрі містяться частинки пилу. Кількість пилу повітря залежить від довкілля:

- розташування об'єкта;
- промислових підприємств, розташованих поряд;
- інтенсивність руху транспортних засобів.

Ступінь забрудненості припливного повітря залежить від середньодобової концентрації пилу у ньому мг/м^3 . Для окремих приміщень з підвищеними вимогами до чистоти повітря як промислових, так і цивільних, адміністративних будівель – а саме: лікувальних та лікувально-профілактичних закладів, радіоелектроніки, підприємств приладобудування, оптики, картинних галерей, музеїв, необхідне очищення повітря припливу [7-16].

В сучасному будівництві існує класифікація чистоти у приміщеннях. Клас чистоти чистої кімнати – це чітко регламентовані вимоги щодо рівня вмісту в повітрі різноманітних домішок та частинок. Класи чистоти

розрізняються за кількістю та розміром частинок забруднення на одиницю об'єму. Цей параметр один із найважливіших у класифікації чистих кімнат та регламентується ДСТУ ISO 14644-1:2009 “Чисті приміщення та пов’язані з ними контрольовані середовища”, частина 1, Класифікація чистоти повітря [1].

В таблиці 1.1. показано класифікація чистоти приміщення за різними стандартами, [1,6-8,12,16].

Таблиця 1.1.

Порівняльна таблиця вимог до чистих приміщень

Стандарт США 209E	Стандарт США 209D	ДСТУ ISO 14644-1	Гранично допустиме число в 1 м ³ повітря з розмірами, рівними перевищуючими, мкм					
			0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	5,0
		1 ISO	10	2				
		2 ISO	100	24	10	4		
М 1.5	1	3 ISO	1000	237	102	35	8	
М 2.5	10	4 ISO	10000	2370	1020	352	83	
М 3.5	100	5 ISO	100000	23700	10200	3520	832	29
М 4.5	1000	6 ISO	1000000	237000	102000	35200	8320	293
М 5.5	10000	7 ISO				352000	83200	2930
М 6.5	100000	8 ISO				3252000	832000	29300
		9 ISO				35200000	8320000	293000

Якщо в приміщенні є не більше 8 частинок розміром 1 мікрон, і не більше 1000 частинок по 0.1 мікрона, – отже приміщення відноситься до 1-го класу чистоти за американським стандартом 209D, або 3 ISO згідно українського ДСТУ ISO 14644-1: 2009 частина 1 [1]. Кількість та розмір частинок визначаються спеціальним комплектом обладнання.

Протягом останніх десяти років за кордоном та в нашій країні зростає кількість гнійно-запальних захворювань внаслідок інфекцій, які набули назву «внутрішньолікарняні» (ВЛІ) – так визначила Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ). За аналізом захворювань, викликаних ВЛІ, можна сказати,

що їхня тривалість і частота безпосередньо залежать від стану повітряного середовища лікарняних приміщень. Для того, щоб забезпечити необхідні параметри мікроклімату в операційних залах, використовуються багато ступінчата очистка повітря та повітророзподільники односпрямованого потоку. Як показали результати контролю навколишнього середовища та аналізу руху повітряних потоків, робота таких розподільників може забезпечити необхідні параметри мікроклімату, проте негативно впливає на бактеріологічний склад повітря. Для досягнення необхідного ступеня захисту критичної зони потрібно, щоб потік повітря, який виходить з пристрою, не втрачав форму кордонів і зберігав прямолінійність руху, іншими словами, потік повітря не повинен звужуватися або розширюватися над обраною для захисту зоною, в якій знаходиться хірургічний стіл [16, 17].

У структурі будівлі лікарні приміщення операційних вимагають найбільшої відповідальності через важливість хірургічного процесу та забезпечення необхідних умов мікроклімату у тому, щоб цей процес було успішно проведено і завершено. Основним джерелом виділення різних бактеріальних частинок є безпосередньо медичний персонал, який генерує частинки та виділяє мікроорганізми під час руху по приміщенню. Інтенсивність появи нових частинок повітряному просторі приміщення залежить від температури, ступеня рухливості людей, швидкості руху повітря. ВЛП, як правило, переміщається по приміщенню операційного залу з повітряними потоками, і ніколи не падає ймовірність її проникнення в уразливу порожнину рани хворого, що оперується. Як показали спостереження, неправильна організація роботи систем вентиляції зазвичай призводить до настільки швидкого накопичення інфекції у приміщенні, що її рівень може перевищити допустиму норму [7].

Потік повітря, що надходить у приміщення, повинен не тільки підтримувати параметри мікроклімату, а асимілювати шкідливі фактори (тепло, запах, вологість, шкідливі речовини), а й підтримувати захист обраних зон від можливості потрапляння до них інфекції, отже – забезпечувати

необхідну чистоту повітря операційних. Зона, в якій проводять інвазійні операції (проникнення в організм людини), називається критичною або операційною зоною. Стандартом така зона визначається як «операційна санітарно-захисна зона», під цим поняттям мається на увазі простір, в якому розміщені операційний стіл, апаратура, столики для інструментів і знаходиться медичний персонал. Є таке поняття, як «технологічне ядро». Воно відноситься до зони, в якій ведуться виробничі процеси в умовах стерильності, до цієї зони можна за змістом віднести і операційну [7,9,11,12].

1.2. Аналіз способів регулювання мікроклімату високого класу чистоти

Для того, щоб запобігти проникненню бактеріального забруднення в критичні області, широке застосування отримали способи екранування, в основі якого лежить використання витіснення повітряного потоку. З цією метою були розроблені розподільники повітря ламінарного потоку повітря, що мають різну конструкцію [7,14]. Сьогодні можна зустріти самі різні варіанти назви повітродозподільних пристроїв для чистоти приміщень, наприклад, «ламінарна стеля», «ламінар», «операційна система чистого повітря», «операційна стеля» та інші, але від цього їхня суть не змінюється. Розподільник повітря вбудовується в конструкцію стелі над зоною приміщення, що захищається. Він може бути різних розмірів це залежить від витрати повітря. Оптимальна площа такої стелі не повинна бути менше 9 м^2 , щоб вона могла повністю перекрити зону зі столами, персоналом та обладнанням. Потік повітря, що витісняє, малими порціями повільно надходить зверху вниз, відокремлюючи, таким чином, асептичне поле зони операційного впливу, зону, де передається стерильний матеріал від зони навколишнього середовища. Повітря видаляється з нижньої і верхньої зон приміщення, що захищається, одночасно. У стелю вбудовуються НЕРА-фільтри (клас Н), які пропускають через себе приплив повітря. Фільтри лише затримують живі частинки, не знезаражуючи їх [7].

Для проектувальників вже стало звичним застосування в операційних приміщеннях розподільників повітря однонаправленого потоку надтонкого очищення з вбудованими фільтрами стельового типу.

Потоки повітря, що мають великі обсяги, повільно рухаються вниз приміщення, відокремлюючи, таким чином, зону, що захищається від навколишнього повітря. Однак багато фахівців не переймаються тим, що одними лише цими рішеннями для підтримки необхідного рівня знезараження повітряного середовища під час проведення хірургічних операцій не обійтися.

Запропоновано велика кількість варіантів конструкцій повітродозподільних пристроїв, кожен з них отримав своє застосування у певній області. Спеціальні операційні приміщення між собою усередині класу поділяються на підкласи залежно від призначення за рівнем чистоти. Наприклад, операційні кардіохірургічні, загального профілю, ортопедичні та ін. Для кожного класу визначено свої вимоги щодо забезпечення чистоти.

Вперше розподільники повітря для чистих приміщень були застосовані в середині 50-х років минулого століття. Для чистих приміщень класу ISO 6 (за класифікацією ISO) або класу 1000 допускається повітрообмін 70-160 крат/год. Вже пізніше на зміну прийшли ефективніші пристрої модульного типу, що мають менші розміри та низькі витрати, що дозволяє вибирати припливний пристрій, відштовхуючись від розмірів зони захисту та необхідної кратності обміну повітря в приміщенні залежно від його призначення.

Ламінарні системи призначені для використання в чистих виробничих приміщеннях для роздачі повітря великих обсягів. За дотримання цих умов розподільники ламінарного потоку обов'язково створюють необхідний односпрямований потік, рис.1.1, що має паралельні лінії струменю. Завдяки високій кратності повітрообміну, у припливному потоці повітря підтримуються умови, близькі до ізотермічних. Спроектвані для розподілу повітря при великих повітрообмінах стелі забезпечують низьку стартову швидкість потоку за рахунок своєї великої площі.



Рис.1.1. Зовнішній вигляд ламінарних систем

Контроль зміни тиску повітря у приміщенні та результат роботи витяжних пристроїв забезпечують мінімальні розміри зон рециркуляції повітря, тут спрацьовує принцип «один прохід та один вихід». Зважені частки падають на підлогу і видаляються, тому їхня рециркуляція практично неможлива. Щоб не перевищити допустимі рівні бактеріологічної чистоти повітряного середовища в операційних приміщеннях, за розрахунками значення повітрообміну становлять близько 25 крат/год, а буває і менше. Повітря видаляється через витяжні пристрої, які встановлені симетрично у стінах нижньої зони. Для роздачі менших обсягів повітря використовуються ламінарні пристрої меншої площі, встановлюються вони безпосередньо над критичною зоною приміщення як острівець посередині кімнати, а не займають всю стелю.

За результатами спостережень такі ламінарні розподільники повітря не завжди зможуть забезпечити односпрямований потік. Оскільки різниця між температурою в струменевому струмені повітря і температурою навколишнього повітряного середовища в 5-7 °С неминуча, повітря холодніше, що виходить з припливного пристрою, опуститься набагато швидше, ніж односпрямований ізотермічний потік. Це звичне явище для роботи стельових дифузорів, встановлених у громадських приміщеннях.

Думка про те, що ламінари забезпечують односпрямований стабільний повітряний потік у будь-якому випадку, незалежно від того, де і як їх застосовують помилково. Адже в реальних умовах швидкість вертикального низькотемпературного ламінарного потоку зростатиме в міру опускання до підлоги.

Зі збільшенням обсягу припливного повітря і зниженням температури по відношенню до повітря приміщення збільшується прискорення його потоку. Як показано в таблиці 1.2., завдяки застосуванню ламінарної системи, площа якої 3 м² а температурний перепад 9 °С, швидкість повітря на відстані 1,8 м від виходу збільшується в три рази. На виході з ламінарного пристрою швидкість повітря становить 0,15 м/с, а в районі операційного столу – 0,46 м/с, що перевищує допустимий рівень. Багато досліджень вже давно довели, що при підвищенні швидкості припливного потоку його «односпрямованість» не зберігається.

Таблиця 1.2.

Співвідношення витрат та швидкості повітря ламінарної системи

	Витрата повітря, м ³ /(ч м ²)	Тиск, Па	Швидкість повітря на відстані 2 м від панелі, м/с				
			3 °С Т	6 °С Т	8 °С Т	11 °С Т	NC
Поодинокі панель	183	2	0,10	0,13	0,15	0,18	<20
	366	8	0,18	0,20	0,23	0,28	<20
	549	18	0,25	0,31	0,36	0,41	21
	732	32	0,33	0,41	0,48	0,53	25
1,5 – 3,0 м ²	183	2	0,10	0,15	0,15	0,18	<20
	366	8	0,18	0,23	0,25	0,31	22
	549	18	0,25	0,33	0,41	0,46	26
	732	32	0,36	0,46	0,53	–	30
Більше 3 м ²	183	2	0,13	0,15	0,18	0,20	21
	366	8	0,20	0,25	0,31	0,33	25
	549	18	0,31	0,38	0,46	0,51	29
	732	32	0,41	0,51	–	–	33

При русі повітря від початкової точки лінії струму будуть йти паралельно, потім межі потоку зміняться, відбудеться звуження у напрямку до підлоги, а отже, він вже не зможе захищати зону, яку визначили розміри ламінарної установки. Маючи швидкість 0,46 м/с, потік повітря захопить малорухливе повітря приміщення. А оскільки до приміщення безперервно надходять бактерії, у потік повітря, що виходить з припливного пристрою, потраплятимуть заражені частки. Цьому сприяє рециркуляція повітря, що виникає через підпор повітря в приміщенні.

Для підтримки чистоти операційних приміщень [1-5], згідно з нормами, необхідно забезпечити дисбаланс повітря за рахунок збільшення припливного повітря на 10% більше, ніж витяжного. Надмірне повітря надходить у суміжні, не очищені приміщення. У сучасних операційних часто використовуються герметичні розсувні двері, тоді надмірне повітря не може вийти і циркулює по приміщенню, після чого забирається знову в припливний пристрій за допомогою вбудованих вентиляторів, далі проходить очищення у фільтрах і вдруге подається в приміщення. Циркулюючий потік повітря збирає всі забруднені речовини з повітря приміщення (якщо він рухатиметься поблизу потоку припливу, то може його забруднити). Оскільки відбувається порушення меж потоку, неминуче підмішування в нього повітря з простору приміщення, а, отже, і проникнення в стерильну зону, що захищається, шкідливих частинок.

Підвищена рухливість повітря спричиняє інтенсивне відшарування частинок відмерлої шкіри з відкритих ділянок шкірного покриву медичного персоналу, після чого вони потрапляють у хірургічний розріз. Однак, з іншого боку, розвиток інфекційних захворювань у період реабілітації після операції є наслідком гіпотермічного стану хворого, що посилюється при впливі на нього рухомих потоків холодного повітря. Отже, раціонально працюючий традиційний розподільник повітря ламінарного потоку в чистому виробничому приміщенні може принести не тільки користь, але і шкоду в процесі операції, що проводиться у звичайній операційній.

Така особливість характерна для ламінарних пристроїв із середньою площею близько 3 м^2 – оптимальною для захисту операційної зони. За американськими вимогами [7] швидкість потоку повітря на виході з ламінарного пристрою не повинна бути вище $0,15 \text{ м/с}$, тобто з площі $0,09 \text{ м}^2$ в приміщення має приходити 14 л/с повітря. В даному випадку надходитиме 467 л/с ($1609 \text{ м}^3/\text{год}$). Виходить, що значення 20 крат/год підходить для приміщення, що має об'єм $80,45 \text{ м}^3$, або 26 м^2 при висоті стелі 3 м .

За нинішніми нормами [1-6] площа загальнохірургічного профілю (стандартної операційної) має бути не менше 36 м^2 . Однак до операційних, призначених для проведення складніших операцій (ортопедичних, кардіологічних і т.д.), висуваються вищі вимоги, найчастіше обсяг таких операційних – близько $135 - 150 \text{ м}^3$. Для таких випадків потрібна система розподілу повітря, що має велику площу та продуктивність повітря.

Якщо організується приплив повітря для операційних більшого розміру, це призводить до проблеми підтримки ламінарності потоку від рівня на виході до операційного столу. У ході дослідження були проведені виміри швидкості повітряного потоку, що надходить при різних його витратах і зміні температури; ці виміри можна побачити у таблиці 1.2.

Для правильної організації циркуляції та розподілу повітря у приміщенні необхідно вибрати раціональний розмір припливних панелей, забезпечити нормативну швидкість потоку та температуру припливного повітря. Однак ці фактори не гарантують повне знезараження повітря. Понад 30 років вчені вирішують питання знезараження операційних приміщень та пропонують різні протиепідеміологічні заходи [7-24]. Сьогодні ж перед вимогами сучасних нормативних документів з експлуатації та проектування лікарняних приміщень стоїть мета знезараження повітря, де основним способом запобігання накопиченню та розповсюдженню інфекцій є системи вентиляції і кондиціонування (СВК).

Правильно спроектована система СВК зводить до мінімуму повітряно-краплинне поширення вірусів, спори грибків, бактерій та інших біологічних

забруднень. У вимогах до систем кондиціонування повітря приміщень, говориться про те, що проектування системи подачі повітря має забезпечити мінімізацію проникнення бактерій разом з повітрям у чисті зони, та підтримати максимально можливий рівень чистоти в частині операційного приміщення, що залишилася.

Для дотримання вимог до знезараження повітряного середовища, мало знати тільки сучасне знезаражувальне обладнання та правила роботи з ним, потрібно ще підтримувати подальший своєчасний епідеміологічний контроль повітря в приміщеннях, що створює уявлення про якість роботи систем СВК. Це, на жаль, не завжди дотримується. Якщо оцінка чистоти виробничих приміщень орієнтується на наявність у ньому частинок (зважених речовин), то показник чистоти в чистих лікарняних приміщеннях представлений живими бактеріальними або колонієутворюючими частинками. Щоб не перевищити ці рівні, потрібний регулярний контроль повітря приміщень за мікробіологічними показниками, для цього потрібно вести підрахунок мікроорганізмів. Методика збору та підрахунку для оцінки рівня чистоти повітряного середовища не була наведена в жодному нормативному документі. Акцентуємо увагу на тому, що підрахунок мікроорганізмів повинен проводитись у робочому приміщенні під час проведення операції. Але для цього потрібний готовий проект та встановлення системи розподілу повітря. Ступінь знезараження чи ефективності роботи системи визначити до початку роботи в операційній залі неможливо, встановлюється це лише під час проведення хоча б кількох операцій.

Спосіб повітряних завіс. Правильно організована спільна робота припливу та видалення повітря забезпечує необхідний повітряний режим операційного залу. Для покращення характеру руху потоків повітря в операційній необхідно забезпечити раціональне взаємне розташування витяжних та припливних пристроїв.

Використання як площі всієї стелі для розподілу повітря, так і всієї підлоги для відведення є неможливим. Витяжні пристрої на підлозі – це

негігієнічно, оскільки вони швидко забруднюються та важко очищаються. Складні, громіздкі та дорогі системи не набули широкого поширення в невеликих операційних палатах. Тому найбільш раціональним вважається «острівне» розміщення ламінарних панелей над зоною, що захищається, і встановлення витяжних отворів у нижній частині приміщення. Це дозволяє організувати потоки повітря за аналогією з чистими промисловими приміщеннями. Цей спосіб більш дешевий і компактний. Успішно використовуються повітряні завіси, що виступають як захисний бар'єр. Повітряна завіса з'єднується з потоком повітря, що утворює вузьку «оболонку» з повітря з більшою швидкістю, яку спеціально створюють по периметру стелі. Така завіса постійно працює на витяжку і не дає надходити в ламінарний потік забрудненого навколишнього повітря.

Щоб краще зрозуміти принцип роботи повітряної завіси, можна уявити операційне приміщення з витяжкою, встановленою з усіх чотирьох боків кімнати. Приплив повітря, що надходить із розташованої в центрі стелі «ламінарного острівця», може лише опускатися вниз, при цьому розширюючись у сторони стін у міру наближення до підлоги. Це рішення дозволить зменшити зони рециркуляції та розміри ділянок застою, де збираються шкідливі мікроорганізми, запобігти змішанню повітря приміщення з ламінарним потоком, знизити його прискорення, стабілізувати швидкість та отримати перекриття низхідним потоком усєї стерильної зони. Це сприяє ізоляції зони, що захищається від навколишнього повітря і дозволяє видалити з неї біологічні забруднювачі.

Рис 1.2. показує стандартну конструкцію повітряної завіси, що має щілини по периметру кімнати. Якщо організувати витяжку по периметру ламінарного потоку, відбудеться його розтягування, повітряний потік розшириться і заповнить всю зону під завісою, і як наслідок запобігання ефекту звуження і стабілізація необхідної швидкості ламінарного потоку.



Таблиця спрощеного підбору повітряних завіс

Тип повітряної завіси	Діаметр вентилятора (мм)	Розмір приміщ (м)	Швидкість повітря (м/с)	Використання
Низьковитратні завіси	100	2.0 - 2.5	6.5 - 9.5	Невеликі магазини, кафе, аптеки
Завіси загального призначення	110	2.5 - 3.0	7.5 - 10.5	Універсальні, ресторани, кафе, бізнес-центри, аптеки, школи
	120	3.5 - 4.0	8.5 - 11.5	
Високотовитратні завіси	130	4.0 - 6.0	10.5 - 12.5	Гаражі, холодні приміщення
Промислові завіси	180	6.0 - >	16.5 - 21.5	Промислові цехи, овочі тощо

Швидкісні характеристики повітряних завіс*

Повітряні завіси без нагрівання

Теплові повітряні завіси

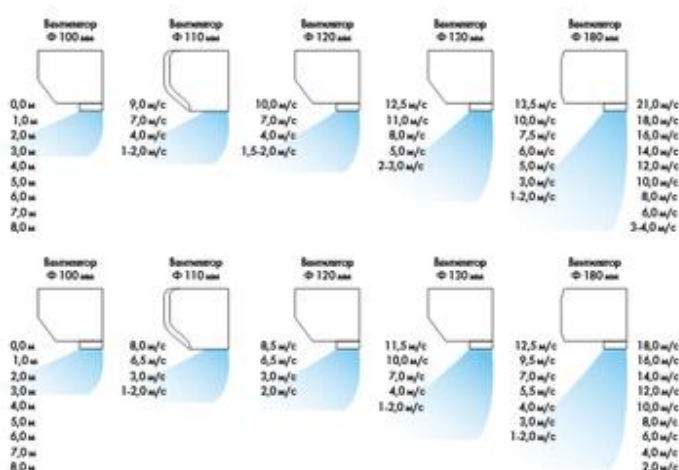


Рис. 1.2. Зовнішній вигляд повітряної завіси

На рис. 1.2. представлені значення фактичної швидкості повітря за правильно спроектованої повітряної завіси. Вони наочно показують взаємодію повітряної завіси з ламінарним потоком, що рухається рівномірно. Повітряна завіса дозволяє уникнути встановлення громіздкої витяжної системи на весь периметр приміщення. Замість неї, як заведено в операційних, у стінах встановлюється традиційна витяжка. Повітряна завіса служить захистом зони,

що охоплює хірургічний персонал та стіл, що не дає повертатися забрудненим частинкам у початковий повітряний потік.

Якщо повітряну завісу погано спроектувати, вона не принесе більшого ефекту, ніж ламінарна система. Помилкою проекту може бути висока швидкість повітря, оскільки така завіса може «витягувати» повітряний потік швидше, ніж потрібно, і він не встигне досягти операційного столу. Поведінку потоку не можна буде контролювати, і може виникнути загроза просочування заражених частинок в операційну зону з рівня підлоги. Також завіса з недостатньою швидкістю всмоктування не зможе повністю перекривати повітряний потік і може втягнутися в нього. У такому разі повітряний режим операційної буде такий самий, як при застосуванні тільки ламінарного пристрою. Під час проектування потрібно правильно виявити діапазон швидкостей та вибрати відповідну систему. Від цього залежить розрахунок показників знезараження.

Повітряні завіси мають цілу низку явних переваг, але не варто застосовувати їх скрізь, адже не завжди потрібне створення стерильного потоку під час операції. Рішення у тому, наскільки необхідно забезпечувати рівень знезараження повітря, приймається разом із хірургами, що у даних операціях.

