

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІ-
ТЕКТУРИ

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської роботи

**на тему «Ефективні протівірусні рішення в системах
формування мікроклімату приміщень»**

**Виконав: студент групи ТГВ
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія» ОПП «Теплогазопостачання та
вентиляція»**

Меленчук О.В.

Керівник: Проценко С.Б.

Рівне – 2022 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКО-
РИСТУВАННЯ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма «Теплогазопостачання та вентиляція»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. ТГВ та СТ _____ М.Д. Кізеєв

“ ____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Меленчуку Олександрю Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Ефективні протівірусні рішення в системах формування мікрокліма-
ту приміщень»

керівник роботи Проценко Сергій Борисович, канд. техн. наук, доцент каф. ТГВ та СТ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУВГП С № 1104 від « ____ » _____ 20__ року

2. Термін подання студентом роботи « ____ » грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Характеристика району будівництва об'єкта. Генеральний
план об'єкта. Об'ємно-планувальне рішення багатопрофільної лікарні. Конструктивне
рішення. Інженерне забезпечення об'єкта.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розроби-
ти) 1. Огляд рішень для зменшення передачі вірусу повітряно-крапельним шляхом. 2.
Шляхи передачі бактерій. 3. Огляд антивірусних методів у вентиляції. 4. Впроваджен-
ня технологій ультрафіолетового випромінювання. 5. Вентиляція. 6. Охорона праці та
безпека в надзвичайних ситуаціях. 7. Економіка.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Ефективність збільшеного повітрообміну. 2. Ефективність НЕРА-фільтрів. 3. Ефек-
тивність УФ-ламп. 4. Вентиляція. План на позн.-3,900, Схеми ПВ19, ПВ20, В1. 5. Вен-
тиляція. План на позн.+0,000, схеми систем ПВ2, ПВ3, М 1:200. 6. Вентиляція. План
на позн.+11,700, Схеми ПВ1, М 1:200. 7. Вентиляція. План на позн.+15,600, М
1:200. Витяжні системи В5-В17. 8. Вентиляція. План на позн.+0,000 із подвоєним по-
вітрообміном, М 1:200. 9. Вентиляційне обладнання у проекті.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав	завдання прийняв
Вентиля- ція, конди- ціювання	Проценко С.Б., доц. каф. ТГВ та СТ		
Економіка	Кравченко Н.В., доц. каф. ТГВ та СТ		
Охорона праці	Филипчук В.Л., д-р. техн.наук		

7.Дата видачі завдання «__»_____2022 р._____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

Студент

(підпис) Меленчук О.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис) Проценко С.Б.
(прізвище та ініціали)

Зміст

АНОТАЦІЯ	4
1. Огляд рішень для зменшення передачі вірусу повітряно-крапельним шляхом, пов'язаних із системами вентиляції та кондиціонування повітря	6
1.1 Вступ.....	6
1.2 Основні стратегії боротьби з вірусами	7
1.3 Обсяг дослідження	8
2. Шляхи передачі	9
2.1 Крапельно-аерозольний	9
2.2 Передача повітряно-крапельним шляхом. Роль правильного повітрообміну у боротьбі з вірусами.....	11
2.3 Вплив температури та вологості.....	15
3. Огляд антивірусних методів у вентиляції	18
3.1 Збільшений повітрообмін	20
3.2 НЕРА фільтрація.....	25
3.2.1. Встановлення та експлуатація фільтрів НЕРА	25
3.2.2. Основні методи фільтрації за допомогою фільтрів НЕРА	26
3.2.3. Як працює НЕРА фільтр.....	28
3.2.4. Як найменші часточки торкаються волокна НЕРА-фільтра?.....	29
3.2.5. Від чого залежить ефективність НЕРА фільтра?.....	33
3.3 Використання світла.....	35
3.3.1 Методика розрахунку необхідних параметрів бактерицидного випромінювання	38
3.3.2 Ультрафіолет та HVAC: ключі до зниження внутрішньолікарняних інфекцій	40
3.4 Висновок	40
4. Впровадження технологій ультрафіолетового випромінювання	41
4.1 Передумови.....	41
4.2 Як працює UVGI.....	42
4.3 Типи додатків	45
4.3.1 Дезінфекція повітряним потоком.....	45
4.3.1.1 Програми у повітропроводах.....	46
4.3.1.2 Додатки у верхній кімнаті.....	51
4.3.2 Дезінфекція поверхонь	51
4.3.2.1 Охолоджувальні змійовики та піддони для збору крапель	52
4.4 Ефективність технології	54
4.5 Недоліки UVGI.....	56

					НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Зав. каф.		Кізеєв М.Д.		12.22	Ефективні противірусні рішення в системах формування мікроклімату приміщень	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Проценко С.Б.		12.22		Н	1	
Н. контр.		Проценко С.Б.		12.22		Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки		
Рецензент				12.22				
Магістр		Меленчук О.В.		12.22				

4.5.1 Відсутність стандартів проектування UVGI	56
4.5.2 Ризик для осіб, які перебувають у приміщенні, та об'єктів	56
4.6 Висновок	57
5 ВЕНТИЛЯЦІЯ	59
5.1 ВИХІДНІ ДАНІ.....	59
5.1.1 Генеральний план.....	59
5.1.1.1 Містобудівна ситуація	59
5.1.2 Об'ємно-планувальне та архітектурне рішення	60
5.1.3 Характеристика існуючої забудови	60
5.1.4 Техніко-економічні показники	61
5.2 Кліматичні дані	62
5.3 Загальні положення	63
5.4 Загальні вимоги до проектування систем вентиляції лікарень	63
5.4 Розрахункові параметри повітря	70
5.4.1 Розрахункові параметри зовнішнього повітря.....	70
5.4.2 Розрахункові параметри внутрішнього повітря.....	72
5.5 Розрахунок повітрообмінів.....	72
5.6 Проектування систем вентиляції.....	75
5.7 Протипожежні заходи	77
5.8 Дифузори та решітки для подачі та видалення повітря	78
5.9 Пристрої для очищення повітря	80
5.10 Захист від шуму	84
5.11 Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції	87
5.12 Підбір припливних установок та витяжних вентиляторів	92
5.13 Автоматизація систем вентиляції.....	98
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	99
6.1 Охорона праці.....	99
6.1.1 Безпека експлуатації системи вентиляції у Краматорській багатoproфільній лікарні.....	99
6.1.2 Причини виникнення пожежі під час експлуатації систем вентиляції та кондиціонування	99
6.1.3. Антивірусні заходи для забезпечення профілактики захворювань обслуговуючого медичного персоналу.....	102
6.2 Визначення ефективності вентиляції за вмістом вуглекислоти.....	104
6.3 Технічні рішення системи запобігання пожежі.....	107
6.3.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях	107
7 ЕКОНОМІКА.....	110
7.1 Вартість вентиляційного обладнання	110
ЛІТЕРАТУРА	122

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							2
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

Аркуш 1 Утворення та передача крапель та аерозолів, методи будівництва вентиляції

Аркуш 2 Ефективність фільтру HEPA, ефект сита, дифузія, інерція, ефект зацеплення

Аркуш 3 Спектри та ефективність лампи UVGI, Лампи UVGI: лінійні та компактні люмінесцентні

Аркуш 4 Вентиляція. План на позн.-3,900, Схеми ПВ19,ПВ20,В1, М 1:200

Аркуш 5 Вентиляція. План на позн.+0,000, Схеми систем ПВ2, ПВ3, М 1:200

Аркуш 6 Вентиляція. План на позн.+11,700, Схеми ПВ1, М 1:200

Аркуш 7 Вентиляція. План на позн.+15,600, М 1:200, Витяжні системи В5-В17

Аркуш 8 Вентиляція. План на позн.+0,000 із подвоєним повітрообміном, М1:200

Аркуш 9 Вентиляційне обладнання у проєкті

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							3
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Світ стикається з постійними викликами через поширення інфекційних хвороб, а останнього часу з коронавірусом SARS-CoV-2, який впливає на здоров'я людей у всьому світі та економіку країн. Заходи соціального дистанціювання та карантину були впроваджені в усьому світі, щоб обмежити поширення вірусу, що має серйозний вплив на життя людей. Це втручання, які не вважаються постійними та відтворюваними в довгостроковій перспективі. По мірі того, як з'являється все більше доказів щодо повітряно-крапельних шляхів передачі вірусу, як раніше було визначено для інших вірусів, таких як туберкульоз, кір, грип і коронавірус, роль систем, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) у будівлях, закритих приміщеннях для обмеження передачі повітряно-крапельних збудників стала актуальною темою. Незважаючи на те, що стратегії HVAC, рекомендовані професійними інженерними асоціаціями, здатні мінімізувати передачу хвороботворних мікроорганізмів повітрям, вони також призводять до збільшення споживання енергії та, можливо, до зниження теплового комфорту для мешканців. Мета дослідження полягає в тому, щоб переглянути роль HVAC у передачі вірусу повітряно-крапельним шляхом, оцінити енергетичні втрати, пов'язані з впровадженням основних стратегій HVAC для зменшення передачі. Дослідження завершується економічною оцінкою збільшеного повітрообміну та УФ ламп. Зроблено висновок, що технології можуть бути особливо сприятливими в тих будівлях, де потрібен контроль вологості та/або видалення вологості, або в будівлях, де вірогідність наявності вірусів є більшою, наприклад, у медичних закладах.

Об'єкт дослідження – обласна багатoproфільна лікарня. Розташування – м. Краматорськ, Донецька область.

В даній магістерській роботі застосовано комплексний підхід при влаштуванні заходів формування мікроклімату приміщень обласної багатoproфільної

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							4
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

лікарні. Також запропоновано ряд заходів щодо енергоощадності, ресурсозбереження та збереженні життя і здоров'я людей.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що розробка заходів проводиться для реального об'єкта. Вибір заходів здійснений враховуючи існуючий стан об'єкта та його особливості. Крім того, запропоновані рішення є економічно обґрунтованими, що дозволить замовнику заощадити значні кошти.

Мета роботи. Метою даної роботи є запропонована низка ефективних противірусних рішень у системах формування мікроклімату приміщень, а саме: підвищення кратності повітрообміну, збільшення частки зовнішнього повітря та відмова від рециркуляції, але із використання УФ ламп, підтримання відносної вологості внутрішнього повітря в безпечному діапазоні при формуванні систем мікроклімату обласної багатoproфільної лікарні.

Практичне значення отриманих результатів: в даній роботі розроблені заходи для реального об'єкта, які можна буде впровадити в майбутньому. Показано, що подібні інженерні рішення можуть стати ефективною альтернативою загальноприйнятим заходам боротьби з поширенням різноманітних інфекцій.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідалися на 7 міжнародному конгресі “ СТАЛИЙ РОЗВИТОК: ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ. ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ”.

Використання сучасного обладнання та новітніх інженерних рішень зумовило необхідність застосування нових методик їхнього розрахунку та комп'ютерних методів автоматизованого проектування. Так, при роботі над магістерською роботою використані такі комп'ютерні програми, як: «AutoCAD», «Vent-Calc», «AeroCAD», «MagiCAD».

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							5
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

1. ОГЛЯД РІШЕНЬ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ВІРУСУ ПОВІТРЯНО-КРАПЕЛЬНИМ ШЛЯХОМ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ СИСТЕМАМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

1.1 Вступ

Світ стикається з постійними викликами через поширення коронавірусу SARS-CoV-2, який впливає на здоров'я людей у всьому світі та економіку країн. Заходи соціального дистанціювання, та карантину були впроваджені в усьому світі, щоб обмежити поширення вірусу, що має серйозний вплив на життя людей. Це втручання, які не вважаються постійними та відтворюваними в довгостроковій перспективі. Оскільки з'являється більше доказів щодо шляхів передачі вірусів аерозольним та повітряно-крапельним шляхом, як було раніше визначено для інших вірусів, таких як туберкульоз, кір, грип та коронавіруси, роль нагрівання зростає, системи вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) у будівлях, закритих приміщеннях і громадському транспорті для обмеження передачі повітряно-крапельних патогенів стали темою значної актуальності. Хоча стратегії HVAC, рекомендовані професійними інженерними асоціаціями, здатні мінімізувати передачу хвороботворних мікроорганізмів, що переносяться повітрям, вони також спричиняють збільшення споживання енергії та, можливо, зниження теплового комфорту для мешканців. Метою дослідження є переглянути роль HVAC у передачі вірусу повітряно-крапельним шляхом, оцінити енергетичні втрати, пов'язані з впровадженням основних стратегій HVAC для зменшення передачі різноманітних вірусних інфекцій. Дослідження завершується економічною оцінкою потенційних енергетичних переваг, отриманих у результаті використання подвоєного повітрообміну та використання УФ ламп. Зроблено висновок, що технологія УФ ламп може бути особливо сприятливою в тих будівлях, де вірогідність наявності вірусів є більшою, наприклад, у медичних закладах/операційних, або у випадку спалаху вірусу, що передається повітрям.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							6
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

1.2 Основні стратегії боротьби з вірусами

Основні стратегії боротьби з інфекцією в будівлях або закритих приміщеннях можна класифікувати як усунення патогенів, інженерний та адміністративний контроль і особистий захист[7], від найбільш ефективних до найменш ефективних. Хоча ці стратегії сприяють мінімізації розповсюдження вірусів, вони сильно впливають на економіку різних країн світу, і їх не можна розглядати як постійні та відтворювані довгострокові заходи. Оскільки світ поступово стикається із запровадженням карантинних заходів, все ще є багато конкретних прикладів у громадському транспорті, школах, лікарнях та інших громадських місцях, де заходи самоізоляції можуть бути неможливими чи ефективними, зокрема, у закритих приміщеннях із великою кількістю людей. Крім того, основні встановлені стратегії інженерного контролю інфекції, такі як збільшення повітрообміну, відсутність рециркуляції повітря тощо[1], призводять до збільшення споживання енергії з відповідним негативним впливом на навколишнє середовище. Таким чином, визначення стратегії інженерного контролю, яка здатна очистити повітря від мікроорганізмів, є дуже важливою для вибору оптимального варіанту у боротьбі з різноманітними інфекціями.

Ієрархія стратегій інфекційного контролю: 1 – фізичне усунення патогенів. 2 – відокремити людей та збудника хвороби. 3 - змінити поведінку людей, інструктуючи їх, що робити. 4 – захистити працівників або персонал використовуючи маски, халати.

Незважаючи на те, що ці стратегії сприяють мінімізації поширення вірусів, вони сильно впливають на економіку різних країн світу і не можуть розглядатися як постійні та відтворювані довгострокові заходи. Оскільки світ поступово стикається із запровадженням карантинних заходів, все ще є багато конкретних прикладів у громадському транспорті, школах, лікарнях та інших громадських місцях, де заходи самоізоляції можуть бути неможливими чи ефективними, зокрема, у закритих приміщеннях із великою кількістю людей. Крім того, основні встановлені стратегії інженерного контролю інфекції, такі як збільшен-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							7
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ня повітрообміну, відсутність рециркуляції повітря тощо[1], призводять до збільшення споживання енергії з відповідним негативним впливом на навколишнє середовище. Таким чином, визначення стратегії інженерного контролю, яка здатна очистити повітря від мікроорганізмів, забезпечуючи при цьому високу продуктивність у будівлях є головним пріоритетом [10]. У такому сценарії технології подвоєного повітрообміну та УФ ламп можуть бути цікавими, оскільки вони пропонують дезінфікуючі властивості з паралельною перевагою вищої енергоефективності під час контролю температури та вологості повітря. Після спалаху SARS-CoV у 2003 році ці технології було визначено як потенційне рішення для підтримки потреби в енергоефективних і здоровіших будівлях [11].

У магістерській роботі зосереджено увагу на основних факторах, що впливають на передачу вірусу SARS-CoV-2, визначенні деяких загальних моделей із передачею інших вірусів, таких як грип, а також на характеристиках і недоліках стратегій HVAC, які були виявлені для зменшення поширення вірусів аерозольним та повітряно-крапельним шляхом. Аналіз енергетичних та економічних методів HVAC, було проведено, щоб підкреслити потенційні переваги, які можуть бути результатом використання УФ ламп у порівнянні з подвоєним повітрообміном. Таким чином, магістерська робота структурована наступним чином. Розділ 2.3 описує обсяг дослідження, тоді як розділ 3 розглядає основні шляхи передачі вірусу та вплив температури та вологості на нього. Огляд методів HVAC, рекомендованих професійними інженерними асоціаціями, представлений у розділі 4, де аналізуються характеристики, недоліки та енергетичний вплив.

1.3 Обсяг дослідження

Дослідження ґрунтувалося на вивченні потенційних стратегій систем вентиляції для обмеження передачі SARS-CoV-2 або інших повітряно-крапельних вірусів у лікарні, щоб підкреслити їхні здібності та недоліки та енергетичний вплив, пов'язаний з їх реалізацією. Було виявлено, що хоча стратегії, запропоновані наразі професійними інженерними асоціаціями, такими як, Федерація

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							8
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

європейських асоціацій опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (REHVA) [1] мають потенціал для мінімізації передачі повітряно-крапельних вірусів, вони також можуть негативно впливати на інші фактори, такі як збільшення споживання енергії та зниження теплового комфорту. Таким чином, було визначено масштаби використання УФ ламп як стратегії зменшення передачі вірусу повітряним шляхом.

2. ШЛЯХИ ПЕРЕДАЧІ

2.1 Крапельно-аерозольний

Виявилося, що вірус SARS-CoV-2 є висококонтагіозним із високим рівнем вторинного зараження, високою кількістю смертельних випадків і швидким поширенням[15], передача якого відбувається переважно через повітря. На основі припущення, що передача вірусу може бути подібною до передачі інших коронавірусів людини.

Загалом спостерігається різна поведінка крапель та аерозолів щодо ефективності дисперсії, часу суспензії в повітрі та здатності проникати в нижні частини дихальних шляхів людини [25, 34]. На малюнку 2.1 показано утворення крапель і аерозолів та їх основні шляхи передачі разом із відповідними траєкторіями передачі в повітрі та взаємозв'язок між розміром частинок і часом суспензії.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							9
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

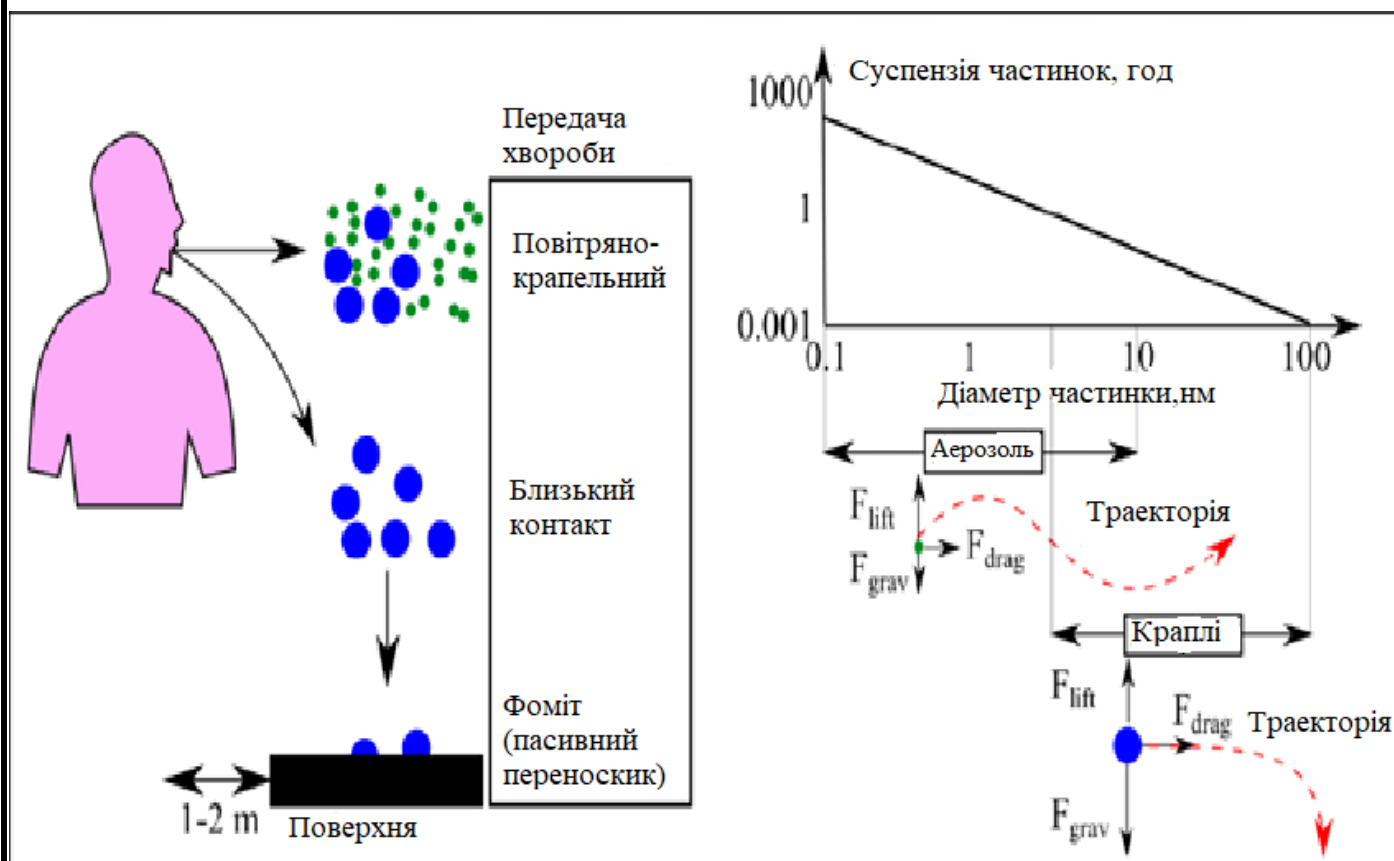


Рис. 2.1 Утворення та передача крапель та аерозолів

За дослідженнями, на час осідання видихнутих або вдихнутих частинок впливають різні фактори, такі як розмір, час і випаровування. Рух частинок є результатом різних сил, що діють на них, таких як сила тяжіння, температура та вологість, броунівський рух, електричні та електромагнітні сили, турбулентність тощо. Для більших крапель (зазвичай більше 20 мкм) в основному спостерігається балістична траєкторія (тобто зумовлена силою тяжіння) [25]. Через особливості їхнього руху в повітрі інженерні методи боротьби з інфекціями, засновані на використанні вентиляційного повітря та перепадів тиску, не ефективні для таких частинок і не впливають на їх передачу на короткі відстані [25]. Оскільки діаметр частинок, що вдихаються або видихаються, зменшується, вплив сили тяжіння на частинки стає менш важливим, збільшуючи час їхнього зависання, що призводить до потенційного подальшого руху в будівлях або закритих приміщеннях.

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

Арк.

10

2.2 Передача повітряно-крапельним шляхом. Роль правильного повітрообміну у боротьбі з вірусами

Передача повітряно-крапельним шляхом та аерозолями визнана потенційним шляхом передачі багатьох вірусів, наприклад, туберкульозу та аспергільозу, грипу, натуральної віспи, вітряної віспи тощо. Для вірусу грипу було визнано можливість передачі як великими краплями, так і дрібними аерозолями, а повітряно-крапельний шлях передачі через аерозолі був визначений як основний механізм передачі під час різних спалахів у лікарнях, школах, літаках тощо. Хоча повітряно-крапельна передача аерозолями вірусів була значною мірою доведена, повідомлялося, що для деяких вірусів, наприклад грипу, важко визначити переважний шлях передачі, оскільки на це також можуть впливати додаткові фактори[25]. На сьогоднішній день було проведено багато досліджень про повітряно-крапельну передачу коронавірусів аерозолями, таких як SARS-CoV-1. Були проведені дослідження щодо «суперпоширення» SARS-CoV-1, де роль вентиляційного повітря було визначено як основну причину поширення вірусу. Подібним чином, у дослідженні повітряно-крапельної передачі аерозолями MERS-CoV, П'янков та інші визначили стійкість вірусу до виживання у вигляді аерозолію в повітрі, показавши вищі характеристики виживання порівняно з вірусом грипу. Спалах вірусу в ресторані в Гуанчжоу, Китай, було визнано одним із доказів, що підтверджують повітряно-крапельну передачу аерозолями SARS-CoV-2, оскільки напрямок повітряного потоку узгоджувався з цим типом маршруту передачі, як показано на рисунку.

Давайте припустимо що коронавірус дійсно передається повітряно-крапельним шляхом, але варто звернути уваги на кілька речей. В спокійному повітрі маленькі частинки, спускаються або падають на землю з різною швидкістю. Чого варто тоді боятись – вдихнути ті частинки які у повітрі, припустим коронавірус, він попаде у наші легені, і можливо буде якесь зараження. У науці є таке поняття, як швидкість витання – швидкість з якою частинка осаджується за допомогою сили тяжіння, або інших сил у спокійному повітрі.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							11
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

■ МКМ	
■ До 5	До 0,9
■ 5-10	0,9-3,7
■ 10-20	3,7-18
■ 20-30	18-28
■ 30-40	28-48
■ 40-50	48-78
■ 50-60	78-92

Рис. 2.2 Швидкість витання частинок у повітрі залежно від їх діаметру

Швидкість наведена в см/сек. Тобто чим більший розмір частинки, тим швидше вона падає донизу. Якщо звернутись до джерел, то можна побачити, що розмір коронавірусу 0,1 мікрону [17]. Швидкість частинок такого розміру становить уже $8 \cdot 10^{-6}$ см/сек. Тобто переміщення за секунду, або навіть за годину, є надзвичайно малою. Можна зробити висновок, що ці частинки практично не падають на землю, залишаються в повітрі і єдиним варіантом зараження є вдихання тих самих частинок. Проте якщо врахувати різноманітні сили які будуть на них діяти, будь то переміщення повітря з однієї кімнати в іншу, рух людей та ін. то разом з цим переміщуватись будуть і самі частинки. Перше що приходить на пам'ять для боротьби з цим це вентиляція.

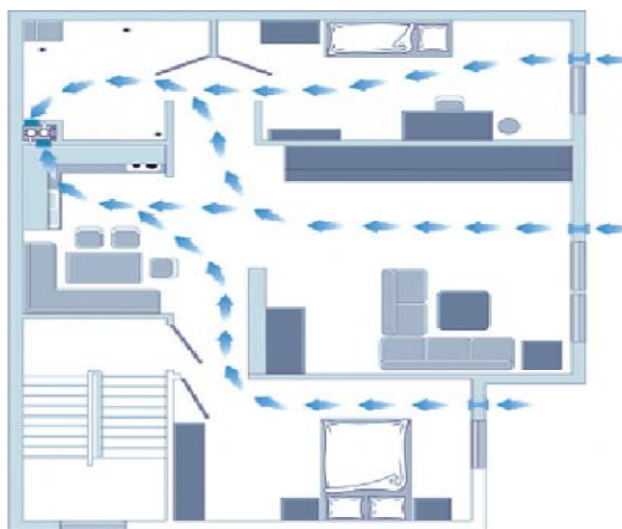


Рис. 2.3 Вентиляція звичайної кімнати

Тому щоб, якось видалити частинки з місця перебування людей, потрібна витяжна вентиляція, а щоб витяжний вентканал природної вентиляції витягував повітря, потрібно щоб він як мінімум працював. Також необхідно щоб не відбувалося перетікання повітря з одних мешканців до інших. Якщо витяжка працює добре, це означає що природна витяжна вентиляція працює за призначенням. Проте буде набагато краще, корисніше та безпечніше, якщо вентиляція у приміщенні буде механічна. Згідно рисунку 2.2 можна зробити також висновок з якою швидкістю видаляється з приміщення різноманітні запахи, цигарковий дим та ін. проте інша ситуація із надзвичайно малими частинками як коронавірус. Якщо при чханні людини, будь-які частинки будуть у повітрі, то вони будуть зразу зменшуватись, за рахунок випаровування води. І саме ось цей мілкий дрібнодисперсний осадок може висіти у повітрі. Тому якщо йти по шляху зниження концентрації цих шкідливих домішок, то далі такі технології як зниження концентрації вуглекислого газу, радона, вологості, це суто вентиляційні технології. Тобто стабільне видалення забрудненого повітря це механічна вентиляція.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							13
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

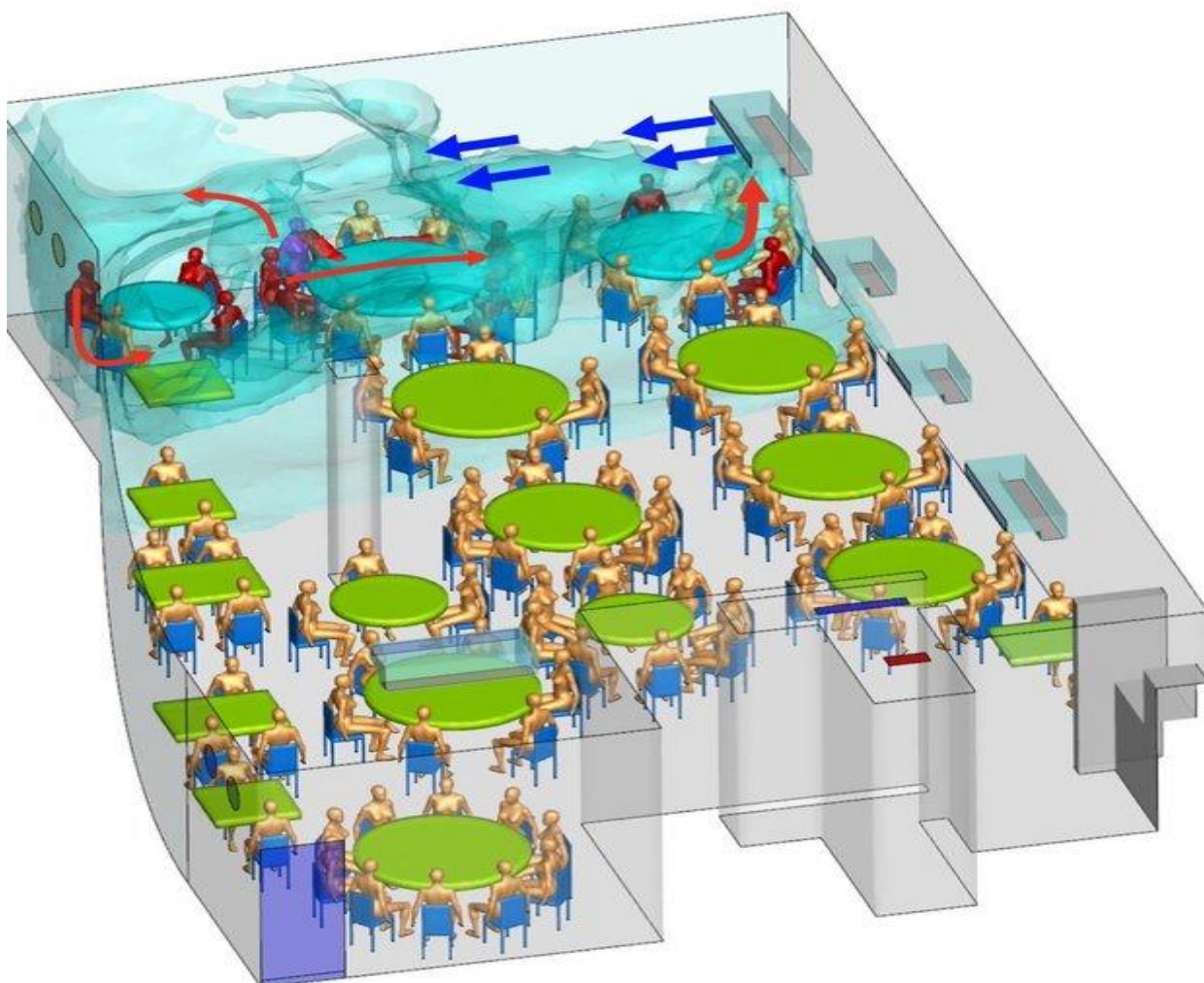


Рис. 2.4 Передача вірусу у ресторані: столики та розташування клієнтів, моделювання повітряного потоку

Як показано на малюнку 2.4, індексний пацієнт (який був переважно інфікований COVID-19) був розташований за другим столом. Жодного іншого прямого чи непрямого контакту між пацієнтом та іншими інфікованими пацієнтами зліва та справа розташованих на відстані 4 м, не виявлено. Система кондиціонування повітря в ресторані складається з п'яти фанкойлів і одного витяжного вентилятора. Єдина вентиляція на підлозі забезпечується інфільтрацією або природною вентиляцією, якщо вікна відкриті. На основі вимірювань трасуючих газів було підраховано, що швидкість зовнішнього повітря, що подається на підлогу, коливалася в діапазоні від 0,75 до 1,04 л/с (від 2 до 4 м³/год) на людину, що відповідає 0,56–0,77 повітрообміну на годину. Використовуючи CFD моде-

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

Арк.

14

лювальні моделі, які раніше використовувалися для аналізу випадків спалаху SARS-CoV-1, було відтворено повітряний потік, що випускається інфікованим клієнтом, що вказує на те, що рух повітря міг утворити хмарну оболонку, відповідалу за інфекцію. Жодного зараження інших клієнтів ресторанів, розташованих за межами зона, де були розміщені відвідувачі.

2.3 Вплив температури та вологості

Огляд впливу зовнішніх факторів на зниження передачі вірусів наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Вплив зовнішніх факторів на передачу вірусів

	Фактор	Вплив
Фізичні	Тепло	Інактивація прямо пропорційна температурі
	Світло	Світло, особливо його УФ-компонент, мають антибактеріальні властивості
	Осушення	Інактивація залежить від штаму та типу вірусу
Хімічні	Органічні речовини	Розчинені, колоїдні та тверді органічні речовини захищають від інактивації
	pH	Найгірша стабільність при екстремальних значеннях pH

Як показано в таблиці 2.1, висока температура пов'язана з підвищеною інактивацією вірусів. Більш складний зв'язок з вологістю. У різних дослідженнях намагалися визначити, чи спостерігається подібна поведінка вірусу SARS-CoV-2, і розглянути вплив умов повітря (температура, Т, відносна вологість, pH та вміст вологи) на його передачу, досліджуючи його потенційну сезонність і вплив стратегій вентиляції у будівлях і закритих приміщеннях. Додаткові фактори, пов'язані з умовами повітря на вулиці (такі як вітер і сонячне світло), також були вивчені та, можливо, зіграли важливу роль у передачі вірусу. Наявність твердих часток у повітрі також було запропоновано як потенційний фак-

тор. Було помічено, що тверді частинки можуть збільшити суспензію та накопичення насиченого вірусами аерозолі в повітрі.

Контроль температури та вологості повітря, що подається до будівель, є основним фактором теплового комфорту, якості повітря та збереження будівлі. Зокрема, середовище, яке характеризується занадто високим або занадто низьким значенням відносної вологості, буде відповідальним за ріст вірусів, бактерій, цвілі тощо, як показано на рисунку.

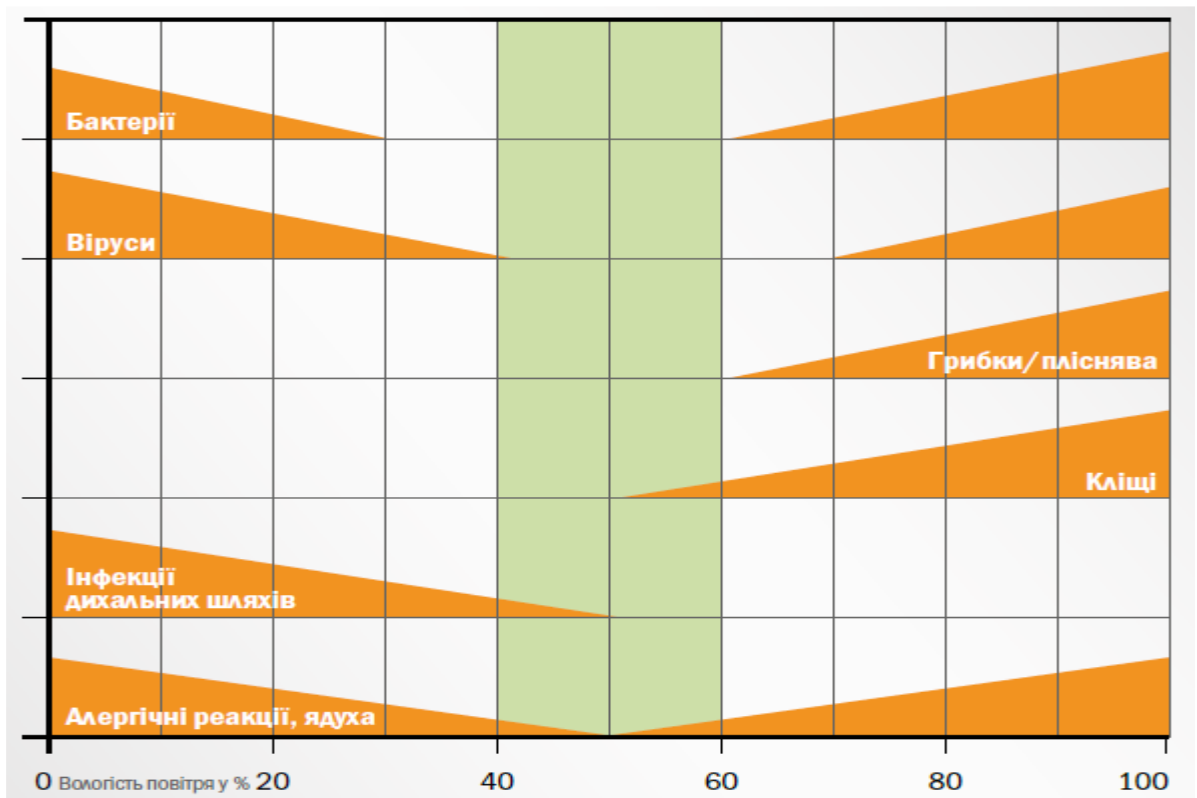


Рис. 2.5 Оптимальний діапазон відносної вологості для мінімізації негативного впливу на здоров'я

Зверху на рисунку 2.5 показано оптимальний діапазон відносної вологості для бактерій, далі для вірусів, грибків, пилових кліщів, респіраторних інфекцій, алергічних хвороб.

У зв'язку з передачею вірусів рекомендується контролювати відносну вологість повітря, що подається, від 40% до 60% через необхідність обмежити їхню інфекційність, обмежити їхню рухливість та покращити захисні механізми дихальної системи людини. Як показано на рис. 2.5, зазвичай повідомляється, що

середовище, яке характеризується проміжною відносною вологістю (від 40% до 70%), здатне мінімізувати активність як ліпідних, так і неліпідних мембранних вірусів. У сучасній практиці відносна вологість не перевищує 60% у будівлях, щоб уникнути розвитку цвілі. Різні дослідження вивчали вплив температури та вологості на різні типи вірусів, насамперед грипу, а також туберкульозу, тощо. Температура широко визнана основним фактором виживання та передачі вірусу грипу. Виявлено обернено пропорційну кореляцію між температурою та тривалістю життя вірусу грипу. А також зниження активності вірусу при високих температурах незалежно від відносної вологості. Основними запропонованими механізмами інактивації вірусу при високій температурі були денатурація поверхневих білків і нуклеїнових кислот вірусу.

Підсумовуючи, повітря, що характеризується низькою відносною вологістю (менше 40%), впливає на механізм самоочищення дихальних шляхів у дихальній системі. Крім того, було визначено, наскільки низька відносна вологість відповідає за пригнічення репарації легеневих клітин, пошкоджених вірусом, і зниження здатності клітини для обмеження поширення вірусу. Оптимальний мукоциліарний кліренс при температурі навколишнього середовища становить 100% відносної вологості, тоді як менша стійкість до інфекції та патогенів забезпечується при нижчій температурі та вологості. Також важливо відзначити, що оптимальний контроль відносної вологості буде корисним для очей і верхніх дихальних шляхів.

Хоча на даний момент це не вважається пріоритетом, вважається, що створення середовища, яке з меншою ймовірністю сприятиме поширенню хвороби, шляхом контролю температури та вологості повітря, що подається в оптимальному діапазоні, має позитивний вплив на якість повітря в приміщенні та мінімізація передачі та інфекційності вірусів.

За допомогою різних джерел, я побачив, що підтримання вищої швидкості вентиляції може мати більш сприятливий вплив на зниження ризику зараження

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							17
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

п'ятьма різними вірусами, що передаються повітряно-крапельним шляхом, ніж зміна відносної вологості з огляду на інактивацію вірусу, гравітаційне осідання та респіраторне поглинання аерозолів, що містять вірус. Було виявлено, що підвищення відносної вологості в приміщенні з 20/30 до 50% підвищує відносний ризик інфікування SARS-CoV-2, риновірусом і аденовірусом, але знижує ризик інфікування грипом. Результати показують, що відносна вологість матиме різний і навіть протилежний вплив на віруси, і не існує оптимального рівня вологості для різних вірусів, тоді як підвищена швидкість вентиляції завжди зменшить ризик зараження незалежно від вірусу.

3. ОГЛЯД АНТИВІРУСНИХ МЕТОДІВ У ВЕНТИЛЯЦІЇ

У світлі висновків щодо шляхів передачі повітряно-крапельних вірусів, таких як SARS-CoV-2 та грип, професійні інженерні асоціації, університети, запропонували різні стратегії очищення повітря для зменшення передачі вірусу повітряно-крапельним шляхом у будівлях і закритих приміщеннях. У таблиці наведено огляд характеристик і недоліків основних стратегій очищення повітря в приміщенні.

Таблиця 3.1. Способи очищення повітря в приміщенні

Стратегія	Характеристика	Недоліки
Розведення, або розбавлення	Збільшення зовнішнього повітря та швидкості повітрообміну для збільшення розрідження забруднюючих речовин або мікроорганізмів у повітрі	Споживання енергії пов'язане зі збільшенням швидкості вентиляції.
Фільтрація	Фільтри використовуються для видалення забруднюючих речовин і мікроорганізмів з повітря з фільтрами HEPA, які використовуються для високоефективного	Характеристики фільтрації залежать від типу фільтра. Фільтри, що відповідають за збільшення перепаду тиску

	видалення	
Використання світла	Світло знижує життєздатність мікроорганізмів. Ультрафіолетове світло може дезактивувати віруси, порушуючи їх ланцюг ДНК або РНК	Потенційний ризик від використання ультрафіолетового світла. Відсутність стандарту конструкції
Нетеплова плазма та повітряна іонізація	Використовуючи негативні та позитивні іони, активність збудника або забруднювача знижується Доступні різні типи: негативна іонізація повітря, біполярна іонізація, заряджання поверхні тощо.	Нестабільна робота з низькою ефективністю Потрібні додаткові дослідження щодо впливу поглинання негативних іонів на дихальну систему
Фотокаталітичне окислення	Розкладання забруднювачів на такі продукти, як CO ₂ і H ₂ O, за допомогою фотокаталізаторів, що працюють при кімнатній температурі	Низька ефективність процесу• Для вивчення механізму реакції потрібні додаткові дослідження

Ефективне використання вентиляційного повітря, фільтрів і світла було визначено як найбільш використовувані інженерні практики для очищення повітря в приміщенні. Як показано в таблиці, інші технології, такі як фотокаталітичне окислення, нетеплова плазма та біполярна іонізація, були визначені як багатообіцяючі втручання. Зокрема, біполярна іонізація була протестована у вихлопі фанкойла, що подає повітря в лікарняну палату, і виявилася ефективною у видаленні різноманітних вірусів. Незважаючи на те, що більшість цих технологій є багатообіцяючими, вони знаходяться на стадії досліджень і розробок і не отримали подальшого розвитку. Навпаки, методи інженерного контролю в системах опалення, вентиляції та кондиціонування, такі як збільшення вентиляційного повітря, більш висока ефективність фільтрів і використання світла, обговорюються далі.

3.1 Збільшений повітрообмін

Розбавлення повітря, в якому може бути присутнім SARS-CoV-2 або будь-який інший вірус або патоген, вважається одним із більш практичних рішень для мінімізації ризику передачі повітряно-крапельним шляхом. Цього можна досягти, реалізувавши методи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, здатні підвищити безпеку мешканців будівель або закритих приміщень з метою зменшення потенційного поширення COVID-19. На рис. 3.1 показано основні поради, рекомендовані для експлуатації систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в будівлях [1].

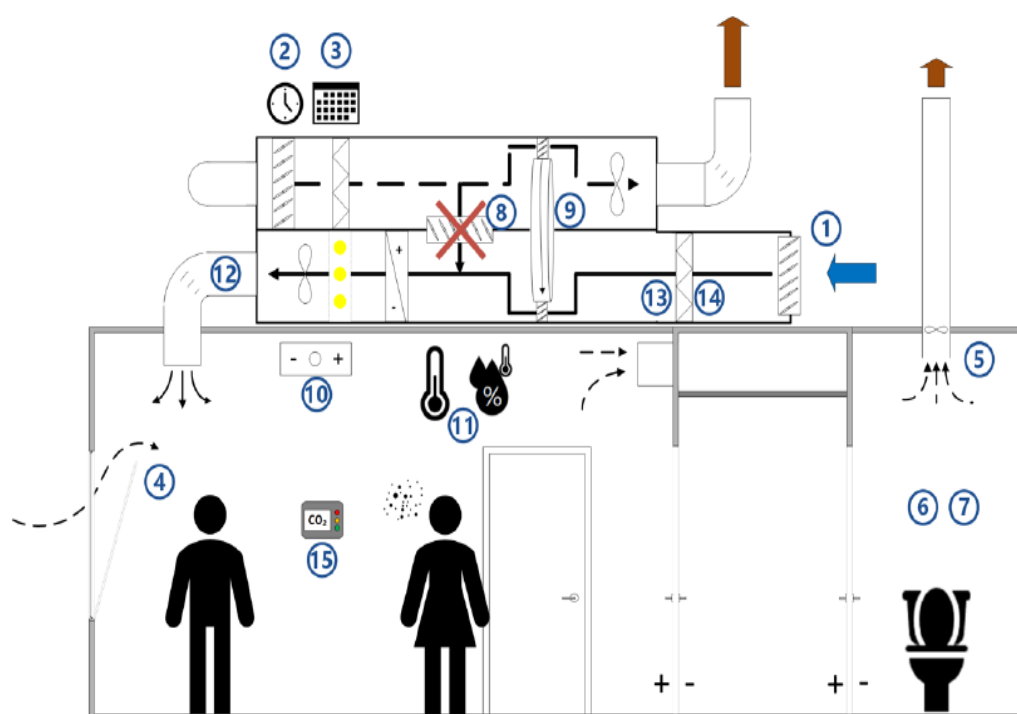


Рис. 3.1 Методи будівництва вентиляції

1. Норми вентиляції. 2. Час роботи вентиляції. 3. Постійна робота вентиляції.
4. Віконний отвір. 5. Вентиляція туалету. 6. Вікна в туалетах. 7. Змив туалетів.
8. Рециркуляція. 9. Теплоутилізаційне обладнання. 10. Фанкойли та спліт агрегати.
11. Установлені значення нагріву, охолодження та можливого зволоження.
12. Очищення повітроводів. 13. Фільтри зовнішнього та витяжного повітря.
14. Технічні роботи. 15. Моніторинг якості повітря в приміщенні.

Основні рекомендовані стратегії для вентиляції повітря в будівлях передбачають збільшення вентиляційного повітря, що подається, шляхом збільшення частки зовнішнього повітря, повітрообміну за годину, використання природної вентиляції з вікнами та подовження тривалості роботи системи. Вплив збільшення швидкості вентиляції на розрідження повітря та передачу вірусу можна виразити рівнянням Веллса-Райлі [34]:

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{I \cdot q \cdot p \cdot t}{Q}\right) \quad (1)$$

де P — ризик перехресної інфекції, I — кількість інфікованих, p — швидкість легеневої вентиляції кожного сприйнятливого ($\text{м}^3/\text{год}$), Q — швидкість вентиляції ($\text{м}^3/\text{год}$), q — кванти, вироблені одним переносником вірусу (кванти/год) і t — тривалість впливу (год). Хоча швидкість виробництва квантів q інфікатора для COVID-19 ще чітко не визначена (з оціночним значенням від 14 до 48 квантів/год [34]), з формули ясно видно, що (1) як збільшення вентиляційного повітря може експоненціально зменшити ризик перехресного зараження в будівлях, закритих приміщеннях або громадському транспорті, з ефектом, пов'язаним із часом впливу, дихальною активністю та кількістю інфікованих.

Для будівель з механічною вентиляцією збільшення витрати вентиляційного повітря можна отримати шляхом збільшення відкриття повітряної заслінки в вентиляційній установці [118]. Незважаючи на те, що ця практика є корисною для розведення забруднень, присутніх у повітрі, часто є складною та призводить до значного збільшення споживання енергії. Швидкість вентиляції, Q ($\text{л}/\text{с}$), тобто кількість всмоктуваного повітря, що подається в будівлю, можна визначити, як у формулі [35]:

$$Q = \frac{ACH \cdot V \cdot 1000}{3600} \quad (2)$$

де ACH — швидкість повітрообміну (кількість повітрообмінів за годину), що визначається як відношення витрати вентиляційного повітря до об'єму конди-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							21
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ціонованого приміщення, V – об’єм приміщення (м^3). Зазвичай різними нормативними актами, стандартами та настановами рекомендовано мінімальне значення зовнішньої вентиляції повітря в будівлях або закритих приміщеннях з механічною вентиляцією 8–10 л/с ($25\text{--}30 \text{ м}^3/\text{год}$) на людину [36], тоді як значення 1–3 л/с ($5\text{--}10 \text{ м}^3/\text{год}$) на людину було визнано відповідальною за надмірне поширення спалахів SARS-CoV-2 [36].

ACH є основним індексом для оцінки ефективності вентиляції та одним із найбільших факторів, що визначають розбавлення повітря в будівлях [35]. Це має основний вплив на час, необхідний для очищення простору, тобто чим вищий ACH, тим менший час, необхідний для видалення присутніх забруднень [1]. Повідомляється, що в ізоляторах ACH становить 12, тоді як у комерційних будівлях він може бути лише 1 [35]. Незважаючи на здатність розбавляти забруднювачі, потенційно присутні в повітрі, ефективність вентиляції може не підвищитися збільшенням вентиляційного повітря через погану конструкцію вентиляційної системи [1].

У жаркому та вологому кліматі збільшення ACH (повітрообміну), призводить до енергетичної неефективності вентиляційної установки [35]. Необхідне збільшення вентиляційного повітря було б значним і призвело б до збільшення споживання енергії та зниження теплового комфорту в приміщенні залежно від умов зовнішнього повітря. Повідомляється, що збільшення ACH лише на 1% відповідає за збільшення витрат на енергію для опалення та охолодження в межах від 3 до 4 тис. грн на рік. Співвідношення між вентиляційним повітрям і потребою в енергії для кондиціонування повітря, $E_{A/C}$ (кВт·год), виражено у формулі 3.

$$E_{A/C} = \frac{\rho_a \cdot Q \cdot [(c_{pa} + \omega_a c_{pw}) \cdot \Delta T + h_{fg} \cdot \Delta \omega] \cdot \Delta t}{1000} \quad (3)$$

де ρ_a , c_{pa} та ω_a – густина ($\text{кг}/\text{м}^3$), питома теплоємність ($\text{кДж}/\text{кг}$) та вологість ($\text{кгH}_2\text{O}/\text{кг}$) вологого повітря відповідно, c_{pw} – питома теплоємність води ($\text{кДж}/$

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							22
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

кг), h_{fg} — прихована теплота випаровування (кДж/кг), Q — швидкість вентиляції (л/с), ΔT і $\Delta \omega$ представляють зміну температури та вмісту вологи, відповідно, між вхідним і вихідним повітрям, а Δt — час роботи системи вентиляції (год). Також рекомендується збільшити тривалість роботи системи HVAC, наприклад, на 2 години до та після часу перебування у будівлі або запустити її протягом 24 годин на добу з нижчою швидкістю вентиляції [1], щоб зменшити концентрацію вірусу та споживання енергії.

Прикладом належної практики вентиляції є використання різниці тиску в приміщеннях у закладах охорони здоров'я, де різниця тиску використовується для контролю повітряного потоку між зонами та забезпечення того, щоб чисте повітря надходило в менш чисті приміщення, обмежуючи таким чином передачу вірусу уникаючи його перехресного забруднення. Таке управління повітрям здійснюється шляхом реалізації негативної різниці тиску в приміщеннях, наприклад, в ізоляторах, де потрібні високі значення АСН (зазвичай рекомендовано значення 12) і рециркуляція повітря не виконується. У разі спалаху вірусу RENVА рекомендує створити негативний тиск у туалетах, утримуючи систему витяжки повітря весь час увімкненою, запобігаючи передачі збудників у сусідні приміщення [1].

Традиційні централізовані системи HVAC використовують рециркуляцію повітря, щоб зменшити споживання енергії для нагріву або охолодження повітря в діапазоні температур, необхідних для комфорту в приміщенні, і обмежити потужність системи опалення та охолодження, що призводить до зниження капітальних витрат на систему. Як приклад, було повідомлено про типові співвідношення 80% рециркуляційного повітря та 20% зовнішнього повітря для будівель з механічною вентиляцією (класів і офісів). У разі спалаху COVID-19 рециркуляція повітря може стати причиною повторного занесення вірусу в будівлю, поширюючи його на різні поверхи або зони будівлі, де його раніше не було. Тому за таких обставин рекомендується не проводити рециркуляцію повітря в

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							23
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

будівлях. Це можна отримати, закривши заслінку рециркуляції повітря та загерметизувавши її на час спалаху вірусу, щоб мінімізувати витoki. Однак повне усунення рециркуляції повітря може бути неможливим у будівлях, закритих приміщеннях або громадському транспорті через обмежену здатність системи HVAC очищати зовнішнє повітря. У цих випадках використання рециркуляції повинно бути максимально обмежено. Коли системи HVAC рециркулюють повітря на рівні приміщення, а не на рівні будівлі, наприклад, у локальних фанкойлах, у блоках спліт-систем, вплив рециркуляції повітря на передачу вірусу є менш важливим.

Як описано в розділі 2.3, вологість впливає на виживання та активність вірусів разом із механізмами самозахисту людського організму та рухом частинок, що переносяться повітрям. Хоча наразі це не вважається пріоритетом, ефективний контроль вологості в будівлях, закритих приміщеннях і громадському транспорті (відносна вологість від 40% до 60%) був би корисним з точки зору покращення якості контролю повітря та створення негативного середовища для розповсюдження вірусу. У холодну зимову погоду рекомендується використовувати зволожувачі для підвищення відносної вологості повітря (яка в іншому випадку була б надто низькою за традиційних систем обробки повітря, заснованих на прямому нагріванні). Однак реалізація цього технологічного рішення є складною для модернізації через необхідність додавання накопичувача води [35] та вимагає належного вибору, експлуатації та обслуговування. Крім того, звичайні зволожувачі (випарні, розпилювальні та парові) є потенційними місцями накопичення та посилення мікроорганізмів і запахів.

Використання теплообмінників у будівлях, таких як ротаційні теплообмінники, також вважається потенційно відповідальним за збільшення передачі вірусу. У разі поганого дизайну та обмеженого технічного обслуговування може виникнути витік, який спричинить повторне потрапляння насиченого вірусами повітря в будівлю [1]. Таким чином, було рекомендовано використовувати лише си-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							24
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

стеми рекуперації тепла, здатні ефективно розділяти зворотне та припливне повітря (як у системах з рекуперацією теплоти з проміжним теплоносієм), а не за наявності перетоків.

3.2 НЕРА фільтрація

Фільтри – це економічна та проста у застосуванні стратегія, яка використовується для ефективного видалення забруднень і покращення якості повітря в будівлях. Це вискоєфективні фільтри, основною метою яких є видалення дрібних частинок з повітря, включаючи PM2.5 та PM10 (діаметром менше 2,5 та 10 мкм відповідно). НЕРА - клас фільтрів, який визначається міжнародними та національними стандартами EN 1822-1: 2009 та GOST R EN 1822-1-2010.

Фільтри НЕРА настільки ефективні, що лише 3 з 10000 частинок, які потрапляють у фільтр, можуть його подолати. Фільтруючий матеріал для таких фільтрів складається з найтонших скловолокнистих ниток діаметром 0,5-2 мкм, розташованих безладно. Товщина, розмір волокон та інтенсивність повітряного потоку визначають ефективність фільтра.

3.2.1. Встановлення та експлуатація фільтрів НЕРА

НЕРА-фільтри служать для остаточного очищення повітря. Вони можуть бути встановлені у відповідному ящику НЕРА, у вентиляційному каналі або у складі вентиляційного блока. Багаторічний досвід використання таких фільтрів довів їх ефективність у очищенні повітряних потоків, як у системах подачі повітря, дотримуючись усіх гігієнічних вимог, так і у витяжній вентиляції при очищенні забрудненого повітря перед викидом його в атмосферу. Під час роботи цих фільтрів з часом ефективність фільтрації збільшується, це відбувається через ущільнення структури фільтруючого матеріалу. Однак це також збільшує опір цих фільтрів. Тому такі типи фільтрів часто застосовуються в приміщеннях, до яких пред'являються особливо жорсткі вимоги до якості повітря. НЕРА-фільтри також запобігають потраплянню алергенів у зони обслуговування.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							25
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.2.2. Основні методи фільтрації за допомогою фільтрів НЕРА

Основою будь-якого фільтра НЕРА є довільно розташовані волокна різної товщини, приблизно 0,5-5 мкм. Відстань між волокнами становить приблизно 5-50 мкм. Діаметр дрібних частинок знаходиться в межах декількох мікронів/ Питання: як фільтр з такими великими порами утримує такі маленькі частинки? Зазвичай ми уявляємо фільтр у вигляді сітки: якщо відфільтрований об'єкт більший за клітинку, він застрягає. Цей механізм називається ефектом сита. Він працює для частинок, діаметр яких перевищує розмір пор у фільтрі. На спрощеній моделі ефект сита виглядає приблизно так:

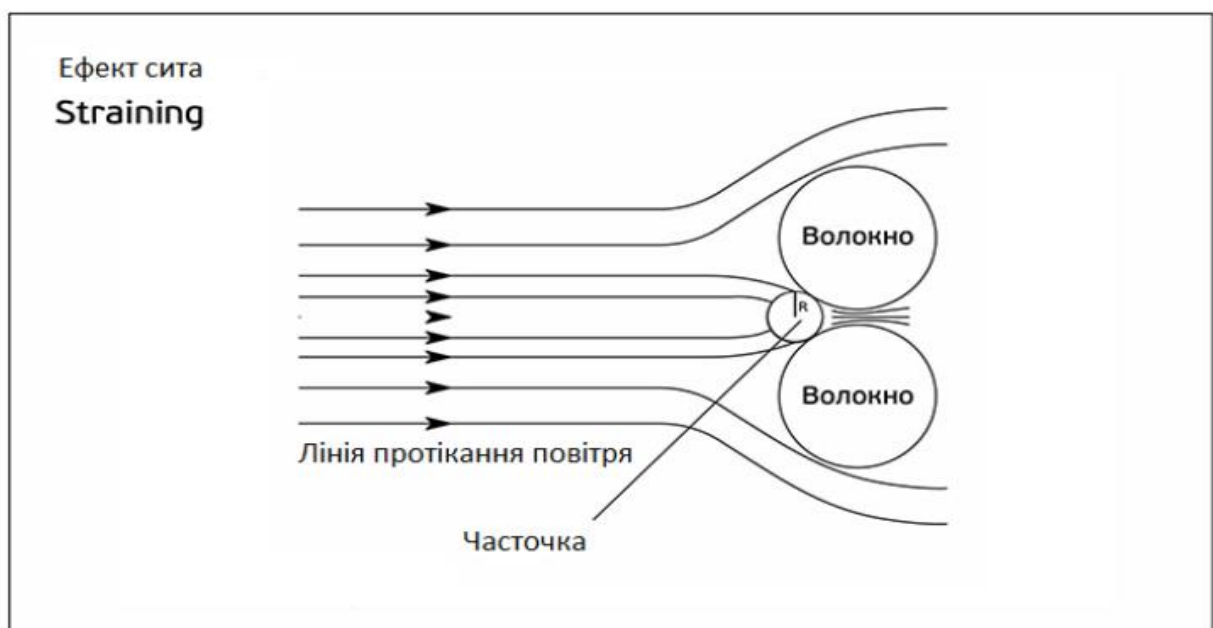


Рис. 3.2 Ефект сита

Фільтрувальні волокна представлені у вигляді циліндрів, розташованих поперек повітряного потоку. Сам потік вважається безвихревим, сталим. Модель частинок - куля з радіусом R . Якщо $2R$ більше відстані між волокнами, частинка застрягає у фільтрі. Чим більше частинка, тим більше шансів застрягти у волокнах. Тому для великих частинок ефект сита працює краще:

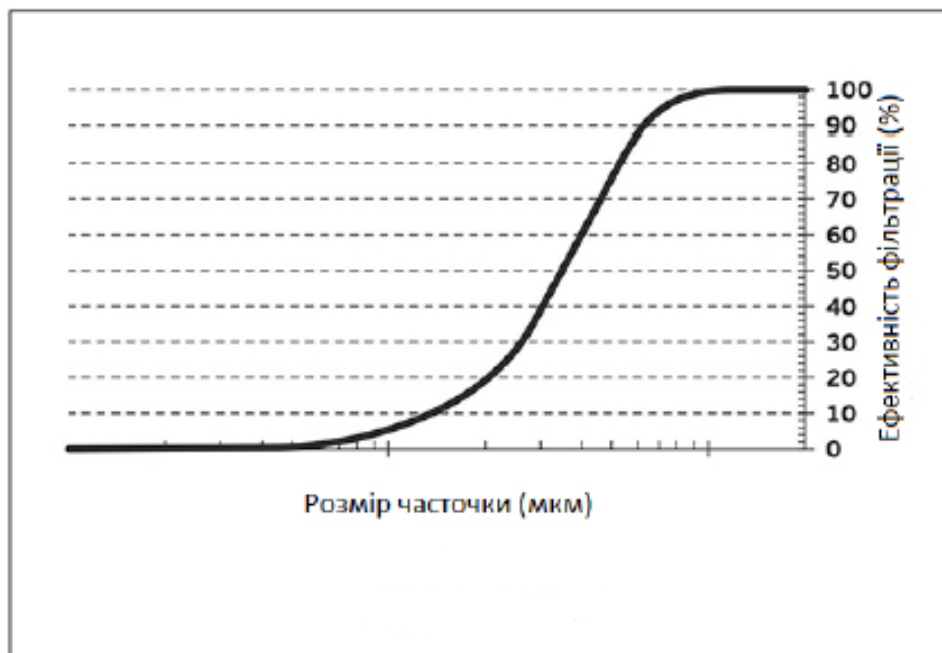


Рис. 3.3 Ефективність ефекту сита

На графіку немає посилань на конкретні розміри, оскільки фільтри з різною товщиною волокна та різною щільністю упаковки затримують різні фракції частинок. Форма кривої буде приблизно однаковою, але вона може «плавати» в горизонтальному масштабі. Наприклад, для грубого фільтра класу G крива буде розташована праворуч, ніж для тонкого фільтра класу F. У фільтрах HEPA також спостерігається ситовий ефект. І якби HEPA працювала лише над цим ефектом, то крива його ефективності виглядала б приблизно однаково. Однак насправді це виглядає зовсім інакше:

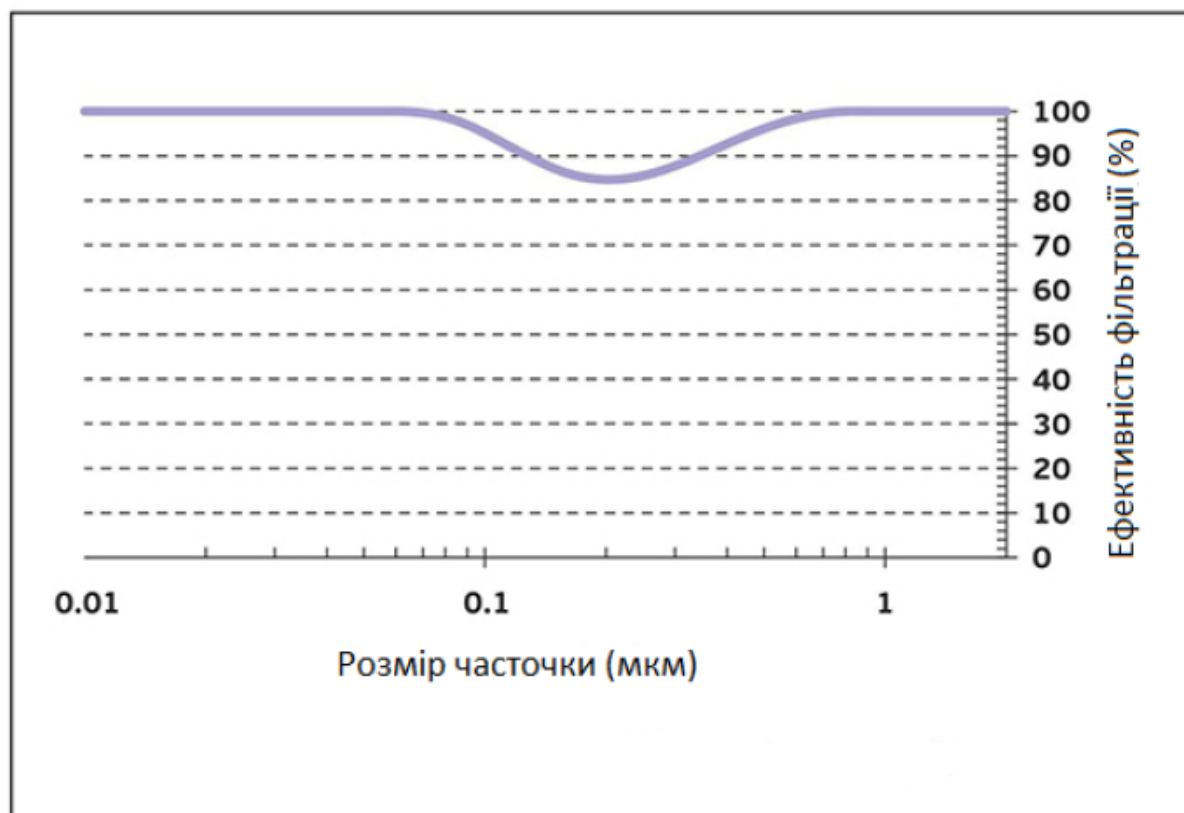


Рис. 3.4 Ефективність фільтру НЕРА

На графіку видно, що фільтр НЕРА захоплює частинки будь-якого розміру. І якщо ефективна фільтрація великих частинок (близько 5 мкм і більше) відбувається за допомогою ситового механізму, то фільтрація дрібних фракцій (порядку 1-0,01 мкм) має інший характер.

3.2.3. Як працює НЕРА фільтр

Основна відмінність НЕРА від грубого та тонкого фільтрів полягає в тому, що частинці не потрібно застрягати у волокнах для фільтрації. Якщо пляма пилю просто торкнулася фільтруючого матеріалу, цього вже достатньо для ефективного осадження. Це пов'язано з двома процесами: адгезією та аутогезією. Адгезія - це взаємодія пилю з відстійною поверхнею, в нашому випадку, з волокнами НЕРА. Через адгезію на чистих волокнах з'являється перший шар пилю.

Природа адгезії та аутогезії полягає у молекулярній взаємодії частинок між собою та з волокнами (сили Ван-дер-Ваальса). Ці сили з'являються на відстані від однієї до декількох сотень діаметрів частинок. Для найдрібніших частинок потяг до волокна та пилового шару настільки великий, що частинки осідають у

фільтрі НЕРА майже назавжди. Цифри підтверджують це: для частинок менше 10 мкм міцність на розрив пилового шару перевищує 600 Па. Тож, завдяки силам притягання, частинка майже міцно прилягає до волокна фільтра НЕРА, потрібно просто торкнутися його поверхні. Це пояснює утримання частинок на фільтрі, але відповіді на питання досі немає.

3.2.4. Як найменші часточки торкаються волокна НЕРА-фільтра?

Як ми з'ясували, ефект сита не має нічого спільного - найдрібніші частинки вільно пролітають через пори. Інші механізми працюють у фільтрах НЕРА. Будь-яка частинка утримується у повітряному потоці, і якщо у фільтрі немає сил, які відхиляють частинку від лінії потоку повітря у бік волокна, то осадження не буде. В результаті частинка прослизне через фільтр разом з потоком. Тому питання "Як частинки торкаються волокна?" Можна перефразувати: "Як частинки залишають повітряний потік?", І відповідь на нього буде різною, залежно від розміру і маси частинки. Найдрібніші частинки (діаметром менше 0,1 мкм) мають невелику масу і постійно перебувають у хаотичному броунівському русі. Їх траєкторія постійно коливається відносно лінії потоку повітря. Під час коливань частинка виходить з потоку, торкається волокна і осідає. Це дифузійний ефект:

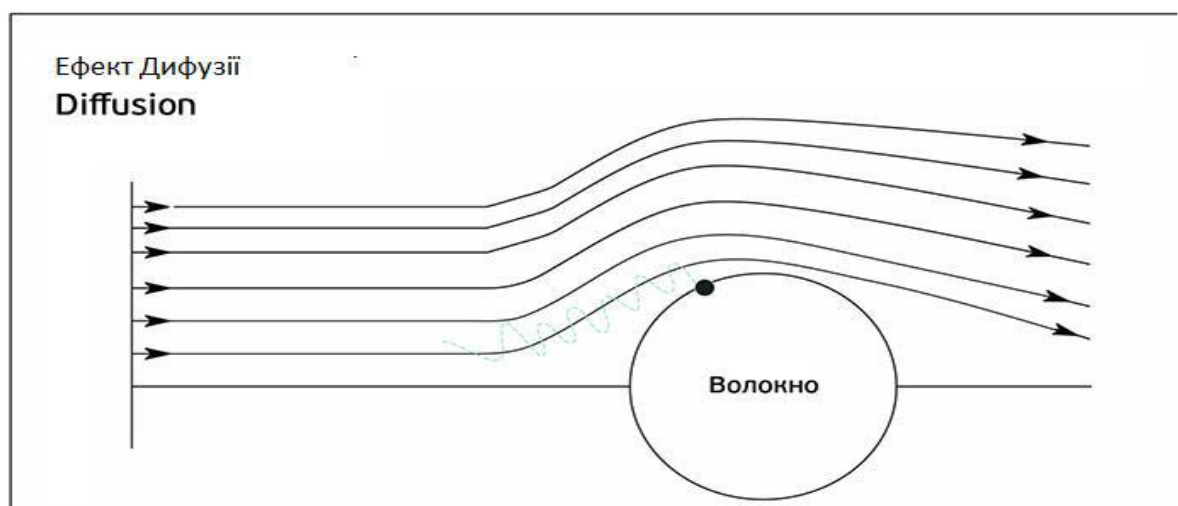


Рис. 3.5 Дифузія

Більші частинки (діаметром більше 0,3 мкм) важать більше, тому їх коливання відносно поточної лінії менші або взагалі відсутні. Такі частинки осідають іншим механізмом. Модель показує, що повітряний потік кривих біля волокна, огинаючи перешкоду. Великі і важкі частинки через інерцію виходять з повітряного потоку, стикаються з волокном і осідають. Це ефект інерції:

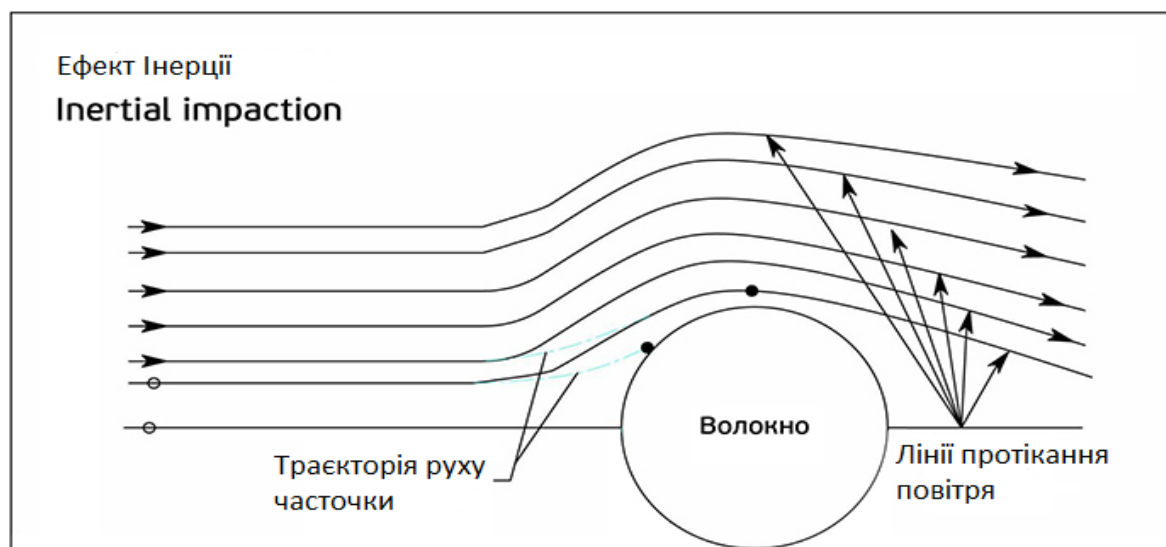


Рис. 3.6 Інерція

Найскладніше – відфільтрувати частинки з «проміжним» розміром. Їх інерція все ще недостатньо велика, і дифузія вже працює слабо, оскільки коливання їх траєкторії відносно потоку вже не такі сильні. Тому такі частки частіше залишаються в потоці і огинають волокна разом з повітрям. Їх називають частинками з максимальним проникненням, найбільш проникаючими розмірами частинок (MPPS). А для їх осадження найбільше значення має останній механізм - ефект залучення:

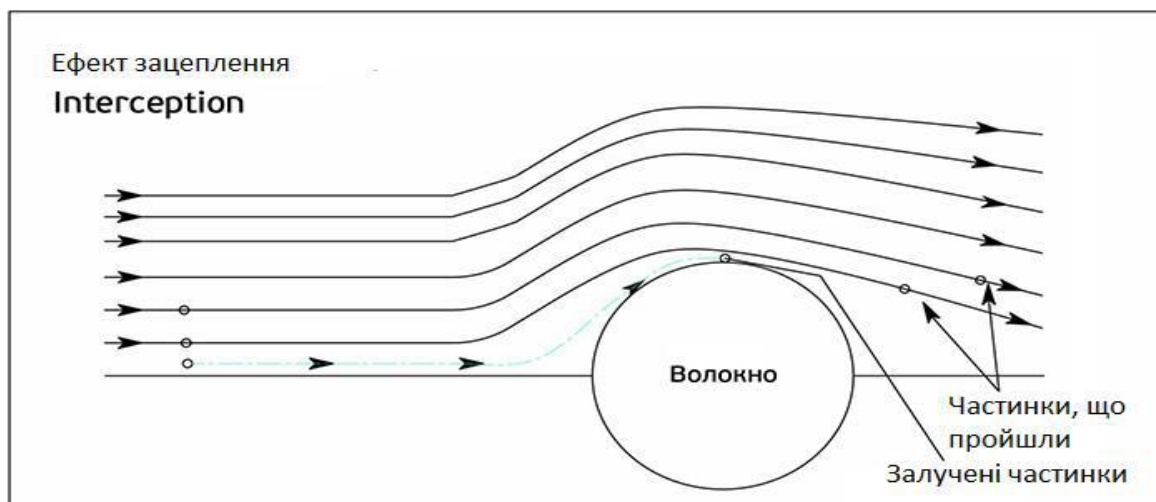


Рис. 3.7 Ефект зацеплення

Ефект зацеплення діє, коли частинка наближається до поверхні волокна на відстані його радіусу. Цього достатньо, щоб осадити її. Цей механізм працює не тільки для МРРР. Він універсальний і працює для частинок будь-якого розміру. Частинки пилу можуть залишатися у повітряному потоці, робити дифузійні коливання відносно потоку або вилітати з потоку через інерцію.

Ефективність цього механізму залежить від розміру частинок. Чим більша частинка, тим більше шансів торкнутися волокна. У цьому ефект зацеплення схожий на ситовий ефект, тому графік майже однаковий (звичайно, з посиленням на різний діапазон частинок):

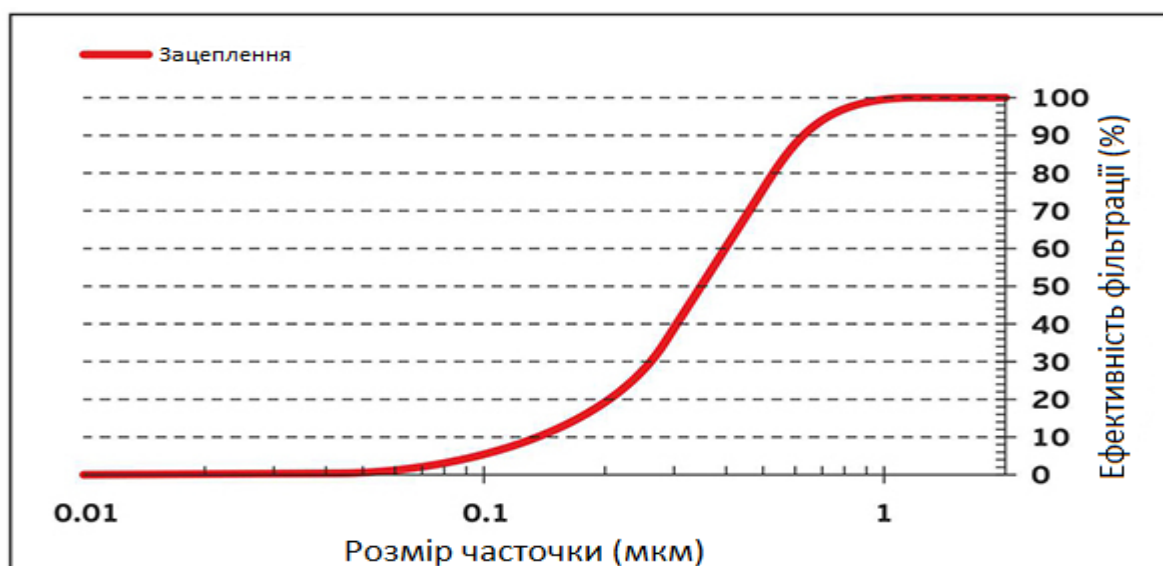


Рис. 3.8 Ефект зацеплення

Насправді всі механізми одночасно діють на фільтр НЕРА, тому загальна ефективність фільтра НЕРА дорівнює сумі внеску кожного ефекту:

$$\eta_{\text{спільна}} = \eta_{\text{сита}} + \eta_{\text{зацеплення}} + \eta_{\text{інерції}} + \eta_{\text{дифузії}} \quad (4)$$

Якщо постійно навантажувати фільтр НЕРА аерозолем з великими частинками, термін служби фільтра значно скорочується. Це пов'язано з ефектом сита: великі частинки швидко засмічують фільтр і знижують його проникність. Щоб уникнути ефекту сита, перед фільтром НЕРА встановлюють один або більше фільтрів типу: G та / або F. Вони захищають НЕРА від передчасного засмічення. Якщо встановлені попередні фільтри, то НЕРА працює строго "за фахом" - фільтруючи дрібні частинки. Таким чином, три ефекти залишаються, окрім «сита».

Якщо додати всі три графіки ефективності для кожного механізму, ми отримаємо саму криву загальної ефективності фільтра НЕРА:

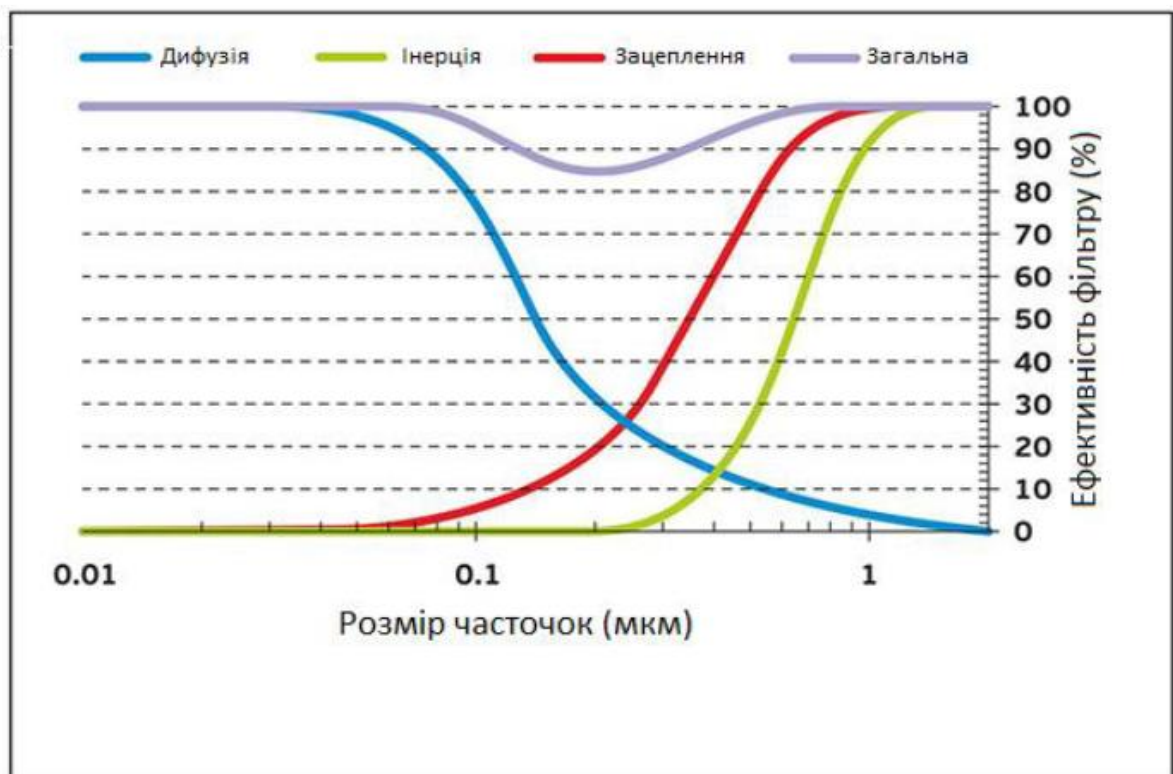


Рис. 3.9 Ефект НЕРА фільтру

Як видно в діапазоні MPPS (приблизно від 0,1 до 0,3 мкм), загальна ефективність фільтра HEPA "потрапляє в яму". І саме MPPS вимірює загальну ефективність. Фільтр HEPA класу H10 (за новою номенклатурою E10) працює з ефективністю понад 85%, а фільтр класу H11 (E11) - понад 95%. Це означає, що 95 з 100 MPPS частинок осідають у фільтрі E11 HEPA.

У цьому випадку решта частинок осідають з вірогідністю майже 100%, але кінцева ефективність зазвичай вказується MPPS, 95%.

3.2.5. Від чого залежить ефективність HEPA фільтра?

- ☐ Діаметр волокон у фільтрі HEPA
- ☐ Щільність пакування волокна
- ☐ Волоконний матеріал

Чим тонші волокна і щільніше вони упаковані, тим більша площа їх контакту з частинками. І чим краще волокна «вловлюються», тим ефективніше осадження. Якщо матеріал, з якого виготовлений фільтр, має високу провідність, то волокна можуть заряджатися у повітряному потоці. У цьому випадку між волокнами і частинками виникають сили електростатичного притягання (кулонівські сили). Вони додатково підвищують ефективність фільтра HEPA. При осіданні частинок відстань між волокнами зменшується.

В результаті площа волокон збільшується, і з цим пов'язаний парадоксальний факт: з часом ефективність HEPA не зменшується, а зростає. З іншого боку, при забрудненні зменшується проникність фільтра, збільшується його опір, збільшується перепад тиску через фільтр, і, як наслідок, знижується продуктивність пристрою, в який він встановлений. Якщо фільтр повністю засмічений, а продуктивність пристрою падає майже до нуля, єдиний вихід - замінити фільтр. Частота заміни залежить від ємності фільтра. Цей показник визначає, яка кількість пилу HEPA може осаджуватися до того, як перепад тиску через неї стане критичним.

Основні аспекти роботи HEPA-фільтра: 1. Повітряний потік з частинками пилу різних розмірів, від 10 мкм і менше, потрапляє у фільтр 2. Великі частин-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							33
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ки залишають повітряний потік завдяки інерційному ефекту, маленькі частинки - завдяки дифузійному ефекту 3. Усі частинки, що виходять з потоку і торкаються волокна, осідають на фільтрі 4.

Частинки міцно тримаються на волокні завдяки притягувальним силам (ван дер Ваальс) Всі неочевидні факти про HEPA-фільтр:

- ☐ HEPA-фільтр може захоплювати частинки будь-яких розмірів
- ☐ Пил затримується у фільтрі HEPA майже назавжди.
- ☐ З часом ефективність фільтра HEPA лише зростає.

Незважаючи на ефективність фільтрації пилу або спор, ці фільтри можуть видаляти грибки, бактерії та віруси. Визнано сприятливий ефект фільтрів з високим MERV для зниження можливості повітряно-крапельної передачі вірусу SARS-CoV-2. Рекомендовано використовувати фільтри для обмеження розповсюдження вірусів, але також важливо, що це технологічне рішення не можна вважати здатним усунути ризик передачі вірусу.

Незважаючи на те, що вони здатні обмежити передачу частинок малого розміру, таких як повітряно-крапельні віруси, завдяки своїм вищим характеристикам фільтрації, використання вискоефективних повітряних фільтрів із частинками (HEPA) може бути неможливим у блоках HVAC більшості будівель через їх підвищений опір потоку повітря та, як наслідок, збільшення перепаду тиску, що накладає велике енергетичне навантаження на роботу вентиляторів, які продувають повітря через фільтри, як показано в рівнянні 5.

$$E_{fan} = \frac{Q \cdot \Delta P_{fan} \cdot \Delta t}{\eta_e \cdot 1000} \quad (5)$$

де E_{fan} – споживання енергії для роботи вентилятора (кВт·год), Q – об’ємна витрата повітря через вентилятор (м³/с), ΔP_{fan} – загальне підвищення тиску від входу вентилятора до виходу (Па), Δt – час роботи вентилятора (год), а η_e – загальна ефективність системи вентилятора та двигуна.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							34
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Повідомляється, що заміна звичайних фільтрів фільтрами HEPA спричинить до збільшення ΔP_{fan} у 3-5 разів, що значно збільшить споживання енергії. Збільшення ΔP_{fan} може не сприйматися більшістю систем вентиляції та кондиціонування, що ускладнює модернізацію [1]. Крім того, фільтри також є місцем накопичення та розмноження мікроорганізмів, що призводить до зниження ефективності фільтра та його погіршення, що вимагає великих витрат на обслуговування. Як такі, фільтри HEPA зазвичай не використовуються в комерційних або житлових будівлях, а лише для певних застосувань, наприклад, у медичних установах або літаках.