1.3. Аналіз особливостей побудови систем вентиляції і кондиціонування високого класу чистоти

Виходячи з усього вищевикладеного, виділяють наступні особливості систем вентиляції і кондиціонування:

1. У чистих та медичних приміщеннях заборонено встановлення кондиціонерів з рециркуляцією повітря, – лише припливного типу. Установка спліт-систем допускається в адміністративних приміщеннях лікувально-профілактичних закладів та лабораторій.

2. Для забезпечення та підтримання точних параметрів температури та вологості часто використовують прецизійні кондиціонери.

3. Конструкція та матеріал повітроводів, фільтрувальних камер та їх елементів повинні бути пристосовані для регулярного чищення та дезінфекції.

4. У мережі кондиціонування і вентиляції має бути встановлена система багатоступінчастої фільтрації (не менше двох фільтрів) та використовуватися кінцеві фільтри високої ефективності HEPA (High Efficiency Particular Airfilters).

Повітряні фільтри різняться залежно від ступенів очищення: 1 ступінь (грубе очищення) G4-5; 2 ступінь (тонке очищення) від F7 та вище; 3 ступінь – фільтри високої ефективності вище H11. Відповідно, фільтри першого ступеня приймають зовнішнє повітря – вони встановлюються на вході повітря в припливну установку і забезпечують захист припливної камери від частинок. Фільтри другого ступеня встановлюються на виході з камери припливу і забезпечують захист повітроводу від частинок. Фільтри третього ступеня встановлюються в безпосередній близькості від приміщення, що обслуговується.

5. Забезпечення повітрообміну – створення надлишкового тиску стосовно сусідніх приміщень.

Основні завдання СВК для чистих приміщень: видалення відпрацьованого повітря із приміщень; забезпечення припливного повітря, його розподіл та регулювання обсягу; підготовка припливного повітря за заданими параметрами – вологість, температура, очищення; організація напрямку руху повітря з особливостей приміщень.

Основні особливості чистих приміщень, на які потрібно звертати увагу при проектуванні систем вентиляції.

1. Наявність огорожувальних конструкцій з підвищеною герметичністю. Перевищення витрати припливного повітря над відпрацьованим може привести до неконтрольованого перевищення надлишкового тиску в приміщенні високого класу чистоти і, як наслідок, до викривлення огорожувальних конструкцій і порушення герметичності приміщення.

2. Наявність тамбура-шлюзу. При наявності надлишкового тиску в приміщенні високого класу чистоти відкриття тамбура-шлюзу супроводжується значним зниженням величини надлишкового тиску (аж до вирівнювання тисків в чистих і «брудних» приміщеннях). Наприклад, надлишковий тиск в 5 Па не може гарантувати відсутність небезпек з боку сусіднього «брудного» приміщення через дверний отвір. Тому, необхідно підтримувати і контролювати величину надлишкового тиску в приміщенні високого класу чистоти.

3. Наявність високоефективних HEPA-фільтрів в складі системи вентиляції чистих приміщень. Застосування фільтрів H11-H14 в чистих приміщеннях – основна причина, яка істотно відрізняє процедуру проектування системи вентиляції чистого приміщення від проектування звичайної вентиляції приміщення. Системи вентиляції звичайних приміщень відносяться до систем з постійним потоком повітря – системам CAV (const air volume). Опір мережі в CAV системах, як правило, незначно змінюється в процесі експлуатації. Таким чином, одного разу збалансувавшись, вони не змінюють своїх характеристик з плином часу. Дещо інакше йдуть справи з системами вентиляції чистих приміщень. Характерною особливістю HEPA-фільтрів є значний початковий опір (чистий опір фільтра) і, найголовніше, значний діапазон варіації опору фільтра. Наприклад, опір чистого фільтра H14 досягає 350 Па, а кінцеве (при досягненні цього перепаду тиску відбувається заміна фільтра) – 650 Па. Якщо не використовувати спеціальні методи, то через значну зміну гідравлічного опору HEPA-фільтрів при роботі змінюється і опір всієї вентиляційної мережі. Це означає, що змінюються швидкості повітряного потоку, що надходить в чисті приміщення, тобто без прийняття спеціальних заходів щодо компенсації опору фільтрів системи вентиляції чистих приміщень будуть відноситися до систем зі змінним потоком повітря – VAV-системи (variable air volume). Виникає протиріччя – за технологією швидкість повітряного потоку, що подається в чисті приміщення, не повинна змінюватися в процесі експлуатації, тобто система вентиляції чистих

приміщень відноситься до системи САV за прямим призначенням. Тут також необхідно відзначити наступну особливість використання НЕРА-фільтрів. Якщо приміщення високого класу чистоти не одне, а кілька, причому в кожному приміщенні використовуються фільтри різних класів або потрібні різні швидкості припливного повітря, то опір гілок з цими фільтрами змінюється не однаково. Це означає, що в процесі експлуатації чистих приміщень навіть в спочатку збалансованих відгалуженнях мережі витрата повітря буде все більше відрізнятися від необхідного. Щоб компенсувати цей ефект, необхідно застосовувати спеціальні заходи. У вітчизняній практиці часто використовується частотне регулювання. Однак блок живлення з частотним регулюванням в мережі змінного опору здатний підтримувати тільки загальну швидкість потоку і тому може бути ефективним тільки для одного приміщення. Для вирішення даної ситуації використовують контролери витрати САV. За допомогою САV контролера можна перенести VAV-систему в систему САV. Ідея полягає в тому, щоб опір системи САV контролер у комбінації з НЕРА-фільтром був постійним під час роботи. А для цього необхідно, щоб зі збільшенням опору НЕРА-фільтра пропорційно зменшувався опір регулятора САV. Реалізація цього алгоритму дозволить зберегти постійним витрату повітря, що подається в приміщення високого класу чистоти, і забезпечити автоматичне балансування декількох чистих приміщень в процесі роботи, навіть при відсутності частотного регулювання. Регулятор САV являє собою одностулковий клапан з центральною віссю обертання (рис. 1.3). Пелюсток клапана з'єднаний з пружиною, яка прагне відкрити клапан.

Під пелюсткою знаходиться невеликий поліетиленовий пакет з отвором. Збільшення натягу пружини збільшує силу відкриття пелюстки і, як наслідок, змінює налаштування клапана на більш високу швидкість потоку. Коли повітряний потік надходить в регулятор, мішок надувається і прагне закрити клапан, а попередньо натягнута пружина прагне відкрити його. Нарешті, дві сили врівноважуються, і пелюсток займає положення, відповідне заданому

поток повітря, тобто підтримка постійного повітряного потоку реалізується без використання електричних або пневматичних приводів.

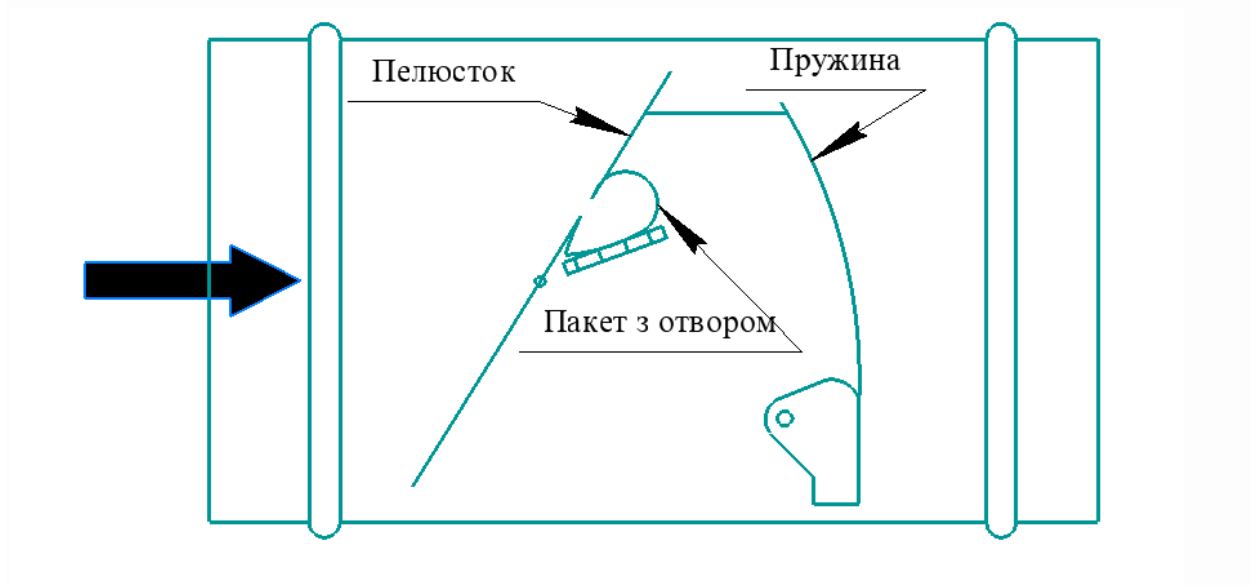


Рис. 1.3. Схема функціонування САV- регулятора

Регулятори САV можуть бути круглими діаметром від 100 до 400 мм, з витратою повітря від 80 до 5 000 м³/год і прямокутними з перетином від 200x100 мм до 600x600 мм з витратою від 144 до 12 100 м³/год.

САV- регулятори мають ряд характерних особливостей, на які варто звернути увагу при їх використанні:

- необхідний мінімальний напір для роботи регулятора – 50 Па;
- для кожного типорозміру регулятора САV існує робочий діапазон швидкостей витрати – V_{\min} , V_{\max} . Наприклад, для діаметра 160 – 216-884 м³/год відповідно для діаметра 200 – 324-1 294 м³/год;
- рівень потужності шуму, створюваного регулятором САV, залежить не тільки від витрати повітря, але і від перепаду тиску на регуляторі.

Приклад вибору стандартного розміру регулятора САV. На припливі в чистих приміщеннях використовується наступна комбінація (рис. 1.4): регулятор САV; глушник (при необхідності); запірний клапан (при необхідності); фільтр прямого розподілу повітря зі змінним фільтром 11 або 13 класу чистоти (H13, H14).

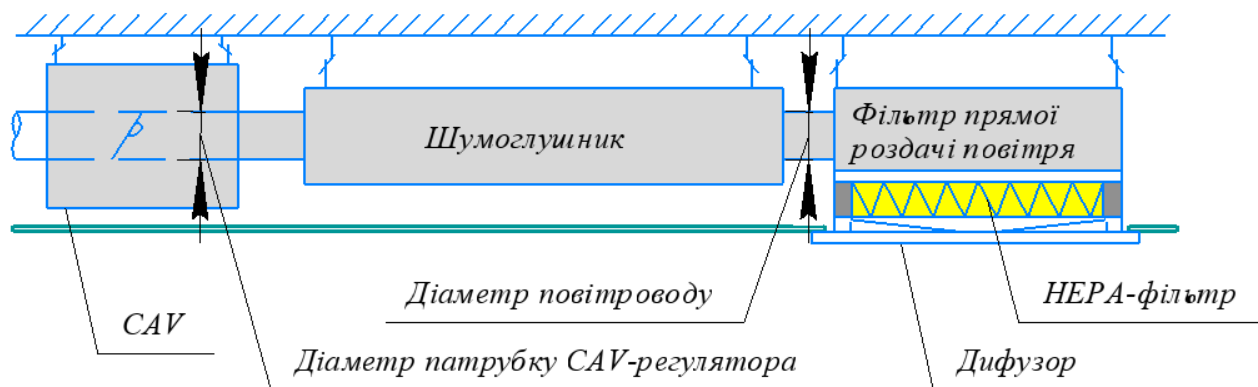


Рис. 1.4. САУ з фільтром прямої роздачі повітря

Фільтр прямої роздачі встановлюється безпосередньо в приміщенні високого класу чистоти і являє собою герметичний корпус з контуром герметизації для фільтра HEPA і пристрою розподілення повітря. Пристрої розподілення повітря можуть бути різної конструкції – перфоровані, вихрові або струменеві. Прямі повітряні фільтри можуть мати круглі або прямокутні форсунки, розташовані біля збору або зверху. Для впевненості розглянемо варіант: прямий повітророзподільний фільтр з встановленим в ньому HEPA-фільтром 600x600x78 мм і вихровим дифузоровим розміром 625x625 мм. Можливі діаметри труб – 198, 248, мм. HEPA-фільтр з рівнем шумової потужності до 40 дБ(А) може пропускати 970 м³/год, тоді як вихровий дифузор може пропускати лише 600 м³/год. Для прикладу представлено параметри для вибору діаметра САУ-регулятора в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Параметри вибору діаметра САУ-регулятора

Діаметр патрубку фільтра, мм	Діаметр САУ, мм	Звук. тиск. канал, дБ(А)	Звук. тиск. корпус, дБ(А)	Звук. тиск. канал, дБ(А)	Звук. тиск. корпус, дБ(А)	Точність, %	Діапазон витрати, м ³ /ч
		без глушника		з глушником			
-	160	49	37	35	37	5–6	216–600
200	200	45	33	36	33	7–8	324–600
250	250	42	31	34	31	9–10	522–600
315	-						

Допустимий рівень звукового тиску задовольняють комбінації діаметром 200 і 250 мм. У разі, коли приміщення високого класу чистоти повинно працювати в двох режимах: робочий (денний) – 600 м³ / год і режим вентиляції (нічний) – 300 м³ / год, вибір діаметра регулятора САV буде однозначним – 200. Для забезпечення двохранімної роботи приміщення САV контролер повинен бути обладнаний електроприводом. Якщо САV контролер встановлюється безпосередньо в приміщенні високого класу чистоти, рівень шуму, створюваного САV через корпус, може перевищувати допустимий рівень звукового тиску в приміщенні. В цьому випадку для зниження шуму САV контролер може поставлятися з корпусом, покритим шумоізоляційним матеріалом.

Для того, щоб задовольнити акустичні вимоги при використанні фільтра Н14, не тільки необхідно використовувати каналний шумопоглинач, але ще й САV-регулятор повинен мати заводське шумопоглинаюче покриття. Повітроводи до і після САV регулятора також повинні мати шумопоглинаюче покриття.

Варто відзначити, що застосування каналних шумопоглиначів вимагає збільшення тиску, що розвивається припливною установкою. Характерною конструктивною особливістю регуляторів САV є неможливість його повного закриття, тобто регулятор САV не може виконувати функції запірного клапана. Для «брудних» приміщень обов'язковою умовою є можливість відрізати гілку при заміні фільтра. Для цих приміщень регулятор САV повинен бути дообладнаний запірним клапаном.

Для того, щоб зменшити монтажний розмір, необхідний для розміщення клапана САV і запірного клапана, можна використовувати VAV-регулятор з функцією постійної витрати. VAV-регулятор – це клапан з електричним або пневмоприводом і контролером управління. Залежно від призначення VAV-регулятор може виступати в ролі САV-регулятора з можливістю підтримки постійної або декількох витрат повітря, а також може виступати в ролі запірного клапана. Якщо VAV-регулятор оснащений датчиком перепаду

тиску, з його допомогою можна підтримувати надлишковий тиск в приміщеннях високого класу чистоти або створювати від'ємний тиск в «брудних» приміщеннях.

Список можливих завдань, для вирішення яких доцільно використовувати VAV-регулятор:

1. Підтримка постійної швидкості потоку з можливістю повного закриття клапана. Використання приводу з зворотною пружиною дозволяє закривати клапан при відключенні блоку живлення.

2. Підтримка заданих параметрів в приміщенні шляхом зміни швидкості повітряного потоку за сигналом зовнішнього датчика. Можна підтримувати наступні параметри - температуру, концентрацію CO₂, вологість.

3. Зміна швидкості потоку за допомогою керуючого сигналу.

4. Підтримка надлишкового тиску в приміщенні або вакууму.

5. Обмеження надлишкового тиску в каналі або різниці тисків між каналами.

6. Для агресивних середовищ в якості матеріалу корпусу використовуються спеціальні пластмаси або нержавіюча сталь.

Конструктивно VAV-регулятори можуть бути:

- круглі: D100-400 мм з діапазоном витрат 40-6 000 м³/год;

- прямокутні: 200x100 – 1 000x1 000 з витратою 30-36 400 м³/год.

Мінімально допустима різниця на VAV-регуляторі становить 50 Па. Діапазон регулювання потоку в стандартній комплектації становить 1:4, а в залежності від типу контролера - 1:10.

Для використання в приміщеннях високого класу чистоти, особливий інтерес представляють VAV-регулятори з функціями підтримки тиску. В якості контролера використовується контролер BELIMO – VRP STP. В якості датчика тиску – мембранний датчик від BELIMO - VFP 100. Можливі діапазони підтримки надлишкового тиску комплексом VRP STP з VFP 100 представлені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Можливі діапазони підтримки надлишкового тиску комплексом VRP S

Номінальний перепад, Па	Максимальний перепад що підтримується, Па
100	до 30
50	до 15
25	до 7,5

Вибір необхідного значення надлишкового перепаду тиску в приміщенні і визначення того, щодо якого приміщення його потрібно підтримувати - завдання технолога.

На рис. 1.5 показано приміщення високого класу чистоти з функцією підтримки надлишкового тиску повітря.

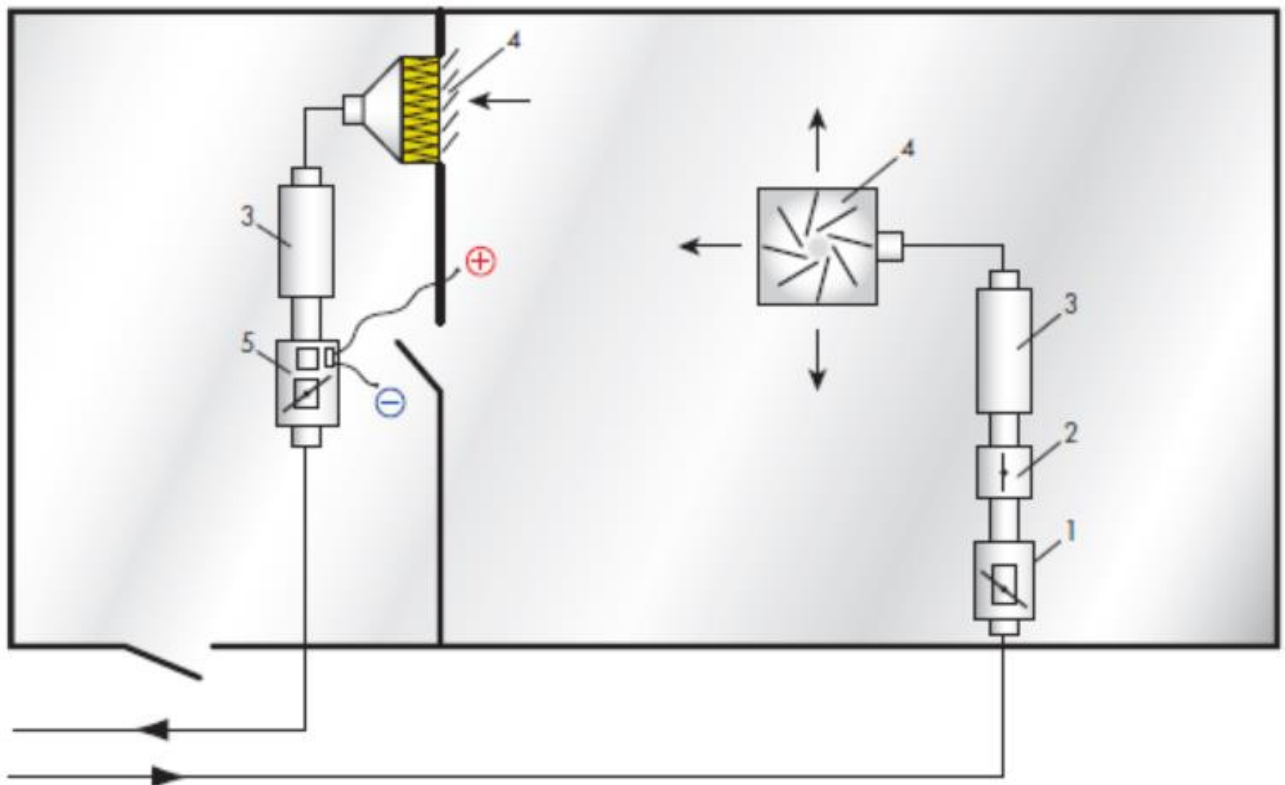


Рис.1.5. Схема приміщення з функцією підтримки надлишкового тиску повітря:

1 – САV-регулятор з приводом для використання в двох режимах роботи приміщення високого класу чистоти; 2 – запірний клапан; 3 – глушник; 4 – дифузор; 5 – VAV-регулятор з функцією підтримки тиску

Підбір розміру VAV-регулятора здійснюється за алгоритмом, аналогічним вибору регулятора CAV. Знаючи витрату повітря, допустимий рівень звукового тиску в приміщенні і перепад тиску на VAV-регуляторі, підбирається перетин регулятора, а також наявність шумопоглинача та/або шумопоглинаючого покриття корпусу клапана. Як правило, в VAV-регуляторах використовується електропривід. Повний час відкриття клапана зі стандартним виконавчим механізмом становить 90 с.

Приміщення високого класу чистоти використовуються у виробництві продукції, яка повинна відповідати чітким вимогам щодо свого призначення, надійності, якості та безпеки. У приміщеннях високого класу чистоти, в основному, встановлюється складне та дороге технологічне обладнання. За будь-яких обставин воно має працювати правильно та відповідати граничним вимогам надійності.

У цьому сенсі приміщення високого класу чистоти є вирішальною ланкою в ланцюзі якості. Користувач повинен довіряти йому і бути впевненим у його бездоганній роботі.

Вартість системи циркуляції повітря пропорційна витрати повітря. Творчий підхід до проектування приміщення високого класу чистоти вимагає зведення витрати повітря до мінімуму. Це можна зробити, наприклад, за рахунок:

- найбільш ретельного вивчення вимог до чистоти повітря, у тому числі шляхом аналізу критеріїв ризику, щоб уникнути завдання надмірно високих вимог до чистоти повітря;
- Використання турбулентних потоків, де це тільки можливо;
- Забезпечення високого ступеня захисту тільки для тих етапів технологічного процесу, де це потрібно за результатами аналізу ризику;
- скорочення зони з односпрямованим потоком повітря до абсолютного мінімуму з урахуванням фактору ризику;

– скорочення до мінімуму швидкості односпрямованого потоку повітря, враховуючи геометрію процесу, що викликається нею нестабільність та висхідні теплові потоки від джерел тепла;

– обмеження критичних зон з односпрямованим потоком повітря за допомогою перегородок або пластикових завіс, відгороджуючи їх таким чином від навколишнього середовища, де допустимо нижчий рівень чистоти.