3.3 Використання світла

Використання світла також визначено як потенційна стратегія інженерного контролю для очищення повітря через його властивості інактивувати мікроорганізми, такі як бактерії, віруси та гриби. Деякі іноземні науковці досліджували потенціал використання сонячного світла для інактивації вірусу грипу та SARS-CoV-2, виявивши зворотну кореляцію між рівнем сонячного світла та передачею вірусу. Хоча це потенційно цікаво, враховуючи велику доступність сонячного світла, необхідні подальші дослідження, щоб повністю зрозуміти характеристики сонячного світла для інактивації коронавірусів.

З іншого боку, широко повідомлялося про використання ультрафіолетового (УФ) спектру для знищення або інактивації мікроорганізмів, особливо для короткохвильового ультрафіолетового випромінювання (фотони з довжиною хвилі від 220 до 280 нм). Техніка ультрафіолетового бактерицидного опромінення (UVGI) використовує ультрафіолетове світло для інактивації мікроорганізмів на основі руйнування їх ДНК на молекулярному рівні, що впливає на характеристики їх відтворення. Повідомлялося, що характеристики ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 222 нм інактивують людські коронавіруси, і що для досягнення 90% інактивації вірусу потрібна експозиція 8–25 хвилин. У більшості комерційних систем UVGI використовуються ртутні лампи низького тиску, що випромінюють ультрафіолетове світло при 253,7 нм (близько до пі-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							35
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

кового значення ефективності при приблизно 265 нм), як показано на малюнку 3.10, де бактерицидна ефективність УФ-обробки при різних довжинах хвиль і видозалежний вплив на різні мікроорганізми.

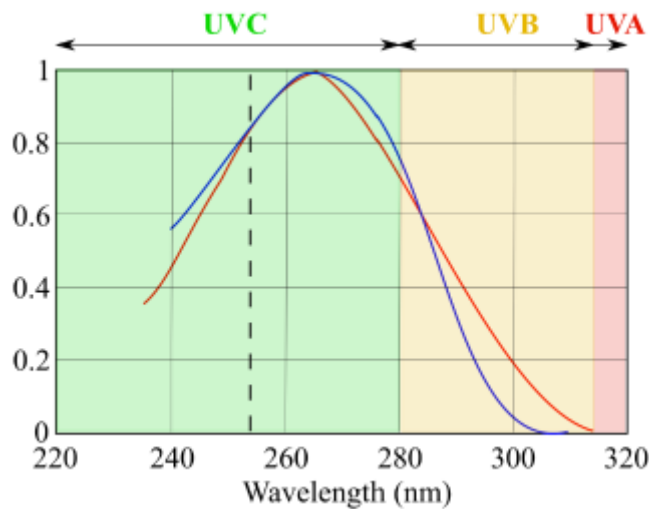


Рис.3.10. Крива відносної спектральної бактерицидної ефективності ультрафіолетового випромінювання

Основними конфігураціями систем UVGI (ультрафіолетового випромінювання), що використовуються в будівлях (медичних установах, лабораторіях тощо), є верхній (для дезінфекції всієї поверхні приміщення та повітря) та внутрішньоканальний (у установках HVAC для дезінфекції поверхонь охолоджуючих змійовиків та для дезінфекції повітря), з дозою ультрафіолетового випромінювання, специфічною для застосування (низька доза ультрафіолетового випромінювання для дезінфекції спіралі та висока доза ультрафіолетового випромінювання для дезінфекції повітря). Внутрішні системи UVGI для дезінфекції повітря повинні бути розташовані на витяжному повітропроводі блока вентиляції, щоб зменшити передачу мікроорганізмів перед рециркуляцією або видаленням повітря, хоча необхідні додаткові дослідження для оцінки впливу швидкості повітря та UVC, інтенсивність світла на характеристики інактивації вірусу UVGI в протоці, зокрема для коронавірусів [1].

На завершення, в таблиці 3.2 наведено основні рекомендовані або визначені стратегії обмеження передачі SARS-CoV-2 у будівлях або закритих приміщеннях, а також їх основні наслідки та недоліки.

Таблиця 3.2. Резюме основних стратегій HVAC для обмеження передачі вірусів.

Стратегія	Характеристика	Недоліки
Збільшення зовнішнього повітря	Позитивний вплив на видалення забруднень	- Збільшення споживання енергії - Знижений тепловий комфорт - Важливість зовнішнього повітря
Збільшений повітрообмін за годину	Позитивний вплив на видалення забруднень	- Збільшення споживання енергії - Знижений тепловий комфорт
Контроль температури та вологості	Повітря, що подається з умовами, несприятливими для активності та передачі вірусу	- Складне дообладнання для зволоження - Збільшення споживання енергії - Зволожувачі повітря потенційне місце скупчення мікроорганізмів
Фільтри	Позитивний вплив на видалення вірусів, залежно від фільтра	- Складна модернізація фільтрів HEPA - Збільшення споживання енергії - Потенційне місце розмноження вірусів
УФ світло	Здатність ультрафіолетового світла вбивати або деактивувати мікроорганізми	- Можливість впровадження залежить від конкретного випадку - Питання безпеки - Збільшення капітальних та операційних витрат

Як видно з таблиці 3.2, хоча рекомендовані стратегії здатні зменшити передачу SARS-CoV-2 або повітряно-крапельних вірусів загалом, вони також негативно впливають насамперед на енергоспоживання систем опалення, вентиляції та кондиціонування та потенційно на якість повітря в приміщеннях будівель або громадських місць.

Енергія УФ-С є безпечною та корисною при використанні належним чином. У системах HVAC енергія УФ-С міститься в системі HVAC. У цьому місці він не становить потенційної небезпеки для людей, оскільки енергія УФ-С не спроможна досягти людей у будівлі.

3.3.1 Методика розрахунку необхідних параметрів бактерицидного випромінювання

Для визначення загального вмісту мікроорганізмів в 1 м³ повітря, відбір проб проводять на 2% -ому живильному середовищі. Після інкубації посівів при 37°C протягом 24 год. проводять підрахунок колоній, що вирости, і роблять перерахунок на 1 м³ повітря. Для визначення вмісту мікроорганізмів в 1 м³ повітря, відбір проб проводять на жовточно-сольовий агар (ЖСА). Після інкубації посівів при 37 ° С протягом 24 год. підозрілі колонії піддають подальшому дослідженню.

Бактерицидна ефективність ультрафіолетового випромінювання оцінюється у відсотках як відношення кількості загиблих мікроорганізмів (n) до їх початкового числа до опромінення (N) за формулою:

$$K = (n/N) \times 100\% \quad (6)$$

де N_v - бактерицидна доза, Дж/м³, відповідна заданому значенню бактерицидної ефективності; N_0 - кількість опромінювачів у приміщенні, шт; N_l - число ламп у вихідній камері припливно-витяжної вентиляції для різних варіантів бактерицидних установок, шт; t - тривалість бактерицидного випромінювання, год; F - бактерицидний потік лампи, Вт; KF - коефіцієнт використання бактерицидного потоку ламп; залежить від конструктивних особливостей опромінювача і характеризує частку бактерицидного потоку ламп, яка використовується для знезараження повітряного середовища; для закритих опромінювачів (рециркуляторів) - 0,3 - 0,4, для відкритих стельових - 0,8, для відкритих і комбінованих настінних - 0,4, для "голих" циліндричних ламп - 0,9; V - об'єм приміщення, м³; K_z - коефіцієнт запасу.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							38
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Бактерицидна ефективність ультрафіолетового опромінення в операційних, передопераційних, пологових, стерильній зоні центрального стерилізаційного відділення (ЦСО), дитячих палатах пологових будинків, палатах для недоношених та травмованих дітей має бути не менш, ніж 99,9%, в перев'язувальних, кімнатах стерилізації та пастеризації грудного молока, палатах реанімаційних відділень, приміщеннях нестерильних зон ЦСО, бактеріологічних та вірусологічних лабораторії, станції переливання крові, фармацевтичних цехах - 99%, в інших приміщеннях відділень - 95%.

Формула дозволяє знайти необхідну кількість відкритих або закритих випромінювачів для бактерицидної установки:

$$N_{\text{в}} = H \nu \cdot V \cdot K_{\text{з}} K_{\text{ф}} \cdot N_{\text{л}} \cdot F \cdot t \cdot 3600 \quad (7)$$

Для бактерицидної установки в припливно-витяжній установці:

$$N_{\text{л}} = H \nu \cdot V \cdot K_{\text{з}} K_{\text{ф}} \cdot N_{\text{в}} \cdot F \cdot t \cdot 3600 = H \nu \cdot K_{\text{з}} \cdot P K_{\text{ф}} \cdot N_{\text{в}} \cdot F \cdot 3600 \quad (8)$$

$$P = V t = V \cdot k \quad (9)$$

де P - продуктивність припливно-витяжної вентиляції, м³/год.; k - кратність повітрообміну в приміщенні, год⁻¹; t - мінімальна тривалість ефективного опромінення, год.; для закритих опромінювачів t дорівнює 1 год., для відкритих - 0,25 год., для припливно - витяжної вентиляції; $t = 1/k$.

Для прикладу визначимо число відкритих опромінювачів типу SBOW в бактерицидної установці для знезараження повітря в операційному приміщенні у відсутності людей, якщо маються наступні вихідні дані: площа приміщення – м², висота – м, вид мікроорганізму - *Staphylococcus aureus*, категорія приміщення - 1, бактерицидна ефективність - 99,9%, об'ємна доза - 385 Дж/м³, бактерицидний потік (згідно паспорту) - 4,5 Вт, число ламп в опромінювачі - 2, коефіцієнт використання бактерицидного потоку - 0,8, коефіцієнт запасу - 1,1, режим опромінення - повторно-короткочасний, тривалість ефективного опромінення, при якій досягається задана бактерицидна ефективність - 0,25 год.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							39
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.3.2 Ультрафіолет та HVAC: ключі до зниження внутрішньолікарняних інфекцій

Ультрафіолетове (УФ) світло в природі є електромагнітним випромінюванням, виробленим сонцем. Найбільш поширеними формами є УФ-А, яке є довгохвильовим світлом і не поглинається озоновим шаром, УФ-В, яке є середньою хвилею і в основному поглинається озоновим шаром, і, нарешті, УФ-С, який є короткохвильовим світлом та повністю поглинається озоновим шаром. Сучасна наука змогла створити УФ-С освітлення, здатне проникати через клітинну стінку мікроорганізмів та змінювати структуру ДНК таким чином, що мікроорганізм стає нежиттєздатним.

Однією із найпопулярніших форм дезінфекції є використання портативних систем УФ-С. Установку можна активувати віддалено через додатки Wi-Fi для смартфонів, а інфрачервоні механізми на пристроях відключають ультрафіолетові лампи при найменшому русі в кімнаті. Результати дезінфекції вимірюються відстанню від джерела світла до ліжка, стіни і т. д., а також інтенсивністю самих лампочок і описані в таблиці нижче.

Таблиця 3.3. Інтенсивність УФ ламп

Бактерії	Відстань	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3
	нВт/см ²	1314	999	778	620	504	417
Пневмонія	Секунди	18	24	30	42	48	60
Коронавірус	Секунди	30	36	42	54	66	78
МРЗС	Хвилини	1,2	1,6	2,1	2,6	3,2	3,8

Як видно з таблиці, коронавіруси на відстані 3м, знищуються буквально за хвилину, що робить використання УФ ламп дуже привабливим для забезпечення високої якості повітря, та майже унеможливорює зараження людей.

3.4 Висновок

COVID-19 — респіраторне захворювання, спричинене вірусом SARS-CoV-2, яке вразило мільйони людей у всьому світі. Незважаючи на відсутність досліджень, які б чітко доводили, як передається вірус і які параметри на це впливають, найімовірнішими способами передачі, визначеними на даний момент, є

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							40
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

крапельний та фомітний шляхи передачі. Соціальне дистанціювання, засоби індивідуального захисту, карантин і карантинні заходи були визначені як ефективні стратегії стримування передачі вірусу. Проте спостерігалось все більше доказів передачі повітряним шляхом, що призвело до більшої актуальності стратегій HVAC у приміщеннях з великою кількістю людей і показало важливість включення безпеки мешканців у парадигму майбутніх будівель з низьким енергоспоживанням.

Основні встановлені стратегії вентиляції та кондиціонування повітря для обмеження поширення COVID-19 у будівлях і закритих приміщеннях включають збільшення зовнішнього повітря та повітрообміну, використання фільтрів вищого класу, використання ультрафіолетового світла тощо. Хоча вони здатні зменшити поширення вірусу, ці стратегії відповідають за збільшення споживання енергії та зниження теплового комфорту, що робить їх непривабливими як довгострокові стратегії.

4. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ УЛЬТРА-ФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

У цьому розділі представлено UVGI (ультрафіолетового випромінювання), доступні інженерам HVAC, а також переваги та недоліки технології. Важливо підкреслити, що всі додатки до UVGI реалізуються на доповнення до інших методів інженерного контролю, розглянутих раніше, і не замінюють інші методи. Найважливіше те, що докладно обговорюється ефективність у зниженні поширення патогенів, що переносяться повітрям, як це задокументовано в тематичних дослідженнях. Інженери HVAC можуть використовувати цю інформацію, щоб оцінити доцільність застосування UVGI до своїх конкретних проектів.

4.1 Передумови

UVGI вивчався протягом багатьох десятиліть, але воно не отримав широкого застосування в промисловості, оскільки воно найменш визначено в практичному застосуванні сучасних підходів до повітря дезінфекція. Тим не менш, UVGI набуває популярності та чинності із занепокоєння щодо якості повітря в

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							41
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

приміщеннях зокрема патогенів, що передаються повітрям, у закладах охорони здоров'я.

Системи UVGI для дезінфекції потоку повітря були вперше проведені Вільямом Ферт Уеллсом наприкінці 1930-х років. У 1946 році з'явилися перші вказівки із застосування бактерицидного опромінення, що були розроблені Метью Лакішем.

Це був той самий рік, коли було відкрито стрептоміцин, перший ефективний препарат проти туберкульозу, і це величезне відкриття, і надії на викорінення туберкульозу, яку він породив, практично припинили інтерес до УФ-дезінфекції повітря для боротьби з туберкульозом. Крім того, передбачалося, що незабаром вакцини знищать поширеність інфекційного вірусного захворювання.

Деякі дослідження привели до дуже успішної дезінфекції повітря за допомогою UVGI, а інші, показали не ті результати які очікувались. Коливання результатів було зумовлено великою кількістю факторів, які досліджувалися в процесі. Лише за останні кілька років, коли почалось зростання захворювань, що передаються повітряно-крапельним шляхом, знову почало розвивати цю науку, але переважно там лише старі дослідження, на яких базуються оцінки зменшення захворювань.

Завдяки прогресу в дослідженнях UVGI знайшов свій шлях до таких практичних середовищ, як лікарні, притулки, в'язниці та клініки. Ці будівлі сумно відомі тим, що передають хвороби через велику кількість мешканців, які там перебувають та часто переміщуються з приміщення в приміщення. Крім того, мешканці піддаються ще більшому ризику інфікування через те, що вони знаходяться близько один до одного. У зв'язку з цим, системи дезінфекції повітря UVGI встановлюються найбільше в закладах охорони здоров'я, на них припадає приблизно 60% усіх установок.

4.2 Як працює UVGI

Дезінфікуюча здатність технології UVGI заснована на принципі ультрафіолетового випромінювання, яке виробляється в природному середовищі від сонця.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							42
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Ультрафіолетове випромінювання випромінюється від сонця, впливаючи на здоров'я людини та навколишнє середовище в трьох діапазонах залежно від довжин хвиль. УФ-А – це довгі хвилі в діапазоні від 320 нм до 400 нм, УФ-В – це середні хвилі в діапазоні від 280 нм до 320 нм, а УФ-С – це короткі хвилі в діапазоні від 100 нм до 280 нм. З усього сонячного випромінювання 99% випромінювання, яке досягає поверхні Землі, становить УФ-А випромінювання. Майже все УФ-С випромінювання вичерпується в атмосфері, частина з яких відповідає за утворення озону.

Лампи UVGI використовують ультрафіолетове випромінювання через його здатність інактивувати патогени за допомогою коротких хвиль. У порівнянні з двома іншими класифікаціями ультрафіолетового випромінювання характеристики УФ-С менш шкідливі. УФ-С випромінювання має найвищу енергію з трьох класифікацій ультрафіолетового випромінювання, що пояснює його здатність інактивувати мікроорганізми. UVGI лампи класифікуються як низькі, середнього та високого тиску. УФ-С випромінювання різниться інтенсивністю випромінювання спектром довжин хвиль. Ртутні UVGI лампи низького тиску є найефективнішими лампами, оскільки вони випромінюють надзвичайно велику кількість випромінювання на довжині хвилі 253,7 нм. На щастя, мікроорганізми дуже вразливі до світла з довжиною хвилі 253,7 нм або близькою до неї, оскільки 260 нм є максимальною довжиною хвилі поглинання молекули ДНК. Бактерицидний ефект опромінює структуру ДНК вірусу, а також робить клітини неінфекційними. Таким чином, просто піддаючи патогени UVGI-опроміненню протягом певного періоду часу, відбудеться інактивація патогенів. Без урахування зовнішніх факторів, які змінюють ефективність, технологія UVGI залишається багатообіцяючим застосуванням завдяки своїй вродженій здатності інактивувати патогени випромінюванням лампи. На відміну від ртутних UVGI ламп низького тиску, ртутних UVGI середнього і високого тиску лампи випромінюють широкий діапазон хвиль з більшою довжиною, кожна з яких має дуже низьку частку енергії UVGI. Таким чи-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							43
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ном, ці лампи набагато менш ефективні для забезпечення бактерицидного опромінення, необхідного для дезінфекції патогенів, що переносяться повітрям. На рисунку 4.1 показані варіації інтенсивності випромінювання як для ламп UVGI низького, так і високого тиску, що свідчить про використання ламп низького тиску для досягнення високого рівня бактерицидної ефективності. Ці UVGI низького тиску виглядають схожими на стандартні люмінесцентні лампи, які використовуються для освітлення приміщень. Лампи, як правило, є або лінійними люмінесцентними лампами, або компактними люмінесцентними лампами. Приклади лінійних і компактних люмінесцентних ламп UVGI наведені на малюнку 4.2.

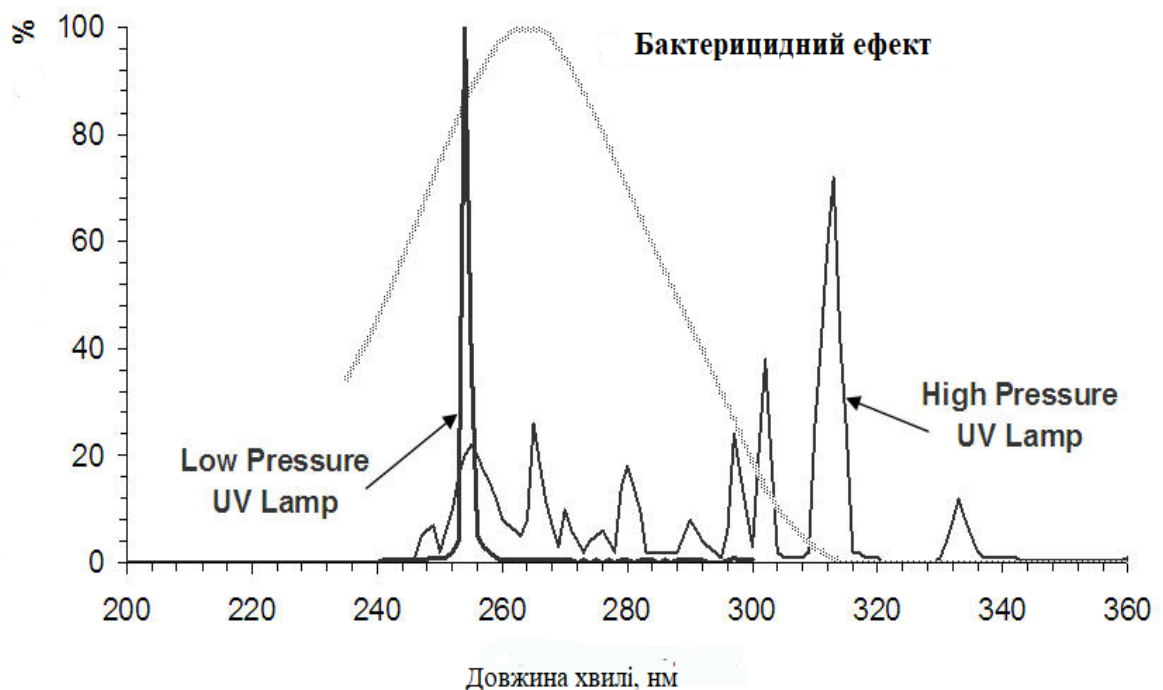


Рис. 4.1. Спектри та ефективність лампи UVGI



Рис. 4.2. Лампи UVGI: лінійні та компактні люмінесцентні

Віруси, бактерії та грибкові спори вразливі до впливу UVGI по-різному. Зокрема, віруси та бактерії легше дезінфікуються, ніж спори, через їх менший розмір. Тому інженери HVAC повинні застосовувати UVGI з відповідними додатками, щоб використовувати здатність технології дезінфікувати збудники за допомогою УФ-С випромінювання.

4.3 Типи додатків

Завдяки простоті технології UVGI вона підходить для широкого спектру застосувань. Наприклад, UVGI-лампи можна використовувати в стаціонарному механічному обладнанні та світильниках у верхній кімнаті чи портативних пристроях, у проектах нового будівництва чи реконструкції, а також безпосередньо в кімнатах. Вибір найбільш прийняттого застосування UVGI буде залежати від розміру та планування будівлі, а також від функцій конкретних приміщень. Додаткові фактори, що керують процесом вибору UVGI, включатимуть цільові патогени, конфігурацію системи ОВК, а також бюджет будівництва та експлуатації.

4.3.1 Дезінфекція повітряного потоку

Повітряна дезінфекція — це дезінфекція повітряно-крапельних збудників, які знаходяться як у завислому стані в приміщенні, так і в повітряних потоках. У закладах охорони здоров'я, інфекційні пацієнти можуть поширювати вірус до того, як їм буде діагностовано інфекційне захворювання. Отже, дезінфекція пові-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							45
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

тряного потоку дозволяє встановлювати установки всередині приміщень, щоб зменшити концентрацію частинок у повітрі, таким чином запобігаючи поширенню забруднень. Три конфігурації для дезінфекції повітряного потоку UVGI включають застосування в: повітроводах, застосування UVGI у верхніх частинах приміщення, стельові блоки HEPA-UV.

4.3.1.1 Програми у повітропроводах

Застосування UVGI в повітроводах дезінфікує мікроорганізми, які проходять через вентиляційну установку. Ультрафіолетові лампи зазвичай розташовуються або в АНУ (припливно-витяжна установка) біля проміжного теплоносія, або в повітропроводах рециркуляційного повітря. Ефективність застосування в повітропроводі у знищенні патогенів за допомогою системи UVGI базується на часі впливу частинок на рівні опромінення лампи UVGI. Швидкість повітряного потоку є основним фактором, який впливає на ефективність лампи UVGI, оскільки вона безпосередньо пов'язана з часом впливу патогенів на опромінення. Таким чином, задане бактерицидне опромінення буде більш ефективним для інактивації патогенів у засобі обробки повітря, ніж у системі припливного повітроводу, через більш тривалий вплив на мікроорганізми. Установки UVGI всередині АНУ стають найпопулярнішим застосуванням з ряду причин. По-перше, цей метод дезінфікує велику кількість повітря в одному центральному місці, що означає, що обслуговування одного обладнання є набагато економнішим, ніж для систем дезінфекції окремих приміщень. Тому інтенсивність UVGI може застосовуватися на набагато вищому рівні в механічних системах, ніж у фактичних приміщеннях із застосуванням у верхній частині кімнати. Ці системи одночасно забезпечуватимуть дезінфекцію поверхні всередині АНУ. Системи UVGI, встановлені в АНУ, складаються з кількох ламп UVGI, встановлених на структурній рамі поруч із змійовиком охолодження. Залежно від виробника UVGI та конкретного застосування лампи UVGI розподіляються рівномірно та встановлюються вертикально або горизонтально на опорній рамі. На малюнку 4.3 показано ці різні способи встановлення для АНУ.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							46
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

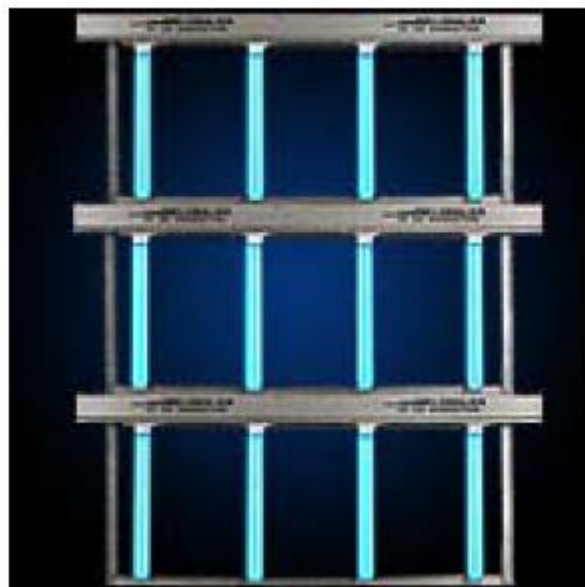


Рис. 4.3. Лампи UVGI в АНУ: горизонтальні та вертикальні

Окрім встановлення в вентиляційних агрегатах, UVGI можна встановлювати у зворотних повітропроводах. Цей метод найбільш застосовний для систем з високою концентрацією повітряно-крапельних патогенів з обмеженої кількості приміщень. Однак потрібно переконатися, що UVGI-лампи в повітропроводах зворотного повітря розташовані достатньо далеко від решіток зворотного повітря, щоб запобігти неконтрольованому UVGI-випромінюванню в простір. Проте інтенсивність UVGI має бути достатньо високою для дезінфекції патогенів, що переміщуються повітрям. Ще однією проблемою, пов'язаною з системами UVGI, встановленими в повітропроводах зворотного повітря, є труднощі доступу до систем UVGI. Доступ більш обмежений у системах зворотних повітропроводів UVGI через те, що системи приховані над стелями приміщення. Крім того, ці системи UVGI дезінфікують лише повітря, що рециркулює в системах, і не дезінфікують жодих патогенів, які можуть бути занесені із зовнішнього повітря. Методи встановлення систем UVGI, встановлених у повітропроводах, відрізняються більше серед виробників, ніж серед установок АНУ. Деякі виробники використовують лампи UVGI, які встановлюються перпендикулярно потоку повітря (поперек повітропроводу), а джерело живлення розташовані поза повітропроводом. Приклад цієї UVGI системи показана на малюнку 4.4 із зображеннями лицьової панелі та внутрішнь-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							47
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ого повітропроводу. Інші виробники використовують лампи UVGI, встановлені паралельно повітропроводу в центрі повітропроводу, підтримувані вертикальними кріпленнями поперек повітропроводу, як показано на малюнку 4.5. Ефективність обох методів виявилася успішною, і інженерам HVAC слід проконсультуватися з виробниками при виборі застосувань UVGI в повітропроводі.



Рис. 4.4. Система ламп UVGI, перпендикулярна до повітропроводу

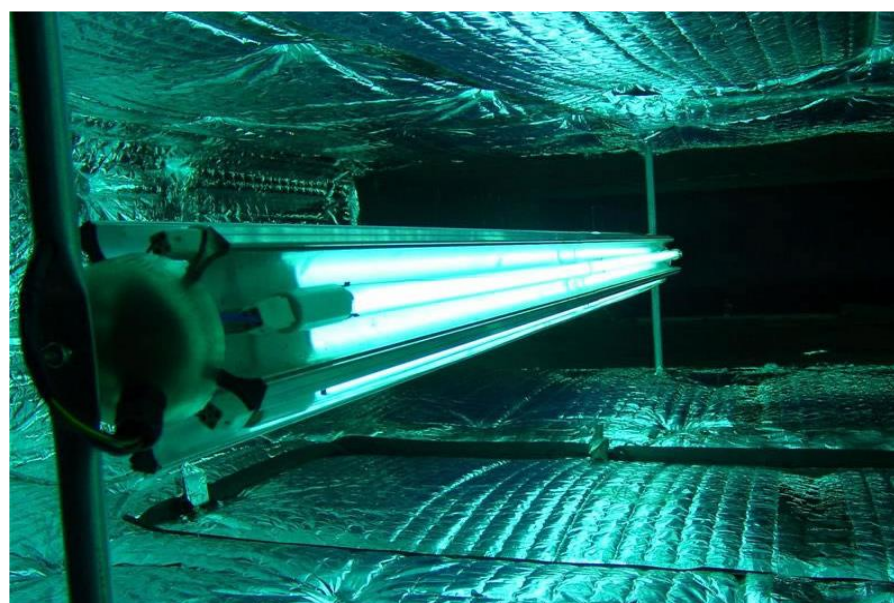


Рис. 4.5. Система ламп UVGI, паралельна повітропроводу

Проаналізувавши ефективність кожного методу дії на спори, бактерії та віруси, передбачається ідеальне змішування повітря, а також початкова концентрація повітряних патогенів у просторі - 500 КУО/м³. Крім того, передбачається, що зовнішнє повітря містить спори в концентрації 100 КУО/м³. На рисунку 4.6 показаний результат використання 25% зовнішнього повітря для розведення патогенів, що переносяться повітрям. Бактерії та віруси видаляються майже з однако-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							48
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

вою швидкістю та наближаються до повного завершення видалення через п'ять годин, тоді як концентрація спор залишається вищою, виходячи з припущення, що спори містяться у зовнішньому повітрі. Ефективність фільтра MERV 13 щодо видалення патогенних мікроорганізмів, що переносяться повітрям, при збереженні концентрації зовнішнього повітря показано на малюнку 4.7. Усіх патогенів відчутно менше за набагато коротший період часу, ніж той, який спостерігається лише на зовнішньому повітрі. Коли спори були більшими в діаметрі, їх концентрація зменшувалася швидше, ніж у бактерій і вірусів. Останній графік цього розділу, рис. 4.8, показує ефективність лампи UVGI 25 мкВт/см² у рециркуляційному повітрі. Крім того, зовнішнє повітря залишається постійним без застосування фільтрації. У дослідженні UVGI зменшує концентрацію вірусів краще, ніж два попередні методи, одночасно зменшуючи кількість бактерій. Крім того, на спори UVGI майже не впливає, і вони дають такі ж результати, як лише метод зовнішнього повітря. Важливо відзначити, що рівень опромінення UVGI є значно низьким для цього типу застосування. Тому застосування системи UVGI з більшою інтенсивністю позитивно вплине на результати. Загалом, це дослідження забезпечує надійну основу для ефективності UVGI для різних типів патогенів, які спостерігаються в медичних закладах.

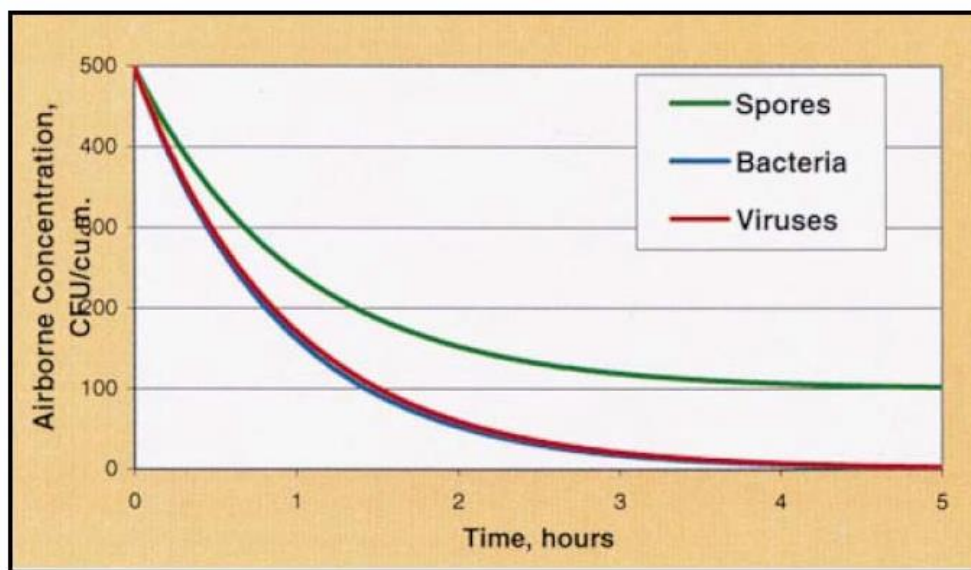


Рис. 4.6. Ефективність зовнішнього повітря

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

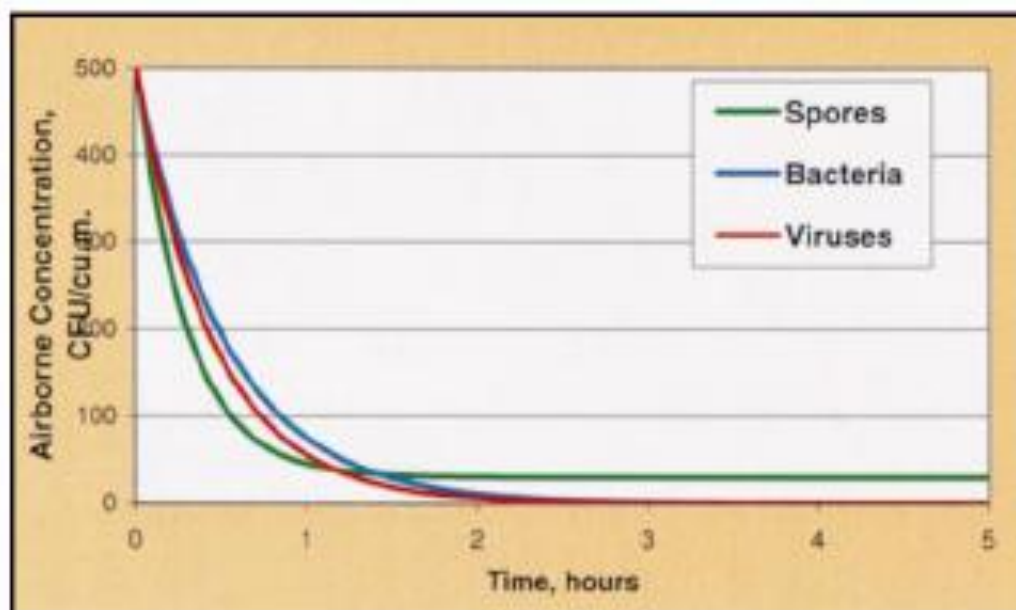


Рис. 4.7. Ефективність фільтра MERV 13

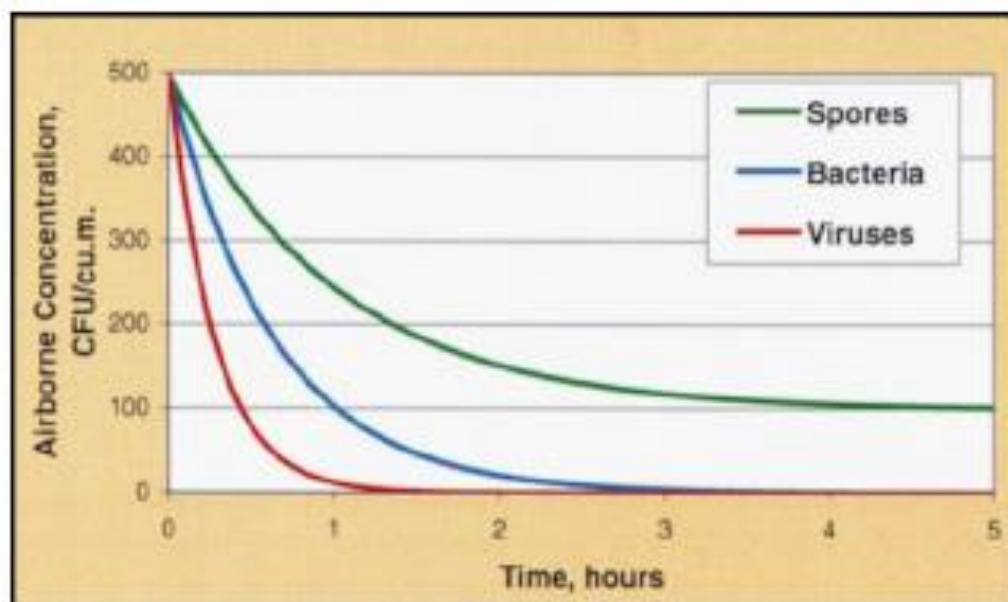


Рис. 4.8. Ефективність UVGI

Ці застосування в повітропроводі можуть значно покращити якість повітря, видаляючи патогени, що переносяться повітрям, краще, ніж стандартні інженерні заходи, без обмеження чи шкоди для їхніх можливостей. Однак ця конфігурація може не забезпечувати мешканцям у приміщеннях необхідний контроль зараження за допомогою джерела інфекції в тій самій кімнаті. Це пояснюється тим, що система обробляє повітря, що надходить у простір і виходить з нього, але мало робить для переривання передачі патогенів між інфекційними випадками та по-

тенційними жертвами. Інші методи UVGI, встановлені в просторі, призначені для боротьби з цією проблемою.

4.3.1.2 Додатки у верхній частині кімнати

Застосування УФГІ для верхньої кімнати складається з монтованих на стіні або стелі світильників, які випромінюють вузьку горизонтальну смугу повітря трохи нижче стелі. Ці пасивні пристрої спираються на змішування повітря в приміщенні за рахунок механічної вентиляції. Мікроорганізми, що переносяться повітрям, інактивуються під впливом опромінення, тому постійно знижується концентрація інфекційних частинок у просторі. Світильники UVGI у верхній кімнаті складаються з багатолопатевих горизонтальних жалюзів глибиною до 15см, на відстані половини сантиметра один від одного, щоб «приховати» лампи UVGI, розташовані у внутрішній частині кріплення від прямого впливу на мешканців у просторі. Щоб збільшити інтенсивність випромінювання, багато світильників використовують параболічний відбивач позаду лампи UVGI.

Верхні пристрої мають ряд переваг перед іншими системами UVGI. Основна перевага полягає в тому, що патогени, які переносяться повітрям, швидше за все, будуть негайно знищені UVGI, оскільки патогени потрапляють у приміщення поблизу опромінюваної зони. Стельові UVGI знищують повітряно-крапельні патогени на основі реальної швидкості змішування повітря, тоді як UVGI у верхніх частинах кімнат залежить лише від теоретичної швидкості повітрообміну. Таким чином, хвороботворні мікроорганізми будуть видалені таким чином ефективніше, ніж за допомогою швидкості вентиляції, без шкоди для комфорту мешканців. Ще однією перевагою даного типу системи є її пасивна робота. Незважаючи на те, що пристрої UVGI розташовані всередині кімнати, вони не потребують вентилятора чи двигуна, які можуть заважати мешканцям, створюючи шум або вібрацію.

4.3.2 Дезінфекція поверхонь

Дезінфекція поверхонь видаляє бактерії, що осіли на поверхнях охолоджувальних змійовиків АНУ та вмісті приміщення. Використання дезінфекції поверхонь є найпоширенішим для змійовиків охолодження АНУ через ефективність

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							51
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

і практично відсутність ризику для мешканців. Зокрема, дезінфекція поверхонь є високоефективною та передбачуваною. Таким чином, власники HVAC, швидше за все, встановлять їх, завдяки видимій ефективності очищення, яка спостерігається в змійовиках АНУ та крапельних піддонах.

4.3.2.1 Охолоджувальні змійовики та піддони для збору крапель

Один із найкращих способів запобігти поширенню повітряно-крапельних патогенних мікроорганізмів будівлею — усунути можливість поширення вірусів через систему вентиляції та кондиціонування повітря, починаючи з АНУ. Центральні АНУ сумно відомі тим, що на охолоджуючих змійовиках і крапельних піддонах утворюються мікробні мікроорганізми, які називаються біоплівками. Отже, мікробне забруднення систем кондиціонування повітря є потенційно причиною появи симптомів у чутливих працівників. Це забруднення ще більше проявляється в медичних закладах, де можуть перебувати пацієнти дуже сприйнятливі до різноманітних захворювань. Для охолоджувальних змійовиків опромінення на поверхні змійовиків має становити лише частку від середнього опромінення, яке використовується в програмах дезінфекції повітря, оскільки вплив зазвичай безперервний. На малюнку 4.9 показано рівні опромінення UVGI та час, необхідний для дезактивації. Навіть при низькому UVGI опроміненні 10 мкВт/см², поверхня буде стерилізована приблизно через 50 годин.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							52
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

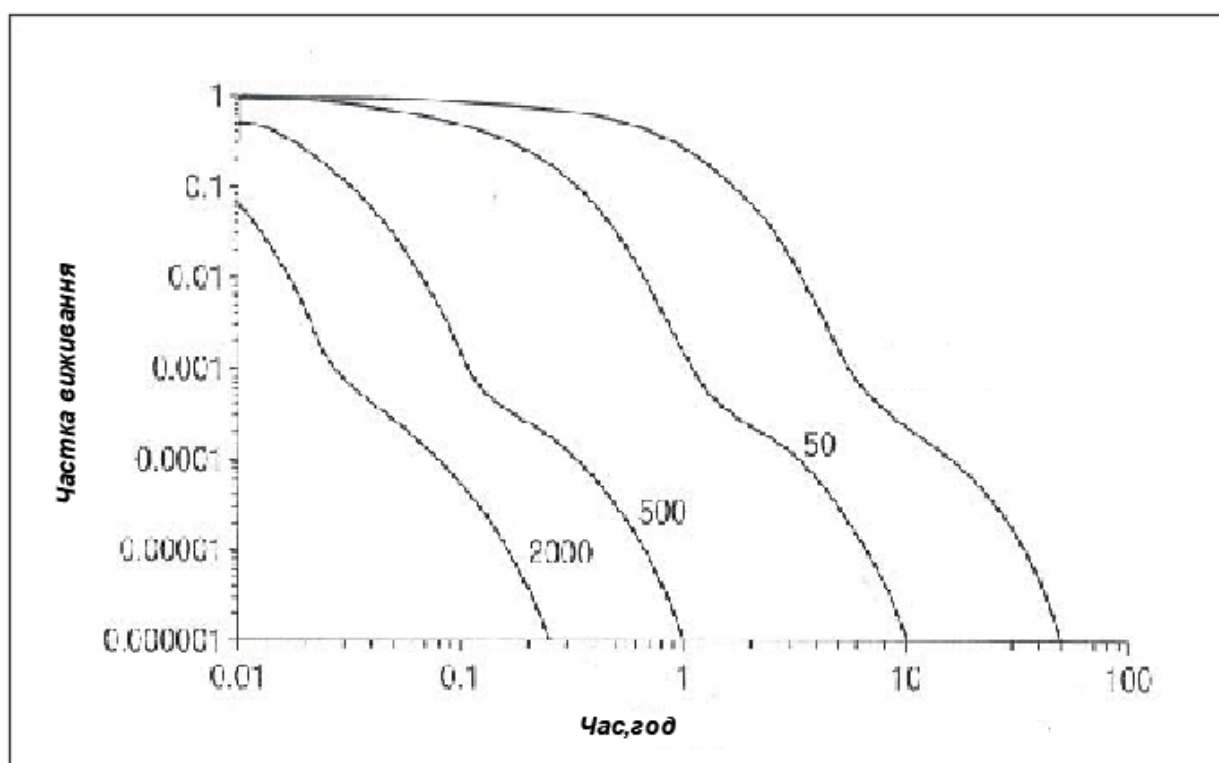


Рис. 4.9. Вплив ультрафіолетового випромінювання на АНУ

Для оптимального очищення змійовика за найкоротший проміжок часу обидві сторони змійовика повинні бути опромінені лампами UVG, якщо немає обмежень у просторі. Опромінення тільки однієї сторони котушки потребуватиме від ламп UVGI більше часу. Якщо UVGI лампи знаходяться лише з одного боку спіралі, можливо, було б доцільно збільшити розмір системи, щоб забезпечити стерилізацію всієї спіралі. Щоб підвищити рівень випромінювання на одній стороні, на стінках АНУ можуть бути застосовані відбиваючі панелі для підвищення рівня випромінювання. На рисунку 4.10 показано типове розташування ламп UVGI всередині АНУ.