Відправною точкою при проектуванні будь-яких схем захисту є процес, що захищається. До нього належать послідовність операцій, планувальні рішення, розташування обладнання та вимоги до чистоти, обумовлені специфікою процесу, потоками матеріалів та допоміжними зонами. Чим більш точно відомі ці деталі, тим краще можна пристосувати принципи чистих приміщень до поставленого завдання.

Щоб досягти компромісу між якістю та гнучкістю рішень з одного боку та розміром капітальних та експлуатаційних витрат з іншого боку, абсолютно необхідне відкрите співробітництво між проектувальником, постачальником і користувачем чистого приміщення

1.4. Аналіз систем підготовки повітря для приміщень високого класу чистоти.

Системи з рециркуляцією повітря в приміщенні. Якщо захист чистим повітрям потрібний тільки для малої зони, наприклад, для дослідницької лабораторії, то просте, гнучке та економічно ефективне рішення може бути досягнуто за рахунок застосування чистих робочих місць (рис. 1.6). Такі робочі зони є автономними установками, що включаються в мережу та використовуює повітря самого приміщення. Таким чином, вони не залежать від загальної системи кондиціонування повітря. Управління температурою та відносною вологістю залишається за системою кондиціонування повітря.

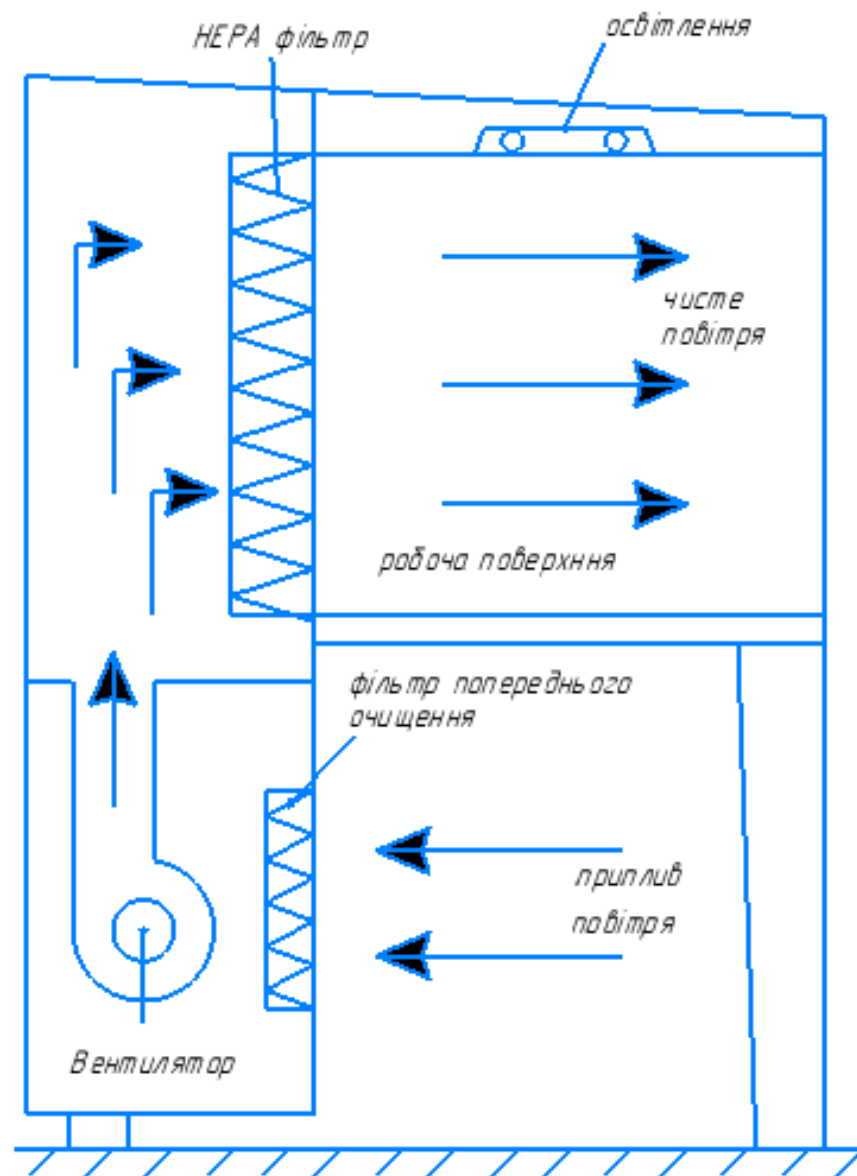


Рис. 1.6. Чисте робоче місце з горизонтальним витісняючим потоком

Іншим прикладом пристроїв з рециркуляцією повітря є обмежені простори з чистим повітрям або камери чистого повітря (рис. 1.7). Чисті робочі зони або інші пристрої такого роду доцільно використовувати у випадках коли потрібен захист дуже обмеженого простору. Щільне встановлення таких пристроїв в одному приміщенні небажане через те, що можуть виникнути труднощі з регулюванням температури та вологості, рівень шуму також може вийти за допустимі межі.

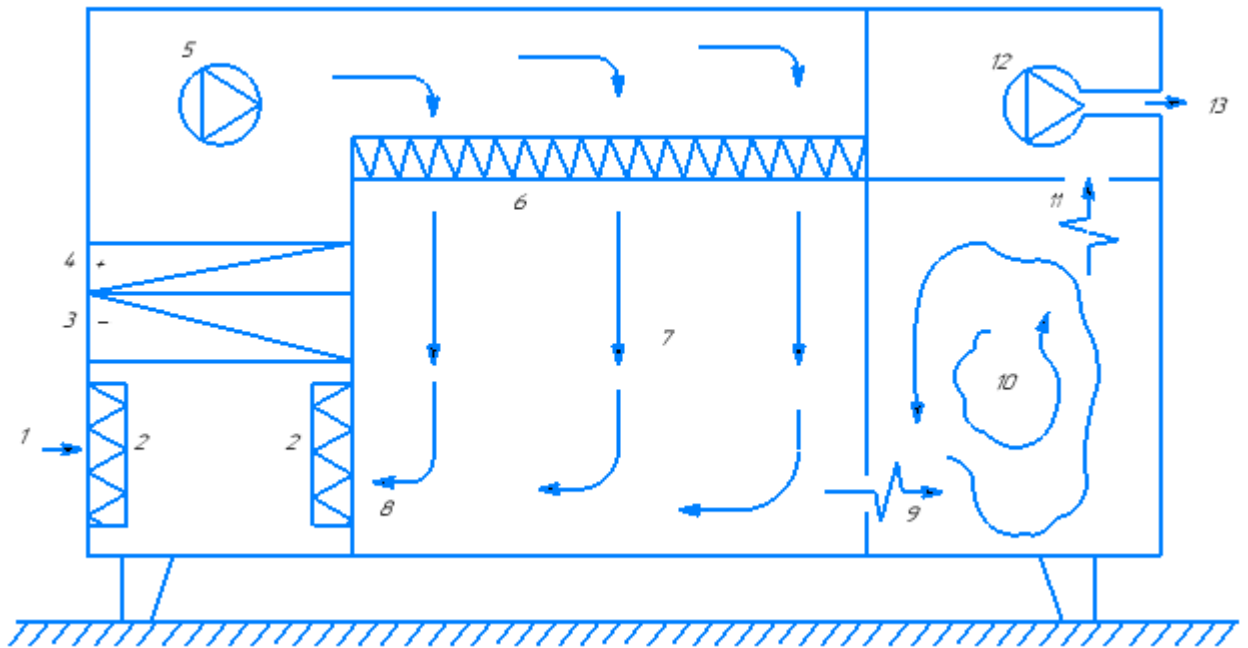


Рис. 1.7. Чиста камера для асептичного наповнення лікарськими засобами:

1 – приплив повітря з зовнішнього приміщення; 2 – повітряний фільтр попереднього очищення; 3 – охолоджувач повітря; 4 – нагрівач повітря; 5 – припливний вентилятор; 6 – стеля з HEPA фільтрами; 7 – робоче приміщення; 8 – витяжка повітря до установки кондиціонування; 9 – витік повітря в повітряний шлюз; 10 – повітряний шлюз; 11 – витяжка повітря з повітряного шлюзу; 12 – витяжний вентилятор; 13 – витяжка повітря назад в зовнішнє приміщення.

Як тільки буде досягнута ця межа, розв'язання задачі забезпечення чистоти повітря слід покласти і на центральну систему кондиціонування повітря.

Інтегровані системи кондиціонування повітря для чистих приміщень з неодноспрямованим (турбулентним) потоком. Такі системи поєднують циркуляцію повітря та подачу зовнішнього повітря у загальному контурі. Якщо використовується неодноспрямований (турбулентний) потік повітря, то фінішний ступінь з HEPA-фільтрами просто додається до системи постачання повітрям, яке подається прямо в розподільники повітря, де HEPA-фільтр та дифузор поєднані в одному корпусі. На рис. 1.8 показаний принцип побудови системи вентиляції та кондиціонування з рециркуляцією.

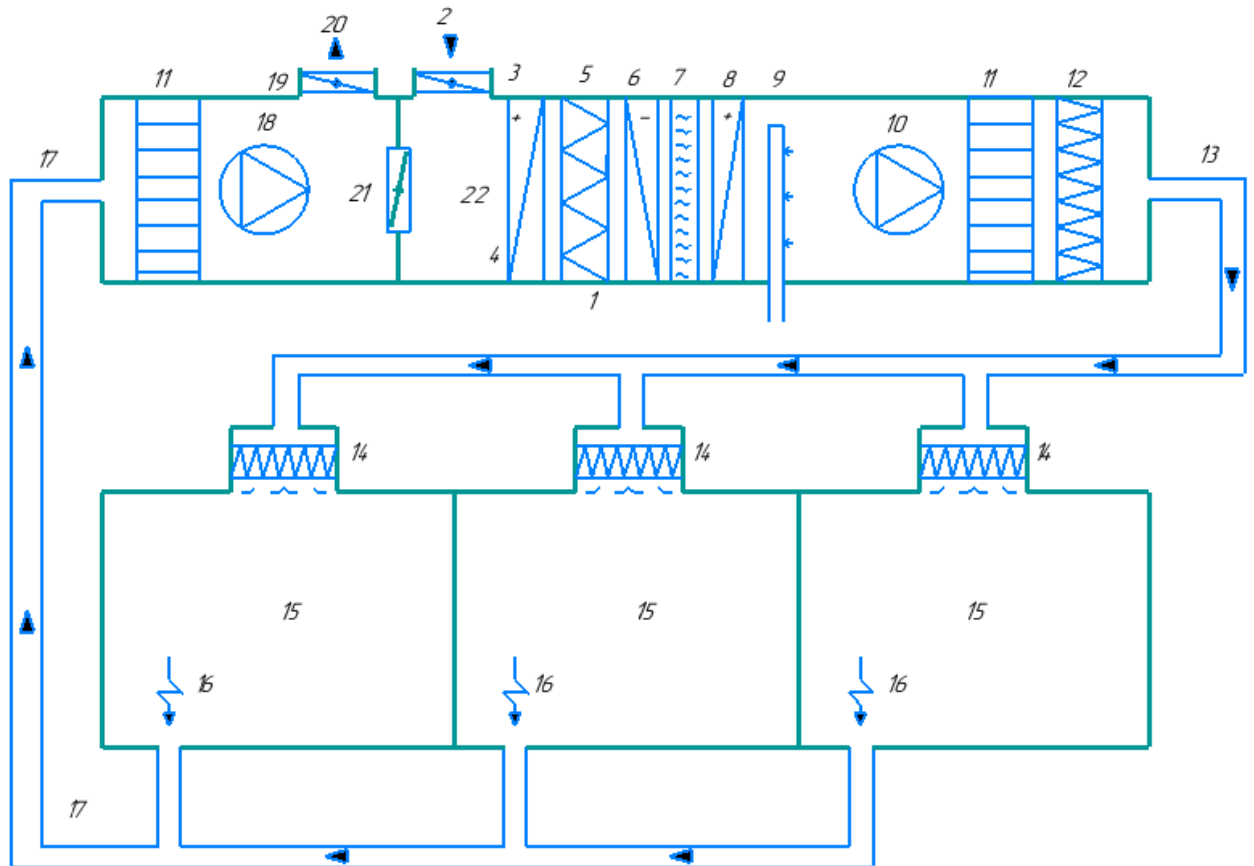


Рис.1.8. Система вентиляції та кондиціонування з рециркуляцією повітря:
 1 – кондиціонер; 2 – зовнішнє повітря; 3 – заслінка зовнішнього повітря; 4 – попередній нарізувач; 5 – перший ступінь фільтрації; 6 – охолоджувач повітря; 7 – крапельловлювач; 8 – зовнішнє повітря; 9 – паровий зволожувач; 10 – припливний вентилятор; 11 – шумопоглинач; 12 – друга ступінь фільтрації; 13 – припливний повітропровід; 14 – НЕРА-фільтри та розподільники повітря; 15 – приміщення; 16 – витяжні решітки; 17 – витяжний повітропровід; 18 – витяжний вентилятор; 19 – заслінка витяжного повітря; 20 – вихід повітря в атмосферу; 21 – заслінка рециркуляційного повітря; 22 – рециркуляційне повітря

Допускається обслуговувати одним і тим же кондиціонером тільки приміщення подібного призначення, щоб звести до мінімуму ризик перехресних забруднень. У випадках, коли використовується кілька окремих кондиціонерів (рис. 1.9), доцільно передбачити спеціальний кондиціонер для підготовки зовнішнього повітря (центральний кондиціонер). Цей кондиціонер забезпечує необхідною кількістю зовнішнього повітря вторинні кондиціонери (кондиціонери-доводчики), в яких змішується з рециркуляційним повітрям. Кожен із цих вторинних кондиціонерів обслуговує окремі зони будівлі, що складаються з приміщень, які можуть використовувати те саме повітря.

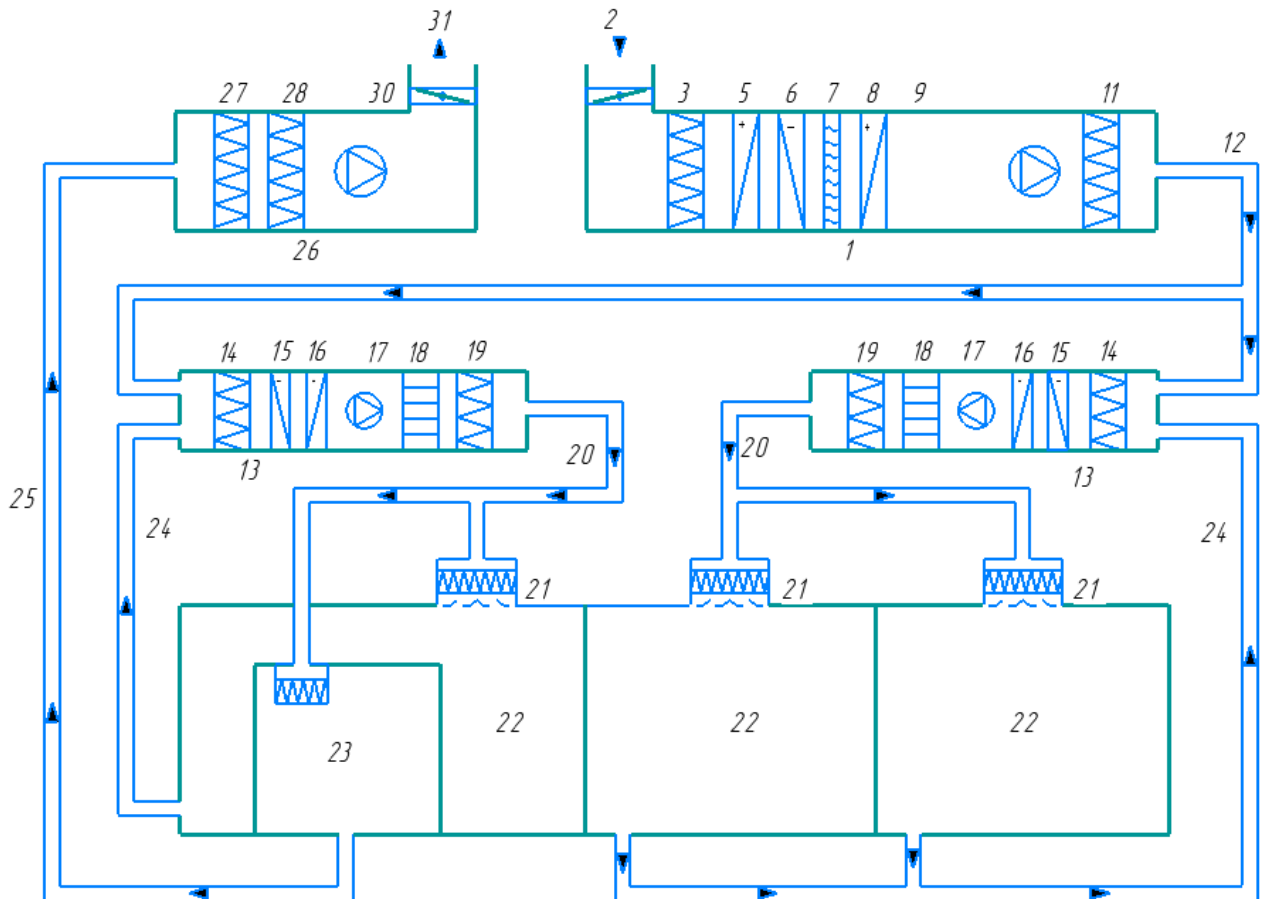


Рис. 1.9 Система вентиляції та кондиціювання з рециркуляцією повітря:

1 – центральний кондиціонер; 2 – зовнішнє повітря; 3 – заслінка зовнішнього повітря; 4 – перша ступінь фільтрації; 5 – попередній нагрівач; 6 – охолоджувач повітря; 7 – крапельловлювач; 8 – нагрівач повітря; 9 – паровий зволожувач; 10 – вентилятор; 11 – друга ступінь фільтрації; 12 – припливний повітропровід від центрального кондиціонера; 13 – довідний кондиціонер доводчик; 14 – перша ступінь фільтрації; 15 – вторинний охолоджувач повітря; 16 – вторинний нагрівач повітря; 17 – вентилятор припливного повітря; 18 – шумопоглинач; 19 – друга ступінь фільтрації; 20 – припливний повітропровід; 21 – НЕРА-фільтри та розподільники повітря; 22 – приміщення; 23 – технологічне обладнання з НЕРА-фільтрами; 24 – повітропровід рециркуляційного повітря; 25 – витяжний повітропровід від обладнання; 26 – витяжна установка; 27 – перша ступінь фільтрації витяжного повітря; 28 – друга ступінь фільтрації витяжного повітря; 29 – вентилятор витяжного повітря; 30 – заслінка витяжного повітря; 31 – вихід витяжного повітря в атмосферу

На рис. 1.9 показано, як можна запобігти шкідливому ефекту для зовнішнього середовища, обумовлений високоактивними або токсичними забрудненнями від технологічного процесу. Передбачається окрема витяжка в атмосферу після належного очищення повітря шляхом: фільтрації повітря для аерозолів, що містять небезпечні частинки або мікроорганізми; або видалення

газоподібних забруднень. Рециркуляція повітря є найефективнішим підходом з погляду економії енергії. Однак, якщо ризик перехресних забруднень великий навіть при використанні фільтрів HEPA, то рециркуляцію застосовувати неможна, і система вентиляції і кондиціонування повинна працювати повністю на зовнішньому повітрі.

На рис. 1.10 показана система вентиляції та кондиціонування, що використовує 100% зовнішнього повітря.

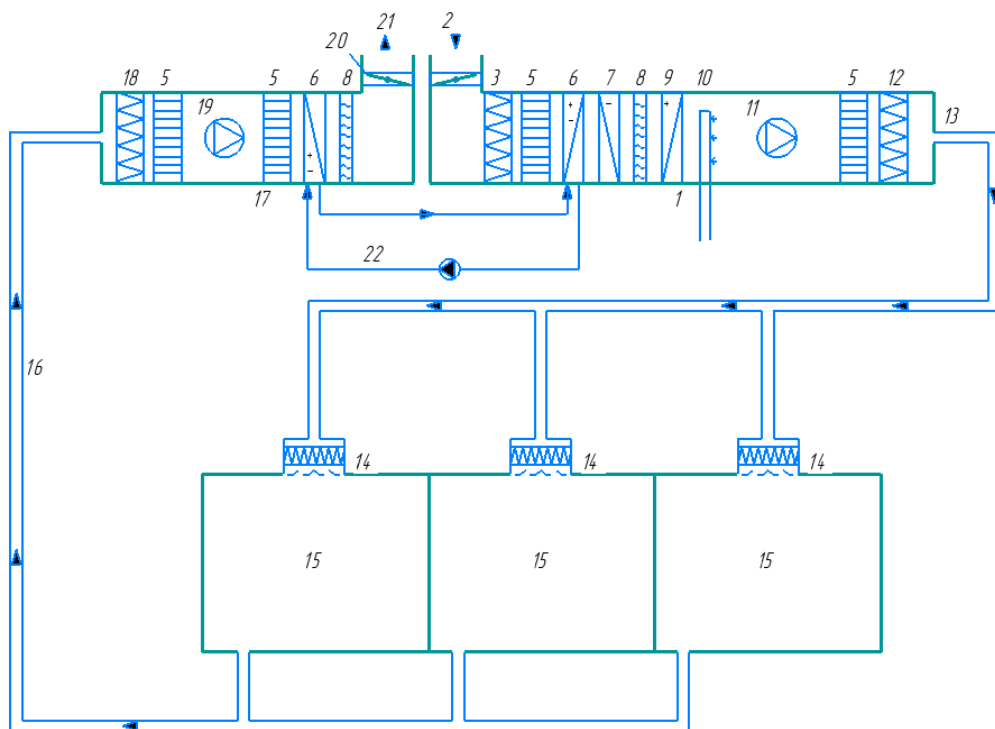


Рис. 1.10. СВК, що використовує 100% зовнішнього повітря:

1 – кондиціонер припливного повітря; 2 – зовнішнє повітря; 3 – заслінка зовнішнього повітря; 4 – перший ступінь фільтрації; 5 – шумопоглинач; 6 – теплообмінник; 7 – охолоджувач повітря; 8 – краплевловлювач; 9 – нагрівач повітря; 10 – паровий зволожувач; 11 – вентилятор припливного повітря; 12 – другий ступінь фільтрації; 13 – припливний повітропровід; 14 – HEPA-фільтри та розподільники повітря; 15 – приміщення; 16 – витяжний повітропровід; 17 – кондиціонер витяжного повітря; 18 – фільтр витяжного повітря; 19 – вентилятор витяжного повітря; 20 – заслінка витяжного повітря; 21 – вихід витяжного повітря в атмосферу; 22 – контур циркуляції води/гліколю для теплообміну

Щоб скоротити витрати на підігрів та охолодження, організується обмін енергією між зовнішнім та витяжним повітрям за рахунок теплообмінників, що мають контур вода/гліколь. Таким чином, у зимовий сезон зовнішнє повітря нагрівається енергією, що віддається витяжним повітрям. У літні дні – зовнішнє повітря охолоджується витяжним повітрям. Рис. 1.10 також показує,

як можна забезпечити та підтримувати перепад тиску між приміщеннями. Наприклад, це робиться шляхом встановлення в припливних повітропроводах клапанів постійної (встановленої) витрати повітря; у витяжних повітропроводах – клапанів змінної (регульованої) витрати повітря.

Інтегровані системи кондиціонування повітря для приміщень високого класу чистоти з односпрямованим потоком. Якщо використовується односпрямований потік або потік, що витісняє, слід взяти до уваги необхідну витрату повітря на 1 м² площі підлоги. При цьому потрібно поставити мету досягти максимального захисту з мінімальними зусиллями як у технічному, так і фінансовому сенсі. Не існує меж для творчості та винахідливості при проектуванні систем захисту з односпрямованим потоком повітря. Однак можна виділити три основні принципи захисту: місцеву, лінійну, зональну.

Висновки до першого розділу

1. В результаті аналізу вимог до гігієни мікроклімату та повітряного середовища операційних приміщень медзакладів визначено класи чистоти приміщень до реалізації з допустимими складовими повітря та параметрами мікроклімату для операційних приміщень медзакладу

2. Аналіз способів регулювання мікроклімату високого класу чистоти дозволив визначити допустимий спосіб реалізації проектних рішень, а саме використання витіснення повітряного потоку за рахунок ламінарних та турбулентних потоків повітря.

3. Аналіз особливостей побудови систем вентиляції і кондиціонування високого класу чистоти дозволив виділити особливості систем вентиляції та кондиціонування, що дозволило визначити необхідність використання багатоступінчатої фільтрації; встановлення кондиціонерів з рециркуляцією повітря та центрального кондиціонера для підготовки свіжого повітря; створення надлишкового тиску стосовно сусідніх приміщень; використання CAV та VAV систем для регулювання параметрів витрат повітря та забезпечення надлишкового тиску. Встановлено, що конструкції та матеріали

повітроводів, фільтрувальних камер та їх елементів повинні бути пристосовані для регулярного чищення та дезінфекції.

4. Аналіз систем підготовки повітря для приміщень високого класу чистоти дозволив встановити, що для операційних приміщень даного медзакладу доцільним є використання систем вентиляції та кондиціонування з рециркуляцією повітря.



РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ

Даний проект розробляється на підставі завдання на проектування, архітектурно-будівельних креслень проекту, діючих нормативних документів і державних стандартів. На підставі аналізу вищезазначених вихідних документів до проектування та враховуючи, що медцентр розташований у м. Київ, приймаються наступні характеристики району будівництва:

– Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для проектування

а) опалення - -22°C ;

б) загальнообмінної вентиляції в холодний період року - -22°C ;

в) вентиляції в теплий період року - $+23,7^{\circ}\text{C}$;

г) кондиціонування в теплий період року - $+33^{\circ}\text{C}$;

– Середня температура опалювального періоду - $1,1^{\circ}\text{C}$;

– Тривалість опалювального періоду - 3527 градусоднів;

– Прийнята швидкість вітру в холодний період року – 4,2 м/с, в теплий період року – 1.0 м/с.

Визначено, що для чистих приміщень допустимим є повітряне опалення від центральних кондиціонерів, що обслуговують дані приміщення.

Джерелом холоду припливних та припливно-витяжних установок є холодильні станції та компресорно-конденсаторні блоки, які встановлюються у безпосередній близькості до обладнання – на відмітці 0.000 та на покрівлях. Кондиціонування повітря можливо здійснити за допомогою встановлення секцій охолодження та, за необхідності, парозволожувачів у припливні установки. Необхідним є підтримка комфортної температури індивідуально в кожному приміщенні або окремих зонах з різними вимогами комфорту. Фреонопроводи бажано прокладати за підшивною стелею. В системах кондиціонування передбачити використання безпечного для оточуючого середовища фреону R410A.

Експлікація приміщень 10 поверху наведена у таблиці 2.1.

Приміщення операційного та реанімаційного блоків розташовані на 10-му та 11-му поверхах медичного центру. План 10 поверху представлено на рисунку 2.1 та Додатку А.



Рис.2.1 План приміщень 10 поверху

Приміщення розташовані на двох поверхах та потребують знайдення доцільних рішень з формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медичному центрі.

Таблица 2.1

Експлікація приміщень 10-го поверху

№ по плану	Назва приміщення	Площа, м ²
1001	Кабинет старшої медсестри	24,63
1002	Комора наркотичних речовин	7,00
1003	Санвузол	3,71
1004	Комора предметів прибирання	3,37
1005	Хол	69,21
1006	Тамбур ліфта №1	3,32
1007	Тамбур ліфтів №2, №3	11,99
1008	Кабинет плазмаферезу	20,64
1009	Рецепція	3,55
1010	Хол	73,10
1011	Санвузол	3,10
1012	Маніпуляційна	13,97
1013	Коридор з постами м.с	32,47
1014	Палата післяопераційна	16,15
1015	Палата післяопераційна	15,64
1016	Палата післяопераційна	15,64

Продовження таблиці 2.1

№ по плану	Назва приміщення	Площа, м ²
1017	Палата післяопераційна	15,64
1018	Палата післяопераційна	16,78
1019	Санвузол	2,84
1020	Балкон (k=0.3)	3,62
1021	Санвузол	5,16
1022	Кабінет медсестер і молодших медсестер	28,32
1023	Шлюз	2,63
1024	Палата післяопераційна	14,80
1025	Санвузол	4,84
1026	Коридор з постами м.с	16,76
1027	Палата післяопераційна	15,60
1028	Палата післяопераційна	15,64
1029	Палата післяопераційна	15,64
1030	Шлюз	2,92
1031	Палата післяопераційна	14,46
1032	Санвузол	4,67
1033	Ординаторська	24,08
1034	Санвузол	3,67
1035	Хол	49,66
1036	Санвузол	3,46
1037	Апаратна	18,87
1038	Приміщення мийки та дезобробки нарк.-дих. апаратури	18,64
1039	Санітарна кімната	14,46
1040	Приміщення зберігання крові	7,06
1041	Кімната сестри- господині	24,57
1042	Буфетна	15,78
1043	Евакуаційний коридор	8,63
1044	Тамбур ліфта №4	6,38
1045	Кабінет зав.	24,15
1046	Санвузол	4,37
1047	Сходи 1	18,11
1048	Сходи 2	18,11

На поверсі 10 знаходиться 48 приміщень. Проведемо аналіз даних приміщень та визначимо класи чистоти, використовуючи нормативні документи та у тісній співпраці із замовником. Враховуючи матеріал, що викладено в [7], побажання замовника для приміщень та функціональне призначення приміщень, визначені наступні класи чистоти, що представлені у таблиці 2.2. В результаті проведених досліджень приміщень 10-го поверху будівлі отримано 4 класи приміщень: особливо чисті – 1 приміщення (1020);

чисті – 16 приміщень (1010, 1012, 1014-1018, 1022-1024, 1027-1031, 1033);
умовно чисті – 5 приміщень (1008, 1013, 1026, 1035, 1040) та брудні – 26 приміщень.

Таблиця 2.2

Класи приміщень 10-го поверху медичного центру

№ по плану	Назва приміщення	Клас чистоти приміщення
1001	Кабінет старшої медсестри	Брудні
1002	Комора наркотичних речовин	Брудні
1003	Санвузол	Брудні
1004	Комора предметів прибирання	Брудні
1005	Хол	Брудні
1006	Тамбур ліфта №1	Брудні
1007	Тамбур ліфтів №2, №3	Брудні
1008	Кабінет плазмаферезу	Умовно чисте
1009	Рецепція	Брудні
1010	Хол	Чисті
1011	Санвузол	Брудні
1012	Маніпуляційна	Чисті
1013	Коридор з постами м.с	Умовно чисте
1014	Палата післяопераційна	Чисті
1015	Палата післяопераційна	Чисті
1016	Палата післяопераційна	Чисті
1017	Палата післяопераційна	Чисті
1018	Палата післяопераційна	Чисті
1019	Санвузол	Брудні
1020	Балкон (k=0.3)	Особливо чисті
1021	Санвузол	Брудні
1022	Кабінет медсестер і молодших медсестер	Чисті
1023	Шлюз	Чисті
1024	Палата післяопераційна	Чисті
1025	Санвузол	Брудні
1026	Коридор з постами м.с	Умовно чисте
1027	Палата післяопераційна	Чисті
1028	Палата післяопераційна	Чисті
1029	Палата післяопераційна	Чисті
1030	Шлюз	Чисті
1031	Палата післяопераційна	Чисті
1032	Санвузол	Брудні
1033	Ординаторська	Чисті
1034	Санвузол	Брудні
1035	Хол	Умовно чисте
1036	Санвузол	Брудні
1037	Апаратна	Брудні
1038	Приміщення мийки та дезобробки нарк.-дих. апаратури	Брудні

Продовження таблиці 2.2

№ по плану	Назва приміщення	Клас чистоти приміщення
1039	Санітарна кімната	Брудні
1040	Приміщення зберігання крові	Умовно чисте
1041	Кімната сестри- господині	Брудні
1042	Буфетна	Брудні
1043	Евакуаційний коридор	Брудні
1044	Тамбур ліфта №4	Брудні
1045	Кабінет завідувача	Брудні
1046	Санвузол	Брудні
1047	Сходи 1	Брудні
1048	Сходи 2	Брудні

План 11-го поверху представлено на рисунку 2.2 та Додатку А. Експлікація приміщень 11-го поверху наведена у таблиці 2.3.

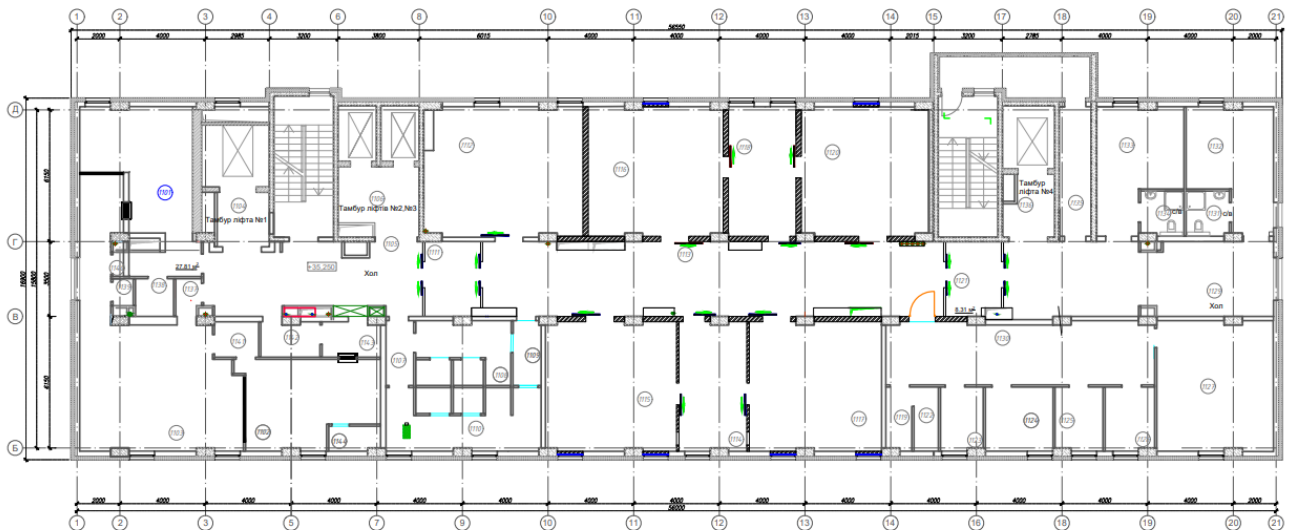


Рис. 2.2. План приміщень 11 поверху

Таблиця 2.3

Експлікація приміщень 11-го поверху

№ по плану	Назва приміщення	Площа, м ²
1101	Прийом нестерильних інструментів	31,66
1102	Стерильна зона	23,64
1103	Зона пакування	53,12
1104	Тамбур ліфта №1	5,99
1105	Хол	29,06
1106	Тамбур ліфтів №2, №3	11,07
1107	Коридор	3,70
1108	Санітарно-пропускна кімната (чоловіча)	8,60

Продовження таблиці 2.3

№ по плану	Назва приміщення	Площа, м ²
1109	Тамбур санвузла	3,70
1110	Санітарно-пропускна кімната (жіноча)	16,40
1111	Шлюз	8,90
1112	Наркозна	40,72
1113	Хол	66,69
1114	Передопераційна	18,47
1115	Операційна	35,93
1116	Операційна	36,92
1117	Операційна	36,75
1118	Передопераційна	18,66
1119	Комора медичних відходів	3,40
1120	Операційна	34,20
1121	Шлюз	6,30
1122	Комора біологічних відходів	3,40
1123	Комора предметів прибирання	5,50
1124	Кабінет старшої медсестри	9,20
1125	Комора чистої білизни	6,40
1126	Кімната інженерів	6,60
1127	Кімната персоналу	32,24
1129	Хол	40,50
1130	Коридор	35,32
1131	Санвузол	4,06
1132	Наркозна 1-е ліжко	19,35
1133	Наркозна 1-е ліжко	19,46
1134	Санвузол	3,99
1135	Евакуаційний коридор	8,77
1136	Тамбур ліфта №4	6,05
1137	Сан. пропускник	1,89
1138	Комора прибирального інвентарю брудної зони	3,02
1139	Комора прибирального інвентарю чистої зони	1,12
1140	Комора	0,50
1141	Сан. пропускник	3,26
1142	Мийка візків	4,27
1143	Експедиція	4,26
1144	Комора прибирального інвентарю стерильної зони	2,60
1145	Санвузол	1,60
1146	Санвузол	1,60
1147	Душова	1,90
1148	Душова	1,90
Загальна площа поверху		721,83

На поверсі 11-го знаходиться 48 приміщень. Загальна площа приміщень складає 721,83 м². Проведемо аналіз даних приміщень та визначимо класи чистоти, використовуючи нормативні документи та у тісній співпраці із замовником. Враховуючи матеріал, що викладено в [7], побажання замовника та функціональне призначення приміщень, визначені наступні класи чистоти, що представлені у таблиці 2.4. В результаті проведених досліджень приміщень 11-го поверху будівлі отримано 4 класи приміщень: особливо чисті – 5 приміщень (1115-1117, 1120, 1127); чисті – 17 приміщень (1102, 1108, 1110, 1112-1114, 1118, 1119, 1121-1126, 1130, 1141, 1144); умовно чисті – 5 приміщень (1111, 1132, 1133, 1137, 1143) та брудні – 21 приміщення.

Таблиця 2.4

Класи приміщень 11-го поверху медичного центру

№ по плану	Назва приміщення	Площа, м ²
1101	Прийом нестерильних інструментів	Брудні
1102	Стерильна зона	Чисті
1103	Зона пакування	Брудні
1104	Тамбур ліфта №1	Брудні
1105	Хол	Брудні
1106	Тамбур ліфтів №2, №3	Брудні
1107	Коридор	Брудні
1108	Санітарно-пропускна кімната (чоловіча)	Чисті
1109	Тамбур санвузла	Брудні
1110	Санітарно-пропускна кімната (жіноча)	Чисті
1111	Шлюз	Умовно чисті
1112	Наркозна	Чисті
1113	Хол	Чисті
1114	Передопераційна	Чисті
1115	Операційна	Особливо чисті
1116	Операційна	Особливо чисті
1117	Операційна	Особливо чисті
1118	Передопераційна	Чисті
1119	Комора медичних відходів	Чисті
1120	Операційна	Особливо чисті
1121	Шлюз	Чисті
1122	Комора біологічних відходів	Чисті
1123	Комора предметів прибирання	Чисті
1124	Кабінет старшої медсестри	Чисті

Продовження таблиці 2.4

№ по плану	Назва приміщення	Площа, м ²
1125	Комора чистої білизни	Чисті
1126	Кімната інженерів	Чисті
1127	Кімната персоналу	Особливо чисті
1129	Хол	Брудні
1130	Коридор	Чисті
1131	Санвузол	Брудні
1132	Наркозна 1-е ліжко	Умовно чисте
1133	Наркозна 1-е ліжко	Умовно чисте
1134	Санвузол	Брудні
1135	Евакуаційний коридор	Брудні
1136	Тамбур ліфта №4	Брудні
1137	Сан. пропускник	Умовно чисте
1138	Комора прибирального інвентарю брудної зони	Брудні
1139	Комора прибирального інвентарю чистої зони	Брудні
1140	Комора	Брудні
1141	Сан. пропускник	Чисті
1142	Мийка візків	Брудні
1143	Експедиція	Умовно чисте
1144	Комора прибирального інвентарю стерильної зони	Чисті
1145	Санвузол	Брудні
1146	Санвузол	Брудні
1147	Душова	Брудні
1148	Душова	Брудні

Проведемо класифікацію чистих приміщень і чистих зон за ISO 14644-1 [1], використовуючи вказівки замовника. Результати представимо в таблиці 2.5 для 10-го поверху та в таблиці 2.6 – для 11-го поверху.

Таблиця 2.5

Класифікація чистих приміщень і чистих зон 10-го поверху за ISO 14644-1

№ по плану	Назва приміщення	Площа кв. м	Клас чистоти
1010	Хол	73,10	ISO8
1011	Санвузол	3,10	–
1012	Маніпуляційна	13,97	ISO8
1014	Палата післяопераційна	16,15	ISO8
1015	Палата післяопераційна	15,64	ISO8

Продовження таблиці 2.5

№ по плану	Назва приміщення	Площа кв. м	Клас чистоти
1016	Палата післяопераційна	15,64	ISO8
1017	Палата післяопераційна	15,64	ISO8
1018	Палата післяопераційна	16,78	ISO8
1019	Санвузол	2,84	-
1021	Санвузол	5,16	-
1022	Кабінет медсестер і молодших медсестер	28,32	ISO8
1023	Шлюз	2,63	ISO8
1024	Палата післяопераційна	14,80	ISO8
1025	Санвузол	4,84	-
1027	Палата післяопераційна	15,60	ISO8
1028	Палата післяопераційна	15,64	ISO8
1029	Палата післяопераційна	15,64	ISO8
1030	Шлюз	2,92	ISO8
1031	Палата післяопераційна	14,46	ISO8
1032	Санвузол	4,67	-
1033	Ординаторська	24,08	ISO8
1034	Санвузол	3,67	-
1046	Санвузол	4,37	-

Прийняті рішення базувалися, також, з врахуванням розташування приміщень та технологічною особливістю прокладання повітропроводів.

Таблиця 2.6

Класифікація чистих приміщень і чистих зон 11-го поверху за ISO 14644-1

№ по плану	Назва приміщення	Площа, кв. м	Клас чистоти
1102	Стерильна зона	23,64	ISO8
1108	Санпропускник чоловічий	8,60	ISO8
1109	Тамбур санвузла	3,70	—
1110	Санпропускник жіночий	16,40	ISO8
1111	Шлюз	8,90	ISO9
1112	Наркозна	40,72	ISO8
1113	Хол	66,69	ISO8
1114	Передопераційна	18,47	ISO8
1115	Операційна	35,93	ISO7
1116	Операційна	36,92	ISO7

Продовження таблиці 2.6

№ по плану	Назва приміщення	Площа, кв. м	Клас чистоти
1117	Операційна	36,75	ISO7
1118	Передопераційна	18,66	ISO8
1119	Комора медичних відходів	3,40	ISO8
1120	Операційна	34,20	ISO7
1121	Шлюз	6,30	ISO8
1122	Комора біологічних відходів	3,40	ISO8
1123	Комора предметів прибирання	5,50	ISO8
1124	Кабінет старшої медсестри	9,20	ISO8
1125	Комора чистої білизни	6,40	ISO8
1126	Кімната інженерів	6,60	ISO8
1127	Кімната персоналу	32,24	ISO7
1130	Коридор	35,32	ISO8
1141	Сан. пропускник	3,26	ISO9
1142	Мийка візків	4,27	–
1144	Комора прибирального інвентарю стерильної зони	2,60	ISO8

Дані таблиці 2.5 та таблиці 2.6 в подальшому стануть вихідними даними для проведення розрахунків витрат припливного повітря та прийняття концептуальних рішень щодо формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень та в подальшому проектування системи.

Висновки до другого розділу

1. В результаті проведених досліджень були визначені характеристики району будівництва, типи допустимого опалення, кондиціонування та вентиляцій. Детально проаналізовано плани приміщень, визначено, що проектних рішень потребують два поверхи будівлі по 48 приміщень на кожному, визначено їх функціональне призначення.

2. В результаті проведених досліджень приміщень 10-го поверху будівлі отримано 4 класи приміщень: особливо чисті – 1 приміщення; чисті – 16 приміщень; умовно чисті – 5 приміщень та брудні – 26 приміщень. В

результаті проведених досліджень приміщень 11 поверху будівлі отримано 4 класи приміщень: особливо чисті – 5 приміщень; чисті – 17 приміщень; умовно чисті – 5 приміщень та брудні – 21 приміщення. Проведено класифікацію чистих приміщень і чистих зон за ISO 14644-1. Прийняті рішення базувалися, також, з врахуванням розташування приміщень та технологічною особливістю прокладання повітропроводів.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКИ І КОНЦЕПТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИМІЩЕНЬ

3.1. Розрахунок витрати припливного повітря

Витрата припливного повітря в приміщеннях заданого класу чистоти визначається розрахунковим способом, який враховує надлишки тепла і вологи, виділення вуглекислоти, а також вимоги до допустимої концентрації колонієутворюючих одиниць (КУО).

Розрахунок повітрообміну щодо шкідливості здійснюється за методикою, наведеною в довіднику проектувальника [9,11].

Якщо виділення мікроорганізмів у приміщенні мале, то число мікроорганізмів у 1 м³ повітря розраховують за формулою (3.1):

$$n = \frac{60 \cdot n_k \cdot k_n}{V_{np} \cdot N_{kp}}, \quad (3.1)$$

де n – число мікроорганізмів у 1 м³ повітря;

k_n – число колонієутворюючих частинок, які виділяються людиною за хвилину, КУО/хв.;

n_k – кількість персоналу в приміщенні;

V_{np} – об'єм приміщення, м³;

N_{kp} – кратність повітрообміну, 1/год.

Кратність повітрообміну N_{kp} з урахуванням емісії мікроорганізмів від людей розраховується за формулою (3.2):

$$N_{kp} = \frac{60 \cdot n_k \cdot k_n}{V_{np} \cdot n_{норм}}, \quad (3.2)$$

де $n_{норм}$ – гранично допустиме значення концентрації мікроорганізмів (нормована величина), КУО/м³.

Для чистих приміщень k_n приймають рівним 1000 КУО/хв.