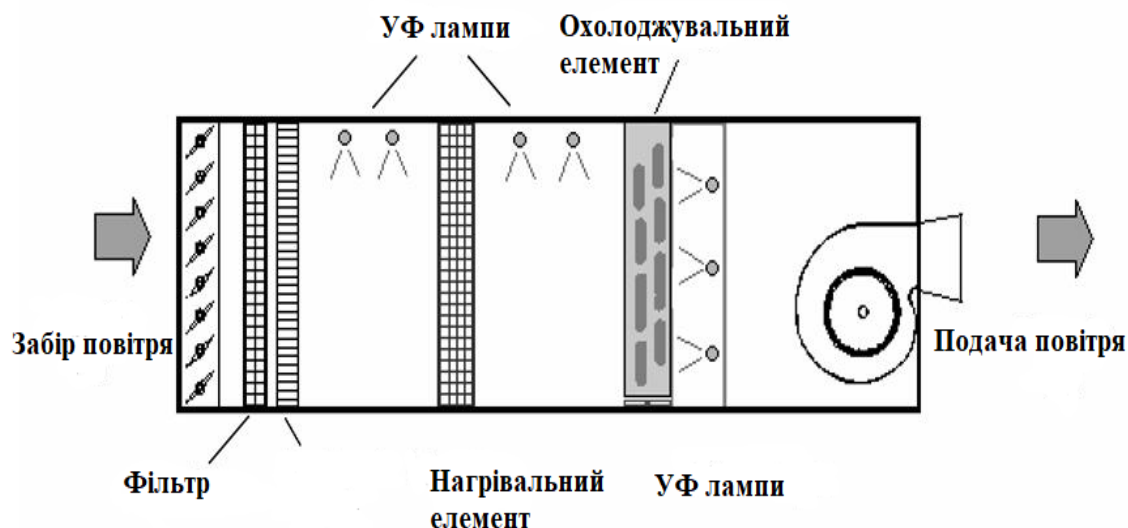


Рис. 4.10. Розташування UVGI всередині АНУ

4.4 Ефективність технології

Аналізуючи ефективність UVGI, повинні розрізняти дезінфекцію та стерилізацію інфекційних збудників. Стерилізація визначається як повне знищення всіх видів мікробів. З іншого боку, дезінфекція – це просто зменшення мікробної популяції. Для більшості застосувань UVGI, що включають мікроорганізми в повітряних потоках і на поверхнях, можливі лише рівні дезінфекції. Таким чином, виробники прагнуть розробити системи UVGI на основі різних параметрів для досягнення бажаних показників дезінфекції від 90% до 99,99%. «Наука не виявила мікроорганізму, стійкого до шкідливого впливу механічно генерованого 254 нм бактерицидного ультрафіолетового випромінювання». Якщо умови можна ідеально підібрати для дезінфекції мікроорганізмів, то все можна вилікувати завдяки руйнівним властивостям UVGI. Однак, залежно від змінних, ефективність UVGI на різних мікробах різна. Оскільки важко передбачити, які мікроорганізми будуть присутні в медичному закладі, слід оцінити найбільш стійкі мікроби. Одним із таких збудників, більш стійким до UVGI, ніж більшість інших, є *Mycobacterium tuberculosis* (TB). Тому туберкульоз часто використовується як еталон для визначення вимог щодо впливу UVGI у практичних застосуваннях для запобігання передачі повітряно-крапельним шляхом у приміщенні. З цієї причини багато експе-

риментальних прикладів, проведених раніше, оцінювали системи UVGI на основі туберкульозу.

Щоб класифікувати ефективність, показники виживання патогенів порівнюють із дозою впливу UVGI. Формула 1 визначає кількісну залежність між виживанням патогенів і факторами впливу UVGI, такими як опромінення, час і фактор чутливості мікроба. Це рівняння можна використовувати для повітряно-крапельних патогенів, які зазнали впливу UVGI в приміщеннях з механічною вентиляцією. «Оскільки логарифмічна шкала, що представляє частку виживання, ніколи не досягає нуля, повне вбивство теоретично неможливо; хоча, з практичної точки зору, коли тих, хто вижив стає мало, стає важко відрізнити цей стан від повного вбивства».

$$\frac{N_s}{N_o} = e^{-KI t} \quad (1)$$

де

N_o = кількість бактерій, які піддалися впливу

N_s = кількість бактерій, які вижили після впливу UVGI

I = UVGI опромінення, мкВт/см²

t = час опромінення UVGI,

K = коефіцієнт чутливості мікробів, см²/мкВт·с

У цьому прикладі UVGI необхідно встановити в АНУ зі швидкістю повітря 14м³. Припускаючи, що система UVGI опромінюватиме патогени протягом на відстані 1,2м, час очікування, $t=0,5$ секунди. Як згадувалося раніше, система UVGI буде розроблена на основі здатності дезінфікувати збудників туберкульозу як еталон. Коефіцієнт сприйнятливості мікробів k для туберкульозу становить 0,002132 см²/мкВт·с. Для прикладу прийнято UVGI-лампу із середнім рівнем випромінювання, $I=4000$ мкВт/см². Подібну інформацію про опромінення UVGI можна визначити за даними окремих виробників ламп.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							55
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

4.5 Недоліки UVGI

Хоча технологія UVGI має багато переваг, також необхідно визначити деякі недоліки. UVGI пов'язане з ризиком і непередбачуваними результатами. На жаль, інженери не були ознайомлені з детальними критеріями для доведеної ефективності UVGI. Також передбачається відповідальність власниками та інженерами щодо технології, яка може завдати шкоди мешканцям будівлі, якщо вона не встановлена та не обслуговується належним чином.

4.5.1 Відсутність стандартів проектування UVGI

Одним із найбільших факторів, що обмежують впровадження технологій UVGI, є відсутність узгоджених стандартів проектування та рекомендацій. Посібники з проектування та встановлення систем UVGI для верхніх частин кімнат, публікувалися тільки півстоліття назад, але базові інженерні дослідження та технічні публікації, присвячені технології, є мізерними і не піддається широкому узагальненню. Методи встановлення значно відрізняються серед виробників і не регулюються керівним органом для забезпечення належної ефективності UVGI після встановлення. Тим не менш, належна ефективність дезінфекції життєво важлива для закладів охорони здоров'я, де існує вищий рівень очікувань щодо контролю патогенів порівняно з комерційними будівлями.

4.5.2 Ризик для осіб, які перебувають у приміщенні, та об'єктів

У закладах охорони здоров'я безпека та здоров'я пацієнтів і персоналу є найважливішими. Будь-яка система, яка перешкоджає безпеці людей, буде оцінена як негативна. Недоліком застосування UVGI в кімнатах є можливість надмірного опромінення UVGI пацієнтів або персоналу.

Випадкове надмірне опромінення UVGI зазвичай трапляється з працівниками технічного обслуговування, які входять в зону опромінення світильників UVGI, які все ще працюють. Мешканці кімнати також можуть піддаватися впливу більш високої дози опромінення UVGI, якщо світильники не розташовані або встановлені неналежним чином у приміщенні. Медичні працівники піддаються більшому ризику, оскільки вони перебувають в приміщенні більш тривалий період

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							56
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

часу, ніж більшість пацієнтів. Надмірне опромінення UVGI потенційно може спричинити неприємні подразнення очей і шкіри, але вони є тимчасовими та не мають відомих довгострокових наслідків.

4.6 Висновок

Інженери HVAC відіграють вирішальну роль у захисті пацієнтів медичних закладів від зараження внутрішньолікарняними інфекціями. Щоб і надалі захищати пацієнтів, потрібно спочатку зрозуміти різницю між патогенними мікроорганізмами, які можуть бути присутніми в будівлі. Розмір збудника, чутливість і способи передавання впливають на розробку оптимальних інженерних методів контролю. Традиційні методи боротьби з інфекцією включають механічну вентиляцію, фільтрацію та контроль перепаду тиску. Ці інженерні методи перевірені, і їх результати є передбачуваними та успішними, якщо їх правильно розроблено чи обрано.

Однак, як доповнення до цих традиційних методів, застосування UVGI довело збільшення загальної дезінфекції забруднювачів, що переносяться повітрям, ніж ефективність традиційних методів. Несучи відповідальність за забезпечення оптимального внутрішнього середовища, вільного від шкідливих домішок у повітрі, слід оцінювати застосування та ефективність технології в міру її розвитку. Застосування UVGI поділяються на дезінфекцію повітряним потоком і дезінфекцію поверхонь. Методи дезінфекції повітряним потоком включають пристрої для вентиляції, пристрої для верхньої частини кімнати, стельові блоки HEPA та портативні вентилятори. Ці пристрої пропонуються в залежності від місця встановлення та бажаного рівня ефективності. Методи дезінфекції поверхонь передусім стосуються охолоджувальних змійовиків АНУ та піддонів, а також деяких приміщень.

Завдяки цьому, збудники знищуються на поверхні, таким чином запобігаючи їхньому зростанню, а також повторному потраплянню в повітряний потік. У багатьох дослідженнях задокументовано високу ефективність систем UVGI, якщо вони спроектовані та встановлені належним чином, і переваги від посиленої

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							57
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

дезінфекції простору чи будівлі переважають проблеми із застосуванням технології. Основне занепокоєння для власників, через відповідальність, що викликає надмірне опромінення UVGI, що може спричинити подразнення шкіри або очей. Це занепокоєння було вирішено агентствами та галузевим досвідом у забезпеченні безпечних систем UVGI. Іншим занепокоєнням, насамперед власників, є економічний вплив технології на основі прогнозованої ефективності.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							58
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5 ВЕНТИЛЯЦІЯ

5.1 ВИХІДНІ ДАНІ

5.1.1 Генеральний план

5.1.1.1 Містобудівна ситуація

Проектована територія розташована в межах міста Краматорська вздовж вулиці Кришталевої. В адміністративному відношенні майданчик для будівництва знаходиться в зоні змішаної багатоквартирної і громадської забудови (в проєктованому періоді).

Площа території в межах детального плану складає 32,356 га.

Проектована територія під будівництво та обслуговування будівель закладів охорони здоров'я та соціальної допомоги — 18,000 га.

У планувальній структурі міста — це територія для змішаної багатоквартирної та громадської забудови. Проектована територія призначена для створення сучасної багатопрофільної обласної лікарні, що забезпечить надання високоспеціалізованої стаціонарної лікувально-діагностичної та реабілітаційної допомоги населенню Донецької області, житлового будинку для працівників на 50 квартир, гуртожитку (де будуть створені умови для проживання медичного персоналу), готельного комплексу на 100 місць, а також для розміщення допоміжних будівель та споруд, а саме – котельні, трансформаторної підстанції, локальних очисних споруд зливової каналізації та гаражу.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							59
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5.1.2 Об'ємно-планувальне та архітектурне рішення



Рис. 5.1. Макет лікарні

5.1.3 Характеристика існуючої забудови

Проектована територія для створення сучасної багатопрофільної обласної лікарні, розташовується в південно-східній частині міста Краматорська та займає площу 18,000 га, вільна від забудови. КАДАСТРОВИЙ НОМЕР ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ 1412900000:00:004:0355 для будівництва обласної багатопрофільної лікарні з використанням даних земельного кадастру на топографо-геодезичній основі в системі координат УСК-2000. ЗЕМЕЛЬНА

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							60
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ДІЛЯНКА МАЄ ЦІЛЬОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ згідно КВЦПЗ — 03.03 для будівництва та обслуговування будівель закладів охорони здоров'я та соціальної допомоги.

5.1.4 Техніко-економічні показники

Таблиця 5.1 Техніко-економічні показники будівлі

№ п.п.	Назва показника	Одиниця виміру	Значення показників	
			Існуючий стан	Етап від 3 до 7 років
1	Територія			
1.1	Територія в межах ДПТ	га		32,356
1.2	Територія в межах проектованої ділянки	га/%		18000/100%
1.3	Територія забудови	га/%	Нове будівництво	2250/12,5%
1.4	Зелені насадження	га/%		5309/29,5%
1.5	Вулиці, площі, доріжки	га/%		10441/58%
2	Території за межами проектування	га/%		14000/100%
2.1	Територія забудови	га/%	Нове будівництво	0,282/2%
2.2	Зелені насадження	га/%		7,99/57%
2.3	Вулиці, площі, доріжки	га/%		4,209/30%
2.4	Територія забудови іншого призначення	га/%		1,519/11%

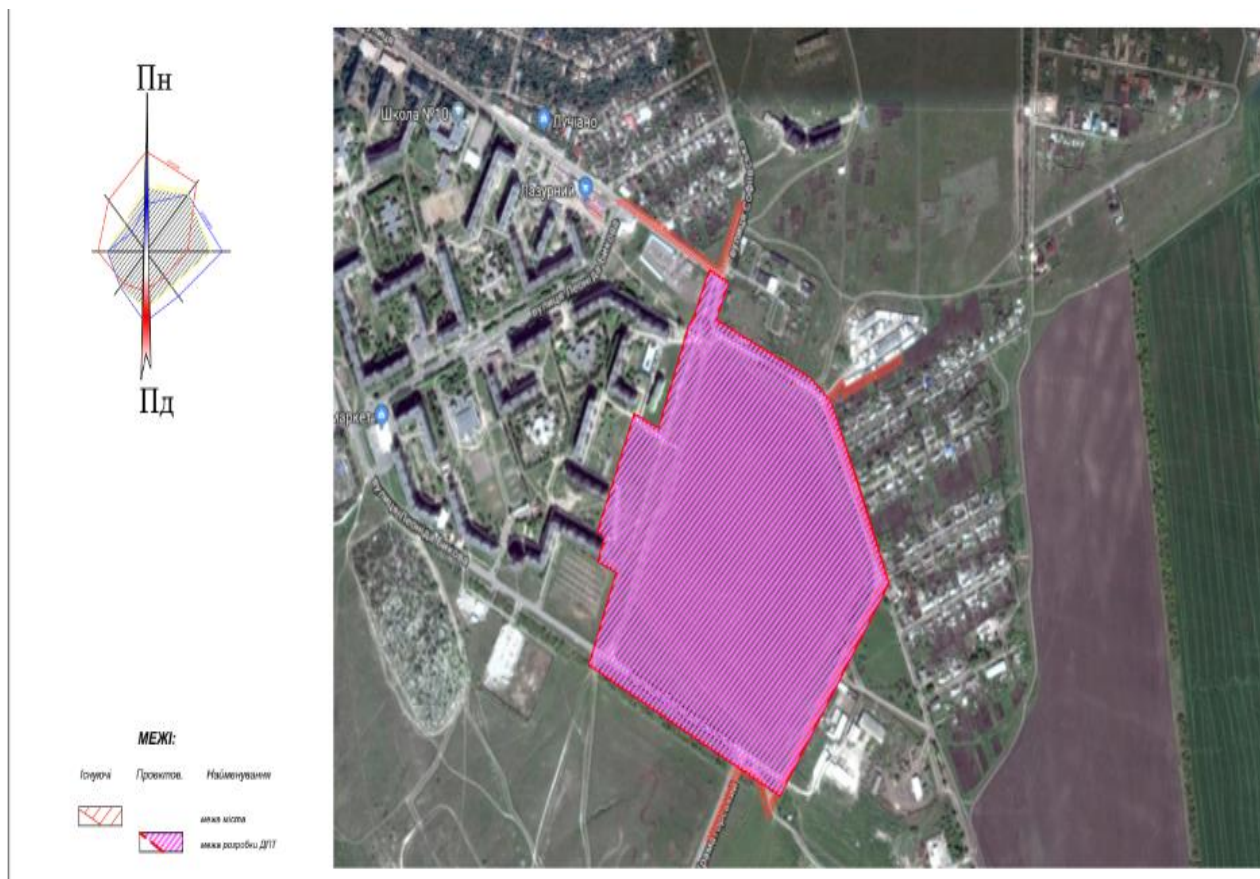


Рис. 5.2. Схема зонування території

5.2 Кліматичні дані

Згідно з кліматологічними показниками (характеристиками) архітектурно-будівельних кліматичних районів та підрайонів земельна ділянка розташована в II кліматичному районі. Клімат у цій місцевості характерний для північної смуги степової зони, континентальний, помірно теплий з посухами, з коливаннями середньомісячних і місячних температур.

Об'єкт будівництва розташований у м. Краматорськ. Згідно з [24] район будівництва відноситься до II-го кліматичного району. Клімат району - помірно-континентальний, характеризується такими середніми параметрами і температурами зовнішнього повітря:

- середня за рік температура повітря – 8,1 °С
- найхолодніша доба забезпеченістю 0,92 – мінус 27 °С
- температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 – мінус 22°С

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							62
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- найжаркіша доба забезпеченістю 0,95 – 30 °С
- температура найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 – 26 °С
- тривалість періоду із середньодобовою температурою повітря ≤ 8 °С – 176 діб;
- середня температура періоду із середньодобовою температурою повітря ≤ 8 °С – 0,5 °С

5.3 Загальні положення

Проект вентиляції багатопрофільної Краматорської лікарні виконаний на архітектурно-будівельному кресленні, та у відповідності з такими чинними нормативними документами:

- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» [36];
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [2];
- ДБН В.2.2-10-2001 «Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я зі зміною №1 та поправкою» [5];
- ДБН В.1.1-7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва» [8].

5.4 Загальні вимоги до проектування систем вентиляції лікарень

З урахуванням категорійності приміщень за ступенем чистоти системи вентиляції повинні:

підтримувати потрібні параметри мікроклімату приміщень (температуру, рухомість, вологість, задану хімічну та бактеріальну чистоту повітря приміщень залежно від їхнього призначення);

виключати можливість перетікання повітря з брудних зон у чисті, створювати ізольований повітряний режим палат, палатних секцій та відділень, операційних і пологових блоків та інших структурних підрозділів; створювати максимально можливі умови теплового комфорту для хворих і персоналу;

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							63
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

перешкоджати утворенню і накопиченню статичної електрики та усувати ризик вибуху газів, що застосовуються при наркозах та інших технологічних процесах.

Згідно з ДБН В.2.2-10-2001 «Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я зі зміною №1 та поправкою», встановлені ось такі вимоги :

7.37 розрахункові температури повітря в приміщеннях приймаються у відповідності з додатком Д.

7.43 В будинках закладів охорони здоров'я слід передбачати припливно-витяжну вентиляцію з механічним спонуканням (або змішану природну витяжну вентиляцію з механічною припливною), яка забезпечує повітряно-тепловий баланс приміщень та відділень.

7.44 Вентиляція в будинках повинна виключати перетікання повітряних мас з "брудних" зон (приміщень) до "чистих".

7.45 Кратність повітрообміну слід приймати за додатком Д. Для аптечних складів слід враховувати вимоги щодо зберігання окремих видів продукції.

7.46 У відділеннях з природною витяжною вентиляцією повітря слід подавати до коридорів, шлюзів, які відділяють палатні секції та відділення від ліфтових холів.

7.47 Для приміщень з однаковими санітарно-гігієнічними вимогами допускається прокладання повітроводів з вертикальними колекторами.

Повітропроводи систем вентиляції (кондиціонування) після бактеріологічних фільтрів виконуються з неіржавіючої сталі.

7.48 Повітропроводи припливно-витяжної вентиляції лікувально-профілактичних закладів слід виконувати класу "Щ" (щільні).

7.49 Кондиціонування повітря обов'язкове для операційних, наркозних, допологових, пологових, післяопераційних палат, реанімаційних палат та залів, палат інтенсивної терапії, опікових стерильних відділень, палат новонароджених, недоношених та травмованих дітей, неонатальних відділень, стерильних зон ві-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							64
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

варіїв для тварин, вільних від патогенної флори (ВПФ), а також для приміщень з технологічним обладнанням, робота якого потребує особливих мікрокліматичних умов.

У палатах новонароджених, які повністю обладнані кювезами, технологічними установками лікування мікрокліматом, кондиціонування повітря передбачати не слід.

7.50 Розрахункову температуру повітря в приміщенні, яке кондиціонується, слід приймати у відповідності з додатком Д як для холодного, так і для теплого періоду року, при цьому відносна вологість повітря повинна бути в межах 55-60%.

7.51 Відносна вологість повітря у холодний період в палатах з механічною припливно-витяжною вентиляцією приймається 30-50%.

Відносна вологість припливного повітря, яке подається до коридору та шлюзу, не нормується.

7.52 Зволоження повітря в приміщеннях з нормативною відотною вологістю повинно здійснюватися парогенераторним устаткуванням.

7.53 Допускається зволоження гарячою або водопровідною водою, яка відповідає ГОСТ 2874, з обов'язковим автоматичним спорожненням води із зволожуючих установок, коли вентиляція не працює.

7.54 Зовнішнє повітря, що подається системами припливної вентиляції, треба очищати в фільтрах. Повітря, що подається до операційних, наркозних, допологових, пологових, післяопераційних, реанімаційних палат та залів, палат інтенсивної терапії, опікових стерильних відділень, палат недоношених та травмованих дітей, а також до віваріїв для тварин (ВПФ), слід додатково очищати в бактерицидних фільтрах.

Не допускається встановлення масляних фільтрів для 1 ступеня очищення повітря.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							65
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

7.55 Повітря, що видаляється з радіологічних відділень з відкритими джерелами випромінювання, мікробіологічних відділень з патогенними матеріалами, віваріїв ВПФ, слід очищати в фільтрах.

7.56 Самостійні системи припливно-витяжної вентиляції слід передбачати для приміщень: операційних блоків (окремо для асептичних і септичних блоків), реанімаційних залів та палат інтенсивної терапії (окремо для поступаючих до лікарні з вулиці та з відділень лікарень), пологових – окремо для фізіологічного та обсерваційного відділень, палат в акушерських відділеннях (пологових будинках) – окремо для фізіологічного і обсерваційного відділень, палат новонароджених, недоношених та травмованих дітей кожного відділення (окремо для фізіологічного та обсерваційного відділень), рентгенівських і радіологічних відділень, лабораторій, грязелікування, водолікування, сірководневих ванн, радонових ванн, санітарних вузлів, холодильних камер, аптек, а також для приміщень, які потребують самостійної припливно-витяжної вентиляції, що визнається технологічною частиною проекту.

7.57 У приміщеннях з припливно-витяжною механічною вентиляцією та кратністю повітрообміну припливного повітря більш ніж 2 за годину необхідно подавати повітря безпосередньо до приміщення. В інших випадках допускається подача повітря з коридорів через нещільності примикання дверей.

7.58 Рециркуляція повітря та утилізація теплоти витяжних установок в закладах охорони здоров'я не допускається. Для допоміжних будівель нелікарняного профілю (пральні, служба приготування їжі та ін.) рециркуляцію повітря та утилізацію теплоти витяжних установок слід виконувати згідно з діючими нормами.

7.59 Повітря подається до верхньої зони та видаляється з верхньої зони приміщення.

Подача повітря, як правило, має здійснюватися у верхню зону приміщення, видалення – з верхньої зони (рис. 5.3). Для приміщень ЛПУ, крім стерильних

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							66
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

приміщень, рекомендуються повітророзподільники настінного або стельового типу.

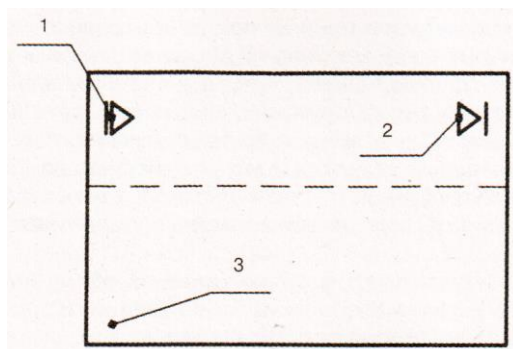


Рис. 5.3. Схема припливу та видалення повітря з верхньої зони:
1 – приплив; 2 – видалення; 3 – робоча зона

У стерильних приміщеннях (категорія «дуже чисті»), а також у рентгенодіагностичних, рентгенотерапевтичних кабінетах при повітророзподілі слід враховувати такі особливості: у верхній зоні приміщень відбувається накопичення надлишків тепла і вологи; має місце виділення пар і газів, густина яких вища за густину повітря, що призводить до накопичення їх у нижній зоні приміщень. Крім того, ці пари і гази здатні утворювати вибухонебезпечні суміші або позитивно заряджені іони. Тому приплив повітря в ці приміщення слід здійснювати у верхню зону, а видалення повітря – слід здійснювати з верхньої та нижньої зон з метою асиміляції вказаних шкідливостей у розмірі: в рентгенодіагностичних, флюорографічних, рентгенотерапевтичних кабінетах – по 50% з верхньої та нижньої). (рис. 5.4).

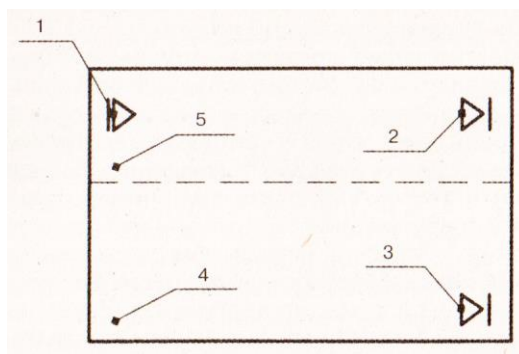


Рис. 5.4. Схема припливу та видалення повітря з верхньої і нижньої зон приміщення:

*1 – приплив; 2 – видалення з верхньої зони; 3 – видалення з нижньої зони;
4 – робоча зона; 5 – верхня зона*

Видалення повітря запроектовано з верхньої зони слід на рівні 3 м від стелі приміщення.

Зовнішнє повітря, що подається системами припливної вентиляції, очищується у фільтрах.

Для лікувально-діагностичних, реабілітаційних, профілактичних, допоміжних приміщень, приміщень для палат дорослих і дітей лікарень, медичних центрів тощо слід передбачати двоступінчасте очищення повітря. Для «чистих» приміщень передбачається триступінчасте очищення повітря з використанням на останньому ступені очищення фільтрів класу Н (типу HEPA – High Efficiency Particle Air) з ефективністю видалення мікроорганізмів, бактерій та інертних частинок аерозолів розміром 0,3 мкм 99,97% і більше (рис. 5.5).

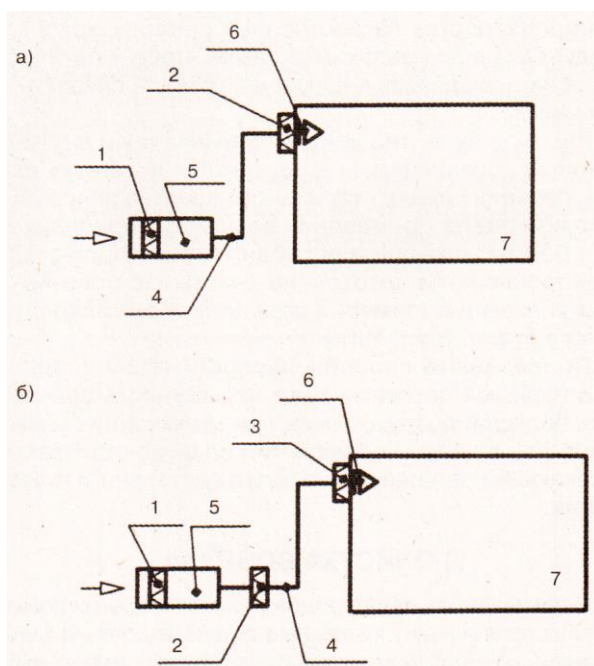


Рис. 5.5. Схеми очищення повітря:

а) двоступінчаста; б) триступінчаста; 1 – фільтр першого ступеня; 2 – фільтр другого ступеня; 3 – фільтр третього ступеня; 4 – магістральний повітропровід; 5 – припливна установка; 6 – повітророзподільник; 7 – приміщення

Номінальна швидкість проходження повітря через фільтр має становити 0,5 м/с, а перепад тиску на фільтрі – 120-170 Па. У випадку перевищення тиску в 2,5-3 рази має здійснюватися заміна фільтра.

Рекомендовані значення кінцевого аеродинамічного опору становлять:

- фільтри грубого очищення – 250 Па;
- фільтри тонкого очищення – 400 Па;
- фільтри високої та надвисокої ефективності – 600 Па.

Фільтри 1-го ступеня очищення слід розміщувати безпосередньо у припливних установках вентиляції перед повітронагрівачами.

Фільтри 2-го ступеня очищення – після фільтрів 1-го ступеня у припливній установці.

Фільтри 3-го ступеня очищення слід розміщувати перед повітророзподільним пристроєм або суміщувати з ним.

Повітря, що видаляється з радіологічних відділень з відкритими джерелами випромінювань, мікробіологічних виділень, інфекційних відділень, має очищуватися у фільтрах високої ефективності перед викидом в атмосферу (рис. 5.6).

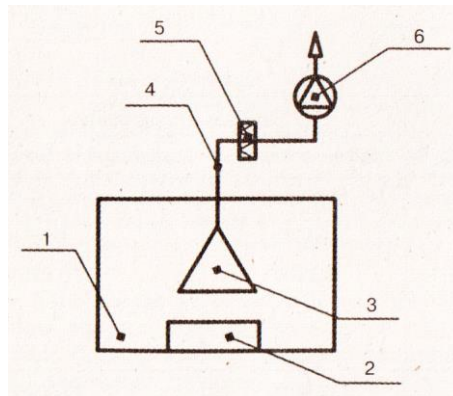


Рис. 5.6. Схема очищення повітря, що застосовується у витяжних системах:
 1 – приміщення; 2 – технологічне обладнання; 3 – місцевий відсмоктувач;
 4 – повітропровід; 5 – фільтр; 6 – витяжний вентилятор

5.4 Розрахункові параметри повітря

5.4.1 Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Розрахункові температури зовнішнього повітря для проектування систем вентиляції будівлі Краматорської багатoproфільної лікарні прийняті відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 [36, п. 5.13] за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 такими:

- середня за рік температура повітря – 8,1 °С
- найхолодніша доба забезпеченістю 0,92 – -27 °С
- температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 – -22°С
- найжаркіша доба забезпеченістю 0,95 – 30 °С
- температура найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 – 26 °С
- тривалість періоду із середньодобовою температурою повітря ≤ 8 °С – 176 доби;
- середня температура періоду із середньодобовою температурою повітря ≤ 8 °С – 0,5 °С

Кліматичні характеристики вітру V та відносної вологості зовнішнього повітря φ прийняті відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 [2, п. 5.13] за ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [3, табл. 4, 24] такими:

- в липні – $V = 3,5$ м/с, $\varphi = 74$ %;

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							70
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- в січні – $V = 5,3$ м/с, $\varphi = 86$ %.

Вологовмість повітря, тобто кількість водяної пари у грамах, що припадає на 1 кг сухої частини повітря, визначений наближено за формулою

$$d = \frac{d_{MAX} \cdot \varphi}{100}, \text{ г/кг с.п.} \quad (5.1)$$

де φ – відносна вологість повітря, %; d_{MAX} – максимальний (при повному насиченні) вологовміст повітря при атмосферному тиску і відповідній температурі t , г/кг с.п.

Питома ентальпія (тепловміст) вологого повітря визначена за формулою

$$I = c_{\pi}t + \frac{rd}{1000} + \frac{c_Btd}{1000}, \text{ кДж/кг с.п.} \quad (5.2)$$

де c_{π} – теплоємність сухого атмосферного повітря, 1,005 кДж/(кг·°С); c_B – теплоємність водяної пари, 1,8 кДж/(кг·°С); r – питома теплота пароутворення води, 2500 кДж/кг; t – температура повітря, °С.

В перехідних умовах (ПУ), що відповідають моменту відключення систем опалення громадських будівель і переведення систем теплопостачання на літній режим, згідно з вимогами [36, п. 5.15], температура зовнішнього повітря прийнята рівною 8°С, питома ентальпія – 22,5 кДж/кг с.п.

З рівняння (2.2), вологовміст повітря в перехідних умовах обчислений за формулою

$$d = 1000 \frac{I - c_{\pi}t}{r + c_Bt}, \text{ г/кг с.п.} \quad (5.3)$$

а його відносна вологість – з рівняння (2.1) за формулою

$$\varphi = 100 \frac{d}{d_{MAX}}, \% \quad (5.4)$$

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для району розташування об'єкта проектування занесені в табл. 5.2.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							71
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Період	Параметри зовнішнього повітря				Швидкість повітря V, м/с
	температура t, °C	відносна вологість ϕ , %	вологівміст d, г/кг с.п.	ентальпія I, кДж/ кг с.п.	
ТП	26	74	12,8	55,7	3,5
ПУ	8	85	5,75	22,5	–
ХП	–22	86	1,08	–17,4	5,3

Концентрація вуглекислого газу у зовнішньому повітрі прийнята рівною 0,33 л/м³.

5.4.2 Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 [36, п. Д.2] розрахункові температури внутрішнього повітря у приміщеннях багатoproфільної лікарні прийняті за будівельними нормами для відповідного типу будівель, тобто за ДБН В.2.2-10-2001 «Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я» [5, табл. Д.1] такими:

лікувальні та адміністративні приміщення – плюс 20°C;

господарсько-побутові приміщення – плюс 18°C;

душові та ванні кімнати – плюс 25°C;

дезінфекційне відділення – плюс 18°C;

решта приміщень – плюс 18°C.

Концентрація вуглекислого газу в повітрі приміщень прийнята рівною його гранично допустимій концентрації, яка для лікарень становить 0,7 л/м³.

5.5 Розрахунок повітрообмінів

Вимоги до повітрообміну в приміщеннях багатoproфільної лікарні прийняті відповідно до вимог за ДБН В.2.2-10-2001 «Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я» [5, табл. Д.1].

Повітрообміни в адміністративних приміщеннях, а також у палатах прийняті з умови подачі мінімально-допустимої норми зовнішнього повітря на одну людину. В господарсько-пбутових та лікувальних приміщеннях повітрообмін прийнятий за нормованою кратністю.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							72
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Повітрообміни в адміністративних приміщеннях та палатах визначені за питомим повітрообміном на одну людину або на одне ліжко за формулою [36, п. Ф.2 г]

$$L = N \cdot m, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.5)$$

де m – питомий повітрообмін на одну людину або на одне ліжко, $\text{м}^3/\text{год}$; N – розрахункова кількість людей (ліжок) у приміщенні.

З метою запобігання перетіканню повітря з палат в інші приміщення безпосередньо в палати подається 80 % витрати витяжного повітря, а решта 20 % компенсується за рахунок подачі припливного повітря в коридори.

Повітрообмін за нормативною кратністю для господарсько-побутових та лікувальних приміщень обчислений за формулою [36, п. Ф.2 в] (із заокругленням до найближчих 5 або 10 $\text{м}^3/\text{год}$)

$$L = V_p \cdot n, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.6)$$

де n – нормативна кратність повітрообміну, год^{-1} ; V_p – вентиляований об'єм приміщення, м^3 .

Розрахунок повітрообміну в приміщеннях багатoproфільної лікарні наведено в табл. 5.3. для санвузлів приймаємо 75 м^3 на 1 унітаз, для інших приміщень за компенсацією дисбалансу.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							73
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3. Розрахунок повітрообмінів та повітряний баланс будівлі

№ за експ.	Назва приміщення	Площа м ²	Повітрообмін, м ³ /год	
			приплив	витяжка
1	2	3	6	7
1	Тамбур			
2	Вестибюль-чекальня			
3	Кабінет прийому та реєстрації проб	7,93		-80
4	Санпропускник персоналу	17,44	+275	
5	Вбиральня	3,83		-50
6	Душова	1 душ		-50
7	Лаборантська для серологічних досліджень	28,26	+260	-510
8	Кабінет мікробіолога	12,03	+180	-180
9	Лаборантська для досл. вірусного гепатиту	20,11	+310	-370
10	Сходова клітина			
11	Ліфтовий хол			
12	Ліфтова шахта			
13	Коридор			
14	Прийом їжі	15,4	+140	-190
15	Приміщення варки	13,36	+210	-250
16	Лаборантська для санітарно-бактеріальних досл.	22,75	+210	-410
17	Бокс з передбоксом	23,29	+80	
18	Комора предметів прибирання	2,63		-70
19	Автоклавна	12,39	+80	-80
20	Автоклавна	11,18	+110	-210
21	Мийна	20,61	+190	-250
23	Кімната-сестри-господині	18		
24	Комора чистої білизни	7,95		-60
25	Комора брудної білизни	6,44		-30
26	Комора предметів прибирання	8,33		-100
27	Кабінет стоматолога	20,38		-140
28	Перев'язчна	20,84	+120	-120
29	Кабінет хірурга	21,3	+380	-260
30	Перев'язчна брудна	17,9	+60	-60
31	Гардероб	14,7	+310	-210
32	Вестибюль	164,6		-100
33	Тамбур			
34	Реєстратура з картсховищем	13,3		-60
35	Терапевт	16,4		-50
36	Ендокринолог	12,4	+60	-60
37	Кардіохірург			
38	Кардіолог	17	+60	-60
39	Матеріальна	17	+60	-60
40	Комора переносної апаратури	10,2		-40
41	Процедурна	10,2		-40
42	Процедурна	18,9	+350	-230
43	Тамбур	22,5	+410	-280
44	Коридор			
45	Аптечний супермаркет			
46	Аптечний склад	94,13	+300	-590
47	Тамбур	35,84	+330	-220
48	Ліфтовий хол	12,53	+150	-150
50	Коридор			
51	Вбиральня	17,43		-75
52	Комора	4,98		-20
53	Архів	5,4		-260
54	Матеріальна	84,42		-90
55	Санвузол чоловічий	1 ун.		-75
56	Санвузол жіночий	2 ун.		-150
57	Санвузол відвідувачів	2 ун.		-150
58	Комора	20,61		-30
59	Офтальмолог			

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							74
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

60	Розподільний пункт СКС			
61	Зона очікування	184,16	+500	
62	Санвузол відвідувачів	3 ун.		-225
63	Кабінет завідуючого	34,29	+60	-60
64	Приймальня	26,58	+60	-60
65	Кабінет заступника завідуючого	21,62	+60	-60
66	Кабінет старшої медсестри	21,7	+60	-60
67	кабінет оформлення листків	20,14	+60	-60
68	Гематолог	20,94	+60	-60
69	Сходова клітина			
70	Ліфтова шахта			
71	Ліфтовий хол			
72	Тамбур			
73	Уролог	27,62	+60	-60
74	Нефролог	32,51	+60	-60
75	Пульманолог	22,51	+60	-60
76	Офтальмолог	21,68	+60	-60
77	Ревматолог	14,12	+60	-60
78	Невропатолог	21,04	+60	-60
79	Хол	289,01	+670	
80	Комора			
81	Комора			
82	Тамбур			
83	Приміщення персоналу			
84	картсховище	18,06		-60
			6485	6485

5.6 Проектування систем вентиляції

Відповідно до вимог ДБН В.2.2-10-2001 «Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я» [5], вентиляція приміщень багатoproфільної лікарні прийнята припливно-витяжна з механічним спонуканням.

Проектом передбачені окремі системи припливно-витяжної вентиляції для різних груп приміщень:

Перелік прийнятих у проєкті систем вентиляції наведений у табл. 5.4.

Таблиця 5.4. Перелік прийнятих систем вентиляції

Позначення системи	Приміщення, що обслуговуються	Продуктивність системи, м³/год
1	2	3
Припливні системи		
П1	Приміщення в осях Б/1 – Б/5	2055
П2	Приміщення в осях Б/6 – Б/10, Б/12 – Б/18	1730
П2	Приміщення в осях Б/12 – Б/18	2030
П3	Приміщення в осях Б/15 – Б/18	670
	РАЗОМ припливне повітря	6485
Витяжні системи		
ПВ1	Приміщення в осях Б/1 – Б/5	2520
ПВ2	Приміщення в осях Б/6 – Б/10, Б/12 – Б/18	750
ПВ2	Приміщення в осях Б/12 – Б/18	880
ПВ3	Приміщення в осях Б/15 – Б/18	1110
В5	Комора предметів прибирання	70
В6	Душова	100
В7	Комора чистої білизни	30
В8	Комора брудної білизни	100

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							75
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

B9	Комора предметів прибирання	140
B10	Санвузол відвідувачів	225
B11	Ресстратура з картсховищем	60
B12	Комора	30
B13	Санвузол жіночий	150
B14	Санвузол відвідувачів	150
B15	Санвузол чоловічий	75
B16	Комора	20
B17	Вбиральня	75
	РАЗОМ витяжне повітря	6485

До «чистих» приміщень (клас «Б») відносяться процедурні, до «умовно-чистих» (клас «В») – палатні приміщення, решта приміщень – «брудні» (клас «Г»).

В якості вентиляційного обладнання прийняті круглі повітропроводи Lindab Safe та фірми Vents.

Для очищення припливного повітря передбачені фільтри ФКД двоступінча-ста система фільтрації (фільтри класу G3 або G4 та F7) у припливних установках. Перед кінцевими пристроями в «чистих» приміщеннях додатково встановлюються фільтри 3-го ступеня очищення (класу H11).

Для очищення витяжного повітря, що видаляється з палат, у повітропроводах систем B1, B2, B17 встановлюються секції бактерицидної обробки повітря опромінювачів типу ОББ.

Повітропроводи систем вентиляції передбачено виконати з тонколистової оцинкованої сталі круглого та прямокутного перерізу.

На повітропроводах, що перетинають вогнезатримуючі перешкоди, передбачене встановлення вогнезатримуючих клапанів з нормативною межею вогнетійкості. На повітропроводах встановлено вогнезахисний клапан КПВ. Клапани призначені для запобігання поширення вогню і продуктів горіння повітроводами, шахтами та каналами систем загально обмінної і місцевої вентиляції і кондиціонування повітря, а також для протипожежного захисту технологічних отворів в огорожувальних конструкціях і спорудах виробничого і громадського

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							76
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

призначення, у тому числі таких, які захищаються стаціонарними системами пожежогасіння.