При активному русі людей у приміщенні емісія мікроорганізмів різко зростає, і кратність повітрообміну розраховують за формулою (3.3):

$$N_{кр} = \frac{60 \cdot n_k \cdot k_n \cdot k}{V_{np} \cdot n_{норм}}, \quad (3.3)$$

де k – коефіцієнт, який відображає підвищення рівня забруднень, що визивається персоналом (приймається залежно від кількості людей у приміщенні та інтенсивності їх роботи). При кількості 4-5 осіб одночасно в одному приміщенні приймають значення $k = 1,5-3$.

Витрата припливного повітря L , м³/год визначають за формулою (3.4):

$$L = V_{np} \cdot N_{кр}. \quad (3.4)$$

Приплив зовнішнього повітря потрібен для компенсації витяжки і ексфільтрації, яка завжди має місце в чистих приміщеннях з надлишковим тиском. Зовнішнє припливне повітря коштує дорого, тому що перед подачею в приміщення високого класу чистоти його необхідно не тільки очистити, але й піддати температурно-вологісній обробці. Оскільки повністю відмовитися від подачі зовнішнього повітря неможливо, з міркувань енергозбереження його кількість повинна бути зведена до мінімуму. Результати проведених розрахунків приведемо в вигляді таблиці 3.1 та таблиці 3.2.

Підрахувавши загальну кількість припливного повітря та кількість повітря яке потрібно видалити з приміщення в реанімаційному блоку отримаємо наступні дані:

- Припливне повітря – 10030 м³/год;
- Повітря що видаляється – 10330 м³/год.

Повітря, якого не вистачає для витяжних систем санвузлів, подається з холу та коридорів які не відносяться до чистої зони.

Таблиця 3.1

Результати розрахунків для приміщення реанімаційного блоку 10-го поверху

№ по плану	Назва приміщення	Площа кв. м	Клас чистоти	Кратність	Надлишковий тиск, Па	Кількість припливного повітря, м ³ /год	Кількість витяжного повітря, м ³ /год	Підпір повітря з приміщення, м ³ /год,	Підпір повітря в приміщення, м ³ /год,
1010	Хол	73,10	ISO8	10	+10	2710	3320		
1011	Санвузол	3,10	-	5	0		100	1010, 100	
1012	Маніпуляційна	13,97	ISO8	12	+20	520	430		1010, 90
1014	Палата післяопераційна	16,15	ISO8	12,5	+20	545	455		1010, 90
1015	Палата післяопераційна	15,64	ISO8	12,5	+20	530	440		1010, 90
1016	Палата післяопераційна	15,64	ISO8	12,5	+20	530	440		1010, 90
1017	Палата післяопераційна	15,64	ISO8	12,5	+20	530	440		1010, 90
1018	Палата післяопераційна	16,78	ISO8	12,5	+20	565	476		1010, 90
1019	Санвузол	2,84	-	5	0	-	100	1010, 100	
1021	Санвузол	5,16	-	5	+10	-	100	1022, 100	
1022	Кабінет медсестер і молодших медсестер	28,32	ISO8	10	+20	650	460		1021, 100 1010, 90
1023	Шлюз	2,63	ISO8	10	0	70	250	1024, 90 1010, 90	
1024	Палата післяопераційна	14,80	ISO8	12,5	+10	500	310		1023, 90 1025, 100
1025	Санвузол	4,84	-	5	+10	-	100	1024, 100	
1027	Палата післяопераційна	15,60	ISO8	12,5	+20	525	435		1010, 90
1028	Палата післяопераційна	15,64	ISO8	12,5	+20	530	440		1010, 90
1029	Палата післяопераційна	15,64	ISO8	12,5	+20	530	440		1010, 90

Продовження таблиці 3.1

№ по плану	Назва приміщення	Площа кв. м	Клас чистоти	Кратність	Надлишковий тиск, Па	Кількість припливного повітря, м ³ /год	Кількість витяжного повітря, м ³ /год	Підпір повітря з приміщення, м ³ /год,	Підпір повітря в приміщення, м ³ /год,
1030	Шлюз	2,92	ISO8	10	0	70	250	1031, 90 1010, 90	
1031	Палата післяопераційна	14,46	ISO8	12,5	+10	490	300		1030, 90 1032, 100
1032	Санвузол	4,67	-	5	+10	-	100	1031, 100	
1033	Ординаторська	24,08	ISO8	10	+20	735	545		1010, 90 1046, 100
1034	Санвузол	3,67	-	5	0	-	100	1005, 100	
1046	Санвузол	4,37	-	5	+10	-	100	1033, 100	

Таблиця №3.2

Результати розрахунків для приміщення операційного блоку 11-го поверху

№ по плану	Назва приміщення	Площа кв. м	Клас чистоти	Кратність	Надлишковий тиск, Па	Кількість припливного повітря, м ³ /год	Кількість витяжного повітря, м ³ /год	Підпір повітря з приміщення, м ³ /год,	Підпір повітря в приміщення, м ³ /год,
1102	Стерильна зона	23,64	ISO8	20	+20	1470	1280		1141, 90 1144, 100
1108	Санпропускник чоловічий	8,60	ISO8	10	+10	330	330	1113, 90	1107, 90
1109	Гамбур санвузла	3,70							
1110	Санпропускник жіночий	16,40	ISO8	10	+10	540	540	1110, 90	1107, 90
1111	Шлюз	8,90	ISO9	10	+10	240	240	1113, 130	1105, 130
1112	Наркозна	40,72	ISO8	15,9	+10	1880	2010	1113, 130	
1113	Хол	66,69	ISO8	10	+20	1915	2005	1114, 70 1115, 130 1116, 130 1117, 130 1118, 70 1120, 130	1108, 90 1110, 90 1111, 130 1112, 130 1121, 130
1114	Передопераційна	18,47	ISO8	12,5	+25	625	695	1115, 70 1117, 70	
1115	Операційна	35,93	ISO7	22,6	+30	2200	770 1230 рецирк		1113, 130
1116	Операційна	36,92	ISO7	22	+30	2200	800 1200 рецирк		1113, 130

Продовження таблиці 3.2

№ по плану	Назва приміщення	Площа кв. м	Клас чистоти	Кратність	Надлишковий тиск, Па	Кількість припливного повітря, м ³ /год	Кількість витяжного повітря, м ³ /год	Підпір повітря з приміщення, м ³ /год,	Підпір повітря в приміщення, м ³ /год,
1117	Операційна	36,75	ISO7	22	+30	2200	790 1210 рецирк		1113, 130
1118	Передопераційна	18,66	ISO8	12,5	+25	630	700	1116, 70 1120, 70	1113, 70
1119	Комора медичних відходів	3,40	ISO8	10	+10	-	90	1130, 90	
1120	Операційна	34,20	ISO7	68,1	+30	4500	750 3550 рецирк		1113, 130 1118, 70
1121	Шлюз	6,30	ISO8	10	+10	220	220	1113, 130	1129, 130
1122	Комора біологічних відходів	3,40	ISO8	10	10	-	90	1130, 90	
1123	Комора предметів прибирання	5,50	ISO8	10	+10	-	150	1130, 150	
1124	Кабінет старшої медсестри	9,20	ISO8	10	+10	250	340	1130, 90	
1125	Комора чистої білизни	6,40	ISO8	10	+30	180	90	1130, 90	
1126	Кімната інженерів	6,60	ISO8	10	+10	180	270	1130, 90	
1127	Кімната персоналу	32,24	ISO7	10	+10	870	960	1130, 90	
1130	Коридор	35,32	ISO8	10	+20	955	455	1125, 90	1119, 90 1122, 90 1123, 150 1124, 90 1126, 90 1127, 90
1141	Сан. пропускник	3,26	ISO9	10	+10	100	100	1102, 90	1103, 90
1142	Мийка візків	4,27							
1144	Комора прибирального інвентарю стерильної зони	2,60	ISO8	12	+10	-	100	1103, 100	

Проведені розрахунки використовуємо для розробки концептуальних рішень проектування та безпосереднього проектування.

3.2. Обґрунтування концептуальних рішень проектування

Опираючись на проведені розрахунки, для забезпечення операційних приміщень мікрокліматом використаємо систему вентиляції та кондиціонування з рециркуляцією повітря та підготовкою зовнішнього повітря в центральному кондиціонері, яку вдосконалимо добавивши рекуператор з проміжним теплоносієм (гліколь) для утилізації теплоти витяжного повітря, клапан постійної витрати повітря на припливі до кожного приміщення, а тож клапан змінної витрати, на витяжній гілці з кожного приміщення, для підтримання перепаду тиску між приміщеннями. Для приміщень які не мають режим використання 24/7 використовуємо клапани постійної витрати повітря, які мають електропривід для можливості вибирати режим 100 % продуктивності, або 50%, а також можливість вимкнути приплив повітря, тобто режим роботи 100/50/0 %.

Для реалізації поставлених задач орієнтуємося на установки виробництва "Rosenberg" для чистих приміщень, витяжні вентилятори виробництва "Вентс".

Передбачаємо окремі припливні та витяжні системи. Передбачаються окремі припливні та витяжні системи з механічним спонуканням для забезпечення нормованих температурних, вологісних параметрів та чистоти повітря, які задовольняють санітарно-гігієнічним, комфортним та технологічним вимогам, з повітрообміном відповідно до ДБН.В.2.2-10-2001 [6] для чистих приміщень. Припливні установки чистих приміщень реалізуємо в гігієнічному виконанні та з резервними вентилятори.

Приймаємо рішення про необхідність розміщення вентиляційного обладнання у спеціально виділених приміщеннях (венткамерах) на покрівлі. Повітрообмін в приміщенні розрахований, виходячи з асиміляції шкідливостей, та з врахуванням вимоги недопущення переміщення повітря з більш забруднених зон в менш забруднені. Тим самим досягаються санітарно-гігієнічні умови різних класів приміщень.

Розподілення та видалення повітря по приміщеннях будемо здійснювати за допомогою дифузорів та вентиляційних решіток, розташованих у площині підвісної стелі та з'єднаних з припливними та витяжними установками мережами повітропроводів.

Швидкість руху повітря у зоні ламінарного потоку. Приймаємо, що швидкість повітря на рівні 1 м нижче стелі приймається від 0,24 м/с до 0,3 м/с.

Приміщення операційного та реанімаційного блоків, що розташовані на 10-му та 11-му поверхах, пропонуємо розділити на окремі групи приміщень, кожна з яких буде обслуговуватися окремими системами припливної та витяжної вентиляції.

Температура в приміщеннях приймається рівною 22°C, вологість – 55-60%. Підтримка відповідних параметрів відбувається в автоматичному режимі. Підтримка вологості на рівні 55-60% служить водночас захистом від електростатичного ефекту.

Температура і вологість у приміщенні будемо контролювати за допомогою датчиків, що будуть встановлені у рециркуляційному повітропроводі, максимально наближеному до приміщення, що обслуговується.

Температура та вологість повітря, що подається – відповідними датчиками та гігростатом максимальної вологості, які пропонується встановлювати у припливному повітропроводі в межах приміщення, у безпосередній близькості до ламінарної панелі. Клас чистоти повітря у приміщеннях, відповідно до технологічного завдання, приймається ISO7 в приміщеннях операційних та ISO8 для реанімацій, наркозних, передопераційних та інших приміщень чистих відділень.

Для зовнішнього повітря, для систем, які обслуговують чисті приміщення, пропонуємо 4-х ступеневе очищення повітря в фільтрах. Перший G4, потім M5 та F9, які будуть розташовані в припливній частині установки, та додатково очищатимуться в фільтрах H13-H14, які будуть розташовані в приміщеннях та поєднані з припливними дифузорами. На витяжному повітрі встановлюється фільтр F7 на вході витяжної установки.

Повітря буде подаватися до верхньої зони та видалятися з двох зон приміщення з розподіленням 40% – з верхньої зони та 60% з нижньої зони.

В приміщеннях операційних пропонується автоматична підтримка заданого перепад тиску, для чого на припливній магістралі пропонується встановлення регулятора постійної витрати повітря, а на витяжній – змінної. Регулятор змінної витрати повітря буде спрацьовувати за сигналом датчика тиску, що буде встановлено у приміщенні.

Вентиляція приміщень буде організована так, щоб виключити перетікання повітряних мас з "брудних" зон (приміщень) до "чистих". Підтримка необхідного перепаду тиску забезпечуватиметься регуляторами витрати повітря з високошвидкісними приводами, що будуть встановлені на витяжних повітропроводах та будуть керуватися сигналом від датчиків перепаду тиску, що будуть встановлені у приміщенні, що обслуговується. Припливні установки підготовки повітря додатково у своєму складі матимуть парові зволожувачі повітря, що дасть змогу підтримувати відносну вологість в приміщеннях, які вони обслуговують.

Парові зволожувачі встановлюватимуться на технічному поверсі та будуть «живитися» водою від системи будинкового водопроводу. Пара від них буде подаватися через паророзподільник у повітропровід. Їх робота буде автоматизована комплектом автоматики установки, що поставляється разом з основним устаткуванням. Продуктивність парогенераторів підібрана відповідно до продуктивності припливно-витяжних установок.

Вентиляційні установки для операційних та палати інтенсивної терапії мають 100% резервування для забезпечення безперебійної роботи. Забір зовнішнього повітря для систем вентиляції буде організовано з чистої зони. Викид відпрацьованого повітря передбачається на висоті вище покрівлі. Для нагріву повітря припливні установки будуть комплектуватися водяними та електричними калориферами, які забезпечуватимуть підігрів повітря в зимовий період року.

В теплий період нормативні параметри повітря будуть забезпечуватися охолодженням повітря у водяних теплообмінниках. Джерелом холоду будуть холодильні машини, які будуть встановлені на покрівлі.

Підбір повітророзподільників в усіх приміщеннях пропонується виконати, виходячи з розрахункової витрати повітря у приміщеннях та з урахуванням нормативних вимог щодо швидкості та перепаду температур у робочій зоні приміщень.

Повітропроводи пропонується виконати з оцинкованої сталі за ГОСТ 19904-90, клас щільності «D», товщиною згідно додатку Ц ДБН В.2.5-67:2013 [25]. Повітропроводи, що прокладаються зовні будівлі, пропонується теплоізулювати мінераловатними виробами товщиною не менше 50 мм, та покрити окожушкою.

Повітропроводи для подачі повітря всередині будівлі пропонується теплоізулювати ізоляцією зі вспіненого каучуку. На всіх відгалуженнях повітропроводів до повітророзподільвальних та повітроприймальних пристроїв пропонується встановлення запірно-регулюючої арматури.

Для більш ефективного використання енергетичних ресурсів, пропонуються наступні заходи:

- автоматика кондиціонерів дозволить програмувати зменшення температури в приміщеннях, у нічні або неробочі години;
- використання обладнання високого класу енергоефективності;
- встановлення зворотних та повітряних клапанів;
- використання зовнішніми огорожуючими конструкціями, теплотехнічні показники яких відповідають останнім нормативним вимогам;
- у складі обладнання передбачено встановлення рекуператорів з проміжним теплоносієм для утилізації теплоти витяжного повітря.

Висновки до третього розділу

1. Проведено розрахунок витрат припливного повітря у визначених приміщеннях заданого класу чистоти, який враховує надлишки тепла і вологи, виділення вуглекислоти, а також вимоги до допустимої концентрації колонієутворюючих одиниць (КУО). Здійснено підрахунок загальної кількості припливного повітря, що становить 10030 м³/год та кількість повітря яке потрібно видалити з приміщення в реанімаційному блоку – 10330 м³/год. Прийнято рішення щодо компенсування повітря для витяжних систем санвузлів з холу та коридорів які не відносяться до чистої зони, якого не вистачає за рахунок подачі з холу та коридорів які не відносяться до чистої зони.

2. Прийнято ряд концептуальних рішень, що дозволять в подальшому здійснити проектування системи для формування мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медцентрі.

РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИМІЩЕНЬ

4.1. Розробка блок-схем систем формування внутрішнього мікроклімату

Враховуючи архітектурні плани розташування приміщень 10-го поверху, та можливість прокладання повітроводів приймаємо рішення розділити систему вентиляції та кондиціонування на дві системи для зменшення площі перетину повітроводів, а відповідно і висоту, на яку опуститься підшивна стеля.

Розділивши отримаємо дві системи вентиляції та кондиціонування (центрального кондиціонера) позначимо їх як К-10.01 та К-10.02. Блок-схема системи К-10.01, що пропонується, представлено на рис.4.1.

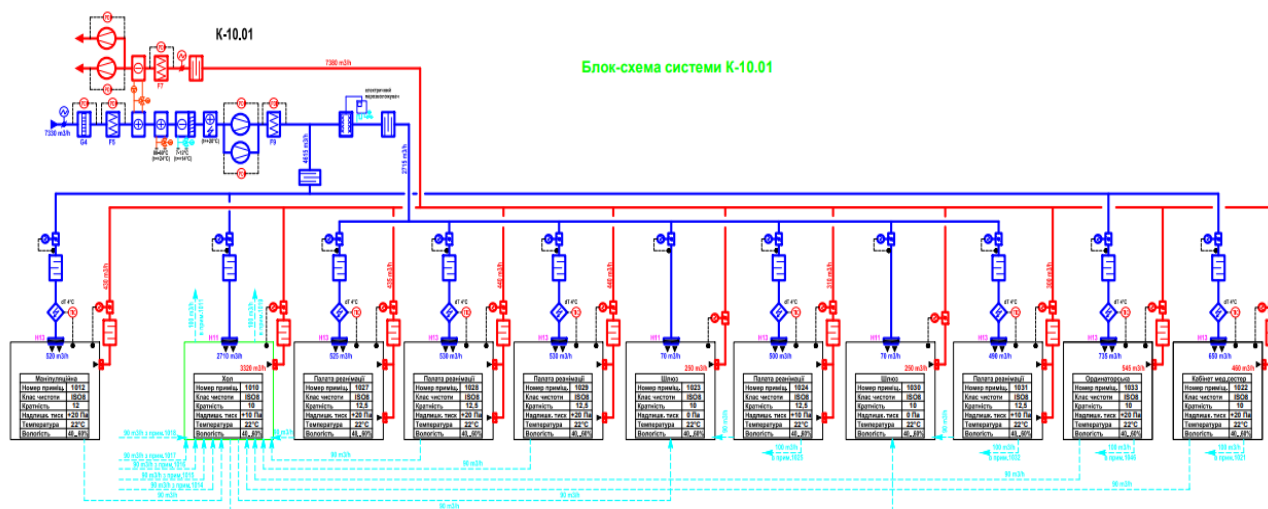


Рис.4.1. Блок-схема системи К-10.01

Центральний кондиціонер К-10.01 обслуговує приміщення які знаходяться в розрізі осей Б-В, а також приміщення маніпуляційної, яка знаходиться в розрізі осей Г-Д. Блок-схема системи К-10.02, що пропонується, представлено на рис.4.2.

Центральний кондиціонер К-10.02 обслуговує палати реанімації, які знаходяться в розрізі осей Г-Д. Для вентиляції санвузлів запроєктуємо окремі витяжні системи, враховуючи їх розташування, В-10.01 та В-10.02. Блок-схеми

запропонованих систем представлені у Додатку Б. Блок-схема системи вентиляції В-10.01 представлено на рисунку 4.3

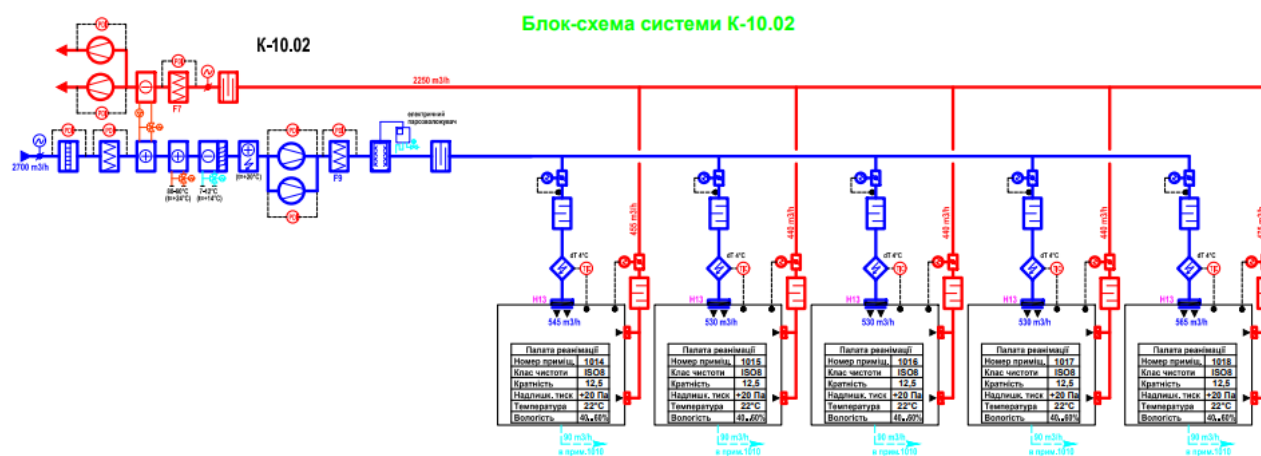


Рис. 4.2. Блок-схема системи К-10.01

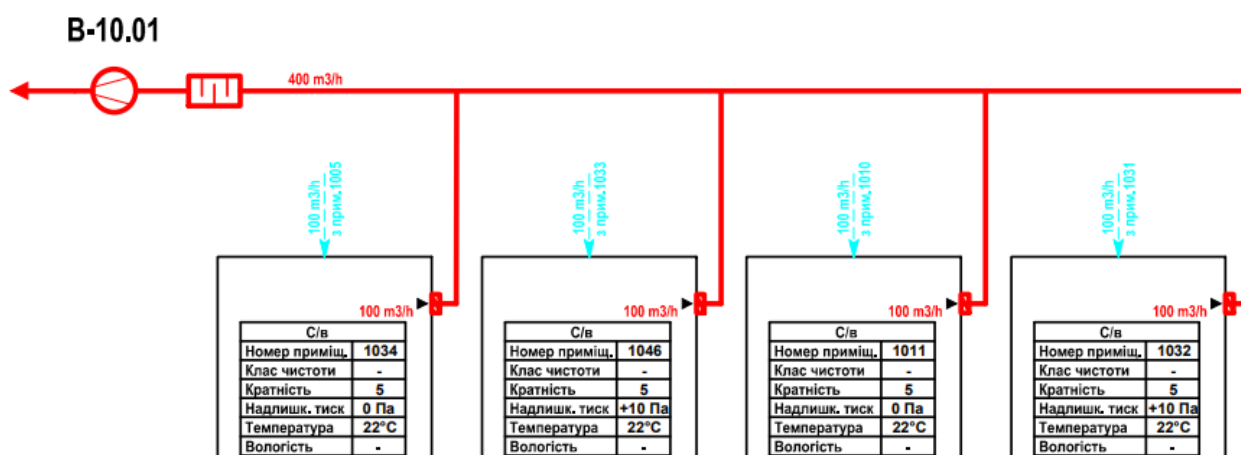


Рис. 4.3. Блок-схема системи вентиляції В-10.01

Блок-схема системи вентиляції В-10.02 представлено на рисунку 4.4.

Відповідно до блок-схем систем вентиляції та кондиціонування підбираємо обладнання. Система К-10.01 продуктивністю приплив $7330 \text{ м}^3/\text{год}$ та витяжка $7380 \text{ м}^3/\text{год}$. Система К-10.02 – приплив 2700 , витяжка – 2250 , а також окремі системи витяжки з санвузлів В -10.01 $400 \text{ м}^3/\text{год}$ та В-10.02 $300 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підбираємо обладнання фірми Rosenberg у медичному виконанні. Для подолання опору системи повітроводів, НЕРА фільтрів та обладнання яке

встановлене на повітроводах (клапана постійної витрати, клапана змінної витрати повітря, шумопоглиначі, решітки) обладнання має забезпечити припливну частину тиском 1000 Па, а витяжну 700 Па.

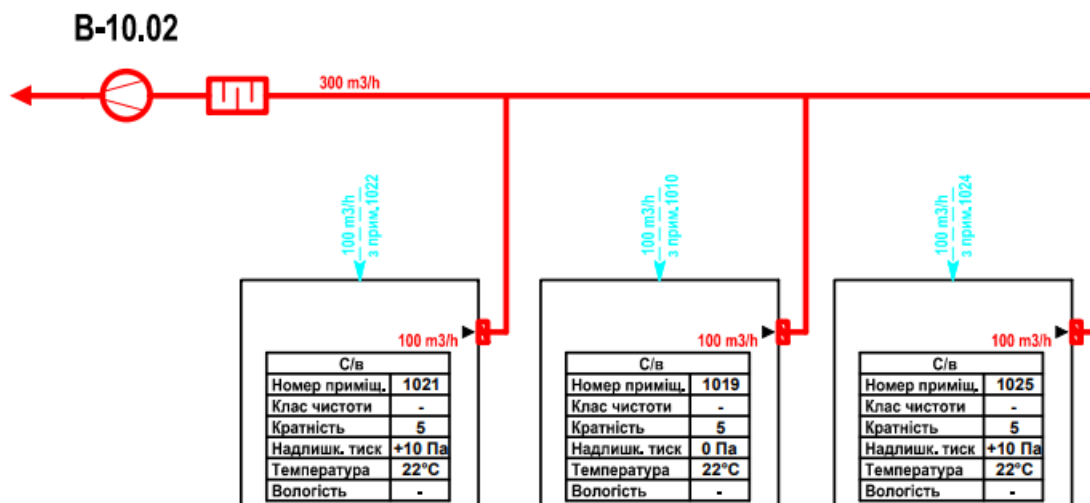


Рис. 4.4. Блок-схема системи вентиляції В-10.02

Побудуємо блок-схеми для систем кондиціонування та вентиляції приміщень реанімаційного блока та розрахуємо кількість повітря яке потрібно подати та видалити для кожного приміщення 11-го поверху.

Для підготовки повітря, яке подається на кондиціонери, що обслуговують приміщення операційних та забезпечення приміщень, які входять в чисту зону але не відносяться до операційних, припливним та витяжним повітрям запроектуємо систему вентиляції та кондиціонування (центральный кондиціонер) К-11.01. Блок-схему системи К-11.01 представимо на рис. 4.5.

Для забезпечення мікрокліматом приміщень, таких як стерильна зона ЦСВ, санпропускник та кімнати прибирального інвентарю запроектуємо окрему систему К-11.06. Блок-схему системи К-11.06 представимо на рис. 4.6 та Додатку Б. Представимо блок-схеми систем Блок-схему системи К-11.01-К-11.05 та В-11.01 на рис.4.5 та Додатку Б.

Блок-схема систем К-11.01...К-11.06, В-11.01

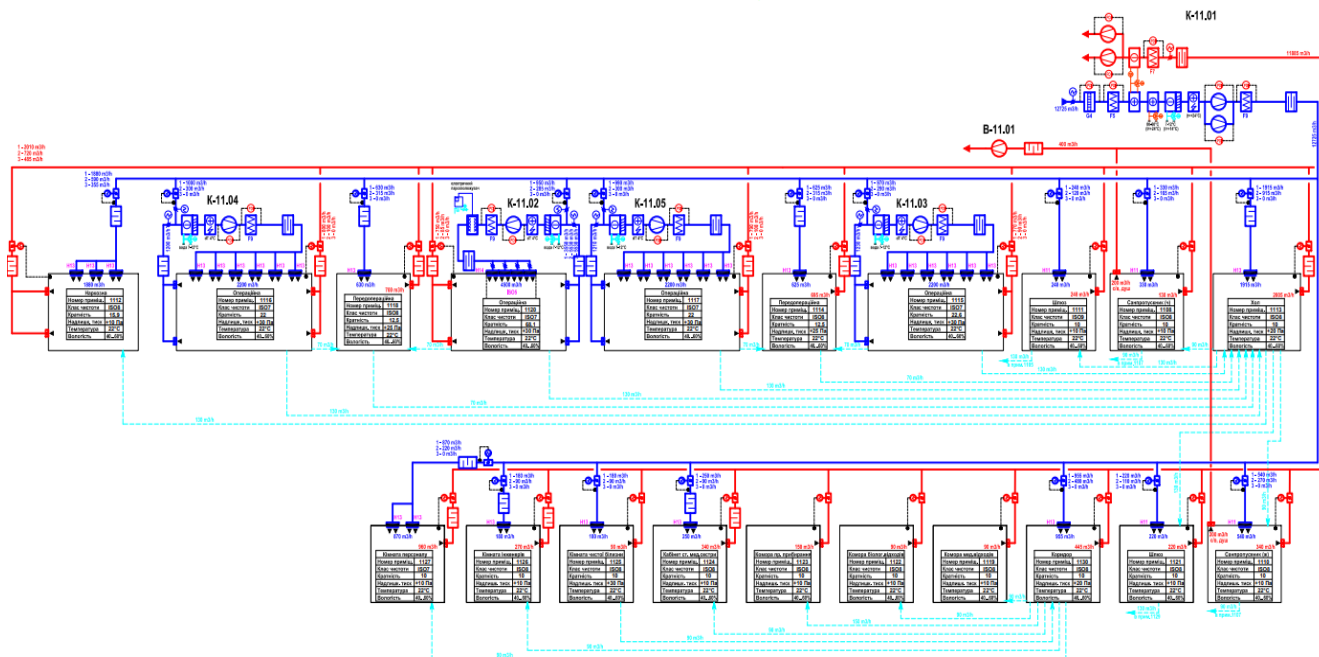


Рис. 4.5. Блок-схему системи К-11.01-К-11.06 та В-11.01

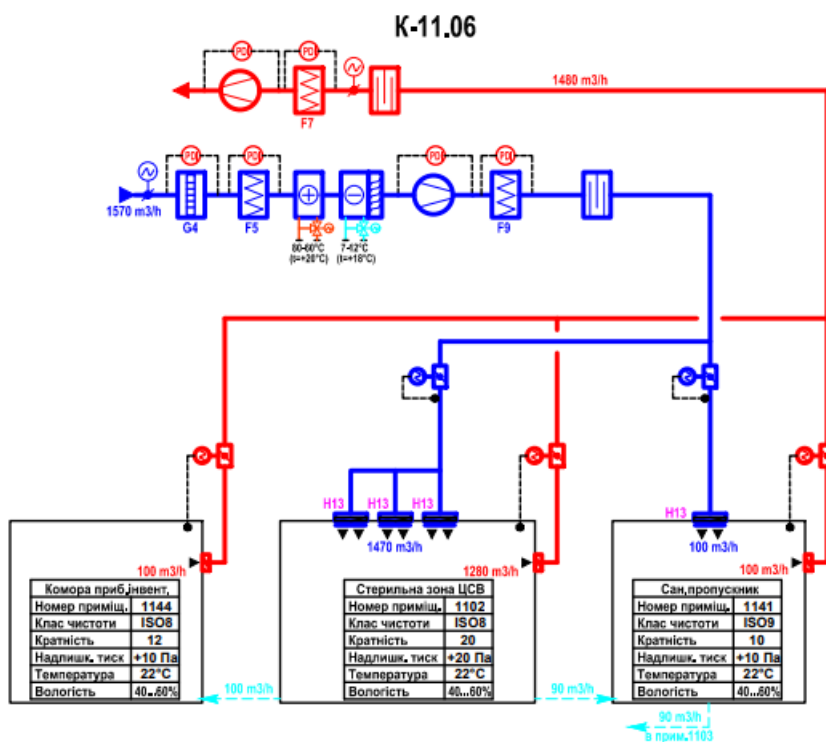


Рис. 4.6. Блок-схему системи К-11.06

Для забезпечення кратності повітрообміну та заданого мікроклімату кожній операційній запроєктуємо окремий кондиціонер-доводчик з рециркуляцією та

підмісом свіжого повітря для забезпечення санітарних норм. Це системи К-11.02, К-11.03, К-11.04, К-11.05, рис.4.5.

Для видалення повітря з сан вузлів та душових чоловічого та жіночого санпропускників запроєктуємо окрему систему витяжки В-11.01, рис.4.5.

Підрахувавши загальну кількість припливного повітря, кількість повітря яке потрібно видалити з приміщення та рециркуляційного в операційному блоку отримаємо наступні дані:

Система К-11.01:

- Припливне повітря – 12725 м³/год;
- Повітря що видаляється – 11885 м³/год.

Система К-11.02:

- Повітря що подається в операційну – 4500 м³/год;
- Припливне повітря – 950 м³/год;
- Повітря що видаляється – 760 м³/год;
- Рециркуляційне повітря – 3550 м³/год.

Система К-11.03:

- Повітря що подається в операційну – 2200 м³/год;
- Припливне повітря – 970 м³/год;
- Повітря що видаляється – 770 м³/год;
- Рециркуляційне повітря – 1230 м³/год.

Система К-11.04:

- Повітря що подається в операційну – 2200 м³/год;
- Припливне повітря – 1000 м³/год;
- Повітря що видаляється – 800 м³/год;
- Рециркуляційне повітря – 1200 м³/год.

Система К-11.05:

- Повітря що подається в операційну – 2200 м³/год;
- Припливне повітря – 950 м³/год;
- Повітря що видаляється – 790 м³/год;
- Рециркуляційне повітря – 1210 м³/год.

Система К-11.06:

- Припливне повітря – 1570 м³/год;
- Повітря що видаляється – 1480 м³/год;

Система В-11.01:

- Повітря що видаляється – 400 м³/год.

Надлишкове повітря виштовхується в приміщення які не відносяться до чистої зони.

Відповідно до блок схем систем вентиляції та кондиціонування підбираємо обладнання. Система К-11.01 має продуктивністю припливу 12725 м³/год., та витяжки – 11885 м³/год., система К-11.02 має приплив – 4500 м³/год., система К-11.03 – К-11.05 має приплив 2200 м³/год., К-11.06 має приплив 1570 м³/год., витяжки – 1480 м³/год., а також окрема системи витяжки В -11.01 – 400 м³/год.

Наступним етап проектування є вибір обладнання та прокладання схем повітроводів на архітектурні плани.

4.2. Розробка схем прокладання повітроводів на архітектурні плани

Підбираємо обладнання фірми Rosenberg у медичному виконанні [28]. Для подолання опору системи повітроводів, НЕРА фільтрів та обладнання яке встановлене на повітроводах (клапана постійної витрати, клапана змінної витрати повітря, шумопоглиначі, решітки) обладнання має забезпечити припливну частину тиском 1000 Па, а витяжну - 700 Па. Для витяжної системи В -11. 01 використаємо каналний вентилятор виробництва Вентс продуктивністю 400 м³/год. при опорі системи в 400 Па.

Наносимо схему прокладання повітроводів на архітектурні плани, враховуючи проведені розрахунки, прийняті концептуальні проектні рішення та габарити вибраного обладнання, розроблені блок-схеми. Схеми розміщення повітроводів по 10-му та 11-му поверхах представлено на рисунках 4.7-4.8 відповідно.

Розроблено блок-схеми формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медзакладі. Особливістю даних рішень є введення центрального кондиціонера для забезпечення функціонування системи. Для забезпечення кратності повітрообміну та заданого мікроклімату кожній операційній запроектуємо окремий кондиціонер-доводчик з рециркуляцією та підмісом свіжого повітря для забезпечення санітарних норм. Для видалення повітря з сан вузлів та душових чоловічого та жіночого санпропускників спроектовано окрему систему витяжки. Надлишкове повітря виштовхується в приміщення які не відносяться до чистої зони.

2. Розроблено схеми прокладання повітроводів на архітектурні плани приміщень.

РОЗДІЛ 5. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК

5.1. Структурна модель управління для розподілених систем вентиляційних установок

В результаті дослідження одного з операційних блоків медичного центру, який розташовано на 11-му поверсі та схеми системи вентиляції, для цього приміщення, було прийняте рішення, що для забезпечення належної якості та кількості повітря необхідним є розробити систему автоматизації для чотирьох систем кондиціонування, які забезпечують мікроклімат безпосередньо в операційних, та двох припливно витяжних систем, які підготовлюють повітря для цих систем та забезпечують вентиляцію інших приміщень чистої зони.

Згідно вимог замовника, в системі вентиляції приміщень інтенсивної терапії повинне бути передбачено підігрів та охолодження повітря, в інших системах – тільки підігрів. Керування системою повинно бути централізованим.

Проведений аналіз підходів до автоматизації [29-31], предметної області дослідження та вимог до вентиляції чистих приміщень дозволив сформулювати структурну схему автоматизованої системи управління системою кондиціонування, яка представлена на рисунку 5.1 та Додатку Д.

Як видно з рис.5.1. автоматизована система складається з трьох модулів. М1-М3. Модуль М1 є вхідним блоком, який відповідає за зчитування даних з вимірювальної апаратури, які необхідні для прийняття рішення. Модуль 2 – блоком по переробці інформації та прийняття рішення. Даний блок є центральним блоком, який обробляє інформацію, що надходить з вимірювальної апаратури та приймає відповідне рішення щодо необхідних дій в системі. Модуль М3 є вихідним блоком, який призначений для керування механічними пристроями (виконавчими механізмами). Розглянемо детально кожен блок та його компоненти.

До складу модулю М1 входять шість блоків датчиків, кожен з яких відповідає за моніторинг відповідної підсистеми.

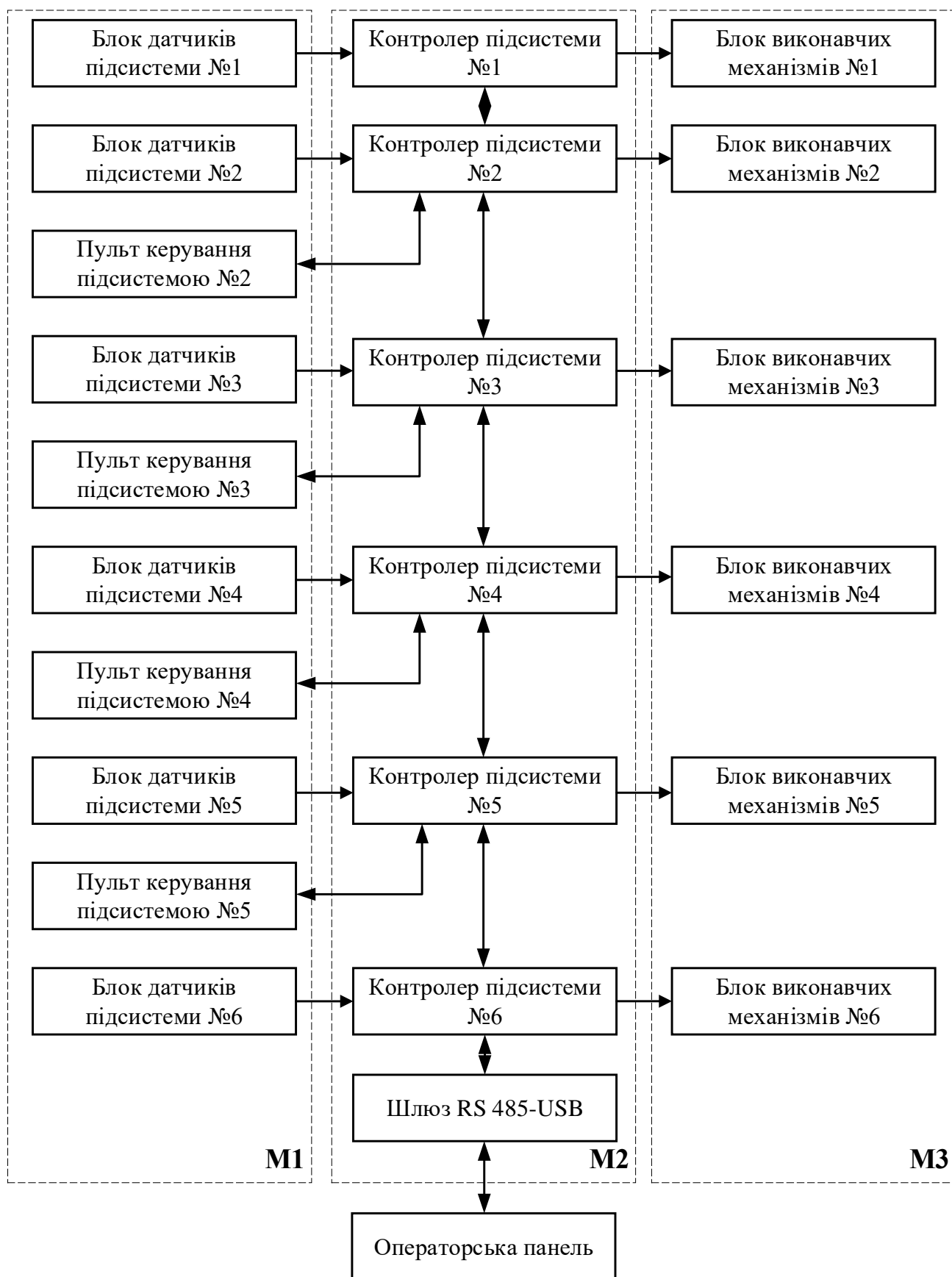


Рис. 5.1. Структурна схема автоматизованої системи управління системою кондиціонування

Розглянемо в межах нашого проекту систему автоматизації системи кондиціонування однієї операційної, візьмемо K11-03:

- датчик температури повітря в приміщенні, $T_{\text{прим}}$ (T5);
- датчик температури припливного повітря, $T_{\text{пп}}$ (T3);
- датчик різниці тиску вентилятора, $P_{\text{в}}$ (PDI);
- датчик різниці перепаду тиску на фільтрі, $P_{\text{ф}}$ (PDI);
- датчик витрати повітря, DPS
- термостат перегріву електрокалорифера, $T_{\text{кал}}$;
- пульт керування підсистемою ПКМ.

Так як підсистеми 1-3 мають однакову структуру, то відповідно, блоки датчиків у цих підсистем та виконавчих механізмів буду однакові, рис. 5.2 та рис.5.3.

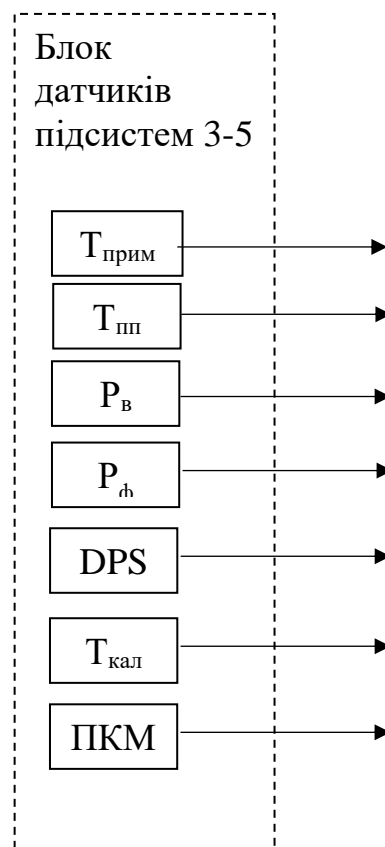


Рис.5.2. Структурна схема блоку датчиків підсистеми 3

До складу модулю M2 входить програмований логічний контролер (ПЛК), який використовується для автоматизації процесів управління виконавчими

механізмами системи. Проводить обробку інформації з пристроїв модулю М1 та, на підставі обробки отриманої інформації, виробляє рішення щодо управління виконавчими механізмами модулю М3.

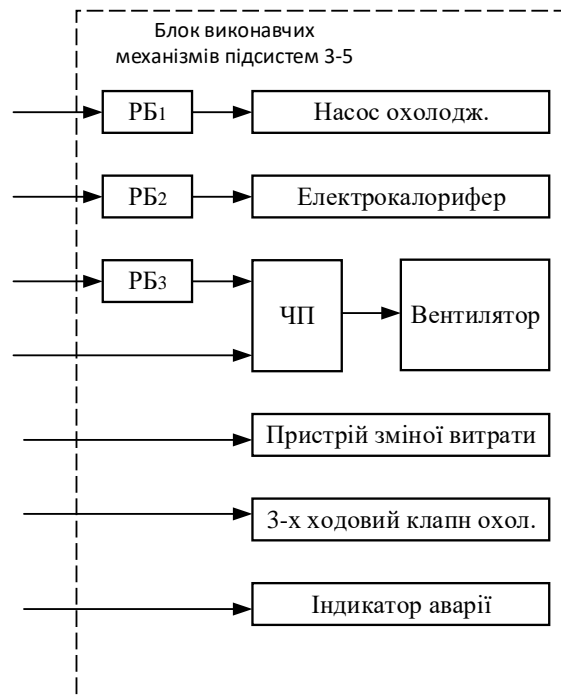


Рис.5.3. Структурна схема блоку виконавчих механізмів підсистем 3

Блок виконавчих механізмів підсистеми 3 включає, рис.5.3:

- релейні блоки, РБ₁ – РБ₃;
- пристрій змінної витрати повітря, З_{звп};
- вентилятор притоку, В_{пр};
- електрокалорифер, К;
- насос охолоджуючої рідини Н;
- трьох ходовий клапан водяного охолоджувача;
- пристрій індикації аварії, І_а
- частотний перетворювач припливного вентилятора ЧП.

Для віддаленого управління розробленою системою пропонується наступна модель взаємодії компонентів системи, яка представлена на рисунку 5.4.

Модель передбачає організацію передачі даних через звиту пару, використовуючи інтерфейс RS-485, використовуючи протокол Modbus-RTU.