Повітропроводи припливних систем від повітрозабірних решіток до установок передбачено ізолювати спіненим каучуком, виробництва фірми «Sanrol». Відмінними властивостями пароізоляції має спінений поліетилен з фольгою. Матеріал складається з шару спіненого поліетилену і алюмінієвої фольги, яка надає ізоляції відображального ефекту. Такий спінений поліетилен забезпечує повну теплоізоляцію і гідроізоляцію повітроводів. Матеріал хімічно стійкий екологічно безпечний.

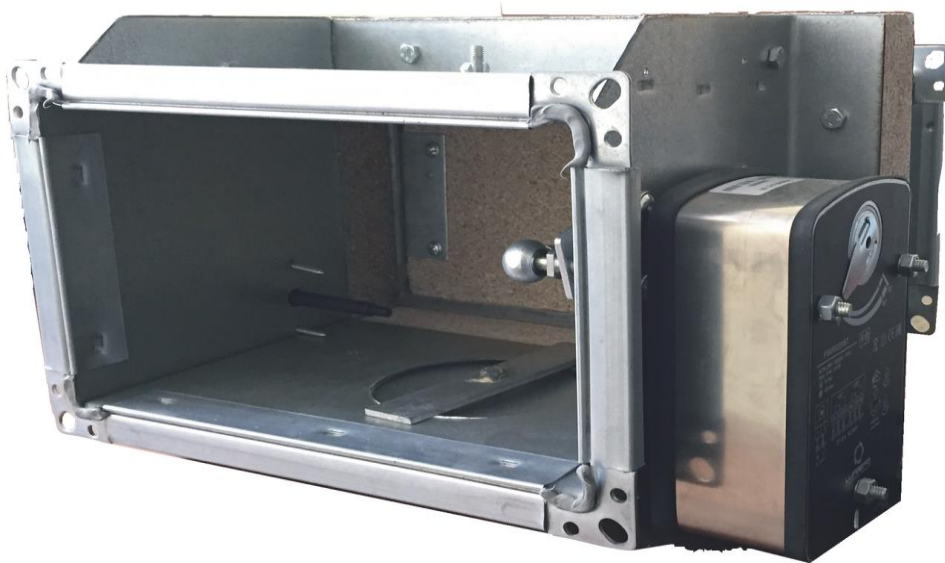
5.7 Протипожежні заходи

За архітектурно-будівельними характеристиками будівлі влаштування систем протидимної вентиляції не вимагається.

Для попередження поширення вогню при пожежі на повітропроводах при перетинанні ними протипожежних перешкод передбачене встановлення нормально відкритих вогнезатримуючих клапанів з електромеханічним приводом.

Системи автоматичного управління вентиляцією передбачають їх вимкнення при виникненні пожежі за сигналом управляючого блока автоматичної пожежної сигналізації.

В магістерській роботі прийняті клапани вогнезатримуючі марки КПВ з приводом Lufberg (рис. 5.7).



Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

Арк.

77

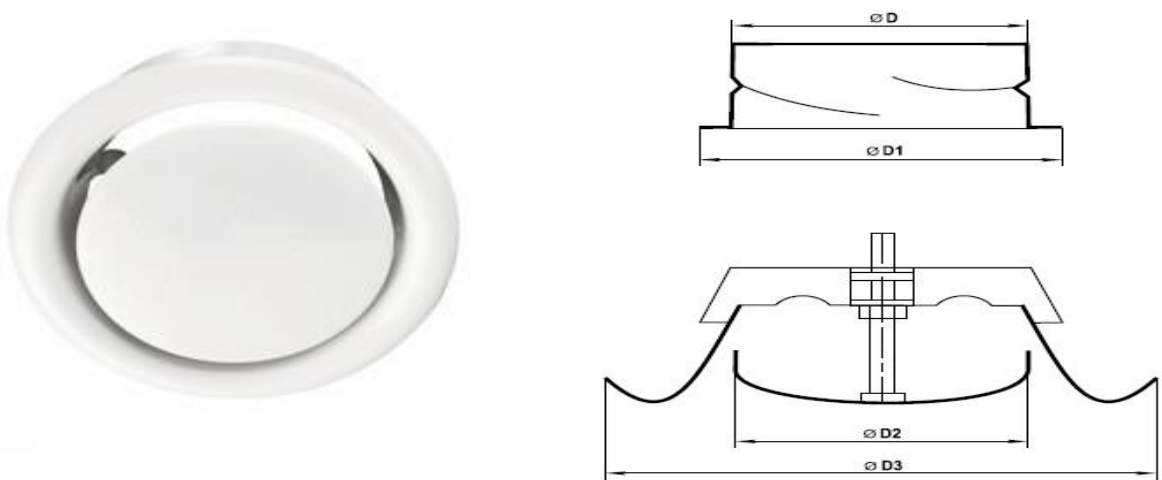
Рис. 5.7. Клапан вогнезатримуючий марки КПВ з приводом Lufberg

Клапани призначені для запобігання поширення вогню і продуктів горіння повітроводами, шахтами та каналами систем загально обмінної і місцевої вентиляції і кондиціонування повітря, а також для протипожежного захисту технологічних отворів в огорожувальних конструкціях і спорудах виробничого і громадського призначення, у тому числі таких, які захищаються стаціонарними системами пожежогасіння. Положення клапанів у просторі отворів протипожежних перепон може бути як вертикальним, так і горизонтальним. При нормальних умовах експлуатації вони являють собою нормально відкриті клапани. Під час пожежі клапани спрацьовують, закриваючи перетин повітроводів або протипожежних перешкод. Закриття клапанів відбувається автоматично за допомогою електромеханічного пристрою. Вогнезатримувальні клапани комплектуються електроприводом з поворотною пружиною, термо датчиком і ключем ручного управління. Ціна залежить від розмірів поперечного перерізу вогнезатримуючого клапана, близько 1000 – 1500 грн.

5.8 Дифузори та решітки для подачі та видалення повітря

Для подавання і видалення повітря із приміщень лікарні у магістерській роботі запроектовані решітки ПДК, анемостати АМ ВРФ.

Схема прийнятих решіток марки АМР наведена на рис. 5.8.



						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		78

Рис. 5.8. Конструкція і схема ВЕНТС АМ ВРФ

Універсальний (припливно-витяжний) анемостат пластиковий *АМ ВРФ* призначений для застосування в системах вентиляції і кондиціонування повітря. Він являє собою стельовий повітророзподільний елемент з плавним регулюванням витрати повітря, яке здійснюється за допомогою обертання центрального диска. Для зручності монтажу анемостат забезпечений сполучною муфтою, з допомогою якої він приєднуються до повітропроводу.

Ціна залежить від розмірів поперечного перерізу анемостата, близько 200 – 500 грн.

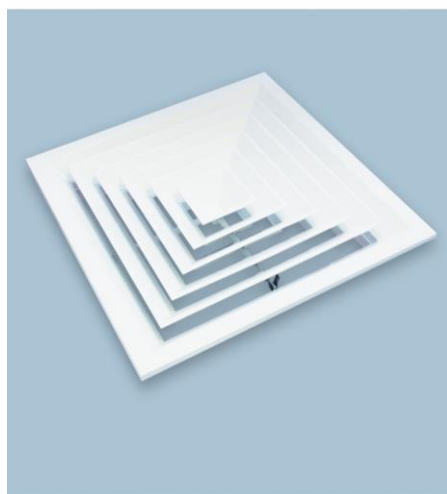


Рис. 5.9. Решітка ПДК

Решітки ПДК призначені для горизонтального поширення повітря в різних напрямках, таким чином, що повітряний потік розподіляється по приміщенню рівномірно. Використовується в припливно-витяжній вентиляції і системах кондиціонування повітря.

Вибір стандартних розмірів і кількості решіток здійснюється з урахуванням рекомендацій щодо розрахунку швидкості руху повітря в поперечному перерізі: в системах вентиляції з механічним стимулюванням руху повітря – до 4 м/с.

Ціна залежить від розмірів поперечного перерізу решітки, близько 200 – 500 грн.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							79
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Потрібна сумарна площа розрахункового перерізу решіток визначена за формулою

$$F_0 = L / (3600 \cdot v_0), \text{ м}^2 \quad (5.7)$$

де L – розрахункова витрата повітря, м³/год; v_0 – рекомендована швидкість повітря в розрахунковому перерізі решітки, м/с.

Після підбору типорозмірів та кількості припливних і витяжних решіток визначена фактична швидкість руху повітря в їх розрахунковому перерізі за формулою

$$v_{0\phi} = L / (3600 \cdot N \cdot F_{0\phi}), \text{ м/с} \quad (5.8)$$

де $F_{0\phi}$ – фактична площа перерізу однієї решітки вибраного типорозміру, м²; N – прийнята кількість решіток, шт.

5.9 Пристрої для очищення повітря

Для очищення припливного повітря передбачені фільтри ФКД двоступінчата система фільтрації (фільтри класу G3 або G4 та F7) у припливних установках. Перед кінцевими пристроями в «чистих» приміщеннях додатково встановлюються фільтри 3-го ступеня очищення (класу H11).

Фільтри монтуються у системах вентиляції прямокутного перерізу для очищення припливного/витяжного повітря. Застосовуються для захисту теплообмінників, повітроводів, вентиляторів та ін. вентиляційного обладнання від запилення.

Зводять до мінімуму забруднення стін та стель біля повітророзподільних пристроїв. Фільтри грубого очищення можуть застосовуватися як перший ступінь очищення перед більш ефективними фільтрами.

Монтуються перед калорифером або вентилятором під час руху потоку повітря. Установка здійснюється за допомогою фланцевого з'єднання. Напрямок руху повітря повинен відповідати позначенню на фільтрі.

При монтажі необхідно залишати простір для сервісного доступу до фільтра (чистка або заміна фільтруючого елемента). Для покращення очищення повітря, та

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							80
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

знищення бактерій, в запроектованих системах вентиляції встановлено додаткові знезаражувачі повітря. Це так звані блоки знезараження повітря. У комплектацію блоку знезараження зазвичай входять модуль знезараження повітря, що складається з конкретної кількості бактерицидних ламп, і повітряний фільтр. Ціна залежить від розмірів поперечного перерізу фільтра, близько 600 – 1000 грн.

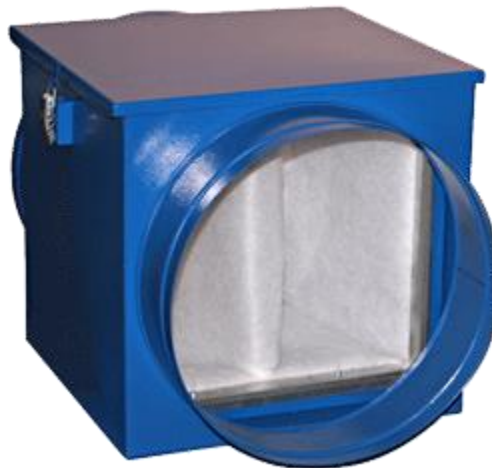


Рис. 5.10. Зовнішній вигляд фільтра ФКД

Корпус фільтра може виготовлятися зі спеціального алюмінієвого профілю, оцинкованого, нержавіючого листа або МДФ. Корпус по периметру з обох сторін має фланець (прижимну поверхню), розмір якого, залежно від матеріалу корпусу, становить 10, 15 або 18 мм. На цей фланець наклеюється гумове ущільнення (з однієї або з двох сторін).

Фільтр виходить на робочий режим (досягає потрібної ефективності) не більше ніж за 2 години з початку продувки.

Початковий опір фільтра при номінальній продуктивності становить 260 Па, рекомендований кінцевий – 600 Па. Ефективність роботи фільтра, визначена у відповідності з вимогами Євростандарту EN 1822, становить 99,95%.

В процесі експлуатації фільтра слід контролювати його аеродинамічний опір за показниками манометра. При досягненні величини перепаду тиску, вказаному у паспорті, фільтр повинен замінятися.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							81
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Для очищення витяжного повітря, що видаляється з палат, у повітропроводах систем В1, В2, В17 встановлюються секції бактерицидної обробки повітря SBOW виробництва «KORF» (рис. 5.11).



Рис. 5.11. Секція бактерицидної обробки повітря SBOW виробництва Korf

Секції SBOW це каналні установки, які встановлюють у повітропроводах прямокутного перерізу, і виконують функцію знезаражування та дезінфекції повітря. Тому, бактерицидна обробка повітря всередині повітропроводу, і не вимагає заходів безпеки для людей що знаходяться у приміщенні.

- 1 категорія – операційні приміщення, пологові кімнати, стерильні зони ЦСО;
- 2 категорія – перев'язочні, кімнати стерилізації, палати реанімаційних відділень, приміщення нестерильних зон ЦСО, вірусологічні та бактеріологічні лабораторії, фармацевтичні цехи;
- 3 категорія – палати, кабінети лікарів та інші приміщення ЛПУ, що не включені до категорій 1 і 2.

Секції оснащені бактерицидними газорозрядними ртутними лампами низького тиску потужністю 75 Вт (живлення 230 В). Ці лампи використовуються для знищення або дезактивації бактерій, вірусів та інших найпростіших організмів. Кількість ламп у секції визначена конкретним типорозміром та категорією приміщення, для якого дана секція призначена. Для більш високої категорії приміщення відповідно кількість ламп у секції більша.

Тип необхідної бактерицидної секції SBOW вибирають, виходячи з категорії приміщення, в якому необхідно здійснювати дезінфекцію повітря, та з витрати повітря. Ці параметри відображені у позначенні секції. Ключ до типового позначення секції бактерицидної обробки повітря KORF SBOW такий:

приклад позначення – SBOW 60-40/20-3,

де SBOW – типове позначення секції; 60-40 – приєднувальні розміри фланця, см; 20 – максимальна витрата повітря, 100 м³/год; 3 – категорія приміщення.

Методика розрахунку секцій бактерицидної обробки повітря полягає в наступному.

Потрібний бактерицидний потік обчислюється за формулою

$$N_{\text{л}} = \frac{Pr_3 * H_v * K_v}{\Phi_{\text{бк.л}} * K_{\phi} * 3600} \quad (5.9)$$

де $N_{\text{л}}$ – потрібна кількість ламп; Pr_3 – витрата повітря, м³/год, H_v – потрібна бактерицидна доза Дж/м³, K_v – коефіцієнт запасу 1,5, $\Phi_{\text{бк.л}}$ – бактерицидний потік 26,5 В, K_{ϕ} – коефіцієнт використання бактерицидного потоку.

Вибирається лампа або декілька ламп з більшим за розрахунковий сумарним бактерицидним потоком. При цьому витрата повітря через секцію не повинна перевищувати максимально допустиму.

Ціна такої бактерицидної установки залежить від величини поперечного перерізу, від 8000 до 22000 грн.

Розрахунок секцій бактерицидної обробки повітря виконаний у табл. 5.5.

Таблиця 5.5. Результати підбору секцій бактерицидної обробки повітря

Система	Витрата повітря L, м ³ /год	Об'ємна бактерицидна доза H _v , Дж/м ³	Потрібний бактерицидний потік N, Вт	Прийнята секція	Максимальна витрата повітря, м ³ /год	Кількість ламп / потужність, Вт
ПВ1	2053	167	95	SBOW 40-25/20-3	2000	6 / 375
ПВ2	1730	167	80	SBOW 60-40/18-3	1700	5 / 375
ПВ2	2030	167	94	SBOW 60-40/20-3	2000	6 / 375
ПВ3	670	167	31	SBOW 30-20/8-3	800	2 / 375

Габаритні та приєднувальні розміри (рис. 5.12) прийнятих секцій SBOW наведені в табл. 5.12.

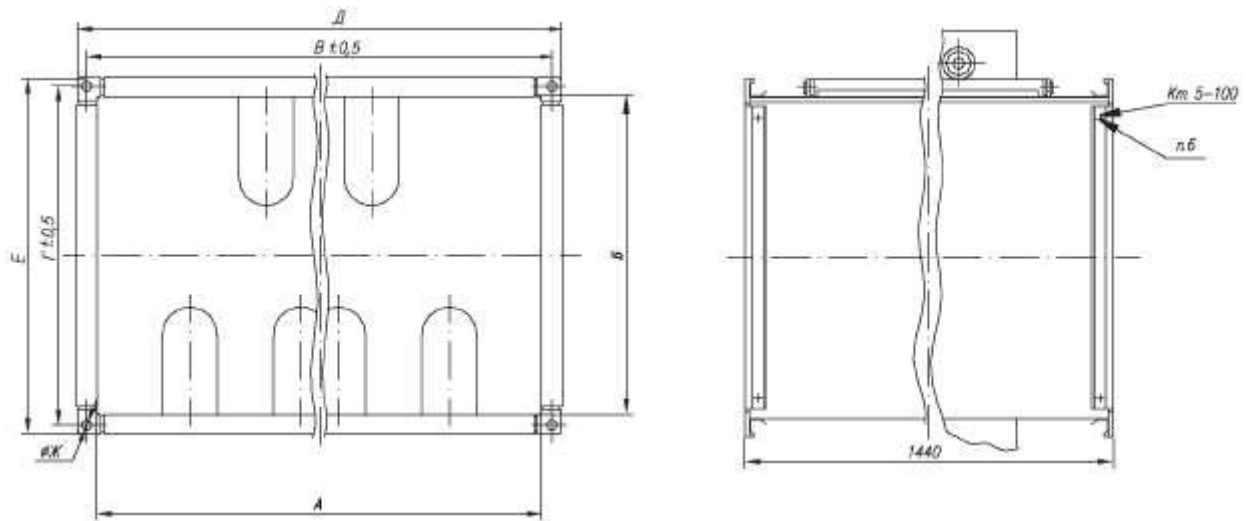


Рис. 5.12. Секція бактерицидної обробки повітря SBOW виробництва Korf

Таблиця 5.6. Габаритні розміри секцій бактерицидної обробки повітря

Позначення секції	Розміри, мм						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
SBOW 60-40/20-3	600	400	620	420	640	440	9
SBOW 40-25/17-3	400	250	470	270	440	290	9
SBOW 30-20/17-3	300	200	320	220	340	240	9

5.10 Захист від шуму

Щоб зменшити кількість шуму від обладнання яке забезпечує вентиляцію приміщень, на повітропроводах систем вентиляції встановлено шумоглошники.

У припливних системах вентиляції П1 – П3 шумоглушники включені до складу припливних установок.

Шумоглушники для вентиляції мають просту конструкцію та забезпечують гарне зниження звукової потужності, яка поширюється по повітропроводами.

Для зручності з'єднання з повітропроводами фланці виконані з шинорейки, що дозволяє максимально швидко та просто проводити монтаж.

Для максимального придушення шуму можна використовувати кілька шумоглушників один за одним. При цьому рекомендується між шумоглушниками використовувати невелику ділянку повітропроводу 700-900 мм із гнучкими вставками завдовжки 200-300 мм.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							84
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

У витяжних системах В4-В17 встановлення шумоглушників передбачене до вентилятора для попередження поширення шуму у приміщеннях, що обладнані відповідною витяжною вентиляцією.

У витяжних системах прийняті шумоглушники прямокутного перерізу марки Vents та круглого перерізу марки Vents.

Пластинчастий шумоглушник марки Vents (рис. 2.16) призначений для поглинання аеродинамічного шуму в прямокутних повітропроводах. Пластинчастий шумоглушник Vents відноситься до класу дисипативних глушників. Ці глушники забезпечують широкосмугове послаблення шуму шляхом перетворення звукової енергії у теплову при відносно малих втратах тиску. Вони призначені для поглинання шуму в прямокутних вентиляційних каналах. Ціна такого шумоглушника залежить від величини поперечного перерізу, від 8000 до 22000 грн.



Рис. 5.13. Шумоглушник прямокутний Vents

Максимальна робоча температура становить 60°C, максимально допустима швидкість – 10 м/с.

Шумоглушники виготовляються з оцинкованої сталі з поглинаючим матеріалом з мінерального волокна.

Глушники встановлюються у каналі на рейкових з'єднаннях у напрямку руху повітря, що позначений на корпусі стрілкою.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							85
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Не рекомендується розміщувати пластинчасті глушники одразу за перерізами, в яких сильно змінюється площа поперечного перерізу, та/або одразу за поворотами каналів, в іншому випадку необхідно використовувати напрямні стабілізатори, що забезпечують однорідність потоку.

Задля досягнення максимальної ефективності шумопоглинання рекомендується передбачати перед шумоглушником прямолінійну ділянку довжиною не менше 1 м.

Шумоглушники для круглих повітропроводів марки Vents (рис. 5.14) виготовляються з оцинкованої сталі з поглинаючим матеріалом з мінерального волокна. Глушник встановлюється незалежно від напрямку руху повітря за допомогою хомутів.

Шумоглушник для вентиляції Вентс СР 100/600 призначений для поглинання шуму. У корпусі з оцинкованої сталі внутрішній простір заповнений негорючим матеріалом. Для з'єднання з іншими елементами вентиляційної системи передбачені сполучні фланці із гумовим ущільненням. Довжина шумоглушника 600 мм. Ціна такого шумоглушника залежить від величини поперечного перерізу, від 1300 до 4000 грн.

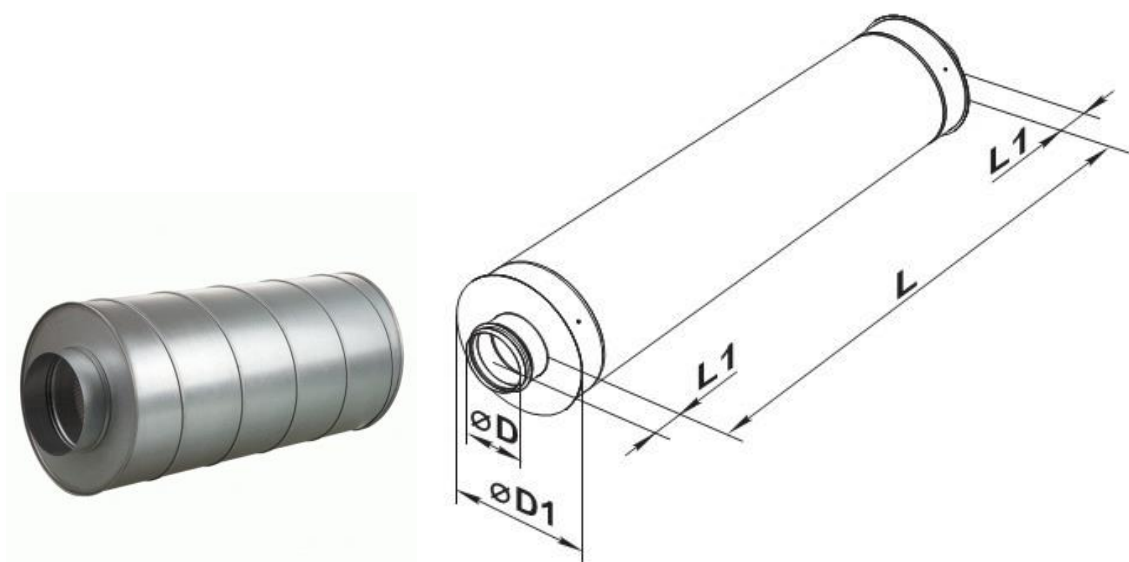


Рис. 5.14. Шумоглушник круглий Vents

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

Арк.

86

Вентиляційне обладнання також оснащено гнучкими вставками. Відцентрові вентилятори встановлюються на віброізолятори.

Швидкість руху повітря в повітропроводах прийнята не більше 5 м/с.

5.11 Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції

В пояснювальній записці до магістерської роботи наведений детальний аеродинамічний розрахунок припливної системи вентиляції з механічним спонуканням руху повітря ПВЗ.

Через значний обсяг даних аеродинамічні розрахунки решти вентиляційних систем у пояснювальній записці не наведені.

Аеродинамічний розрахунок виконувався у такій послідовності [22]:

1. Були визначені розрахункові ділянки за ознакою постійності витрати повітря і розмірів перерізу повітропроводу в межах кожної ділянки.
2. Були визначені навантаження розрахункових ділянок – витрати переміщуваного повітря L , м³/год, і нанесені на аксонометричну схему біля кожної ділянки над виносною лінією.
3. Був вибраний основний (магістральний) напрямок, для чого був виявлений найдовший ланцюг ділянок із найбільшими витратами повітря від найвіддаленішого припливного пристрою до вентилятора і далі до викиду повітря.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							87
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

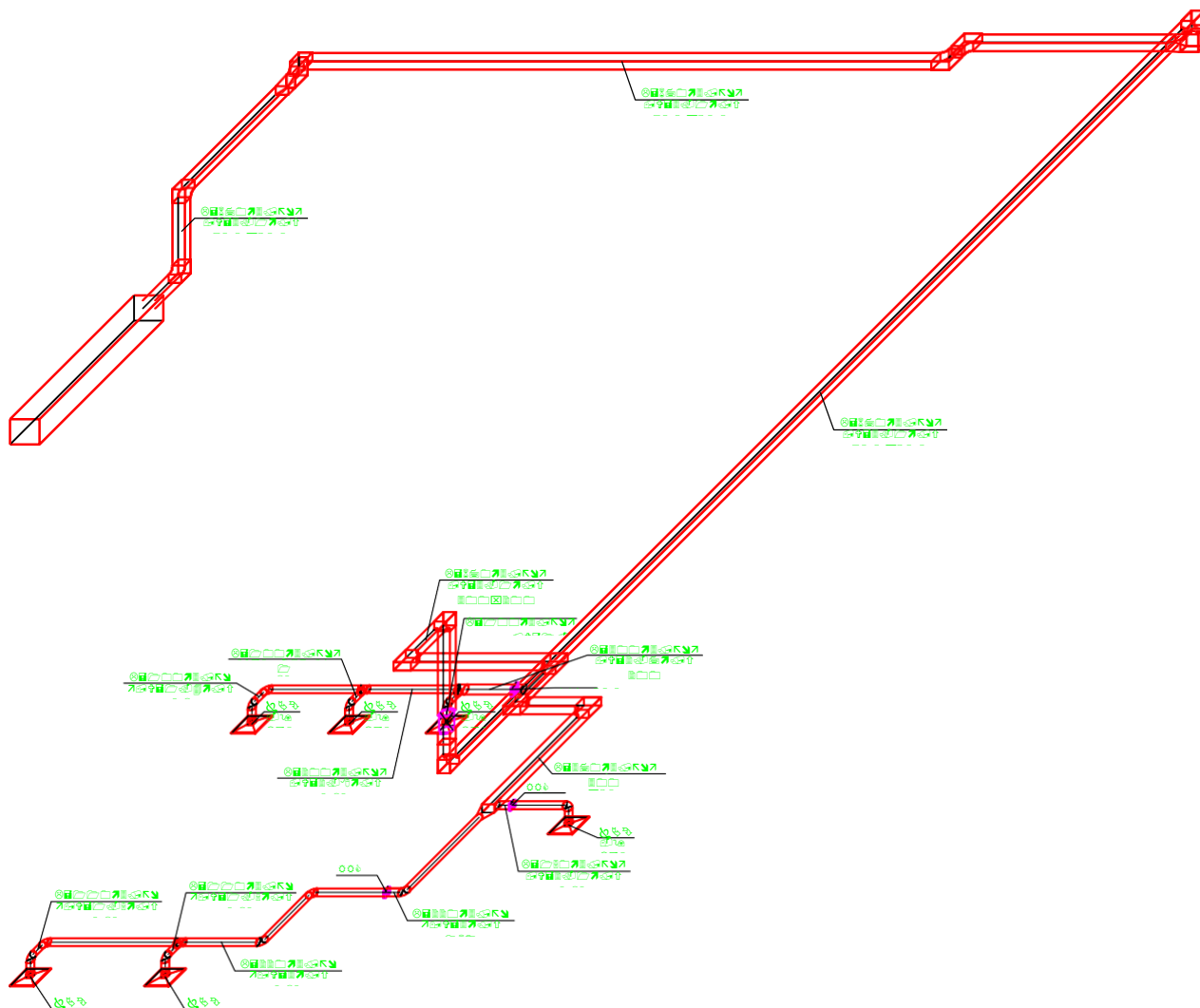


Рис. 5.15. Розрахункова аксонометрична схема витяжної вентиляційної системи з механічним спонуканням ПЗ

Умовні позначення: L – витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;
 V – швидкість руху повітря; f – поперечний переріз повітропроводу, м^2

4. Виходячи з економічних міркувань та акустичних вимог, були прийняті розрахункові швидкості руху повітря на ділянках v_P до 4-5 м/с [21, с. 110].
5. За розрахунковими швидкостями руху повітря v_P та витратами L були визначені орієнтовні площі перерізу ділянок повітропроводів. Виходячи з конструктивних, архітектурних та інших міркувань, була вибрана прямокутна форма поперечного перерізу повітропроводу і прийняті стандартні розміри перерізу ділянок таким чином, щоб фактична площа перері-

зу була близькою до орієнтовної. Для зручності подальшого визначення коефіцієнтів місцевих опорів значення площі перерізу кожної ділянки f були записані на аксонометричній схемі системи під виносними лініями.

6. За фактичною площею поперечного перерізу прийнятого стандартного повітропроводу f , м^2 , була розрахована фактична швидкість руху повітря на ділянці v , м/с , та динамічний тиск повітря P_D , Па , за формулами:

$$v = L / (3600 \cdot f), \text{ м/с} \quad (5.10)$$

$$P_D = \rho \cdot v^2 / 2, \text{ Па} \quad (5.11)$$

де ρ – густина повітря, $1,2 \text{ кг/м}^3$.

7. Для повітропроводів прямокутного перерізу був обчислений еквівалентний діаметр d_E , м , за формулою

$$d_E = 2AB / (A + B), \text{ мм} \quad (5.12)$$

де A та B – розміри перерізу прямокутного повітропроводу, мм .

Всі розрахунки, включаючи поперечний переріз, втрати тиску, рівень шуму, балансування та інші виконано за допомогою програм MagiCAD. Для виконання розрахунку були задані наступні параметри, за якими MagiCAD виконував розрахунки для припливних систем. Мінімальні втрати тиску на регульовальному клапані – 20 Па . Мінімальні втрати тиску на обладнанні – 20 Па . Максимальна втрата тиску – 200 Па .

Сумарні втрати тиску на ділянках повітропроводу ΣP , Па , за формулами:

$$z = \Sigma \xi \cdot P_D, \text{ Па} \quad (5.13)$$

$$\Delta P = z + Rl, \text{ Па} \quad (5.14)$$

Були визначені втрати тиску на кожній ділянці повітропроводу з урахуванням втрат тиску на всіх попередніх ділянках $\Sigma \Sigma P$, Па .

Аналогічним чином були розраховані відгалуження і виконана їхня ув'язка з відповідними ділянками магістрального напрямку. Для погашення надлишкового тиску на відгалуженнях при проведенні пуско-налагоджувальних робіт

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							89
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

необхідно встановити кут повороту стулок регулятора витрати повітря решіток ПДК відповідно до значень, визначених у табл. 5.7.

Таблиця 5.7. Аеродинамічний розрахунок припливної системи вентиляції ПЗ

Тип	Серия	Размер	L	qv	v	dpt	dp/L	pt	pst
			[м]	[м ³ /ч]	[м/с]	[Па]	[Па/м]	[Па]	[Па]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КОРОБКА		300x200		670		3,5		146,4	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	0,9	670	3,1	0,5	0,55	142,9	137,2
ВІДВІД-90		200x300		670	3,1	2,9		142,5	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	1,6	670	3,1	0,9	0,55	139,6	133,8
ВІДВІД-90		200x300		670	3,1	2,9		138,7	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	3,3	670	3,1	1,8	0,55	135,8	130,1
ПЕРЕХІД		300x200		670	3,1			134	
ВІДВІД-90		300x200		670	3,1	3,6		134	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	0,2	670	3,1	0,1	0,55	130,4	124,6
ВІДВІД-90		200x300		670	3,1	2,9		130,3	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	15,4	670	3,1	8,5	0,55	127,4	121,6
ВІДВІД-90		300x200		670	3,1	3,6		118,9	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	0,1	670	3,1	0,1	0,55	115,3	109,5
ВІДВІД-90		300x200		670	3,1	3,6		115,2	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	4,8	670	3,1	2,6	0,55	111,6	105,9
ПЕРЕХІД		300x200		670	3,1			109	
ВІДВІД-90		300x200		670	3,1	3,6		109	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	0,1	670	3,1	0,1	0,55	105,4	99,6
ВІДВІД-90		200x300		670	3,1	2,9		105,4	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	25,5	670	3,1	14,1	0,55	102,5	96,7
ВІДВІД-90		200x300		670	3,1	2,9		88,4	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	0,3	670	3,1	0,2	0,55	85,3	79,5
ОГНЕЗАДЕРЖИВАЮЩИЙ КЛАПАН		300x200		670	3,1	9		85,1	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	2,1	670	3,1	1,1	0,55	76,1	70,3
ВІДВІД-90		200x300		670	3,1	2,9		74,9	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	1	670	3,1	0,5	0,55	72	66,3
ВІДВІД-90		300x200		670	3,1	3,6		71,5	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	3,2	670	3,1	1,8	0,55	67,9	62,1
ВІДВІД-90		300x200		670	3,1	3,6		66,1	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	0,5	670	3,1	0,3	0,55	62,5	56,8
ТРІЙНИК		300x200/200		670	3,1	6,6		62,2	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	200	0,2	300	2,7	0,1	0,52	55,6	51,4
РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН		200		300	2,7	40,8		55,5	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	200	1,2	300	2,7	0,6	0,52	14,7	10,5

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							90
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ТРІЙНИК		200/160		300	2,7	4,5		14,1	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	100	1,4	0,1	0,21	9,7	8,5
ВІДВІД-90		160		100	1,4	1,2		9,6	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	100	1,4	0,1	0,21	8,4	7,2
ПРИТОЧНАЯ		160 (L)		100	1,4	8,3		8,3	
ПЕРЕХІД		200/160		200	1,8			13,9	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	2,2	200	2,8	1,6	0,74	13,9	9,3
ТРІЙНИК		160/160		200	2,8	4,8		12,3	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	100	1,4	0,1	0,21	7,5	6,4
ВІДВІД-90		160		100	1,4	1,2		7,4	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	100	1,4	0,1	0,21	6,2	5,1
ПРИТОЧНАЯ		160 (L)		100	1,4	6,2		6,2	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	2,2	100	1,4	0,5	0,21	11,7	10,6
ВІДВІД-90		160		100	1,4	1,2		11,3	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	100	1,4	0,1	0,21	10,1	8,9
ВІДВІД-90		160		100	1,4	1,2		10	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	100	1,4	0,1	0,21	8,8	7,7
ПРИТОЧНАЯ		160 (L)		100	1,4	8,7		8,7	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	0,2	370	1,7	0	0,19	61,6	59,9
ВІДВІД-90		300x200		370	1,7	1,1		61,6	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	1,3	370	1,7	0,3	0,19	60,5	58,7
ВІДВІД-90		300x200		370	1,7	1,1		60,2	
СЕГМЕНТ	Rect	300x200	3,1	370	1,7	0,6	0,19	59,1	57,4
ТРІЙНИК		300x200/160		370	1,7	2,3		58,6	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	150	2,1	0,1	0,44	56,3	53,7
РЕГУЛІРУЮЩИЙ КЛАПАН		160		150	2,1	39		56,2	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	1,3	150	2,1	0,6	0,44	17,2	14,6
ВІДВІД-90		160		150	2,1	2,6		16,6	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	150	2,1	0,1	0,44	14	11,4
ПРИТОЧНАЯ		160 (L)		150	2,1	13,9		13,9	
ПЕРЕХІД		300x200/160		220	1			58	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	2,5	220	3	2,2	0,88	58	52,5
ВІДВІД-90		160		220	3	5,4		55,8	
СЕГМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	220	3	0,3	0,88	50,4	44,9
РЕГУЛІРУЮЩИЙ КЛАПАН		160		220	3	20		50,1	

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР			Арк.
									91
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				

СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	1,7	220	3	1,5	0,88	30,1	24,6
ВІДВІД-90		160		220	3	5,4		28,6	
СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	1,5	220	3	1,4	0,88	23,2	17,7
ВІДВІД-90		160		220	3	5,4		21,9	
СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	1,8	220	3	1,6	0,88	16,5	10,9
ТРИЙНИК		160/160		220	3	5,8		14,9	
СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	110	1,5	0,1	0,25	9,1	7,7
ВІДВІД-90		160		110	1,5	1,4		9	
СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	110	1,5	0,1	0,25	7,5	6,2
ПРИПЛИВНА		160 (L)		110	1,5	7,5		7,5	
СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	3,1	110	1,5	0,8	0,25	14,2	12,8
ВІДВІД-90		160		110	1,5	1,4		13,4	
СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	110	1,5	0,1	0,25	12	10,6
ВІДВІД-90		160		110	1,5	1,4		11,9	
СЕМЕНТ	LINDAB SAFE	160	0,3	110	1,5	0,1	0,25	10,4	9,1
ПРИТОЧНАЯ		160 (L)		110	1,5	10,4		10,4	

5.12 Підбір припливних установок та витяжних вентиляторів

В розділі буде наведено підбір та характеристики припливних та витяжних установок системи ПВ1 та ПВ1 з подвоєним повітрообміном.

Як витяжні вентиляційні агрегати прийняті установки вентиляції та кондиціювання повітря виробництва фірми «Вентс».

Для витяжних вентиляційних систем ПВ1 та ПВ2, ПВ3 що обслуговують приміщення 1-го поверху, як витяжні агрегати прийняті три витяжні секційні установки Vents.

Агрегат ВА є блоком вентилятора і фільтра ФКД в компактному звукоізованому корпусі.

Агрегат ВА забезпечує високий тиск, при цьому крильчатка вентилятора із загнутими назад лопатками забезпечує вкрай низьке енергоспоживання.

Корпус виготовлений із сталевих листів з алюмоцинковим покриттям з тепло- та звукоізоляцією з мінеральної вати завтовшки 50 мм.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							92
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Установки обладнані високонапірним радіальним вентилятором із безпосереднім приводом від електродвигуна із зовнішнім ротором. Робоче колесо із назад загнутими лопатками.

Установка монтується у вентиляційний канал у будь-якому положенні. Агрегат можна розмістити як у допоміжних приміщеннях, так і в основних (за підвісною стелею, в ніші або відкритим способом).

Регулювання швидкості вентилятора здійснюється з допомогою зовнішнього симісторного, трансформаторного чи частотного трифазного регулятора.

На вході в систему після встановлення з боку вулиці рекомендується встановлювати повітряну заслінку з сервоприводом зі зворотною пружиною, щоб виключити неконтрольоване перетікання повітря при вимкненому вентиляторі та у разі обриву живлення.

Для зниження шуму від вентилятора перед агрегатом з боку приміщення рекомендується встановлювати каналний шумоглушник Vents.



Рис. 5.16 Установка ВЕНТС ВА 02 для систем ПВ1

Секційні установки ВЕНТС ВА 02 призначені для забору забрудненого повітря та кондиціонування не тільки стандартних, але і чистих приміщень при задоволенні високих вимог щодо повітрообміну.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							93
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Оригінальна конструкція установки – безрамна, панельна, модульна. Установка складається зі спеціальних внутрішніх перегородок та панелей типу «сэндвіч», взаємним з'єднанням яких забезпечується досягнення високих параметрів. Така конструкція забезпечує ідеальну жорсткість установки і дотримання її унікальних теплових, протипожежних та акустичних параметрів.

Для системи **ПВ1** підібрано витяжну установку Вентс ВА 02.

Таблиця 5.8. Характеристики ВЕНТС ВА 02

Параметр	ВА 02	Одиниця виміру
Продуктивність	2700	м ³ /год
Споживна потужність	0,62	кВт
Напруга	400	В
Частота струму	50	Гц
Рівень шуму	54	дБ
Вага	38	кг
Тип	Витяжна	

Для припливної вентиляційної системи ПЗ підібрано привливну вентиляційну установку Вентс МПА 800 Е1 (рис. 5.17).



Рис. 5.17. Установка Вентс ПА 02 В4 для системи П1

Установка Вентс ПА 02 В4 відрізняються оригінальною безрамною конструкцією, завдяки якій досягаються високі параметри згідно з європейськими нормами EN 1886. Ці установки підходять для вентиляції і кондиціонування адміністративних, комерційних, громадських та інших об'єктів. Завдяки конструкції панелей типу «сендвіч» та оптимізованому підбору вентиляторів установки мають високі акустичні характеристики, рівень шуму – 54 дБа.

Таблиця 5.9. Характеристики Вентс ПА 02 В4

Параметр	Вентс ПА 02 В4	Одиниця виміру
Продуктивність	2350	м3/год
Споживна потужність	0,62	кВт
Напруга	400	В
Частота струму	50	Гц
Рівень шуму	54	дБ
Вага	63	кг
Тип	Припливна	

Приточна установка Вентс ПА 02 В4 1є повністю готовим вентиляційним агрегатом для забезпечення подачі свіжого повітря через мережу повітроводів в приміщення. Установка з номінальною продуктивністю 2350 м3/год може використовуватися як для вентиляції приватних приміщень, таких як будинки, квартири, котедж, так і для вентиляції офісних або промислових приміщень, в нашому випадку це лікарня. Підключається до повітроводів перетином 400х250 мм.

В установці для підігріву повітря встановлений водяний калорифер, який вимагає підведення гарячої води з необхідними параметрами зовнішнього джерела (як правило, це котел). Для регулювання витрати води через калорифер іноді необхідне використання вузла змішувача.

Для фільтрації зовнішнього повітря в установці призначено фільтр зі змінними вставками. Клас фільтрації – G4.

Приточне встановлення Вентс ПА 02 В4 монтується на підлозі, підвішується до стелі за допомогою монтажного куточка з вібровставкою або кріпиться на стіні

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							95
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

за допомогою кронштейнів. Установку можна розмістити як у допоміжних приміщеннях, так і в основних (над підвісною стелею, у ніші або відкритим способом). Усі електричні підключення виконуються через клемну колодку, розташовану у сполучній коробці.

Приточні установки ПА оснащені кронштейнами для полегшення монтажу агрегату. Установку можна монтувати в будь-якому положенні, крім вертикального, коли потік повітря спрямований вниз (ТЕНи не повинні бути під вентилятором). Необхідно передбачити можливість доступу до установки у разі сервісного обслуговування та чищення фільтра.

Для системи ПВ1 з подвоєним повітрообміном підібрані такі установки.



Рис. 5.18. Установка Вентс ВА 04 для системи ПВ1 з подвоєним повітрообміном

Таблиця 5.10. Характеристики Вентс ВА 04

Параметр	Вентс ВА 04	Одиниця виміру
Продуктивність	5000	м ³ /год
Споживна потужність	2,3	кВт
Напруга	400	В
Частота струму	50	Гц
Рівень шуму	58	дБ
Вага	71	кг
Тип	Витяжна	



Рис. 5.18. Установк ВЕНТС ПА 04 В2 для системи П1 з подвоєним повітрообміном

Таблиця 5.11. Характеристики Вентс ВПА-1 315-6,0-3

Параметр	ВЕНТС ПА 04 В2	Одиниця виміру
Продуктивність	4100	м³/год
Споживна потужність	4,3	кВт
Напруга	400	В
Частота струму	50	Гц
Рівень шуму	75	дБ
Вага	104	кг
Тип	Припливна	

Усі установки обладнані фільтрами ФКД які забезпечують клас G4 та додатково бактерицидними установками SBOW, які в сумі будуть куди більше забезпечувати очищення, а особливо знезаражування повітря.