Рис. 5.4. Модель взаємодії централізованої системи віддаленого управління

Центральна панель керування дозволяє неперервно отримувати та записувати в архів всі данні про роботу автоматичної системи управління установками кондиціонування, зокрема:

- переглядати поточні параметри роботи інженерної системи і вносить корегування в її роботу (включати/виключати обладнання, змінювати значення параметрів регулювання, встановлювати часові графіки роботи обладнання і т.д.;
- проводити аналіз даних з архіву та журнали подій та на основі проведеного аналізу вносити корегування в роботу обладнання.

З використанням мережі Інтернет та мобільного пристрою (планшет, ноутбук, смартфон) або стаціонарного ПК, який повинен мати інтернет-браузер з

підтримкою HTML5, можна використовувати WEBсервер для віддаленого контролю або включення/виключення систем. Встановлення ніяких додаткових програм не вимагається. Центральна панель керування (ПКЦ) повинна мати статичну IP-адресу в мережі Інтернет.

Зчитування даних з вимірювальної апаратури відбувається з контролера та відображається на екрані ПКЦ в інтерфейсі програмного продукту в режимі реального часу. При необхідності можливо вносити зміни в роботу установок кондиціонування в режимі реального часу.

Проведений аналіз призначення та задач кожного структурного модулю системи дозволяє визначити вимоги до функцій підсистеми та провести вибір обладнання. Розроблена система є інтегрованою системою. Вона може працювати, як в автоматичному режимі, так і в ручному режимі. В автоматичному режимі роботи система проводить зчитування даних з датчиків, їх обробку та керування виконавчими механізмами для підтримки встановлених параметрів мікроклімату в приміщенні. З іншої сторони, для її роботи необхідним є участь людини для зняття аварії, коригування роботи, налаштування параметрів, включення та виключення.

Блок живлення модулю 2 являє собою понижуючі трансформатори з 220 В на 24 В для кожної із підсистем.

5.2. Розробка функціональної схеми управління кондиціонуванням операційного блоку

Виходячи з розробленої структурної схеми функціональних модулів системи та ретельного аналізу вимог до системи та об'єкту розміщення, проводимо розробку функціональної схеми. Запропонована функціональна схема системи представлена на рисунку 5.5 та Додатку Е.

Як видно з рисунку 5.5 на функціональній схемі показано підключення виконавчих механізмів та вимірювальної апаратури до контролера відповідної системи із зазначення типу входів/виходів. Крім того з даної схеми видно закріплення вимірювальної апаратури та виконавчих механізмів за підсистемами.

З'єднання контролерів між собою та з операторською панеллю відбувається через інтерфейс RS485.

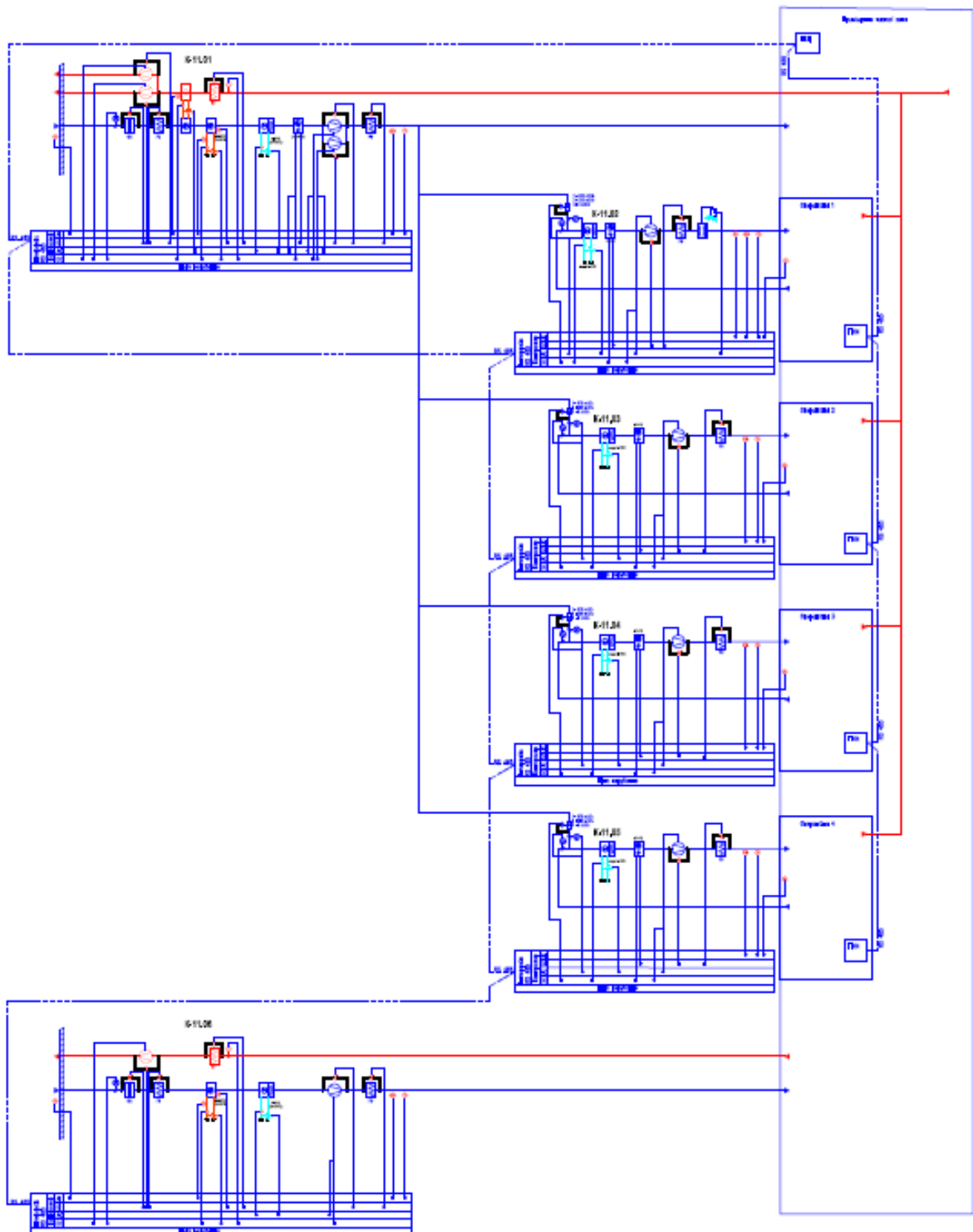


Рис. 5.5. Функціональна схема системи управління кондиціонування операційного блоку

Для підсистем 3 об'єктами управління виступають: сервопривід пристрою змінної витрати повітря, сервопривід трьох-ходового клапана водяного охолоджувача, електродвигун насоса охолоджуючої рідини, електродвигун припливного вентилятора які подають повітря в приміщення, електрокалорифера, які підігрівають повітря за необхідності. Крім того, в даній підсистемі передбачене плавне регулювання обертами двигуна припливного вентилятора за рахунок частотного перетворювача (ЧП), що дає нам підтримувати на HEPA фільтрах постійну витрату повітря. Підчас роботи системи кондиціонування фільтра мають властивість забруднюватися, а це означає що вони створюють більший опір повітрю яке проходить через них. Для того щоб система кондиціонування не зменшила свою продуктивність по повітрю потрібно збільшити частоту двигуна вентилятора, що приведе до збільшення продуктивності вентилятора.

Умовні позначення, що використовуються на функціональній схемі представлено на рис.5.6.












T1	Датчик температури зовнішнього повітря	AO	Аналоговий вихід контролера
T2	Датчик температури зворотньої води	DO	Дискретний вихід контролера
T3	Датчик температури припливного повітря		Повітряний клапан з сервоприводом
T4	Датчик температури витяжного повітря після рекуператора		Трьох ходовий клапан з сервоприводом
T5	Датчик температури в приміщенні		Охолоджувач водяний
PDI	Датчик перепаду тиску		Водяний повітрянагрівач
DPS	Датчик витрати повітря		Електричний повітрянагрівач
H1	Канальний датчик вологості повітря		Парозволожувач
HS1	Гигростат		Фільтр
ПКЦ	Панель користувача центральна (основна)		Вентилятор
ПКМ	Панель користувача місцева		Насос
AI	Аналоговий вхід контролера		Клапан постійної витрати
DI	Дискретний вхід контролера		Частотний перетворювач

Рис.5.6. Умовні позначення

На наступному етапі необхідно провести вибір елементної бази для складання електричної принципової схеми системи та забезпечення визначеної функціональності.

5.3. Аналіз елементної бази системи управління кондиціонування операційного блоку

Для належного функціонування системи була підібрана елементна база. Для забезпечення працездатності модулю М1 проведемо вибір обладнання. В якості датчика вимірювання температури припливного повітря, та датчика температури в приміщенні будемо використовувати каналний датчик температури STa-01, рис. 5.7.



Рис. 5.7. Зовнішній вигляд датчика температури в каналі

Датчика температури в приміщенні встановимо в повітроводі через який повітря забирається з приміщення на рециркуляцію. Технічні характеристики датчика представлено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Технічні характеристики датчика температури

		STa-01
Параметр, що вимірюється		Температура
Середовище вимірювання		Повітря
Тип датчика		Термометр опору Pt1000
Діапазон измерения		(-30...+50) °C
Клас точности		±0.5 °C
Вихідний сигнал		Pt1000
Спосіб монтажу		Попружний в повітровід кріплення фланець
Корпус	ступінь захисту	IP54
	тип	T6
Спосіб підключення		Клемник

В якості пристрою для включення та виключення системи з місця встановлення щита керування використовуємо кнопку РРВВ-30N «I-O» d30 мм неон/230 В 1з+1р, зовнішній вигляд якого представлено на рис.5.8.



Рис. 5.8. Кнопка для включення/виключення системи

Технічні характеристики:

- штовхачі кнопок
- зусилля натиснення: 0,8 кг
- матеріал:
- пластик поліамід и полікарбонат;
- робоче положення: любе;
- робоча температура: -40...+60°C;
- ступень захисту: IP20;
- контактні елементи
- номінальний струм: 3 А (при 240 V AC);
- номінальна напруга 690 V AC;
- опір контакту: < 20 мОм;
- електрична стійкість: 106 циклів.

В якості датчика підтвердження роботи припливного вентилятора використовуємо Датчик-реле різниці тиску ADPS (PDI), рис. 5.9. Технічні характеристики датчик-реле різниці тиску ADPS представлено у таблиці 5.2.



Рис. 5.9. Зовнішній вигляд датчик-реле різниці тиску ADPS

Таблиця 5.2

Технічні характеристики датчик-реле різниці тиску ADPS

Застосування	повітря, сумісні негорючі гази
Роб, діапазон (загальний), кПа	0...10
границі уставок	20 .400 Па
Макс. тиск	10 кПа
Уставка	
Контактуючі матеріали	сілікон. полістирен, поліамид 6.6
Діапазон температур	-20...85°C
Характеристики вих. реле	1 .SA (250V AC)
Під'єднання	трубка 6,0 ММ.
Ступінь захисту	IP54
Розміри (В x Ш x Г)	70x70x58

Для виміру витрати повітря в каналі використовуємо датчик диференціального тиску DPSPF-2K0 -2, рис. 5.10.



Рис. 5.10. Зовнішній вигляд датчику диференціального тиску DPSPF- K0 -2

Технічні характеристики датчику:

Аналогові виходи : 1 x (0-10 VDC / 0-20 mA / ШІМ);

Діапазон: 100 – 2.000 Па;

Ступінь захисту: IP65;

Протокол обміну Modbus RTU: є;

Живлення: 15–24 VAC / 18–34 VDC / PoM

Проводимо вибір обладнання для М2. В якості програмованого логічного контролеру для системи К1 вибираємо контролер MaxyCon Flexy-M2-A1 [32] представлено на рисунку 5.11.

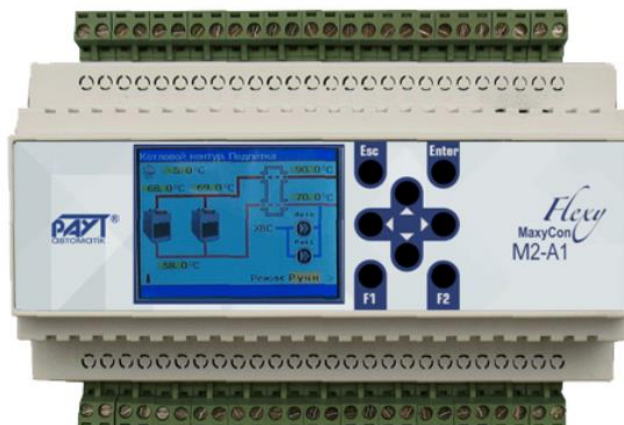


Рис.5.11. Зовнішній вигляд контролеру Freemax MX-S2

Технічні характеристики контролеру представлено в таблиці 5.3

Таблиця 5.3

Технічні характеристики контролеру Freemax MX-S2

Напруга живлення	~24 В, 50 Гц, =24 В	
Споживана потужність, не більше	10 Вт	
Програмування *	середовище розробки RAUT Qubix та стандартні мови програмування FBD/CFC та ST по стандарту IEC 61131-33	
Входи універсальні	аналогові Pt1000, Ni1000, (0 - 10) В, (0 - 20) мА, (4-20) мА або дискретні з внутрішнім джерелом живлення (з комутацією нуля), не більше 5 Гц з довжиною імпульсу не менше 0.1 с	14 шт. у будь-якій конфігурації
Виходи	аналогові -(0-10) В, 20 кОм	6 шт.
	дискретні беспотенціальні 6 А, ~250 В	10 шт.
Інтерфейси **	RS-485 (протоколи MODBUS-RTU або UNIVERS)	1 шт.
	Ethernet (протокол MODBUS-TCP)	1 шт.
	MQTT	1 шт.
Тип клавіатури	механічна	
Спосіб зв'язку	з модулями розширення	провідний
Корпус	ступінь захисту	IP 20
	монтаж	На DIN-рейку
Підключення	дріт, перерізом не більше 1 мм ²	

Для забезпечення функціонування модулю М3 проводимо вибір виконавчих механізмів. Для забезпечення змінної витрати свіжого повітря використаємо пристрій фірми BELIMO VAV-терминал + LMV-D3-MP, рис.5.12.



Рис.5.12. Зовнішній вигляд VAV-терминал + LMV-D3-MP

Технічні характеристики VAV-терминалу + LMV-D3-MP представлено у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Технічні характеристики VAV-терминалу + LMV-D3-MP

Напруга живлення	АС 24 В, 50/60 Гц, DC 24 В
Діапазон напруги живлення	АС 19,2...28,8 В, DC 21,6...28,8 В
Потужність -споживання -розрахункова	2 Вт 4 ВА (макс. 8А @ 5мс)
Датчик перепаду тиску	2... *300 Па (верхня межа може відрізнятись для VAV-камер різних OEM)
Зусилля	5 Нм
Максимальний робочий тиск	1000 Па
Положення установки	Довільне, при зміні положення установки перезапуску не потребує
Робоче середовище	Припливне та витяжне повітря
Матеріали	PC + ABS по UL94-V0; нержавіюча сталь, DIN 1.4301 X10CrNiS1810; PP Santoprene
Умови експлуатації	Температура 0...+50 °С, вологість 5...95% (без конденсації)
Функціонування	VAV-CAV або системи з зовнішнім управляючим сигналом
Робочі уставки витрати повітря	
V _{nom}	Встановлюється виробником VAV-терминалу індивідуально для кожного виробу
V _{max}	30... 100% от V _{nom}
V _{min}	0... 100% от V _{nom}
V _{mid}	0... 100% от (V _{min} ...V _{max})
Управління	
Управляючий сигнал Y	- DC 2... 10 В / (4...20 мА з опором 500 Ом) - DC 0... 10 В / (0.. .20 мА з опором 500 Ом) - налаштовується в межах DC 0... 10 В (вхідний опір мін. 100 кОм)

Для регулювання продуктивністю вентилятором вибираємо частотний перетворювач фірми Danfoss, серії Micro Drive FC 51, зовнішній вигляд якого представлено на рис.5.13.



Рис.5.13. Зовнішній вигляд VAV-терминал + LMV-D3-MP

Провівши вибір обладнання переходимо до розробки електричної принципової схеми системи управління.

5.4. Блок схема алгоритму роботи підсистеми

Узагальнюючий алгоритм функціонування підсистеми представлена на рисунку 5.14 та в Додатку Ж. На даному алгоритмі представлено узагальнену роботу системи К11- 3, яка забезпечує мікрокліматом приміщення операційної 1115. Як видно з рисунку 5.14 операції, що пов'язані з зняттям аварії (блок 17,18)

включення (блок 5) та вимкнення системи (блок 23) проводяться людиною крім випадків, передбачених аварійним вимкненням системи.

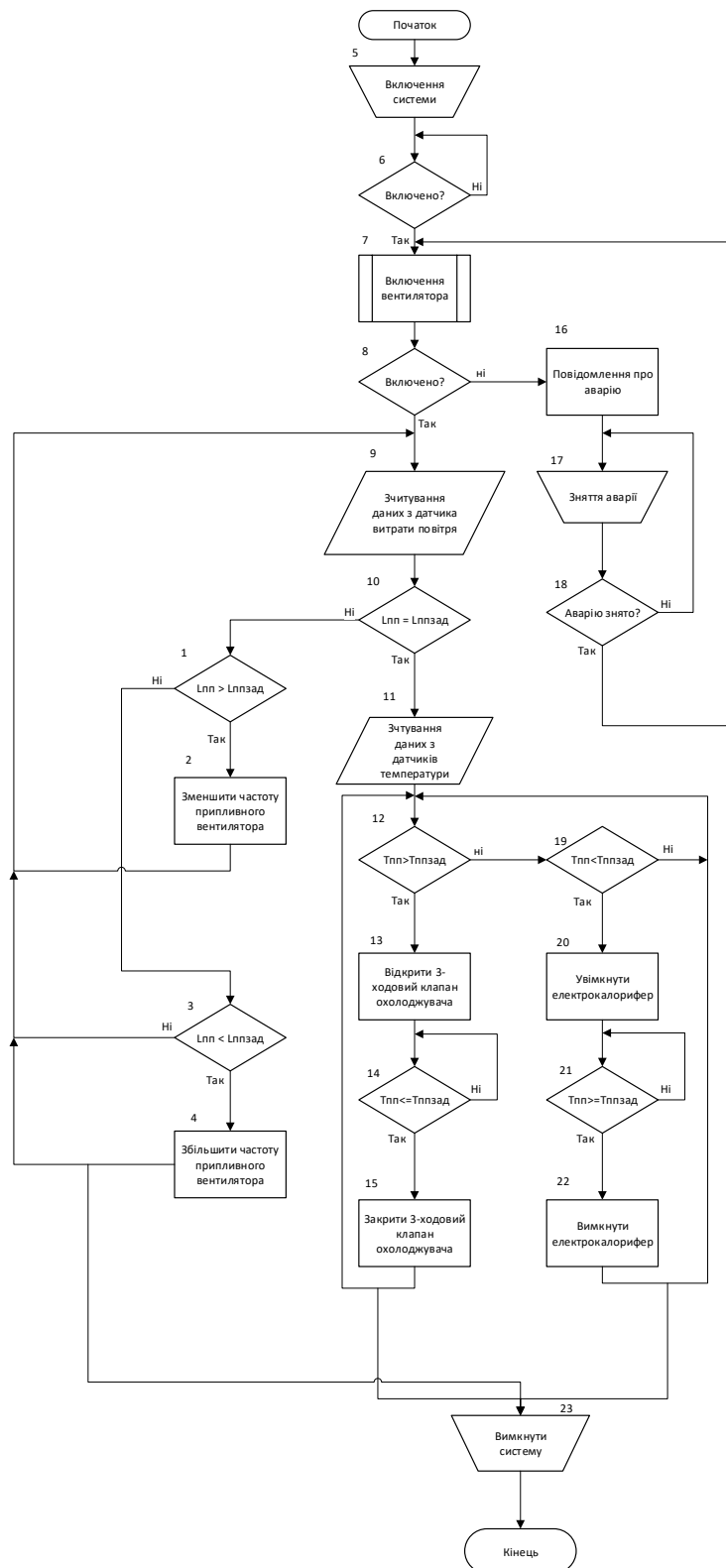


Рис. 5.14. Узагальнюючий алгоритм функціонування підсистеми 4 (К1)

Початок роботи системи починається з її включенням людиною (оператором) через операторську панель, або на щиті управління, через кнопку ввімкнення. Система перебуває у стані спокою, поки не отримає сигналу про включення системи (блок 5). Далі відбувається включення вентиляторів (блок 7) та перевірка включення вентилятору (блок 8) за рахунок даних з датчика різниці тиску PDI. На наступному етапі проводиться зчитування даних з датчика витрати повітря (блок 9). Далі проводиться перевірка отриманих даних з датчика витрати припливного повітря DPS та заданим в системі (блок 10).

В залежності від отриманих результатів система переходить до зчитування датчиків температури (блок 11), якщо витрата повітря дорівнює заданій, якщо ж ні тоді перевіряється чи витрата повітря більше заданої чи ні (блок 1). Якщо витрата повітря більше заданої на частотному перетворювачу зменшується частота роботи припливного вентилятора (блок 2). Якщо витрата повітря не відповідає умові, перевіряємо чи витрата повітря не менше заданої (блок 3). Якщо витрата менша збільшується частота роботи вентилятора (блок 4). Потім знову перевіряється рівність витрата рівна заданій (блок 9). Перейшовши до зчитування даних з датчиків температури (блок 11) перевіряємо $T_{пп} > T_{ппзад}$ (блок 12).

Якщо температура більше то відкривається трьохходовий клапан подачі охолоджуючої рідини на охолоджувач повітря, потім перевіряється умова $T_{пп} \leq T_{ппзад}$ (блок 14), якщо $T_{пп}$ відповідає умові, то закривається трьохходовий капан охолоджувача (блок 15), після чого повертаємося до перевірки умови $T_{пп} > T_{ппзад}$ (блок 12).

Якщо $T_{пп} > T_{ппзад}$ (блок 12) не відповідає дійсності то перевіряється на відповідність умова $T_{пп} < T_{ппзад}$ (блок 19). Якщо умова здійснюється, то вмикається електрокалорифер (блок 20). Далі перевіряється умова $T_{пп} \geq T_{ппзад}$ (блок 21), якщо умова відповідає дійсності, вмикається електрокалорифер (блок 22) і повертаємося до перевірки умови $T_{пп} > T_{ппзад}$ (блок 12). Якщо ні то чекаємо поки не здійсниться умова.

За бажанням на будь-якому етапі можна провести виключення системи (блок 23).

Висновки до п'ятого розділу

1. В результаті дослідження одного з операційних блоків медичного центру, який розташовано на 11-му поверсі та схеми системи вентиляції, для цього приміщення, було прийняте рішення, що для забезпечення належної якості та кількості повітря необхідним є розробити систему автоматизації для чотирьох систем кондиціонування, які забезпечують мікроклімат безпосередньо в операційних, та двох припливно витяжних систем, які підготовлюють повітря для цих систем та забезпечують вентиляцію інших приміщень чистої зони.

2. Проведений аналіз підходів до автоматизації, предметної області дослідження та вимог до вентиляції чистих приміщень дозволив сформуванню структурну схему автоматизованої системи управління системою кондиціонування, яка включає вхідний модуль, який відповідає за зчитування даних з вимірювальної апаратури, які необхідні для прийняття рішення; модулю обробки інформації та прийняття рішення; вихідного блоку, який призначений для керування виконавчими механізмами.

3. В результаті проведених досліджень та на підставі розробленої структурної схеми функціональних модулів проведено розробку функціональної схеми системи. Для забезпечення функціонування розроблених структурної та функціональної схем системи управління проведено вибір елементної бази системи.

4. Розроблено узагальнюючий алгоритм функціонування підсистеми

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Впровадження в практику будівельного виробництва ринкових відносин

Впровадження в практику будівельного виробництва ринкових відносин допускає значну інтенсифікацію праці, істотне підвищення її продуктивності на основі застосування нових матеріалів, конструкцій, технологій, методів управління й організації будівництва.

Із збільшенням присутності ринкових відносин в практиці будівельного виробництва підвищується інтенсивність праці [33-36], також підвищення її продуктивності за рахунок застосування нових технологій, матеріалів, організації будівництва та методів управління.

Як ми знаємо, таке явище, як травматизм, формується на робочих місцях будівельних майданчиках під впливом великої кількості суб'єктивних факторів, комплексу несприятливих факторів присутніх на виробництві психофізіологічного та соціального навантаження, а також від того як відносяться керівництво, інженерно-технічний склад працівників та самі робітники до питань охорони праці.

Психологи праці вважають, що одним з основних елементів системи забезпечення безпеки праці є позитивне та відповідальне ставлення до питань з охорони праці. Позитивне ставлення до питань охорони праці визначається такими факторами:

- наявністю необхідних знань, що визначається рівнем отриманого навчання, регулярним поповненням і відповідним контролем отриманих знань;
- наявністю чітко визначеної відповідальності за допущені порушення вимог норм і правил охорони праці;
- ефективним і систематичним контролем реалізації отриманих знань на практиці;
- наявністю системи стимулювання за досягнуті результати в галузі охорони праці ;
- рівнем і якістю проведення агітаційно-пропагандистської роботи.

Ще однією важливою умовою підвищення рівня стану безпеки праці на будівельних майданчиках є профілактична робота, яку проводять інженерно-технічні працівники, та підвищення її рівня [34-36].

6.2 Робота з електродвигунами та щитом автоматики управління

Перед тим як приступити до будь-якої роботи по обслуговуванню електроприводу, необхідно перевірити стан захисного заземлення при знятій напрузі [34-36]. У відсутності напруги на електроприводі впевнюються за допомогою покажчика напруги, при наближенні якого до частини електроустановки, яка завідомо знаходиться під напругою, він повинен підтверджувати наявність напруги.

При оглядах елементів працюючого електроприводу не слід наближатися до струмоведучих частин електроустановки, необхідно проявляти обережність при очищенні елементів електроприводу, тому що такі роботи, що виконуються без зняття напруги, створюють небезпеку для виконавця. Всі роботи слід проводити спочатку вимкнувши напругу на щиті управління. Перш ніж приступити до роботи безпосередньо в самому щиті автоматики, заздалегідь потрібно відключити на нього подачу напруги. Ремонтні роботи варто проводити з обережністю. Інструменти повинні бути з проізолюваною ручкою. Якщо виникає необхідність безпосередньо мати справу з кабелями, то варто це робити або в захисних рукавицях, або відключивши весь щит від мережі.

6.3 Робота з фреоновими установками

До обслуговування вентиляційного обладнання з фреоновими установками допускаються робітники, які не мають медичних протипоказань, які пройшли спеціальне навчання, ввідний, інструктаж та первинний інструктаж на робочому місці, а також інструктажі по пожежній та енергобезпеці.

При обслуговуванні вентиляційних систем можливий вплив на робітника наступних небезпечних виробничих факторів:

- рухомі частини вентилятора (крильчатки, вал);

- недостатнє освітлення робочої зони;
- нестійкість або несправність засобів, для роботи на висоті;
- дія електричного струму;
- загазованість повітря приміщення холодоагентом.

Перед початком роботи людина, котра обслуговує дану установку має:

- Одягти справний робочий одяг і взуття. При цьому не повинно бути звисаючих кінців, що скріплюють одяг, гострих предметів, предметів, що б'ються в кишенях;

- Зовнішнім оглядом перевірити робочі місця, переконатися в їх достатній освітленості, справних і незахарачених підходах;

- Попередити працівників про початок робіт з обслуговування вентиляційних систем;

- При необхідності знеструмити електродвигуни вентиляційних агрегатів, вивісити відповідні таблички на кнопки включення;

При виявленні несправності застосовуваних інструментів, пристосувань, засобів захисту чи неготовності робочих місць слід призупинити роботу, повідомити про це свого безпосереднього керівника і діяти з урахуванням отриманих вказівок.

При проведенні технічних робіт робітнику потрібно:

- працювати із застосуванням засобів індивідуального захисту (спецодяг, спецвзуття, рукавиці та ін.);

- знати місцезнаходження засобів надання першої (долікарської) допомоги, первинних засобів пожежогасіння, головних та запасних виходів із приміщення на випадок аварії чи пожежі;

- вміти надати першу (долікарську) допомогу постраждалим при нещасному випадку;

- знати і дотримуватись правил особистої гігієни.

- під час запуску вентилятора робітник має відійти в сторону;

- не запускати вентиляційні агрегати без наявності огорожень обертових частин (з'єднувальні ліфти , приводні ремені, підходи до крильчатці).

– не включати харчування електродвигунів вентиляторів, якщо неізольовані струмоведучі частини (дроти, контакти тощо) не закриті спеціальними кожухами, а також за відсутності заземлення корпусу електродвигуна і огорожі електрообладнання.

– перед пуском вентиляційних агрегатів перевірити його справність і кріплення

– при виявленні ударів, підозрілого шуму, сильної вібрації на вентиляційному обладнанні необхідно вимкнути живлення електродвигуна, повісити попереджувальну табличку і повідомити черговому електрику або ремонтної службі.

– основними причинами електротравматизму можуть бути випадкові дотику до струмоведучих частин обладнання або до не токоведучих металевих частин обладнання, які можуть опинитися під напругою.

– при виявленні несправності електричних ланцюгів слід знеструмити несправний ділянку, повісити попереджувальну табличку, зробити запис у відповідному журналі і повідомити черговому електрику або ремонтної службі.

6.4 Охорона здоров'я під час виконання технічних робіт в відділенні

Перед виконанням роботи робітник зобов'язаний пройти інструктаж із техніки безпеки. Мало того, що із енергобезпеки, так і ще і з приводу безпеки у зв'язку із роботою в специфічних умовах.

Робітник так само, як і медичний персонал має дотримуватись певних правил санітарно-гігієнічного режиму і вимог охорони праці. Це стосується насамперед вимог, щодо спецодягу, обов'язкового миття в душі після закінчення роботи, вимог особистої гігієни. Наприклад при наявності на руках порізів та подряпин необхідно одягати гумові рукавички.

Йому забороняється:

- сідати на ліжка хворих;
- приступати до робіт без спецодягу;
- виходити після роботи із відділення у спецодязі;

- палити в палатах, коридорах і лабораторіях;
- використовувати речі хворих

Сукупність та дотримання даних правил дозволять мінімізувати несприятливий вплив певних чинників на здоров'я людини. Дотримання встановлених правил та інструкцій дозволить забезпечити безпечне виконання поставлених дань перед робітником та безпечну експлуатацію запропонованої системи.

Висновки до шостого розділу

Проведено аналіз організаційних вимог до охорони праці. Визначено небезпечні чинники та представлено інструкції щодо запобігання виникненню ситуацій, що можуть нанести шкоду здоров'ю та життю співробітників, що експлуатують та обслуговують систему.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу вимог до гігієни мікроклімату та повітряного середовища операційних приміщень медзакладів визначено класи чистоти приміщень до реалізації з допустимими складовими повітря та параметрами мікроклімату для операційних приміщень медзакладу. Аналіз способів регулювання мікроклімату високого класу чистоти дозволив визначити допустимий спосіб реалізації проектних рішень, а саме використання витіснення повітряного потоку за рахунок ламінарних та турбулентних потоків повітря.

2. Аналіз особливостей побудови систем вентиляції і кондиціонування високого класу чистоти дозволив виділити особливості систем вентиляції та кондиціонування, що дозволило визначити необхідність використання багатоступінчатої фільтрації; встановлення кондиціонерів з рециркуляцією повітря та центрального кондиціонера для підготовки свіжого повітря; створення надлишкового тиску стосовно сусідніх приміщень; використання CAV та VAV систем для регулювання параметрів витрат повітря та забезпечення надлишкового тиску. Встановлено, що конструкції та матеріали повітроводів, фільтрувальних камер та їх елементів повинні бути пристосовані для регулярного чищення та дезінфекції. Аналіз систем підготовки повітря для приміщень високого класу чистоти дозволив встановити, що для операційних приміщень даного медзакладу доцільним є використання систем вентиляції та кондиціонування з рециркуляцією повітря.

3. В результаті проведених досліджень приміщень 10-го поверху будівлі отримано 4 класи приміщень: особливо чисті – 1 приміщення; чисті – 16 приміщень; умовно чисті – 5 приміщень та брудні – 26 приміщень. В результаті проведених досліджень приміщень 11 поверху будівлі отримано 4 класи приміщень: особливо чисті – 5 приміщень; чисті – 17 приміщень; умовно чисті – 5 приміщень та брудні – 21 приміщення. Проведено класифікацію чистих приміщень і чистих зон за ISO 14644-1 з врахуванням розташування приміщень та технологічною особливістю прокладання повітропроводів.

4. Проведено розрахунок витрат припливного повітря у визначених приміщеннях заданого класу чистоти, який враховує надлишки тепла і вологи, виділення вуглекислоти, а також вимоги до допустимої концентрації колонієутворюючих одиниць (КУО). Здійснено підрахунок загальної кількості припливного повітря, що становить 10030 м³/год та кількість повітря яке потрібно видалити з приміщення в реанімаційному блоку – 10330 м³/год. Прийнято рішення щодо компенсування повітря для витяжних систем санвузлів з холу та коридорів які не відносяться до чистої зони, якого не вистачає за рахунок подачі з холу та коридорів які не відносяться до чистої зони. Прийнято ряд концептуальних рішень щодо проектування системи для формування мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медцентрі.

5. Враховуючи архітектурні плани розташування приміщень 10-го поверху, та можливість прокладання повітроводів прийнято рішення розділити систему вентиляції та кондиціонування на дві системи для зменшення площі перетину повітроводів, а відповідно і висоту, на яку опуститься підшивна стеля. Розроблено блок-схеми формування внутрішнього мікроклімату високого класу чистоти операційних приміщень в медзакладі. Особливістю даних рішень є введення центрального кондиціонера для забезпечення функціонування системи та . Для забезпечення кратності повітрообміну та заданого мікроклімату кожній операційній запроектуємо окремий кондиціонер-доводчик з рециркуляцією та підмісом свіжого повітря для забезпечення санітарних норм. Для видалення повітря з сан вузлів та душових чоловічого та жіночого санпропускників спроектовано окрему систему витяжки. Надлишкове повітря виштовхується в приміщення які не відносяться до чистої зони. Розроблено схеми прокладання повітроводів на архітектурні плани приміщень.

6. В результаті дослідження одного з операційних блоків медичного центру, який розташовано на 11-му поверсі та схеми системи вентиляції, для цього приміщення, було прийняте рішення, що для забезпечення належної якості та кількості повітря необхідним є розробити систему автоматизації для чотирьох систем кондиціонування, які забезпечують мікроклімат безпосередньо в

операційних, та двох припливно витяжних систем, які підготовлюють повітря для цих систем та забезпечують вентиляцію інших приміщень чистої зони. Проведений аналіз підходів до автоматизації, предметної області дослідження та вимог до вентиляції чистих приміщень дозволив сформувати структурну схему автоматизованої системи управління системою кондиціонування, яка включає вхідний модуль, який відповідає за зчитування даних з вимірювальної апаратури, які необхідні для прийняття рішення; модулю обробки інформації та прийняття рішення; вихідного блоку, який призначений для керування виконавчими механізмами. В результаті проведених досліджень та на підставі розробленої структурної схеми функціональних модулів проведено розробку функціональної схеми системи та здійснено вибір елементної бази системи. Розроблено узагальнюючий алгоритм функціонування підсистеми

7. Проведено аналіз організаційних вимог до охорони праці. Визначено небезпечні чинники та представлено інструкції щодо запобігання виникненню ситуацій, що можуть нанести шкоду здоров'ю та життю співробітників, що експлуатують та обслуговують систему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO14644 – 1:2009 (ISO14644 –1:1999, IDT). Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря – [Чинний від 2012-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 23 с. – (Національний стандарт України).

2. ДСТУ ISO14644 – 2:2009 (ISO14644 –2:2000, IDT). Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 2. Вимоги до контролювання і моніторингу для підтвердження відповідності ДСТУ ISO14644 – 1 – [Чинний від 2012-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 10 с. – (Національний стандарт України).

3. ДСТУ ISO14644 – 3:2007 (ISO14644 –3:2005, IDT). Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 3. Метрологія та методи вимірювання – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 54 с. – (Національний стандарт України).

4. ДСТУ ISO14644 – 4:2012 (ISO14644 – 4:2001, IDT). Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 4. Проектування, будівництво та введення в експлуатацію – [Чинний від 2013-07-01]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013. – 46 с. – (Національний стандарт України).

5. ДСТУ ISO14644 – 5:2012 (ISO14644 –5:2004, IDT). Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 5. Експлуатація – [Чинний від 2013-07-01]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013. – 42 с. – (Національний стандарт України).

6. ДБН В.2.2 – 10 – 2001. Заклади охорони здоров'я. Будинки і споруди – [Чинний від 2002-01-01]. – К.: Укрархбудінформ: Держбуд України, 2001. – 164 с. – (Нормативний документ Держбуд України. Державні будівельні норми, редакція від 20.09.2013 року).

7. Щербак Ю. Г., Щесюк О.В. Сучасні стандарти з чистих технологій – важлива складова розвитку медичної галузі [Електронний ресурс] // Збірник

наукових праць ОДАТРЯ. – 2017. – № 2(11). – С.11-15. Режим доступу: <https://odatrya.org.ua/index.php/osatrq/article/view/47/47>.

8. Медична кондиціонуєча техніка : [навчальний посібник] / О. В. Щесюк, Ю. Г. Щербак. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. – 124 с.

9. Що таке чисті приміщення і які критерії враховуються в процесі їх проектування? [електронний ресурс]. Режим доступу: https://gazeta.ua/articles/health/_so-take-chisti-primischennya-i-yaki-kriteriyi-vrahovuyutsya-v-procesi-yih-proyektuvannya/1056658.

10. Системи вентиляційні. Терміни та визначення : ДСТУ 2388-94. – [Чинний від 1994-03-17]. – К. : Держспоживстандарт України, 1994. – 10 с. – (Національний стандарт України).

11. Державних санітарних правил розміщення, улаштування та експлуатації оздоровчих закладів [Чинний від 1996-06-19 [електронний ресурс]]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0378-96#Text>.

12. Корбут, В., Ткаченко, Т., Мілейковський, В., Вахула, В., & Коновалюк, В. (2023). Оцінювання формування комфортних теплових умов і чистоти повітря зональними місцево-центральною системами кондиціонування повітря і санаційним фітодизайном. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 45, 5–20. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.45.5-20>.

13. Вадим КОРБУТ, Ярослав ЛУЧИЦЬКИЙ: Аналіз автоматичного управління режимами роботи систем кондиціонування // Робоча програма та Тези доповідей II-ї міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Ресурси. Енергія» 24-26 листопада 2021 р., м. Київ, – С. 54-55.

14. Вадим КОРБУТ, Владислав ЛУЧИЦЬКИЙ: Аналіз рекуператорів систем вентиляції існуючих схем вентиляції та існуючих видів Робоча програма та Тези доповідей II-ї міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Ресурси. Енергія» 24-26 листопада 2021 р., м. Київ, – С. 65-66.

15. Yamanaka T., Kuranaga M., Maeda T., Kitakaze H. “Cooling performance of Ceiling Radiant Textile Air Conditioning System with Ceiling Cassette Unit of Packaged Air Conditioner”. Built Environment Facing Climate Change Congress (CLIMA-2019.)

Bucharest, 26-29 May 2019. E3S Web of Conferences, no.111, 2019. 01082.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911101082>

16. Гашинська А.С. Сучасні системи створення мікроклімату чистих приміщень лікувально-профілактичних закладів [електронний ресурс]: Режим доступу:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/download/3903/3251>

17. Jiankai Dong, Haixia Lan, Yu Liu, Xiaotao Wang, Chenchen Yu. “Indoor environment of nearly zero energy residential buildings with conventional air conditioning in hot-summer and cold-winter zone”. Energy and Built Environment vol. 3, iss. 2, 2022 pp. 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.12.001>.

18. Golinko I., Drevetskiy V. An optimization of a digital controller for a stochastic control system. IAPGOS vol. 2019. pp 74-77 <https://doi.org/10.35784/IAPGOS.240>.

19. Korbut V., Voznyak O., Myroniuk K., Sukholova I. “Examining a device for air distribution by the interaction of counter non-coaxial jets under alternating mode”. Eastern European Journal of Enterprise Technologies vol. 2 iss 8(86). 2017, pp. 30-38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96774>.

20. Sukholova I., Vozniak O. “Modeliuvannia povitrorozpodilu v prymishchenni u zminnomu rezhymi za dopomohoiu modeli turbulentnosti Spalarta-Almarasa”. Visnyk NU “LP” “Teoriia i praktyka budivnytstva” iss. 844 pp. 26-33. <https://science.lpnu.ua/sctp/all-volumes-and-issues/volume-844-2016/modelyuvannya-povitrorozpodilu-vprimishchenni-u>.

21. Dovhaliuk V., Shyshyna M., Moskvitina A. “Rozrakhunok system ventyliatsii ta okholodzhennia povitria hromadskykh budivel”. Vents Magazine no 2 2018, p. 70-73. https://ukrblog.vents.ua/wpcontent/uploads/2018/12/VM_2_2018_UA1.pdf.

22. Dziubenko V. H., Mileikovskiy V. O., Sachenko I. A. “Expansion of the Range of Wet Air I-D Diagram for Environmental Safe Heat Production”. Екологічна безпека та природокористування vol. 26 no 2 2018, p. 15-22. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2018.2>.

23. Model CR-1A hygrometer with autofill: Operating manual. Buck Research Instruments L.L.C., 2012. 26 P. URL: <http://www.hygrometers.com/wp->

content/uploads/CR-1A-users-manual-2009-12.pdf. Access date 20.02.2022. Archived 04.04.2023. URL: [http://web.archive.org/web/20230404194623/https://](http://web.archive.org/web/20230404194623/https://www.hygrometers.com/wp-content/uploads/CR1A-users-manual-2009-12.pdf)

www.hygrometers.com/wp-content/uploads/CR1A-users-manual-2009-12.pdf.

24. Dovhaliuk V., Mileikovskiy V. New Approach for Refined Efficiency Estimation of Air Exchange Organization. International Journal of Engineering & Technology, 2018, Vol. 7, Iss. 3.2, p. 591-596. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14596>

25. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Інститут «УкрНДІспецбуд»: 2013. – 147 с. – (Нормативний документ Держбуд України. Державні будівельні норми, редакція від 25.01.2013 року).

26. Сукач, С.В. Автоматизована система контролю та керування параметрами повітряного середовища приміщень / С.В. Сукач, О.В. Мозговой, М.А.Кобилянський, О.Л.Величко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал.– Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 4/2012 (20). – С. 127–132.

27. Метод і засоби контролю та управління якістю повітряного середовища у приміщеннях. Монографія / С.В.Сукач, Ю.І.Шульга. – Кременчук: Видавець ПП Щербатих О.В., 2013. – 192 с.

28. Сайт компанії Rosenberg GmbH: <https://rosenberg-gmbh.com.ua/>.

29. Кобилянський, М.А. Особливості модернізації лабораторної бази для дослідження систем автоматизованого електроприводу на прикладі фізичної моделі вентиляційної установки / М.А.Кобилянський, О.О.Сердюк, О.Л. Величко // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах Щоквартальний науково-практичний журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 1/2013 (1) – С. 119–124.

30. Калінов, А.П. Комп'ютеризований лабораторний комплекс для вивчення цифрових систем керування з функцією імітації технологічного навантаження / А.П. Калінов, Д.Г. Мамчур, О.В. Прітченко, В.О. Мельников // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – 2009. – Вип. 3/2009 (56). – Ч. 1. – С. 8–12.

31. Торопов, А.В. Оптимизация контура стабилизации мощности резания роторного экскаватора с применением систем автоматизированного проектирования /А.В. Торопов, Т.Ю. Зубчевский// Матеріали науково-технічної конференції ІЕЕ НТУУ «КПІ» «Енергетика. Екологія. Людина». Київ: НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2012. – С.58-63.

32. ООО «РАУТ-автоматик». Конфігуратор FBD : Руководство по редактору программ / ООО «РАУТ-автоматик» – К.: 2007. – 60 с.

33. Закону України «Про охорону праці»: станом на 2 червня 2011 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Відомості Верховної Ради. – 2011. – №50. – 551 с. – (Бібліотека офіційних видань).

34. Основи охорони праці: навч. Посібник / [К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В.Зацарний, Д.В.Зеркалов, Р.В.Сабарно, В.С. Коз'яков, О.І.Полукаров, Л.О.Митюк]; за ред. К.Н.Ткачука і М.О.Халімовського – Київ: «Основа», 2003. – 122 с.

35. Жидецький, В. Ц. Основи охорони праці: підручник для студ. вищ. навч. закл.: затв. МОНУ/ В.Ц. Жидецький.– 4-те вид., перероб. і доп. – К. : Знання, 2010.– 375 с.

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

ДОДАТКИ

ПЛАНИ ПРИМІЩЕНЬ МЕДЦЕНТРУ М. КИЇВ

БЛОК-СХЕМИ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО
МІКРОКЛІМАТУ ВИСКОГО КЛАСУ ЧИСТОТИ ПРИМІЩЕНЬ В МЕДЦЕНТРИ
М.КИЇВ

СХЕМИ РОЗМІЩЕННЯ ПОВІТРОВОДІВ МЕДЦЕНТРУ

СТРУКТУРНА СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
СИСТЕМОЮ КОНДИЦІОНУВАННЯ

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
КОНДИЦІОНУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО БЛОКУ

УЗАГАЛЬНЮЮЧИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ

ПРЕЗЕНТАЦІЯ ДОПОВІДІ