У витяжних системах вентиляції В5 – В17 застосовані каналні вентилятори типу ВКО (рис. 2.21) виробництва «Вентс», які призначені для встановлення в круглих каналах. Для використання із системою пластикових ПВХ каналів або гнучких каналів. Переміщення малої та середньої величини потоку повітря на не-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							97
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

великі відстані при малому опорі вентиляційної системи. Корпус та крильчатка виконані з високоякісного та міцного АБС пластику, стійкого до ультрафіолету. Вентилятор керується за допомогою кімнатного вимикача освітлення. Підбір вентиляторів виконаний за допомогою програми MagiCAD.



Рис. 5.19. Вентилятор ВКО

5.13 Автоматизація систем вентиляції

Автоматизація систем вентиляції передбачена в такому обсязі:

- автоматичне підтримування температури яке подається у приміщення;
- захист приладів які нагрівають повітря припливних систем від заморожування;
- відключення систем вентиляції при загрозі або виникненні пожежі;
- регулювання швидкості обертання вентиляторів у системах;
- контроль забруднення фільтрів;
- контроль та аналіз роботи вентиляторів та їх відключення при отриманні аварійних сигналів.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							98
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Охорона праці

6.1.1 Безпека експлуатації системи вентиляції у Краматорській багатопрофільній лікарні

Для визначення заходів пожежної безпеки під час експлуатації систем вентиляції та кондиціонування слід керуватися такими нормативно-правовими актами та документами:

- Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417;
- ДСТУ 2388-94 «Системи вентиляції. Терміни та визначення»;
- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- технологічними регламентами;
- супровідною документацією підприємств-виробників вентиляційного та кондиціонувального обладнання;
- іншими нормативними документами із зазначеного питання.

6.1.2 Причини виникнення пожежі під час експлуатації систем вентиляції та кондиціонування

Експлуатація доцільно змонтованих вентиляційних систем має бути гарантом реалізації цими системами функцій захисту від виникнення або поширення вогню. Але у деяких випадках вентиляційне обладнання може навіть сприяти більш динамічному зростанню і поширенню небезпечних факторів пожежі. Швидке поширення полум'я, диму та токсичних продуктів горіння і термічного розкладання, розвиток супутніх проявів небезпечних факторів (винос високої напруги на струмопровідні частини вентиляційних систем) часто є наслідком саме неправильної роботи вентиляції.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							99
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Фактори які спричиняють виникнення пожежі під час експлуатації:

1. Застарілість систем. Більшість будівель, що зараз знаходяться в експлуатації, проектувалася і будувалася ще до розробки ефективних норм, тому велика кількість основних виробничих фондів, зокрема й вентиляційні установки, експлуатується не тільки без урахування сучасних вимог до забезпечення пожежної безпеки, але й після закінчення термінів свого використання.

2. Недостатні організаційні та технічні рішення. Під час експлуатації систем вентиляції та кондиціонування недостатні організаційні рішення призводять не лише до зменшення функціональної ефективності, але й до зниження безпеки, навіть якщо вони грамотно спроектовані.

Так, несвоєчасне виконання робіт з очищення від пожежонебезпечних відкладень витяжних пристроїв (шаф, фарбувальних, сушильних камер, трубопроводів) призводить до сильного забруднення вентиляції жиром, сажею, фарбами, маслами, пилом, волокнами та іншими горючими відкладеннями, що в свою чергу викликає займання горючих відкладень усередині вентиляційного короба.

3. Накопичення та самозаймання горючих відкладень. Пожежна небезпека місцевих систем вентиляції обумовлена також тим, що в повітроводах витяжних систем накопичуються горючі відкладення у вигляді фарб, масел, пилу, волокон, аерозолів і т.п., які сприяють швидкому поширенню вогню під час пожежі, а окремі види відкладень схильні до самозаймання.

4. Іскроутворення. Вентиляційне обладнання саме може з'явитися джерелом запалювання унаслідок виникнення іскри в системі або нагріву поверхонь вентиляційного обладнання до температур самозаймання горючих речовин (у разі тертя обертових деталей вентиляторів).

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

рк.

100

Причини іскроутворення:

іскри механічного походження утворюються у випадку:

порушення правил експлуатації електродвигунів для приводу вентиляторів, фільтрів і клапанів;

потрапляння в систему вентиляції сторонніх предметів;

ударів робочих елементів вентиляції об корпус;

іскри електричного походження утворюються у разі:

недотриманні правил улаштування електроустановок (від електродвигунів для приводу вентиляторів і фільтрів, а також від пускових пристроїв);

іскри електростатичного походження утворюються:

під час переміщення повітроводами електризованих пилу й аерозолів;

у разі відсутності заземлення вентиляційного обладнання.

5. Швидке поширення пожежі. Пожежна небезпека систем вентиляції та кондиціонування полягає також у можливості переміщення пожежі повітроводами з приміщення, де вона виникла, в інші приміщення. Вогонь і продукти горіння можуть поширюватися в межах одного поверху й переходити на інші будівлі та поверхи.

Швидкому поширенню пожежі сприяють:

використання повітроводів із горючих і важкогорючих матеріалів;

робота систем вентиляції під час пожежі;

нещільності в місцях перетину повітроводами і колекторами протипожежних перешкод.

6. Вторинне загоряння. Вентиляційні повітрозабірні та витяжні решітки, встановлені на стіні будівлі, з яких під час пожежі виходять назовні розжарені продукти горіння, несуть потенційну небезпеку виникнення вторинного загоряння верхніх горючих елементів будівлі (зовнішньої обробки фасаду).

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							101
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Основні причини виникнення пожежної небезпеки під час експлуатації систем вентиляції та кондиціонування:

- невірний розрахунок систем;
- неякісний монтаж;
- неякісне обслуговування систем;
- недостатня герметичність систем;
- високі температури на поверхні обладнання;
- тепловий прояв електричного струму;
- відсутність аварійної витяжної вентиляції;
- відсутність заземлення;
- відсутність тепло- і струмозахисних пристроїв
- застосування агрегатів у звичайному виконанні у вибухонебезпечних приміщеннях
- застосування невогнестійких матеріалів.

6.1.3. Антивірусні заходи для забезпечення профілактики захворювань обслуговуючого медичного персоналу

Для того щоб працівники лікарні мали найменші ризики захворювання різними вірусними хворобами, потрібно щоб ці ризики були мінімальними. У лікарні є спеціально призначена людина яка буде слідкувати за станом роботи системи вентиляції зокрема і для медичного персоналу. Практичні заходи під час експлуатації систем вентиляції наступні:

У будівлях з системами механічної вентиляції рекомендується збільшити тривалість її експлуатації. Для цього слід змінити уставки часу пуску та зупинки систем вентиляції будівлі не менше ніж на 2 години раніше і пізніше відповідно. При цьому значення витрати повітря не повинно бути менше запроектованого.

У будівлях, які закриті на карантин (деякі офісні будівлі або навчальні заклади), не рекомендується повністю зупиняти вентиляцію, а слід продовжувати її експлуатацію з витратою повітря нижче запроектованого значення.

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

Арк.

102

Системи витяжної вентиляції в туалетних кімнатах цілодобово повинні бути включені для забезпечення зниженого тиску в цих зонах і запобігання фекально-оральної передачі вірусу. Запобігати скупченню людей у погано провітрюваних приміщеннях.

У будівлях без систем механічної вентиляції необхідно активно використовувати віконну аерацію (провітрювання) (навіть коли це викликає деякий тепловий дискомфорт). Віконне провітрювання - це дієвий спосіб підвищити повітрообмін в приміщеннях і в будівлі. При потраплянні у приміщення слід відкрити вікна у ньому приблизно на 15 хв. (особливо, якщо в приміщенні до цього перебували люди).

Тримати вікна в туалетних кімнатах закритими. Відкриті вікна в туалетних кімнатах з природною вентиляцією або примусовими витяжними системами вентиляції можуть викликати підвищення тиску в туалетних кімнатах і подальше перетікання забрудненого повітря з туалетних кімнат в сусідні приміщення. Якщо туалетні кімнати не обладнані належною витяжною вентиляцією і при цьому віконне провітрювання в них виключити неможливо, у такому випадку необхідно забезпечити наскрізне провітрювання будівлі, відкривши вікна в інших приміщеннях.

Змінити уставку часу пуску і зупинки систем вентиляції будівлі з розрахунковою проектною витратою повітря не менше ніж на 2 години раніше і пізніше відповідно.

Вночі та у вихідні дні не вимикати вентиляцію, а перевести її на більш низьку продуктивність

Забезпечити регулярне віконне провітрювання (аерацію) (навіть в приміщеннях з механічною вентиляцією)

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР

рк.

103

Забезпечити цілодобову безперервну роботу вентиляції у туалетних кімнатах

Запобігати відкриванню вікон в туалетних кімнатах для забезпечення необхідного напрямку вентиляції.

Переключити кондиціонери з рециркуляцією тільки на роботу з 100% підмішуванням зовнішнього повітря

Перевірити обладнання для рекуперації тепла і переконатися, що перетікання (виток) повітря - у допустимих межах

Повністю виключити фанкойли або забезпечити безперервну роботу їх вентиляторів

Не змінювати уставки нагріву, охолодження і зволоження

Не планувати чистку повітропроводів на період епідемії

Заміну зовнішніх фільтрів у місцях забору припливного повітря та викиду витяжного повітря проводити за звичайним графіком відповідно до графіка технічного обслуговування. Регулярні роботи по заміні та обслуговуванню фільтрів повинні виконуватися із застосуванням ЗІЗ, включаючи захисні окуляри, маски / респіратори класу Р2 або вище, захисні комбінезони та рукавиці.

6.2 Визначення ефективності вентиляції за вмістом вуглекислоти

Ефективність вентиляції за вмістом вуглекислоти потрібна щоб, побачити наскільки ефективною буде вентиляції у специфічних приміщеннях у лікарні, таких як наприклад лаборантська для санітарно-бактеріальних досліджень. Ме-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							104
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

тод заснований на зіставленні кількості балончиків атмосферного повітря і повітря приміщення, що були витрачені на знебарвлення 10 мл лужного розчину (600 мл води, 1 крапля 25% розчину аміаку, 2 краплі фенолфталеїну) у поглиначі Петрі. Підрахунок кількості балончиків, що були витрачені на нейтралізацію (знебарвлення) лужного розчину проводиться тричі: до провітрювання приміщення, після провітрювання та безпосередньо в атмосферному повітрі. Вміст вуглекислоти (CO₂) у повітрі розраховується за формулою :

$$\text{Вміст CO}_2 (\%) = (A * 0,4) / B$$

Де: А - кількість балончиків атмосферного повітря, що витрачено на знебарвлення лужного розчину;

В - кількість балончиків повітря в приміщенні, що витрачено на знебарвлення лужного розчину;

0,04 – вміст вуглекислоти в атмосферному повітрі (%).

Оптимальною концентрацією вуглекислоти у повітрі житлових кімнат, палат лікувально–профілактичних закладів та навчальних приміщень слід вважати 0,07–0,08%, допустимою – 0,1%.

Для прикладу розрахунку візьмемо лаборантську кімнату для санітарно-бактеріальних досліджень (16 на плані). На знебарвлення 10 мл лужного розчину було витрачено 50 балончиків атмосферного повітря, і відповідно на знебарвлення 1 мл лужного розчину до і після провітрювання в лаборантській для санітарно-бактеріальних досліджень – 10 та 20 балончиків. Кількість вуглекислоти у повітрі приміщення становить:\

а) до провітрювання вміст CO₂ (%) = (50 * 0,4) / 10 = 0,2%

б) після провітрювання вміст CO₂ (%) = (50 * 0,4) / 20 = 0,1%

Визначення необхідного повітрообміну при загальнообмінній вентиляції. Відповідно до санітарних норм усі виробничі і допоміжні приміщення повинні вентилюватися. Необхідний повітрообмін (кількість повітря, що подається чи видаляється з приміщення) в одиницю часу (L, м³ /год) може бути визначений

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							105
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

різними методами в залежності від конкретних умов. 1. При нормальному мікрокліматі і відсутності шкідливих речовин повітрообмін може бути визначений за формулою:

$$L = n \cdot L', \text{ (5.2) де}$$

n – число працюючих; L' – витрата повітря на одного працюючого, прийнята в залежності від об'єму приміщення, що приходить на одного працюючого V' , м³ (при $V' < 20$ м³; $L' = 30$ м³/год; при $V' = 20 \dots 40$ м³ $L' = 20$ м³/год; при $V' > 40$ м³ і при наявності природної вентиляції повітрообмін не розраховують); при відсутності природної вентиляції (герметичні кабіни) $L' = 60$ м³/год).

2. При виділенні шкідливих речовин у приміщенні необхідний повітрообмін визначається, виходячи з їхнього розведення до допустимих концентрацій. Розрахунок повітрообміну проводиться виходячи з балансу утворюваних у приміщеннях шкідливих речовин і речовин, що видаляються з нього, за формулою:

$$L = G_{шр} / (C_{вид} - C_{пр})$$

де $G_{шр}$ – маса шкідливих речовин, що виділяються у приміщенні за одиницю часу, мг/год; $C_{вид}$ і $C_{пр}$ – концентрація шкідливих речовин, у повітрі, що видаляється, і у припливному повітрі ($C_{вид} < C_{гдк}$, $C_{пр} < 0,3 C_{гдк}$).

3. При боротьбі з надлишковим теплом повітрообмін визначається з умов асиміляції тепла і обсяг припливного повітря визначається за формулою:

$$L = Q_{над} / (\rho_{пр} \cdot c_p \cdot (t_{вид} - t_{пр}));$$

де $Q_{над}$ – надлишкові тепловиділення, ккал/год, ($Q_{над} = Q_{сум} - Q_{вид}$, де $Q_{сум}$ – сумарне надходження тепла, $Q_{вид}$ – кількість тепла, що видаляється за рахунок тепловтрат; $\rho_{пр}$ – густина припливного повітря, кг/м³; c_p – теплоємність повітря, ккал/(кг·град), (теплоємність сухого повітря 0,24 ккал/(кг·град); $t_{вид}$ і $t_{пр}$ – температура повітря, що видаляється, і припливного повітря, °C.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							106
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

4. Для орієнтованого визначення повітрообміну (L , м³ /год) застосовується розрахунок по кратності повітрообміну. Кратність повітрообміну (K) показує, скільки разів за годину міняється повітря у всьому об'ємі приміщення (V , м³):

$$L=K \cdot V,$$

де K – коефіцієнт кратності повітрообміну ($K = 1 \dots 10$).

6.3 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Одним, із основних принципів у системі попередження пожеж є положення про те: що горіння (пожежа) можливе лише за певних умов. Такою умовою є наявність трьох факторів: горючої речовини, окислювача та джерела запалювання. Система попередження пожеж виключає два основних напрямки: запобігання формуванню горючого середовища і виникненню в цьому середовищі (чи внесенню в нього) джерела запалювання. Запобігання формуванню горючого середовища досягається: застосуванням герметичного виробничого устаткування; максимально можливою заміною в технологічних процесах горючих речовин та матеріалів негорючими; організацією контролю за складом повітря в приміщенні та контролю за станом середовища в апаратах; застосування робочої та аварійної вентиляції: використанням хімічно активних компонентів, що сприяють припиненню пожежі та інертних компонентів, що роблять середовище негорючим; використанням устаткування та пристроїв, при роботі котрих не виникає джерел запалювання; використання електроустаткування, що відповідає за виконанням класу пожежо - та вибухо небезпеки приміщень та зон, групі і категорії вибухонебезпечної суміші; обмеження щодо сумісного зберігання речовин та матеріалів; використання устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної іскро безпеки; організацією автоматичного контролю параметрів, що визначають джерела запалювання; заземлення устаткування.

6.3.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Ознакою надзвичайної ситуації (далі - НС) є наявність або загроза загибелі людей та тварин, або значне погіршення умов їх життєдіяльності; заподіяння

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							107
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

великих економічних збитків, істотне погіршення стану навколишнього природного середовища.

При монтажі систем опалення та вентиляції найбільш поширеними надзвичайними ситуаціями є:

Пожежі, вибухи - мають код 10200 – відносяться до надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

НС техногенного характеру - це транспортні аварії (катастрофи), пожежі, вибухи, аварії з викиданням (загрозою викидання) небезпечних та шкідливих хімічних та радіоактивних речовин, раптове руйнування споруд; аварії в електроенергетичних системах, системах життєзабезпечення, системах зв'язку та телекомунікацій, на очисних спорудах, у системах нафтогазового промислового комплексу, гідродинамічні аварії та ін.

За класифікаційними ознаками НС виникнення пожеж на будівельних майданчиках фабрики по пошиттю медичного одягу відносяться до пункту 2.9.

Опис ознаки: пожежі, для ліквідації яких, окрім сил та засобів державної пожежної охорони або інших аварійно-рятувальних служб, залучені додаткові сили та засоби формувань цивільної оборони

Основною аварією при монтажу систем опалення та вентиляції є можливість виникнення пожежі на будівельному майданчику.

Основними заходами по ліквідації наслідків аварій є: оповіщення робітників і службовців; екстрена евакуація; комплексна розвідка об'єкту; рятування людей з-під завалів, із оточуючих і ушкоджених будівель і споруд; надання медичної допомоги потерпілим від аварії, вивіз їх у лікувальні установи; гасіння пожеж; улаштування проїздів і підходів до місць аварій; руйнування ненадійних конструкцій, розбирання завалів; демонтаж зберігшогося устаткування, якому загрожує небезпека; організація комендантської служби.

Задача кожного працюючого на підприємстві - знати основні правила поведінки при аваріях, вміти діяти в обставинах, що при цьому склалися. Наприклад, існують певні правила і послідовність відключення електроенергії, зупин-

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							108
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ки транспортуючих пристроїв, агрегатів і апаратів, перекриття сировинних, газових парових і водних комунікацій у відповідності з технологічним процесом і технікою безпеки, порушення яких може погіршити і ускладнити обстановку. Ці правила і послідовність дій треба вивчати, постійно пам'ятати і вміти практично виконувати.

В аварійній ситуації важливою задачею є організація своєчасного оповіщення про аварію. Кожний робітник і службовець будь-якого об'єкту народного господарства повинен вміти користуватися наявними на підприємстві оповіщувачами. Кожний робітник підприємства, пов'язаний з можливою газовою обстановкою, повинен знати способи виклику газорятівників.

З виникненням аварії робітники і службовці, що входять у склад формувань ЦО, зобов'язані негайно прибути на місце сбору. Робітники і службовці підприємства, що не входять до складу формувань, повинні бути також готові вести роботи по ліквідації аварії, по спасінню потерпілих на об'єктах.

Ліквідація наслідків стихійних лих і аварій може здійснюватись одночасно на всьому об'єкті або по окремим його ділянкам при наявності достатніх сил і засобів. При цьому починають їх у першу чергу там, де необхідно надати допомогу людям, на ділянках, що являють найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога надається перш за все потерпілим, що знаходяться у шоківому стані, а також вивільненим з під уламків, завалів. Вивільнення людей з під великих завалів провадиться з додержанням особливих заходів перестороги, їм надається невідкладна медична допомога на місці з подальшою евакуацією у лікувальні установи.

Виробничим аваріям звичайно сприяють пожежі, що створюють у деяких випадках найбільшу небезпеку. Обстановка в осередку пожежі може створитися досить складна, особливо при наявності руйнувань, завалів, порушення і навіть припинення водопостачання. Боротьба з вогнем пов'язана із рятуванням

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							109
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

людей, якщо частина персоналу підприємства опинилася у зоні, охопленій полум'ям. Наявність у виробництві вибухонебезпечних і швидкозаймаючихся матеріалів може погіршити становище. Тому до ліквідації пожежі необхідно залучити технічний персонал підприємства, який добре знає розташування апаратури, що знаходиться під великим тиском, місцезнаходження вибухонебезпечних чи хімічних небезпечних речовин, а також можливості використання стаціонарних засобів пожежогасіння.

7 ЕКОНОМІКА

7.1 Вартість вентиляційного обладнання

Кошторисна вартість будівництва – це грошові кошти, сума яких визначається на підставі проектних даних. Кошторисна вартість є підставою для визначення розміру капітальних вкладень, фінансування будівництва, розрахунків за виконані підрядні (будівельно-монтажні) роботи тощо.

Виходячи з кошторисної вартості, здійснюються облік та звітність, виконується оцінка діяльності будівельно-монтажних організацій та замовників.

Для визначення кошторисної вартості необхідні:

Проект об'єкту будівництва

Специфікація обладнання

Ціни, тарифи, розцінки, які використовуються для визначення вартості нового будівництва

Результати економічної оцінки дають уявлення про очікувану дезінфекцію та економічні витрати, що викликають занепокоєння інженерів і власників HVAC. Зрештою, результати дослідження показують, що підвищення ефективності дезінфекції на рівні простору вимагає додаткових витрат для власника. Для двох альтернатив із суттєвим очікуваним покращенням дезінфекції, верхнього приміщення UVGI(ультрафіолетового випромінювання) та системи HVAC(вентиляція) із збільшеним АСН(кратність повітрообміну), порівняльні річні витрати значно зросли. Тому інженер HVAC та власник повинні додатково оцінити свої очікування щодо додаткових витрат.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							110
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Застосування технології UVGI у верхній кімнаті має збільшені річні витрати порівняно з базовою системою, що логічно, але менші ніж у випадку з розбавлення повітря. Незважаючи на те, що економії не видно за допомогою UVGI у верхній кімнаті, прогнозований час для 99% дезінфекції значно скорочується з 46 хвилин до 18 хвилин. Таким чином, шанси сприйнятливого пацієнта піддатися впливу повітряно-крапельних патогенів у просторі з UVGI значно зменшуються. Через відсутність контакту з повітряно-крапельними мікроорганізмами у мешканців буде ще менше шансів заразитися внутрішньолікарняною інфекцією. Як зазначалося раніше, економія, отримана від факторів, що виходять за межі цієї економічної оцінки, може переважити збільшення майже на 62% порівняльних річних витрат. За межами економічної сфери заклади охорони здоров'я працюють для покращення здоров'я та добробуту людей, і цей намір має підсилити застосування технології, яка допоможе захистити мешканців лише за умови правильного застосування.

Зрештою, застосування цієї технології в закладах охорони здоров'я усуне потенційне джерело шкоди мешканцям. Також ймовірно, що система UVGI в АНУ (припливно-витяжна установка) матиме більший вплив на видалення патогенів, що переносяться повітрям. Наприклад, подальше підвищення ефективності видалення в АНУ призведе до покращеної дезінфекції приміщень за рахунок подачі в приміщення повітря вищої якості. Перші витрати, витрати на електроенергію та витрати на технічне обслуговування також є мінімальними порівняно з варіантом подвоєного повітрообміну. Фактори, що виходять за рамки цієї оцінки, і які можуть ще більше збільшити економію енергії за допомогою UVGI, включають використання охолоджувача та насоса охолоджувача. Нарешті, видалення будь-якого забруднення змішувика збільшує передачу тепла, тим самим покращуючи роботу чиллера та його компонентів. Заклади охорони здоров'я повинні застосовувати технології UVGI як з огляду на економічні переваги, так і на продуктивність.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							111
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

У магістерській роботі наведено порівняння двох варіантів, які будуть забезпечувати антибактеріальний захист будівлі. Це використання збільшеного повітрообміну та ультрафіолетові випромінювачі. Та зроблений висновок, чи доцільно економічно та ефективно використовувати збільшений повітрообмін у приміщеннях медичних закладів як засіб боротьби з бактеріями та вірусами. Нижче наведено приблизну вартість обладнання системи яка поражена за чинними нормами та системи вентиляції із збільшеною кратність повітря.

Вартість вентиляційного обладнання була взята з офіційного каталогу фірми Vents [29].

Таблиця 7.1 Вартість вентиляційного обладнання для системи ПВ1

Клас	Розмір	Тип	Компонент	N	L[м]	Площа\поверхності м2	Ціна за одиницю, грн	Разом
Повітропровід	125	LINDA B SAFE	SR-125	8	5,3	2.1 м2	548	2904,4
Повітропровід	160	LINDA B SAFE	SR-160	81	68,7	34.5 м2	681	46784,7
Повітропровід	200	LINDA B SAFE	SR-200	33	40,2	25.3 м2	839	33727,8
Повітропровід	250	LINDA B SAFE	SR-250	3	6,5	5.1 м2	1041	6766,5
Повітропровід	125	Circ			26,2	10.3 м2	548	14357,6
Повітропровід	160	Circ			15,6	7.8 м2	681	10623,6
Повітропровід	200	Circ			0,2	0.2 м2	839	167,8
Повітропровід	250x150	Rect			0,3	0,2	785	157
Повітропровід	300x200	Rect			17,5	17,5	785	13737,5
Повітропровід	400x200	Rect			2,4	2,9	785	2276,5
Повітропровід	400x250	Rect			148,8	193,4	785	151819
Повітропровід	500x250	Rect			150,2	225,3	785	176860,5
Відвід-45	250x400	Rect		2		0,5	785	392,5
Відвід-90	250x400	Rect		8		5,2	785	4082
Відвід-90	250x500	Rect		8		6	785	4710
Відвід-90	400x250	Rect		16		13,5	785	10597,5
Відвід-90	500x250	Rect		17		19,1	785	14993,5
Відвід-90	125	LINDA B SAFE	BKU-125-90	4		0,2	340	1360
Відвід-90	160	LINDA B SAFE	BKU-160-90	46		4,3	466	21436
Відвід-90	200	LINDA B SAFE	BKFU-200-90	14		2,8	706	9884

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР		Арк.
								112
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

Відвід-90	250	LINDA B SAFE	BKFU- 250-90	1		0,3	1010	1010
Відвід-90	125	Circ		1 2		0,7	340	4080
Відвід-90	160	Circ		2		0,2	466	932
Трійник-90	125/125	LINDA B SAFE	TCPU- 125-125	1		0,1	441	441
Трійник-90	160/160/125	LINDA B SAFE	TCPU- 160-125	1		0,1	481	481
Трійник-90	160/160	LINDA B SAFE	TCPU- 160-160	1 0		1,6	481	4810
Трійник-90	200/200/160	LINDA B SAFE	TCPU- 200-160	6		1,2	801	4806
Трійник-90	200/200	LINDA B SAFE	TCPU- 200-200	2		0,5	801	1602
Трійник-90	125/125	Circ		2		0,2	441	882
Трійник-90	160/160/125	Circ		1		0,1	481	481
Трійник-90	250x150/250x150/125	Rect		2		0,4	785	314
Трійник-90	300x200/300x200/160	Rect		4		1,2	785	942
Трійник-90	300x200/300x200/200	Rect		2		0,8	785	628
Трійник-90	400x200/400x200/160	Rect		3		1,1	785	863,5
Трійник-90	400x200/400x200/200	Rect		2		1	785	785
Трійник-90	400x250/400x250/200	Rect		2		1	785	785
Трійник-90	400x250/400x250/250	Rect		1		0,6	785	471
Трійник-90	400x250/400x250	Rect		1		1,2	785	942
Трійник-90	400x250/400x250/500x2 50	Rect		1		1,5	785	1177,5
Перехід	160/125	LINDA B SAFE	RCFU- 160-125	1		0,1	785	78,5
Перехід	200/160	LINDA B SAFE		4		0,1	785	78,5
Перехід	200/160	LINDA B SAFE	RCFU- 200-160	1		0,1	785	78,5
Перехід	160/125	Circ		1		0,1	785	78,5
Перехід	250x150/125	Rect		1		0,2	785	157
Перехід	200/300x200	Rect		1		0,1	785	78,5
Перехід	300x200/250x150	Rect		1		0,3	785	235,5
Перехід	300x200/400x200	Rect		2		0,7	785	549,5
Перехід	400x250/160	Rect		1		0,4	785	314
Перехід	400x250/200	Rect		1		0,4	785	314
Перехід	250x400/400x250	Rect		1		0,4	785	314
Перехід	400x250/400x200	Rect		2		0,8	785	628
Перехід	250x500/500x250	Rect		1		0,4	785	314
Припливне ПРП	125	ПДК 6	rect-diff- 125-6	1 0			262	2620
Припливне ПРП	160	ПДК 9	rect-diff- 160-6	1 1			372	4092
Припливне ПРП	200	ПДК 9	rect-diff- 200-6	1			372	372
Витяжний при- стрій	160	ПДК 9	НРКН- 160-6	5			372	1860

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							113
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

			0mm					
Витяжний при- стрій	160	ПДК 9	НРКН- 160-6 12mm	1 1			372	4092
Витяжний при- стрій	200	ПДК 9	НРКН- 200-6 0mm	2			372	744
Витяжний при- стрій	200	ПДК 9	НРКН- 200-6 12mm	2			372	744
Витяжний при- стрій	250	ПДК 12	НРКН- 250-6 12mm	1			474	474
Регулювальний клапан	125	FD1	IRIS-125	2		0 м2	1564	3128
Регулювальний клапан	160	FD1	IRIS-160	9		0.2 м2	1598	14382
Регулювальний клапан	200	FD1	IRIS-200	7		0.2 м2	1802	12614
Регулювальний клапан	250	FD1	IRIS-250	1		0 м2	2720	2720
Фільтр кишень- ковий	ФКД 400x250		Вентс ФБК 400x250	1		0.5 м2	525	525
Вогнезахисний клапан	КПВ 400x250		КПУ-1Н	1			1000	1000
Вогнезахисний клапан	КПВ 500x250		КПУ-1Н	1			1000	1000
Фільтр кишень- ковий	ФКД 500x250		Вентс ФБК 500x250	1		0.6 м2	663	663
Вентс ВА 02 (-2522), (2700)	930x2200x680			1			55741	55741
Вентс ПА 02 В4 (-2053), (2350)	4300x930x800			1			166522	166522
Разом							830582,9	

Норма амортизаційних відрахувань для обладнання становить 12%; отже, сума амортизації за обладнання становитиме:

За рік:

$$830583 \times 12\% = 99670 \text{ тис.грн}$$

Витрати на поточний ремонт: $830583 \times 0,01 = 8306 \text{ тис.грн}$

Витрати на заробітну плату: $3 \times 6700 \times 1,1 \times 1,22 \times 12 = 323690 \text{ грн/рік}$

1,1 - коефіцієнт, що враховує витрати на додаткову заробітну плату.

1,22 - коефіцієнт, що враховує витрати на соціальні відрахування

Споживання електроенергії вентиляційними установками:

Сумарна потужність витяжної установки Вентс ВА 02 = 620 Вт/год [28]. Установка буде працювати 10 годин на добу, за рік споживання електроенергії –

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР		Арк.
								114
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

620*10*365=2263кВт. Тариф на електроенергію в м.Краматорськ, Донецької області становить – 1,68 грн/кВт*год. Отже, за рік вартість електроенергії складе – **2263*1,68=3802 грн/рік.**

Сумарна потужність припливної установки Вентс ПА 02 В4 = 620 Вт/год [28]. Установка буде працювати 10 годин на добу, за рік споживання електроенергії – **620*10*365=2263кВт.** Тариф на електроенергію в м.Краматорськ, Донецької області становить – 1,68 грн/кВт*год. Отже, за рік вартість електроенергії складе – **2263*1,68=3802 грн/рік.**

Вартість монтажу взято 40% від вартості обладнання, становить – **332233грн.**

Загальна вартість системи ПВ1 становить:

8306+323690+3802+3802 = 339600 грн - витрата коштів на систему ПВ1 в рік

830583+332233= 1162816 грн – вартість системи

Таблиця 7.2 Вартість вентиляційного обладнання для системи ПВ1 з подвоєним повітрообміном

Клас	Размер	Тип	Ком-понент	N	L\м	Пло-щадь\поверхности	Ціна за оди-ницю, грн	Разом
Повітро-провід	160	LINDAB SAFE	SR-160	4	7	3,5	681	4767
Повітро-провід	200	LINDAB SAFE	SR-200	49	35,4	22,3	839	29700,6
Повітро-провід	250	LINDAB SAFE	SR-250	63	45,2	35,5	1041	47053,2
Повітро-провід	315	LINDAB SAFE	SR-315	20	23,6	23,4	1041	24567,6
Повітро-провід	160	Circ			9,6	4,8	681	6537,6
Повітро-провід	200	Circ			33,9	21,3	839	28442,1
Повітро-провід	250	Circ			3,9	3	1041	4059,9
Повітро-провід	315	Circ			0,7	0,7	1041	728,7
Повітро-провід	300x200	Rect			0,3	0,3	785	235,5
Повітро-провід	400x250	Rect			18,5	24	785	18840
Повітро-провід	500x250	Rect			4,2	6,3	785	4945,5
Повітро-провід	500x300	Rect			0	0	785	0
Повітро-провід	600x400	Rect			137,6	275,1	785	215953,5

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР		Арк.
								115
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

Повітро-провід	800x400	Rect			131,7	316,2	785	248217
Відвід-90	400x600	Rect		8		10,4	785	8164
Відвід-90	400x800	Rect		8		12,5	785	9812,5
Відвід-90	600x400	Rect		16		27,2	785	21352
Відвід-90	800x400	Rect		17		42,8	785	33598
Відвід-90	160	LINDAB SAFE	BKFU-160-90	2		0,2	466	932
Відвід-90	200	LINDAB SAFE		6		0,9	706	4236
Відвід-90	200	LINDAB SAFE	BKFU-200-90	23		4,6	706	16238
Відвід-90	250	LINDAB SAFE		4		0,9	1010	4040
Відвід-90	250	LINDAB SAFE	BKFU-250-90	30		8,5	1010	30300
Відвід-90	315	LINDAB SAFE		1		0,4	1521	1521
Відвід-90	315	LINDAB SAFE	BKFU-315-90	10		4,4	1521	15210
Відвід-90	160	Circ		5		0,5	466	2330
Відвід-90	200	Circ		15		2,3	706	10590
Відвід-90	250	Circ		2		0,5	1010	2020
Трійник-90	200/200	LINDAB SAFE	TCPU-200-200	7		1,6	801	5607
Трійник-90	250/250/200	LINDAB SAFE	TCPU-250-200	3		1	1082	3246
Трійник-90	250/250	LINDAB SAFE	TCPU-250-250	8		2,8	1082	8656
Трійник-90	315/315/200	LINDAB SAFE	TCPU-315-200	1		0,4	1430	1430
Трійник-90	315/315	LINDAB SAFE	TCPU-315-315	1		0,5	1430	1430
Трійник-90	160/160	Circ		1		0,2	481	481
Трійник-90	200/200	Circ		2		0,5	801	1602
Трійник-90	200x300/200x300/200	Rect		1		0,4	785	314
Трійник-90	300x200/300x200/160	Rect		1		0,3	785	235,5
Трійник-90	400x250/400x250/200	Rect		1		0,5	785	392,5
Трійник-90	400x250/400x250/250	Rect		3		1,9	785	1491,5
Трійник-90	500x250/500x250/250	Rect		1		0,8	785	628
Трійник-90	500x300/500x300/200	Rect		1		0,6	785	471
Трійник-90	600x400/600x400/160	Rect		1		0,6	785	471
Трійник-90	600x400/600x400/200	Rect		1		0,8	785	628
Трійник-90	600x400/600x400	Rect		3		2,9	785	2276,5

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							116
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

	/250							
Трійник-90	600x400/600x400 /315	Rect		3		3,7	785	2904,5
Трійник-90	600x400/600x400	Rect		1		2,4	785	1884
Трійник-90	600x400/600x400 /800x400	Rect		1		3,4	785	2669
Перехід	250/200	LINDAB SAFE	RCFU- 250- 200	2		0,2	785	157
Перехід	315/250	LINDAB SAFE	RCFU- 315- 250	1		0,1	785	78,5
Перехід	200/300x200	Rect		1		0,3	785	235,5
Перехід	250/400x250	Rect		1		0	785	0
Перехід	400x250/300x200	Rect		1		0,4	785	314
Перехід	400x250/500x250	Rect		1		0,4	785	314
Перехід	500x300/500x250	Rect		1		0,5	785	392,5
Перехід	600x400/200	Rect		1		0,6	785	471
Перехід	600x400/315	Rect		1		0,6	785	471
Перехід	600x400/400x250	Rect		1		0,6	785	471
Перехід	400x600/600x400	Rect		3		1,8	785	1413
Перехід	600x400/500x300	Rect		1		0,6	785	471
Перехід	400x800/800x400	Rect		3		3,6	785	2826
Припливне ПРП	160	ПДК 12	rect- diff- 160-6	2			474	948
Припливне ПРП	200	ПДК 14	rect- diff- 200-6	14			592	8288
Припливне ПРП	250	ПДК 16	rect- diff- 250-6	5			814	4070
Припливне ПРП	315	ПДК 18	rect- diff- 315-6	1			916	916
Витяжний пристрій	160	ПДК 12	НРКН- 160-6 0mm	1			474	474
Витяжний пристрій	200	ПДК 14	НРКН- 200-6 12mm	7			592	4144
Витяжний пристрій	250	ПДК 16	НРКН- 250-6 12mm	10			814	8140
Витяжний пристрій	315	ПДК 18	НРКН- 315-6 12mm	3			916	2748
Регулюва- льний кла- пан	160	FD1	IRIS- 160	2			1598	3196
Регулюва- льний кла- пан	200	FD1	IRIS- 200	5			1802	9010
Регулюва-	250	FD1	IRIS-	8			2720	21760

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							117
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

льний клапан			250					
Регулювальний клапан	315	FD1	IRIS-315	4			3740	14960
Вогнезах.клапан	600х400	F2	КПВ 600х400	1			1000	1000
Вогнезах.клапан	800х400	F2	КПВ 800х400	1			1000	1000
Фільтр кишеньковий	600х400	F2	ФКД-600х400	1			991	991
Фільтр кишеньковий	800х400	F2	ФКД-800х500	1			1322	1322
Вентс ВА 04	930х2200х680	4980(504)	5000	1			119000	119000
ВЕНТС ПА 04 В2	4300х930х800	4090(4106)	4100	1			238000	238000
Бактерицидні опромінювачі SBOW				12			3000	36000
Разом							1168699	

Норма амортизаційних відрахувань для обладнання становить 12%; отже, сума амортизації за обладнання становитиме:

За рік:

$$1168699 \times 12\% = 140244 \text{ тис. грн}$$

$$\text{Витрати на поточний ремонт: } 1168699 \times 0,01 = 11687 \text{ тис.грн}$$

$$\text{Витрати на заробітну плату: } 3 \times 6700 \times 1,1 \times 1,22 \times 12 = 323690 \text{ грн/рік}$$

1,1 - коефіцієнт, що враховує витрати на додаткову заробітну плату.

1,22 - коефіцієнт, що враховує витрати на соціальні відрахування

Споживання електроенергії вентиляційними установками:

Сумарна потужність витяжної установки Вентс ВА 04 = 2300 Вт/год. Установка буде працювати 10 годин на добу, за рік споживання електроенергії – $2,3 \times 10 \times 365 = 8395 \text{ кВт}$. Тариф на електроенергію в м.Краматорськ, Донецької області становить – 1,68 грн/кВт*год. Отже, за рік вартість електроенергії складе – $8395 \times 1,68 = 14104 \text{ грн/рік}$.

Сумарна потужність витяжної установки Вентс ПА 04 В2 = 2300 Вт/год. Установка буде працювати 10 годин на добу, за рік споживання електроенергії – $2,3 \times 10 \times 365 = 8395 \text{ кВт}$. Тариф на електроенергію в м.Краматорськ, Донецької області становить – 1,68 грн/кВт*год. Отже, за рік вартість електроенергії складе – $8395 \times 1,68 = 14104 \text{ грн/рік}$.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							118
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ті становить – 1,68 грн/кВт*год. Отже, за рік вартість електроенергії складе – $8395 \cdot 1,68 = 14104$ грн/рік.

Вартість монтажу взято 40% від вартості обладнання, становить – 467480грн.
Загальна вартість системи ПВ1 становить:

$11687 + 323690 + 14104 + 14104 = 363585$ - витрата коштів на систему ПВ1 в рік.

$1168699 + 467480 = 1636179$ - вартість системи.

Вартість бактерицидного опромінювача складає 1290 грн. Для 11 приміщень витрати будуть – 14190 грн. Споживання електроенергії приладом складає – 15Вт. Прилади будуть працювати 10 год. на добу, за рік споживання електроенергії – $11 \cdot 10 \cdot 365 \cdot 0,015 = 602,2$ кВт. Тариф на електроенергію в м.Краматорськ, Донецької області становить – 1,68 грн/кВт*год. Отже, за рік вартість електроенергії складе – $602,2 \cdot 1,68 = 1012$ грн/рік.

Отже, можемо зробити висновок що система ПВ1 з подвоєним повітрообміном є на: $523015 - 499030 = 23985$ грн/рік(5%), дорожчею в утриманні, порівняно з системою яка розрахована згідно чинних норм. Також система з подвоєним повітрообміном є на: $1636179 - 1162816 = 473363$ (29%) грн дорожчею в плані монтажу та вартості матеріалів порівняно з системою яка розрахована згідно чинних норм. Хоч і система ПВ1(2) є дорожчою в експлуатації на 5%, але набагато дорожчею у вартості монтажу на 29%, я вважаю недоцільним використовувати подвоєний повітрообмін як засіб боротьби з вірусами у Краматорській лікарні. Порівнявши два варіанти, варто зробити вибір на користь бактерицидних опромінювачів. Ефективність роботи вентиляції з подвійним повітрообміном не забезпечить такого результату як бактерицидні опромінювачі, ефективність роботи яких еквівалентні 20-кратному повітрообміну. Тому застосовувати саме збільшений повітрообмін як єдиний засіб для боротьби з вірусами є недоцільним та економічно не вигідним.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							119
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

В доказ цього можна розрахувати вплив збільшення швидкості вентиляції на розрідження повітря та передачу вірусу, використовуючи формулу ризику інфікування:

$$P = 1 - \exp \left(- \frac{I \cdot q \cdot p \cdot t}{Q} \right) \quad (1)$$

де P — ризик перехресної інфекції, I — кількість інфікованих, p — швидкість легеневої вентиляції кожного сприйнятливого ($\text{м}^3/\text{год}$), Q — швидкість вентиляції ($\text{м}^3/\text{год}$), q — кванти, вироблені одним інфектор (кванти/год) і t — тривалість впливу (год). З формули ясно видно, що збільшення вентиляційного повітря може експоненціально зменшити ризик перехресного зараження в будівлях, закритих приміщеннях або громадському транспорті, з ефектом, пов'язаним із часом впливу, дихальною активністю та кількістю інфікованих.

Для прикладу розрахуємо кімнату 8 (лікаря-мікробіолога) площею $12,03 \text{ м}^2$ висотою приміщення $3,7 \text{ м}$, яку я вважаю підходящою для перевірки передачі забруднюючих речовин між двома пацієнтами. Два ліжка розмірами $2 \text{ м (Д)} \times 0,8 \text{ м (Ш)} \times 0,8 \text{ м (В)}$ розмістили в центрі палати, а відстань між ними становила 1 м . Два манекени в натуральну величину були розміщені на ліжку, щоб імітувати пацієнта-джерела та пацієнта-приймача. Швидкість легеневої вентиляції була встановлена на рівні $0,36 \text{ м}^3/\text{год}$, а загальна швидкість приточного повітря становила $180 \text{ м}^3/\text{год}$, що відповідає 3 повітрообмінам на годину (ACH). У цьому випадку є тільки один інфікатор, тому $I = 1$. Відповідно до наданої інформації, $p = 0,36 \text{ м}^3/\text{год}$, $Q = 180 \text{ м}^3/\text{год}$. Для оцінки ризику був обраний грип, викликаний вірусом грипу А, відповідна швидкість генерації квантів була встановлена на рівні 100 квантів/год ($q = 100$ квантів/год). Це може не правильно наблизити реальний випадок, але прийнятно для нашої мети перевірки здійсненості методу цього дослідження.

Якщо припустити, що тривалість впливу становить 1 годину, рівномірний ризик інфікування $PI0 = 18,1 \%$. При збільшеному повітрообміні у два рази, при

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							120
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

тих самих умовах рівномірний ризик інфікування уже становитиме $PI0 = 9,5 \%$. Для встановлення ризику інфікування при використанні УФ ламп, будемо користуватись тими даними що встановлено на даний момент. Згідно встановлених даних, ефективність УФ ламп складає близько еквівалентному 20-кратному повітрообміну. Таким чином можна встановити ризик інфікування, використовуючи формулу ризику інфікування, $PI0$ уже становитиме $= 0,995 \%$. Менше 1%.

В результаті видно що, застосовуючи УФ лампи у системах вентиляції, можна не тільки заощадити кошти на матеріалах (трубопроводах, фітингах, решітках, вент.установках...), а й заощадити кошти на дистанції, використовуючи менше електроенергії. Хоча і лампи потрібно частіше обслуговувати, змінюючи кілька разів на рік, все одно це є набагато вигідніше як і в економічному плані, так і у збереженні життя та здоров'я людей.

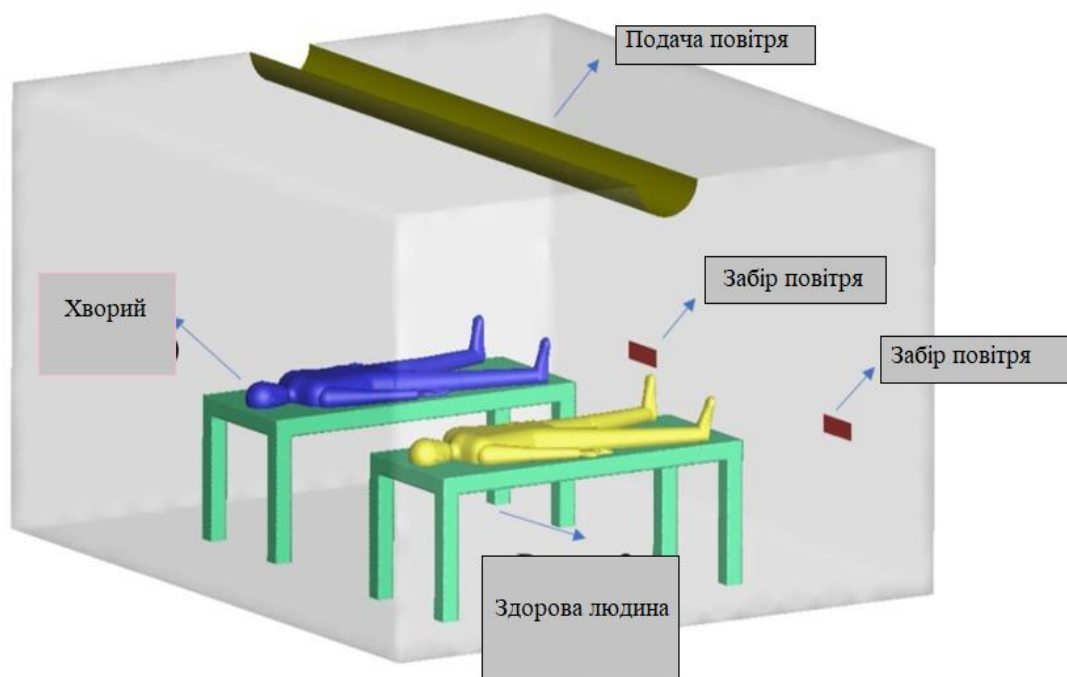


Рис.7.1 Геометрична модель тестової палати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kurnitski, J., F. Franchimon, and J. Hogeling, How to operate and use building services in order to prevent the spread of the coronavirus disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in workplaces. REHVA COVID-19 guidance document. REHVA: Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations, 2020.2.COVID-19 coronavirus pandemic
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
3. *Справочник по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий.*
4. *Устройства для подачи и удаления воздуха. Каталог 2002.* – М.: Арктика, 2002. – 57 с.
5. ДБН В.2.2-10-2001 Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я. (Зі Зміною № 1 від 21.10. 2004 р.) – К.: Держбуд України, 2001.
6. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні.
7. Aliabadi, A.A., et al., Preventing airborne disease transmission: review of methods for ventilation design in health care facilities. *Advances in preventive medicine*, 2011. 2011.
8. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
9. Методичні вказівки до розрахунку пристроїв роздачі та видалення повітря в курсових і дипломних проектах з розділу «Вентиляція» для студентів спеціальності 6.092100, 7.092108 «Теплогазопостачання та вентиляція» всіх форм навчання. / С.Б.Проценко, В.І.Давидчук. – Рівне: НУВГП, 2007. – 40 с. (056-223)
10. *Монтаж, эксплуатация и сервис систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебн.-справ. пособие / С.И.Бурцев, А.В.Блинов, Б.С.Востров и др.4 Под общ. ред. проф. В.Е.Минина.* – СПб.: Профессия, 2005. – 376 с.
11. *Розрахунок систем інженерного обладнання будівель: Навчальний посібник.* / Кравченко В.С., Проценко С.Б., Кравченко Н.В.; За ред. В.С.Кравченка. – 2-е видання, виправлене і доповнене. – Рівне: Видавництво НУВГП, 2012. – 440 с.
12. Методичні вказівки до виконання курсової роботи на тему: «Будівництво газопроводу» з дисципліни «Організація і планування будівництва» для студентів за напрямом підготовки «Будівництво» 6.060101 професійного спрямування «Теплогазопостачання та вентиляція» всіх форм навчання. / Б.Н.Якимчук, Р.М.Макаренко, А.Г.Куковський. – Рівне: НУВГП, 2011. – 20 с. (105-34)
13. ДБН В.2.2-9-99 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. – К.: Держбуд України, 1999.

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		122

14. Методичні вказівки до практичних занять і виконання курсового та дипломного проектів з дисциплін «Організація і технологія будівельних робіт» та «Організація і планування будівництва» для студентів за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» професійного спрямування «Водопостачання та водовідведення» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Б.Н.Якимчук, Р.М.Макаренко, Н.С.Зінь, Р.О.Кириша. – Рівне: НУВГП, 2013. – 44 с. (105-31).
15. Будівництво зовнішніх мереж і монтаж санітарно-технічного обладнання будівель: Навч. посібник / М.М.Ткачук, В.Л.Филипчук, Б.Н.Якимчук, Р.О.Кириша. – Рівне: НУВГП, 2013. – 365 с.
16. І. Агапова К. Здания против вирусов. Sustainable Building Technologies. 2020. № 2. С. 34-40.
17. Методичні вказівки до визначення параметрів повітря і розрахунку надходження шкідливостей у приміщення в курсових і дипломних проектах з розділу «Вентиляція» для студентів спеціальності 6.092100, 7.092108 ★Теплогазопостачання та вентиляція ☉ всіх форм навчання. / С.Б.Проценко, В.І.Давидчук. – Рівне: НУВГП, 2007. – 40 с. (056-221)
18. ГОСТ 12.1.036-81 Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.
19. Вентиляция. Оборудование и технологии. Учебно-практическое пособие. – М.: Стройинформ, 2007. – 424 с.
20. Меленчук О. В., Проценко С. Б., Новицька О. С. Нові підходи у формуванні безпечного повітряного середовища приміщень у сучасних умовах. Сталый розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування VII Міжнар. молодіж. конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів. Зб. мат-в. Київ : Яроченко Я. В., 2022. С. 182. DOI: <https://doi.org/10.51500/7826-04-9>.
21. Методичні вказівки до аеродинамічного розрахунку систем вентиляції в курсових і дипломних проектах з розділу «Вентиляція» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» та спеціальності 7.092108 ★Теплогазопостачання та вентиляція ☉ всіх форм навчання. / С.Б.Проценко, В.І.Давидчук. – Рівне: НУВГП, 2008. – 39 с. (056-228)
22. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
23. Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 23 лютого 2006 року № 98 «Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів».

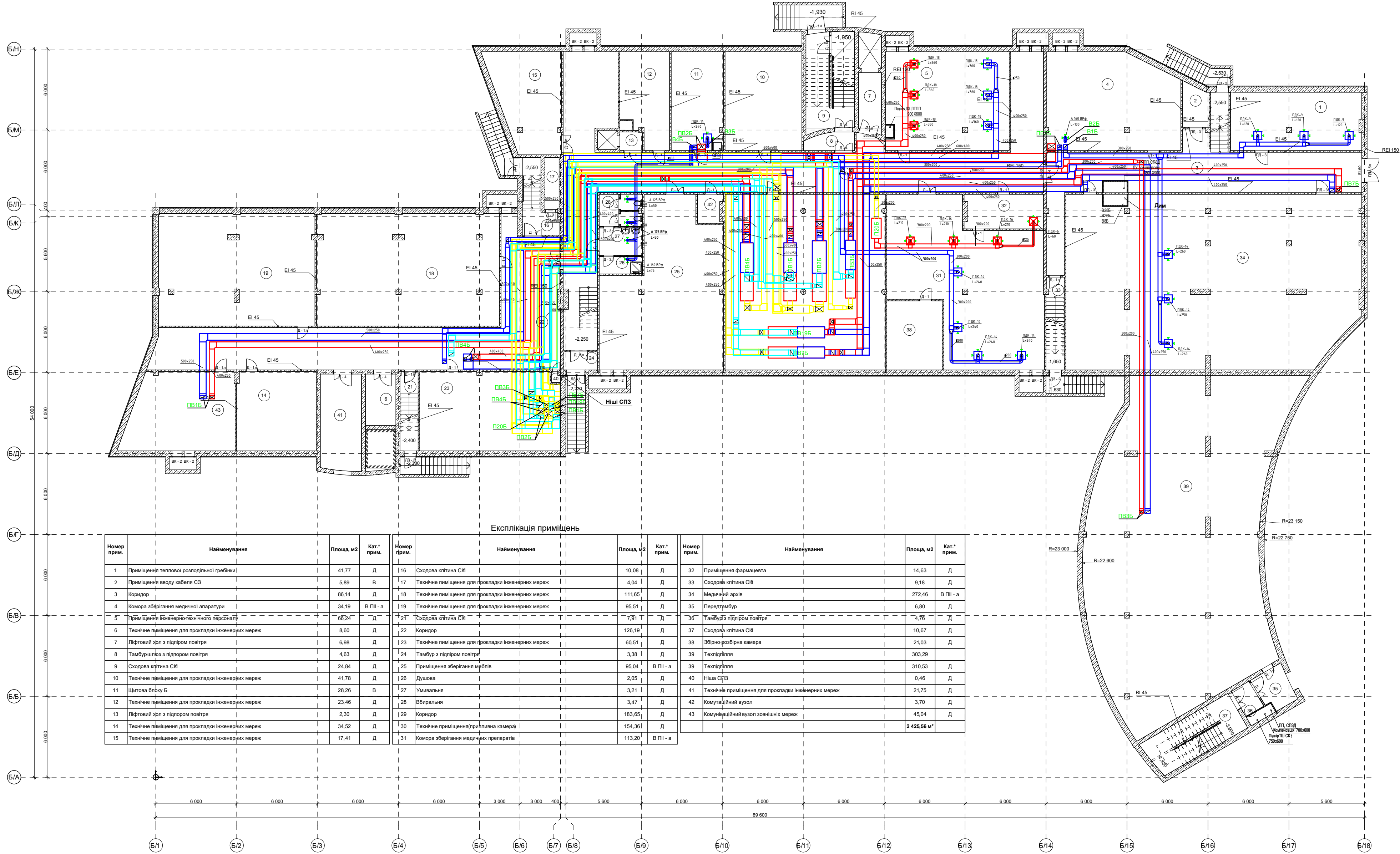
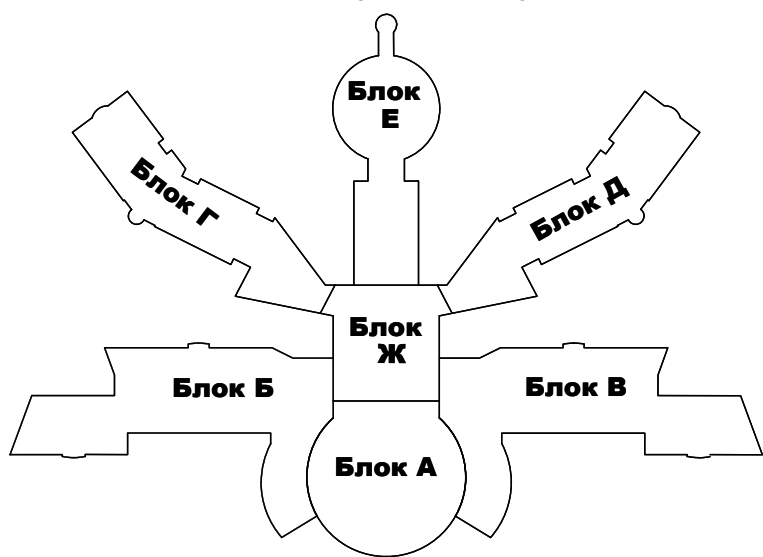
						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		123

24. *Постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 року № 175 «Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру».*
25. *Tellier, R., et al., Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary. BMC infectious diseases, 2019.*
26. *Оборудование для систем вентиляции. Прайс-лист компании «Арктика». Дата выпуска: 10 апреля 2012 года. – М.: Арктика, 2012. – 62 с.*
27. *ДБН Д.2.2-18-99 Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 13. Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии (с изменениями и дополнениями, утвержденными приказами Госстроя Украины от 12.03.01 № 52; 11.03.02 № 48; 06.12.02 № 92; 30.12.03 № 230; 10.03.04 № 41; 28.02.06 № 55). – К.: Госстрой Украины, 2000.*
28. *Каталог фірми Vents.*
29. *Методичні вказівки до розрахунку пристроїв роздачі та видалення повітря в курсових і дипломних проектах з розділу «Вентиляція» для студентів спеціальності 6.092100, 7.092108 ★Теплогазопостачання та вентиляція ⌚ всіх форм навчання. / С.Б.Проценко, В.І.Давидчук. – Рівне: НУВГП, 2007. – 40 с. (056-223)*
30. *ДБН В.1.1.7- 2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003. – 87 с.*
31. *Методичні вказівки до оформлення курсових та дипломних проектів для студентів спеціальності 7.06010107 «Теплогазопостачання та вентиляція» денної та заочної форм навчання / О.О.Грицина. – Рівне: НУВГП, 2012. – 40 с. (056-305).*
32. *ДК 19-2001 Державний класифікатор надзвичайних ситуацій. – К.: Держстандарт України, 2002. – 19 с.*
33. *Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних роботах, проектах та магістерських роботах для студентів усіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційними рівнями «спеціаліст» та «магістр» / В.Л.Филипчук, М.В.Бернацький, О.С.Шаталов. – Рівне: НУВГП, 2013. – 21 с. (064-198)*
34. *Qian, H. and X. Zheng, Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings. Journal of thoracic disease, 2018. 10(Suppl 19): p. S2295.*
35. *Chartier, Y. and C. Pessoa-Silva, Natural ventilation for infection control in health-care settings. 2009: World Health Organization*
36. *ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Держбуд України, 2013. – 147 с.*

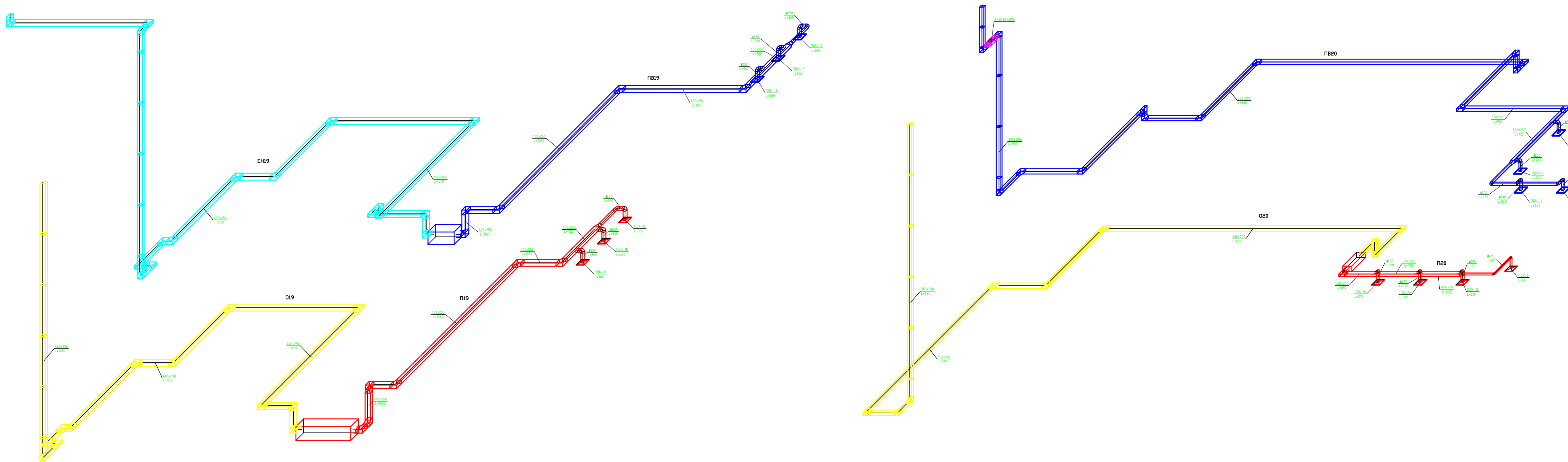
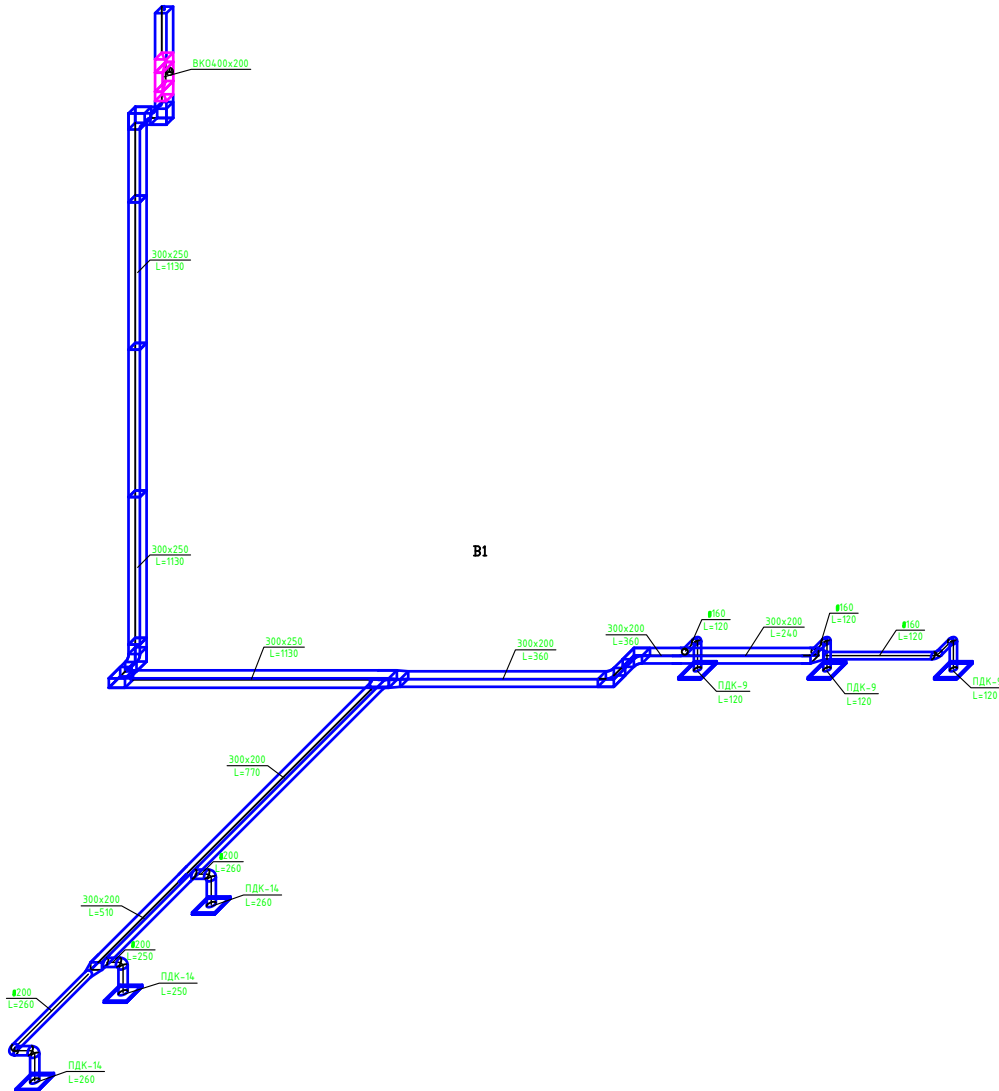
						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							124
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

37. ДСТУ ISO 14644-4:2012. Чисті приміщення і пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 4. Проектування, будівництво та введення в експлуатацію (ISO 14644-4:2001, IDT). – чинний від 01.07.2013
38. ДСТУ ISO 14644-1:2009. Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря (ISO 14644-1:1999, IDT). – чинний від 01.01.2012
39. ДСТУ ISO 14644-10 "Чисті приміщення і пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 10: Класифікація чистоти поверхонь на основі концентрації хімічних речовин";- чинний від 04.11.2015

						НУВГП ННІБА ТГВ 03-02-211859 МР	Арк.
							125
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

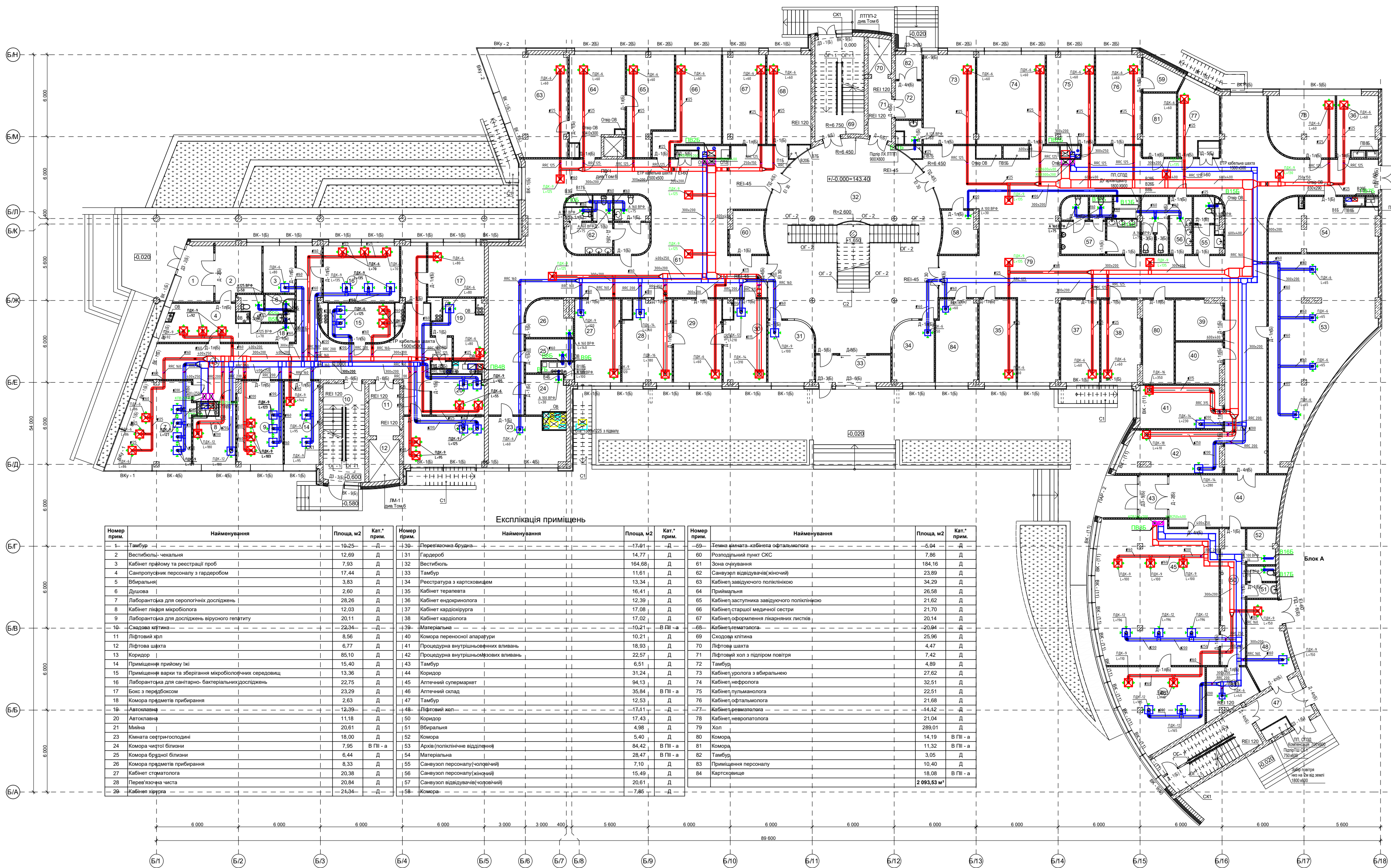
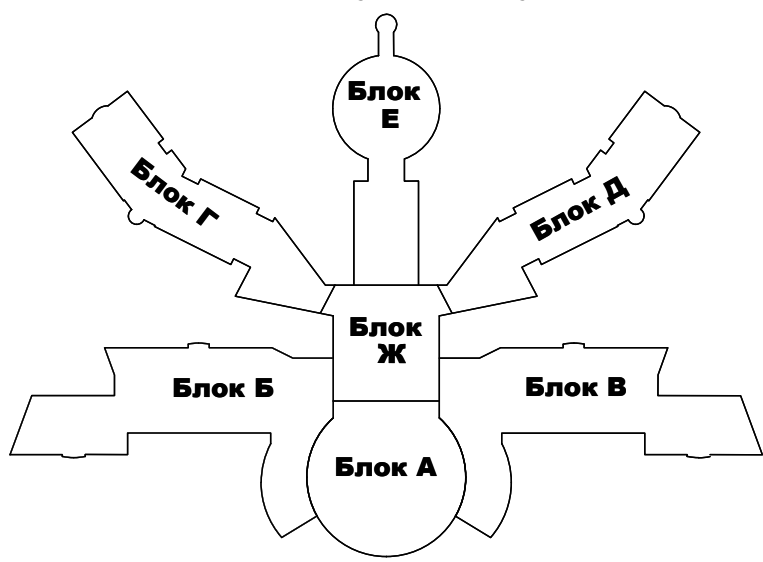


Експлікація приміщень					
Номер прим.	Найменування	Площа, м2	Кат. прим.	Номер прим.	Найменування
1	Приміщення теплов розподільчі (ребіки)	41,77	Д	16	Складна клітина С8
2	Приміщення вводу кабелів С3	5,89	В	17	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж
3	Коридор	88,14	Д	18	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж
4	Комора зберігання медичної апаратури	34,19	В ПБ - а	19	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж
5	Приміщення інженерно-технічного персоналу	68,24	Д	20	Складна клітина С8
6	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж	8,60	Д	22	Коридор
7	Ліфтовий флп з підпором повітря	6,08	Д	23	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж
8	Тамбур з підпором повітря	4,63	Д	24	Тамбур з підпором повітря
9	Складна клітина С8	24,84	Д	25	Приміщення зберігання меблів
10	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж	41,78	Д	26	Душова
11	Щитова боксу Б	28,26	В	27	Умивальня
12	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж	23,46	Д	28	Вбиральня
13	Ліфтовий флп з підпором повітря	2,30	Д	29	Коридор
14	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж	34,52	Д	30	Технічне приміщення/приймальна камера
15	Технічне приміщення для прокладки інженерних мереж	17,41	Д	31	Комора зберігання медичних препаратів

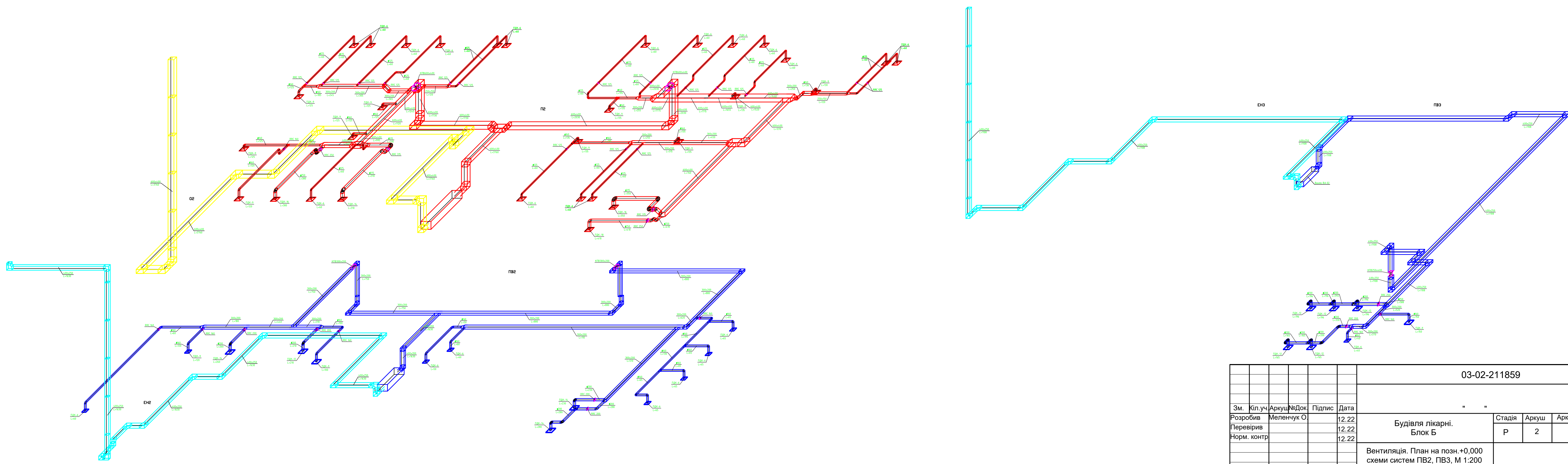
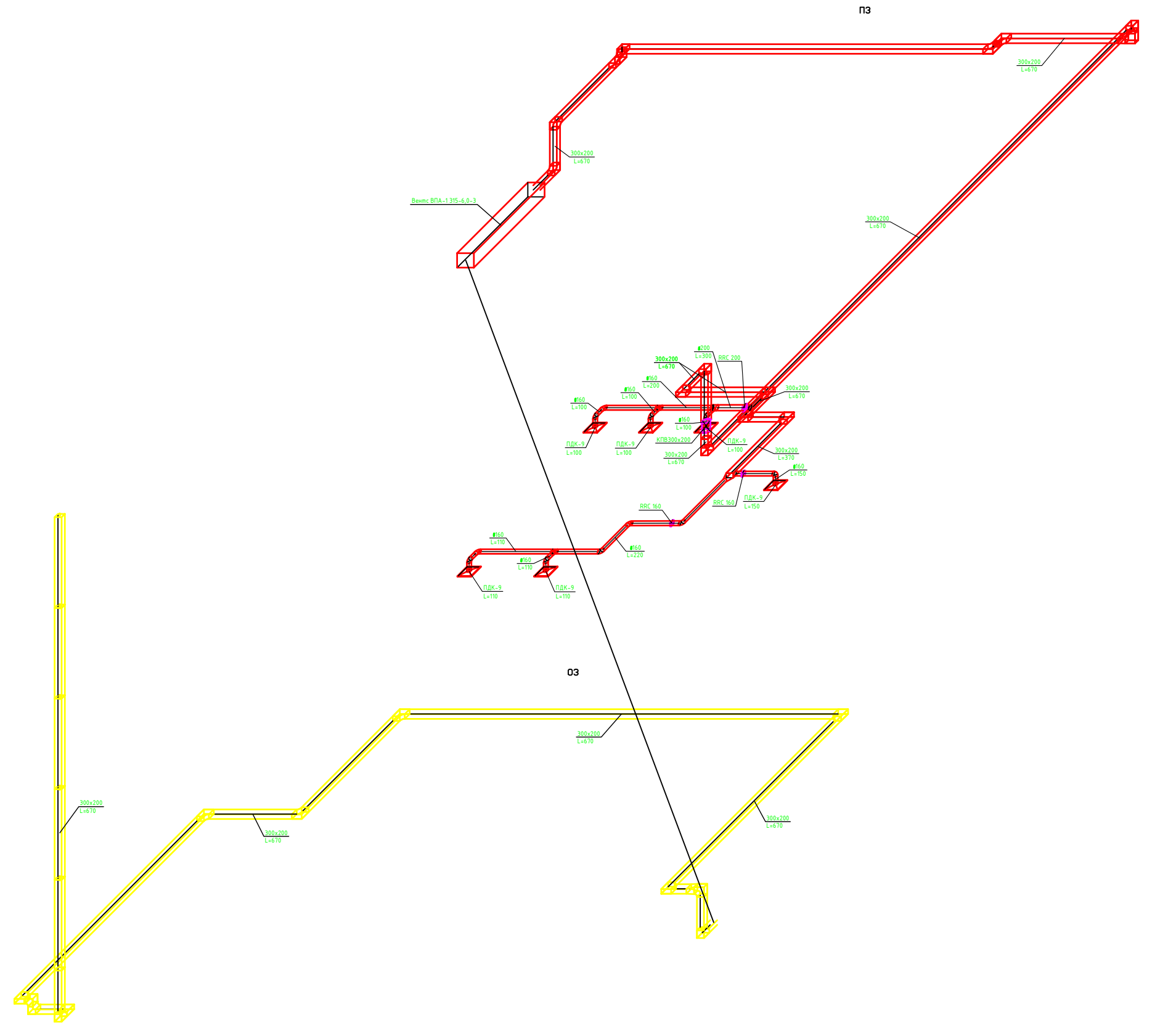


03-02-211859					
" "					
Зм.	Кіл.уч.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Розробив	Меленчук О				12.22
Перевірив					12.22
Норм. контр.					12.22
Будівля лікарні. Блок Б				Стадія	Аркуш
Вентиляція. План на позн.-3.900, Схеми ПВ19, ПВ20, В1, М 1:200				Р	1

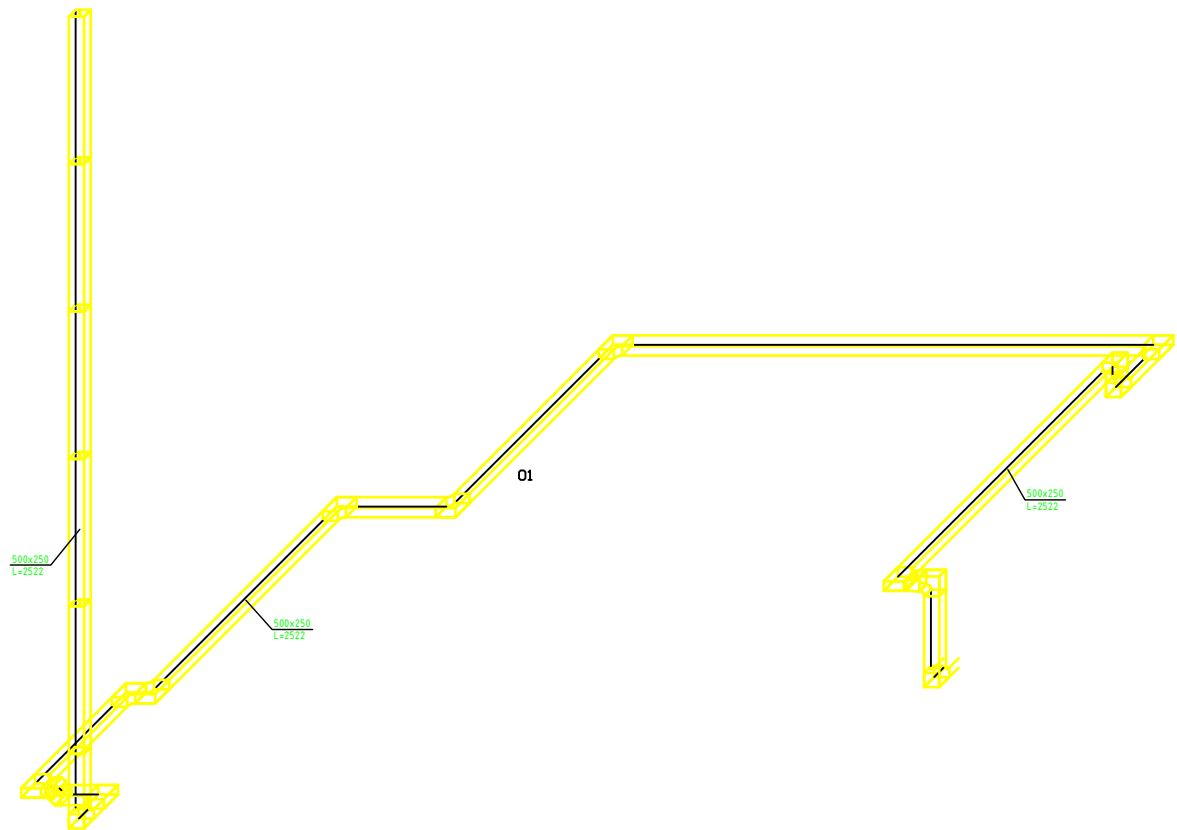
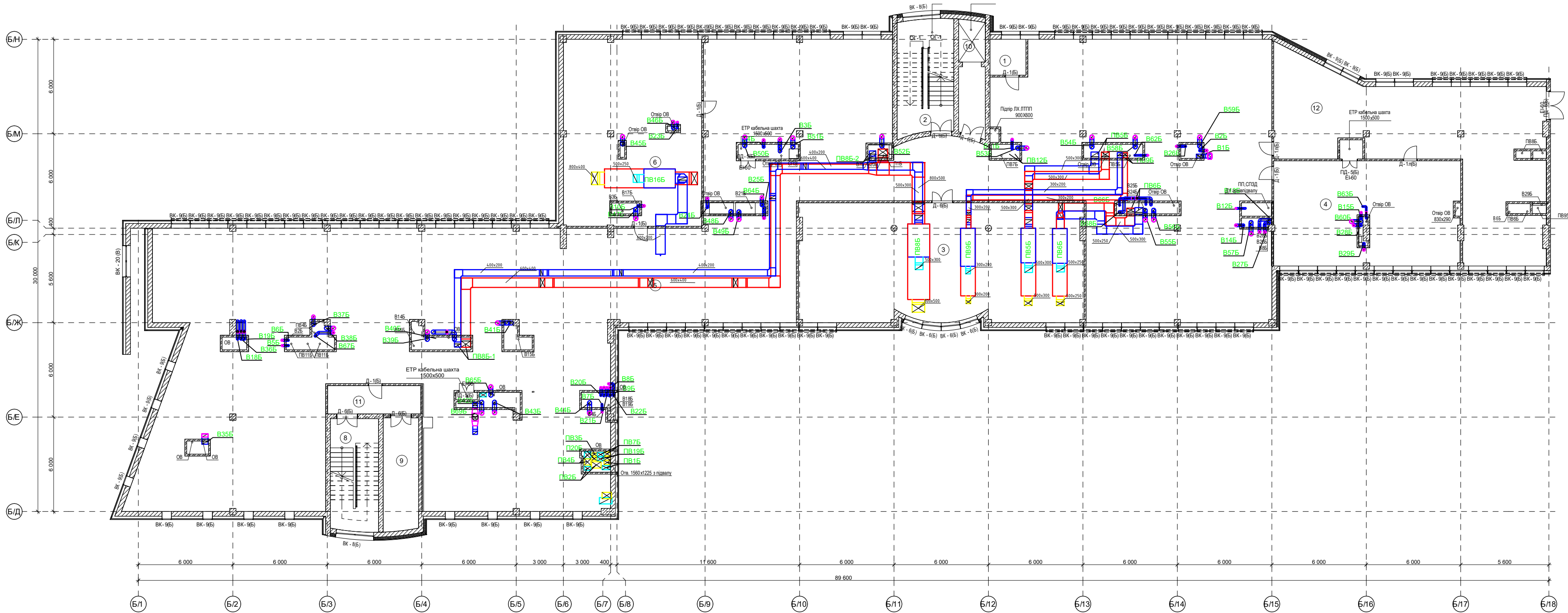
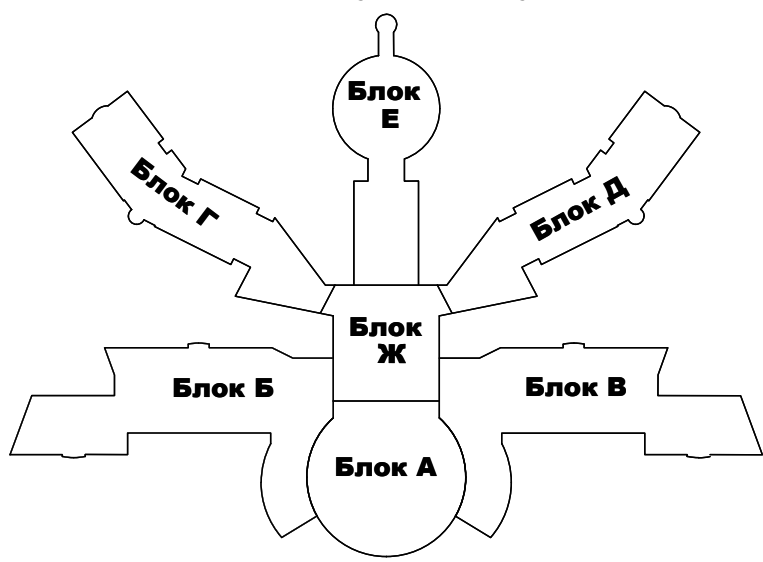
Схема блокування будівлі



Експлікація приміщень											
Номер прим.	Найменування	Площа, м2	Кат. прим.	Номер прим.	Найменування	Площа, м2	Кат. прим.	Номер прим.	Найменування	Площа, м2	Кат. прим.
1	Тамбур	19,25	Д	30	Переглядова будівля	17,01	Д	60	Зона вжитку біля офіційного	5,91	Д
2	Вестибюль чистий	12,90	Д	31	Гардероб	14,77	Д	61	Розподільний пункт СКС	7,86	Д
3	Кабінет прийому та ресепшн	7,90	Д	32	Вестибюль	194,06	Д	62	Зона сушіння	184,16	Д
4	Санпропускник персоналу з гардеробом	17,44	Д	33	Тамбур	11,61	Д	63	Санпропускник медичного кабінету	23,89	Д
5	Віберальний	3,83	Д	34	Регістрація з картками	13,34	Д	64	Кабінет медичного кабінету	34,29	Д
6	Діагностика	2,80	Д	35	Кабінет терапевта	16,41	Д	64	Приміщення	26,58	Д
7	Лабораторія для серологічних досліджень	29,38	Д	36	Кабінет ендокринолога	12,39	Д	65	Кабінет заступника завідувача поліклініки	21,62	Д
8	Кабінет гістохімії	12,03	Д	37	Кабінет кардіолога	17,08	Д	66	Кабінет спеціаліста медичної сестри	21,70	Д
9	Лабораторія для досліджень вірусного гепатиту	20,11	Д	38	Кабінет невролога	17,02	Д	67	Кабінет оформлення лікарських рецептів	20,14	Д
10	Секція медична	22,34	Д	39	Матеріальна	10,21	Д	68	Кабінет ендокринолога	20,04	Д
11	Лікарський кабінет	6,56	Д	40	Комора переносної апаратури	10,21	Д	69	Секція елітної	25,96	Д
12	Лікарська шахта	6,77	Д	41	Процесна внутрішньоклінічна	18,03	Д	70	Лікарська шахта	4,47	Д
13	Коридор	85,10	Д	42	Процесна внутрішньоклінічна	22,07	Д	71	Лікарський кабінет з ліжком пацієнта	7,42	Д
14	Приміщення прийому	15,40	Д	43	Тамбур	6,51	Д	72	Тамбур	4,89	Д
15	Приміщення для прийому та зберігання медичних препаратів	13,38	Д	44	Коридор	31,24	Д	73	Кабінет уролога з збиральним	27,62	Д
16	Лабораторія для санітарно-бактеріологічних досліджень	22,75	Д	45	Антенний сиринг	94,13	Д	74	Кабінет медичного	32,51	Д
17	Бокс з параболом	23,29	Д	46	Антенний сиринг	35,04	В П-а	75	Кабінет турбологічного	22,51	Д
18	Комора прийому препаратів	2,43	Д	47	Тамбур	12,03	Д	76	Кабінет офтальмолога	21,68	Д
19	Автоматизація	12,39	Д	48	Лікарський кабінет	17,01	Д	77	Кабінет ерготерапевта	14,42	Д
20	Автоматизація	11,18	Д	49	Коридор	17,43	Д	78	Кабінет ендокринолога	21,04	Д
21	Місце	20,67	Д	50	Відеореєстрація	4,98	Д	79	Хол	289,01	Д
22	Комора електроніки	18,00	Д	51	Коридор	5,40	Д	80	Комора	14,19	В П-а
23	Комора медичної біології	7,95	В П-а	53	Архів (зберігання відбитків)	84,42	В П-а	81	Комора	11,32	В П-а
24	Комора біологічної біології	6,44	Д	54	Матеріальна	28,47	В П-а	82	Тамбур	3,05	Д
25	Комора прийому препаратів	8,33	Д	55	Санпропускник персоналу/командний	7,10	Д	83	Приміщення персоналу	10,40	Д
26	Кабінет спеціаліста	20,84	Д	56	Санпропускник персоналу/командний	15,49	Д	84	Картридж	18,08	В П-а
28	Переглядова частина	20,84	Д	57	Санпропускник відвідувачів (коридор)	20,61	Д				
29	Кабінет керування	24,34	Д	58	Комора	7,85	Д				
										2 093,63 м²	

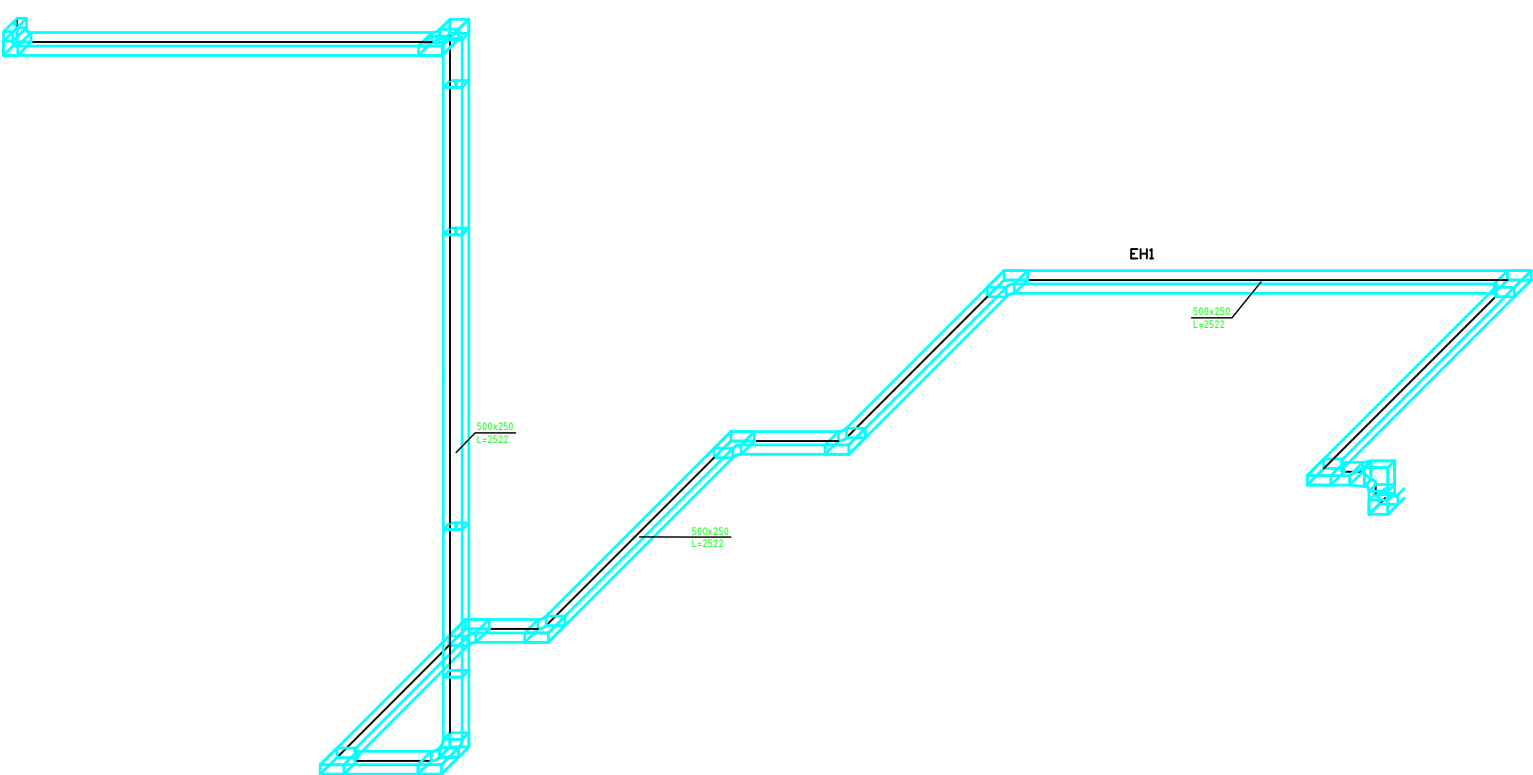
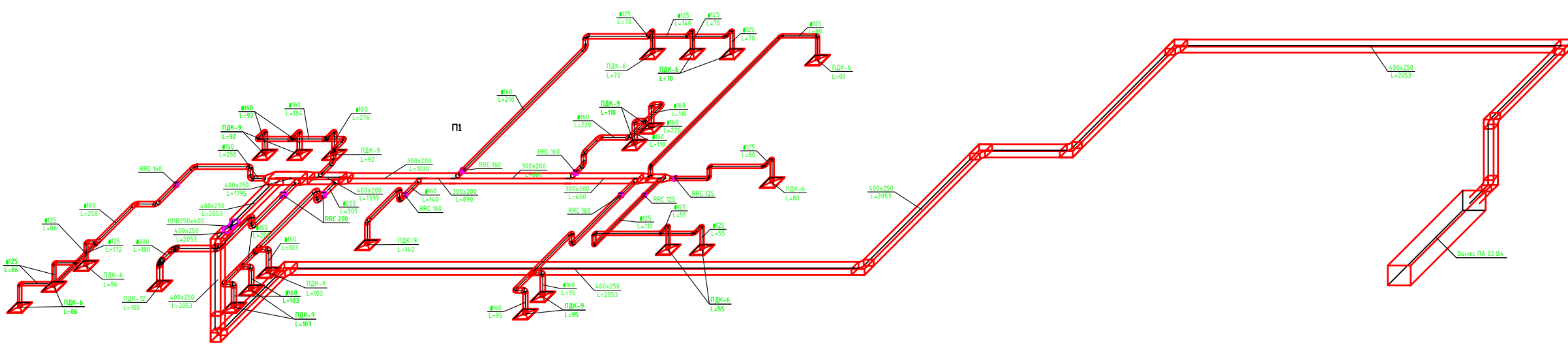
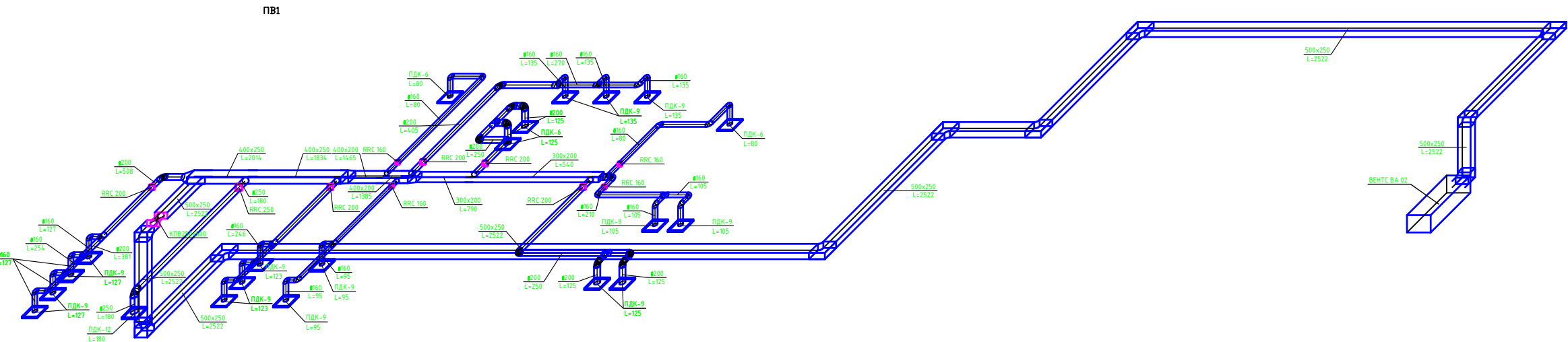


							03-02-211859			
Зм.	Кіл.уч.	Арх.	Мед.	Док.	Підпис	Дата	" "			
Розробив	Меленчук	О				12.22	Будівля лікарні. Блок Б	Стадія	Арх.	Арх.
Перевірив						12.22		Р	2	
Норм. контр.						12.22				
							Вентиляція. План на позн.+0,000 схеми систем ПВ2, ПВ3, М 1:200			

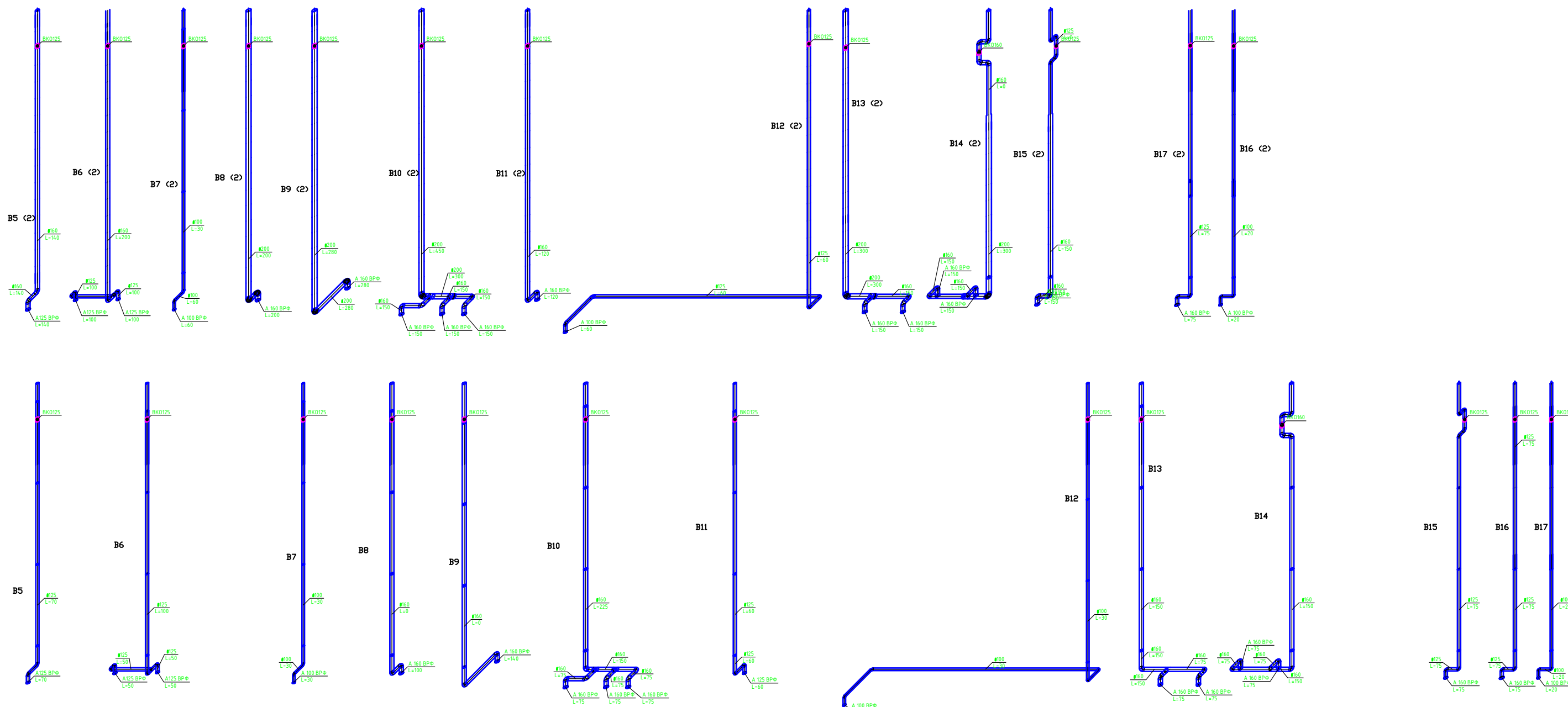
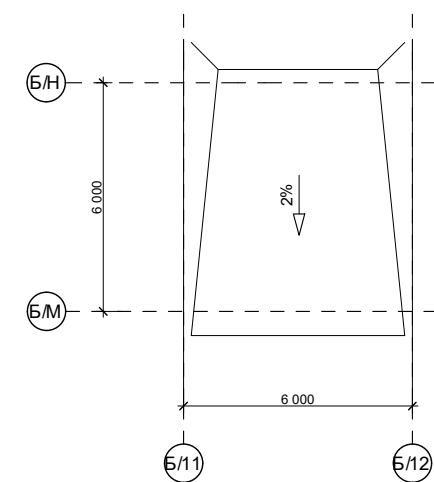
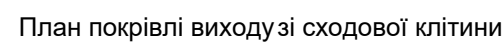
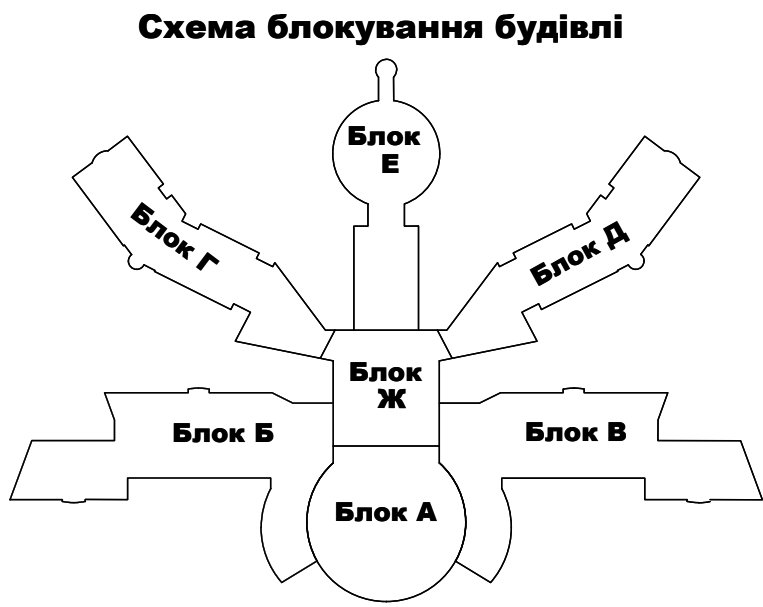


Експлікація приміщень

Номер прим.	Найменування	Площа, м2	Кат. прим.
1	Щитова	5,20	Д
2	Складові клітина	25,96	Д
3	Притилкова вентилятора	135,34	Д
4	Витяжна камера	76,66	Д
5	Коридор	910,94	Д
6	Притилкова вентилятора	100,80	Д
8	Складові клітина	21,78	Д
9	Комора інженерного обладнання	17,63	Д
10	Машинна та блокове приміщення ліфта	4,47	Д
11	Тамбур	10,77	Д
12	Коридор для прокладу інженерних комунікацій	117,14	Д
		1426,71 м²	

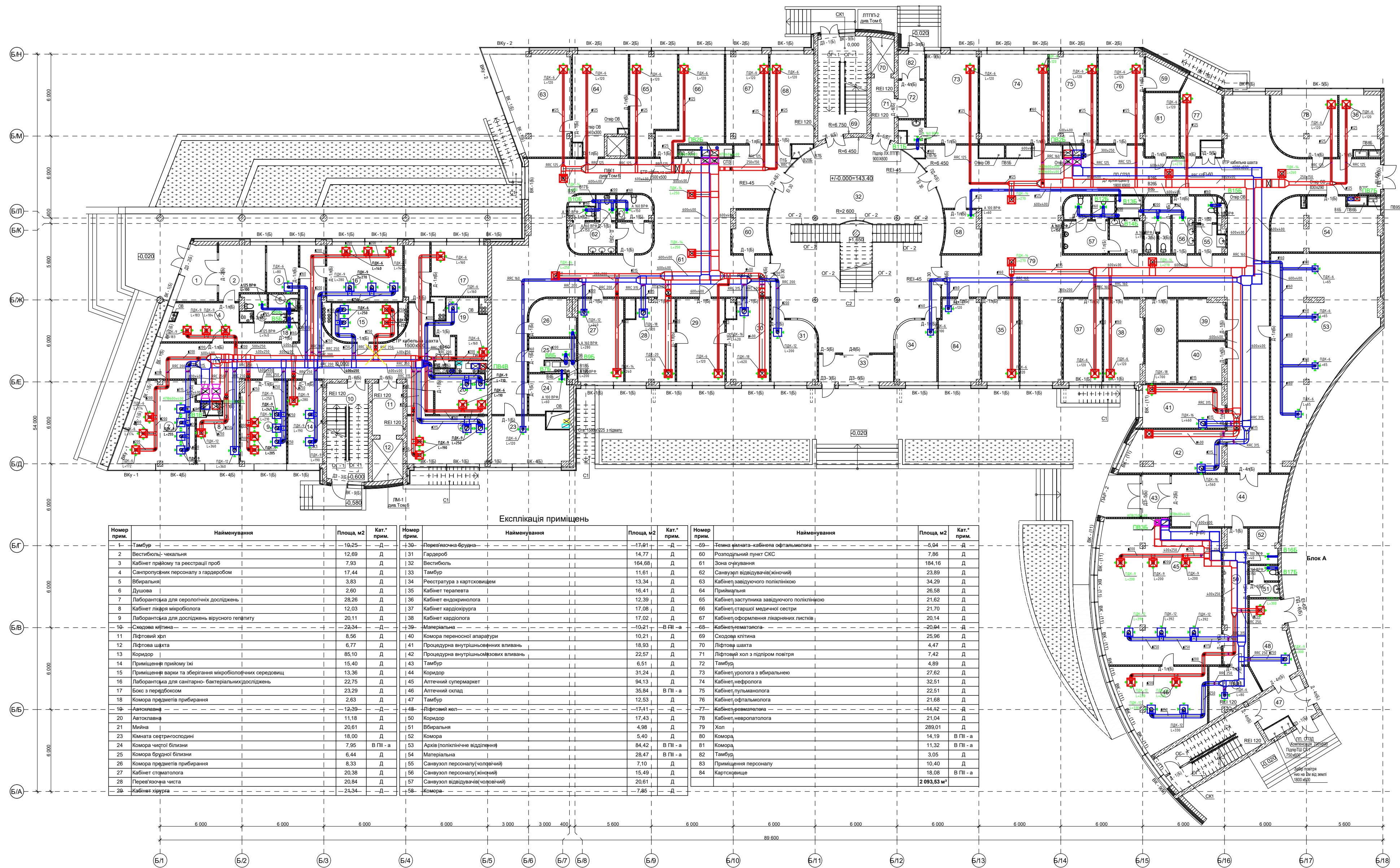
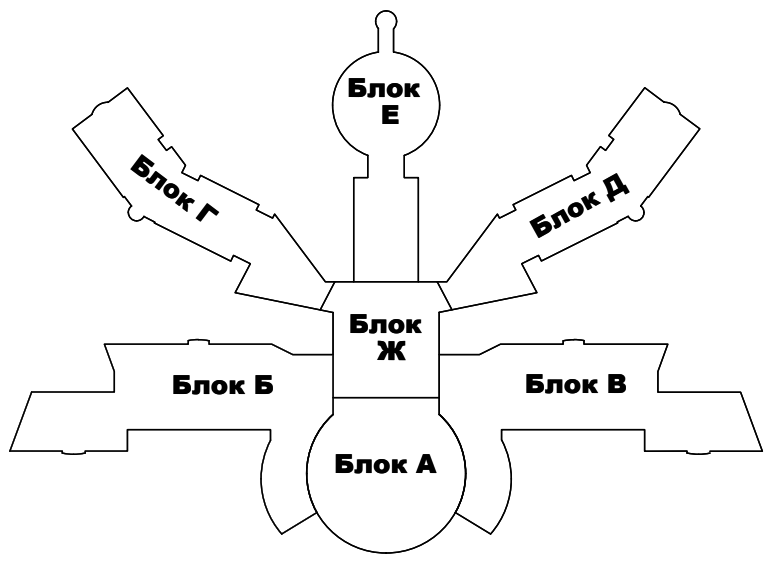


						03-02-211859			
						" "			
Зм.	Кіл. уч.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Будівля лікарні. Блок Б	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Меленчук О				12.22		Р	3	
Перевірив					12.22				
Норм. контр.					12.22	Вентиляція. План на позн.+11,700, Схеми ПВ1, М 1:200			

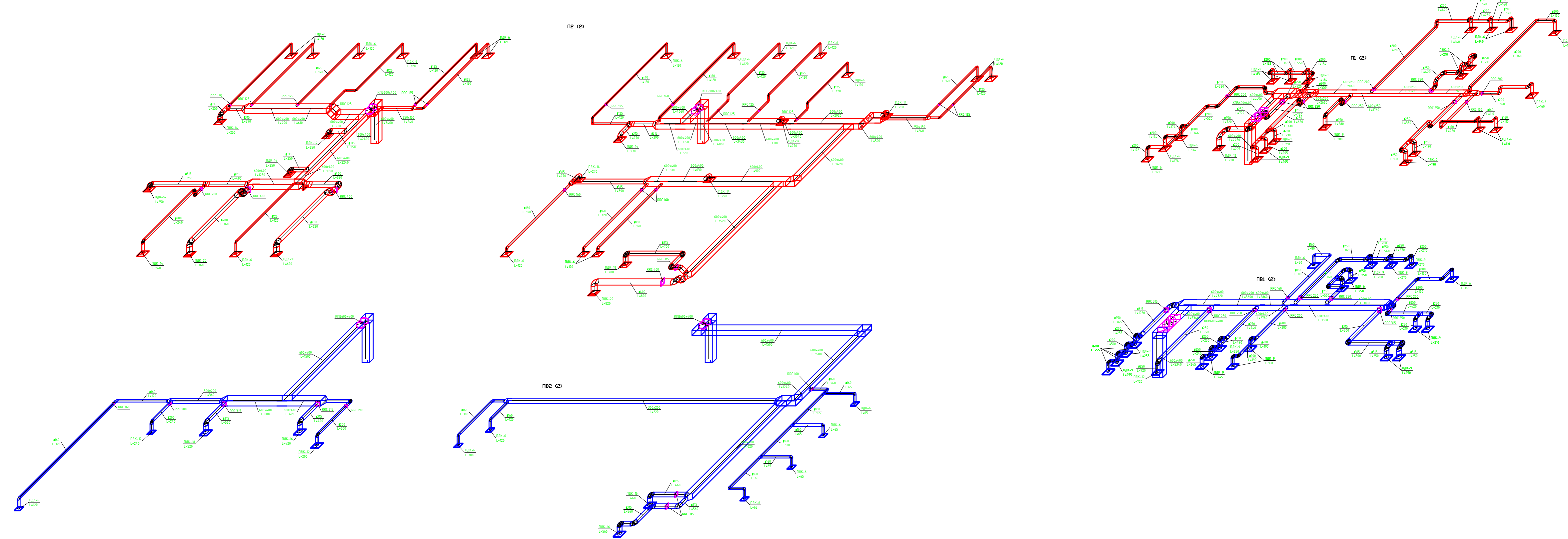
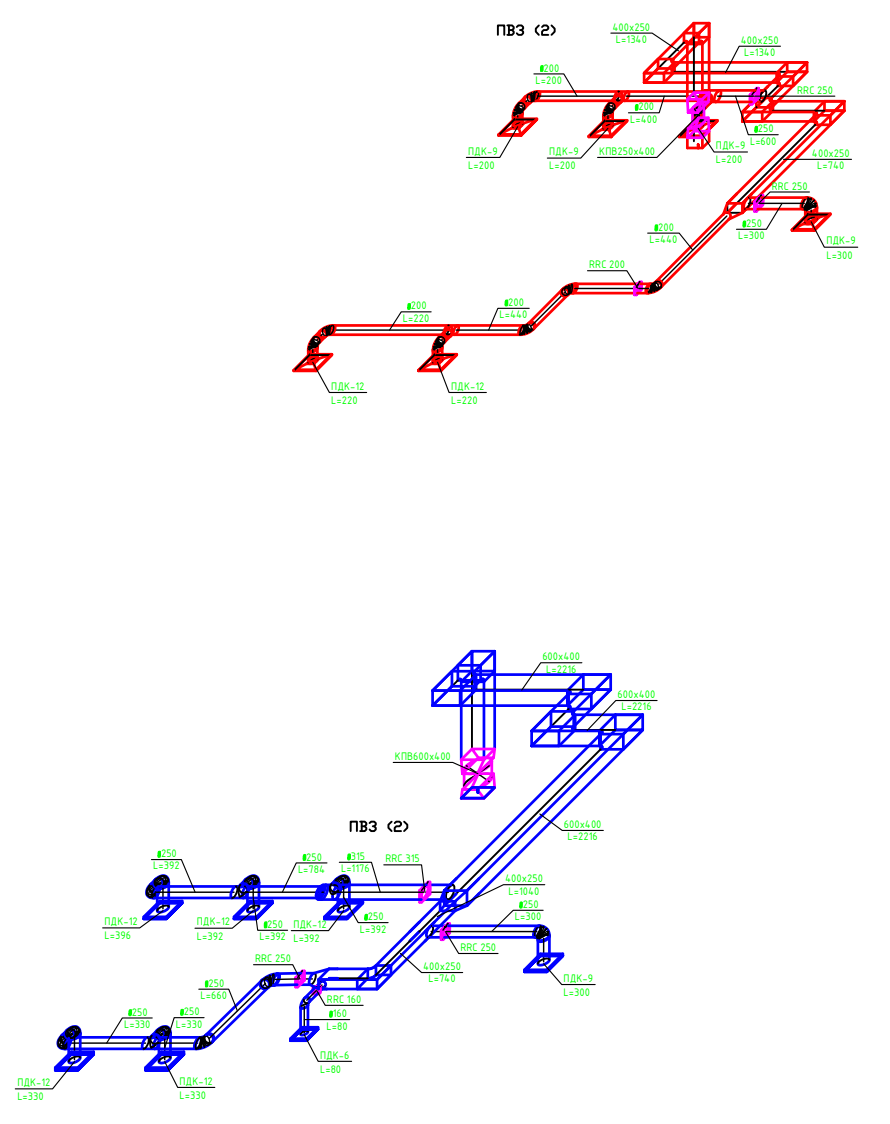


						03-02-211859		
Зм.	Кл.уч.	Аркуш	Недок.	Підпис	Дата	" "		
Розробив	Меленчук О			12.22	Будівля лікарні. Блок Б	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив				12.22		Р	4	
Норм. контр				12.22				
					Вентиляція. План на позн.+15,600 М 1:200 Витяжні системи Б5-Б17			

Схема блокування будівлі

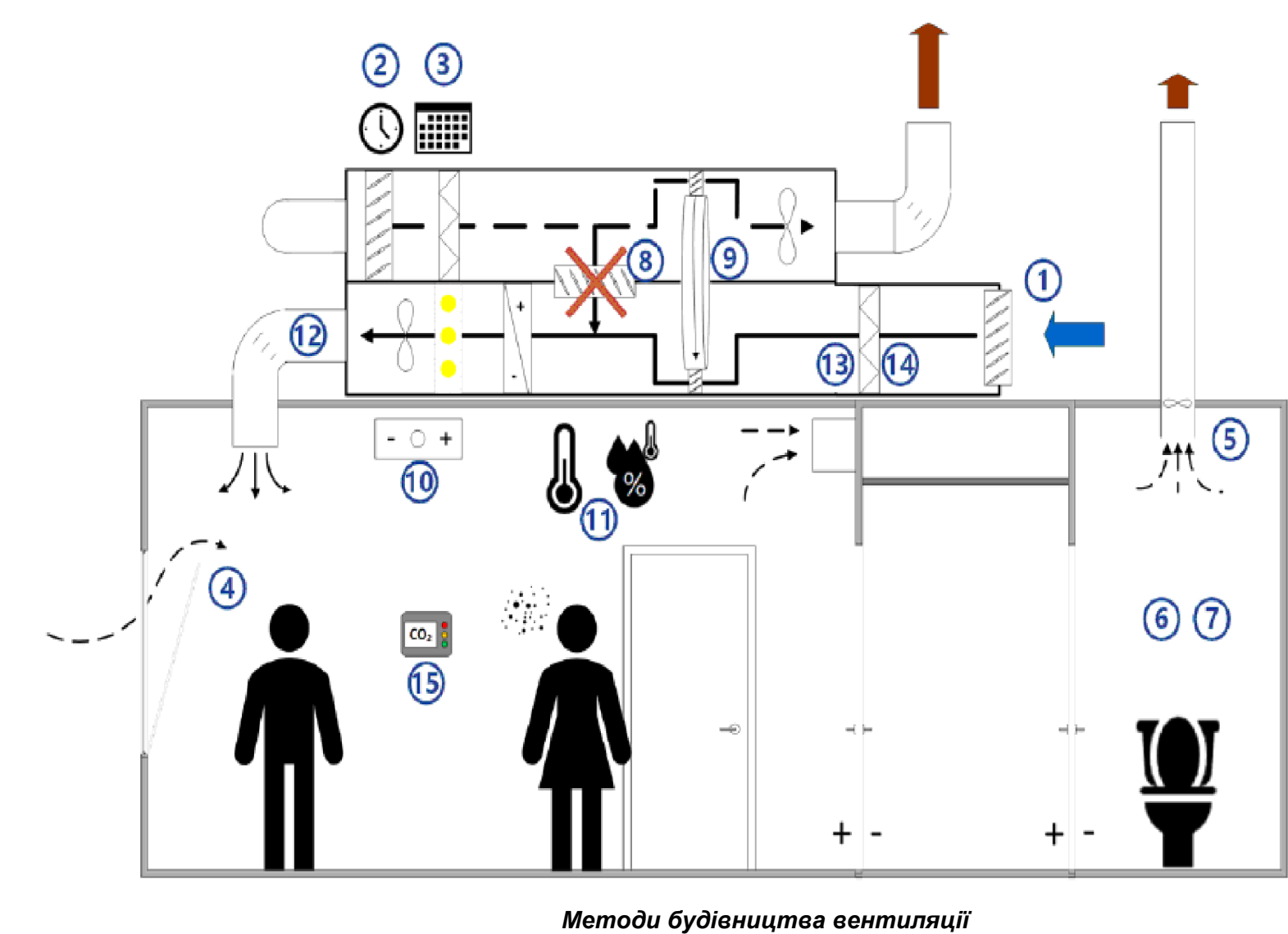
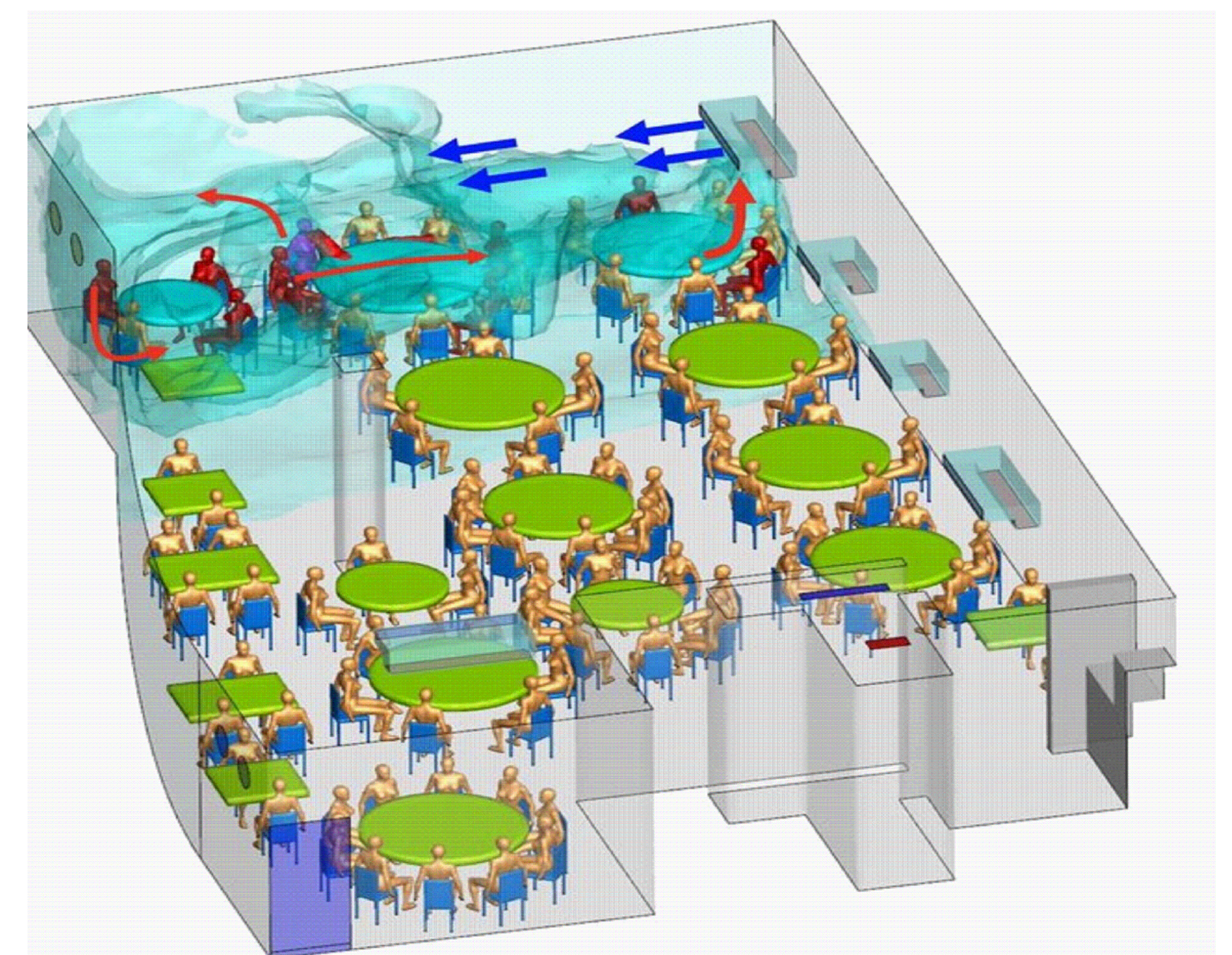
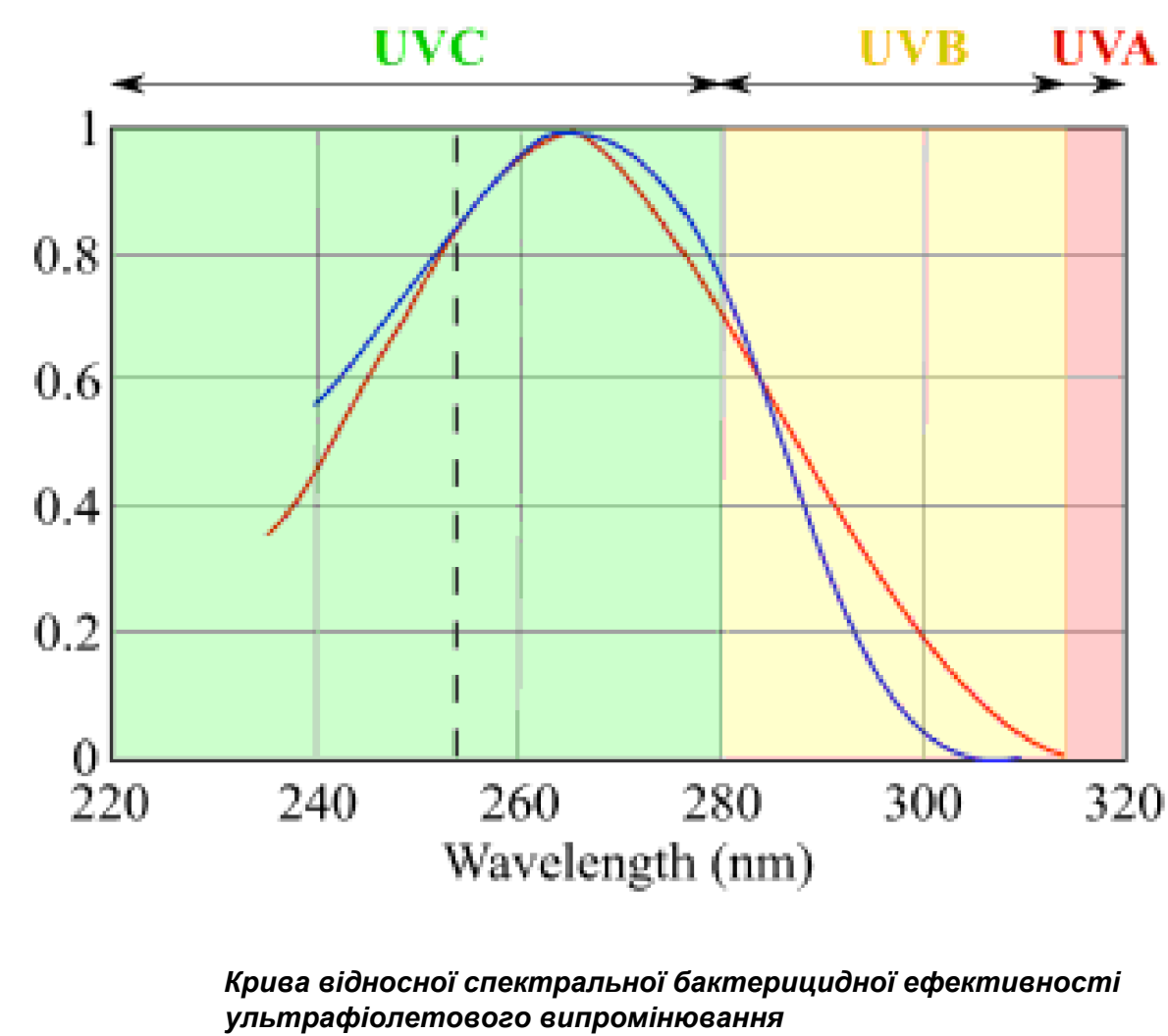
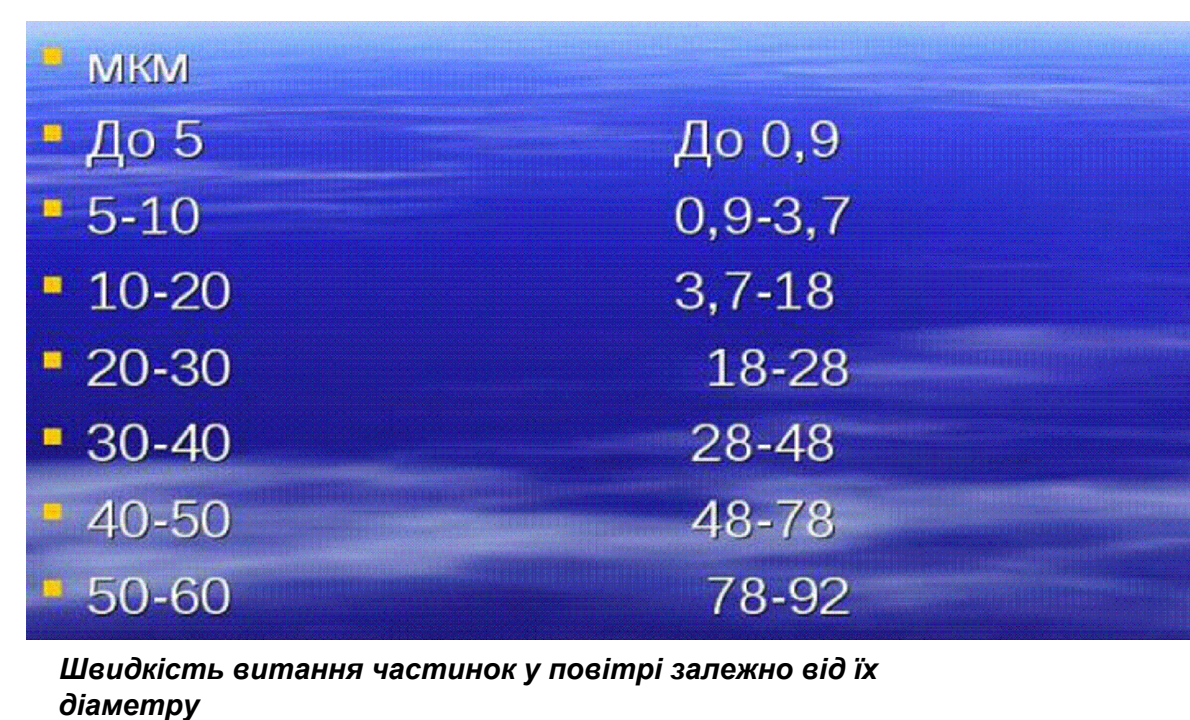
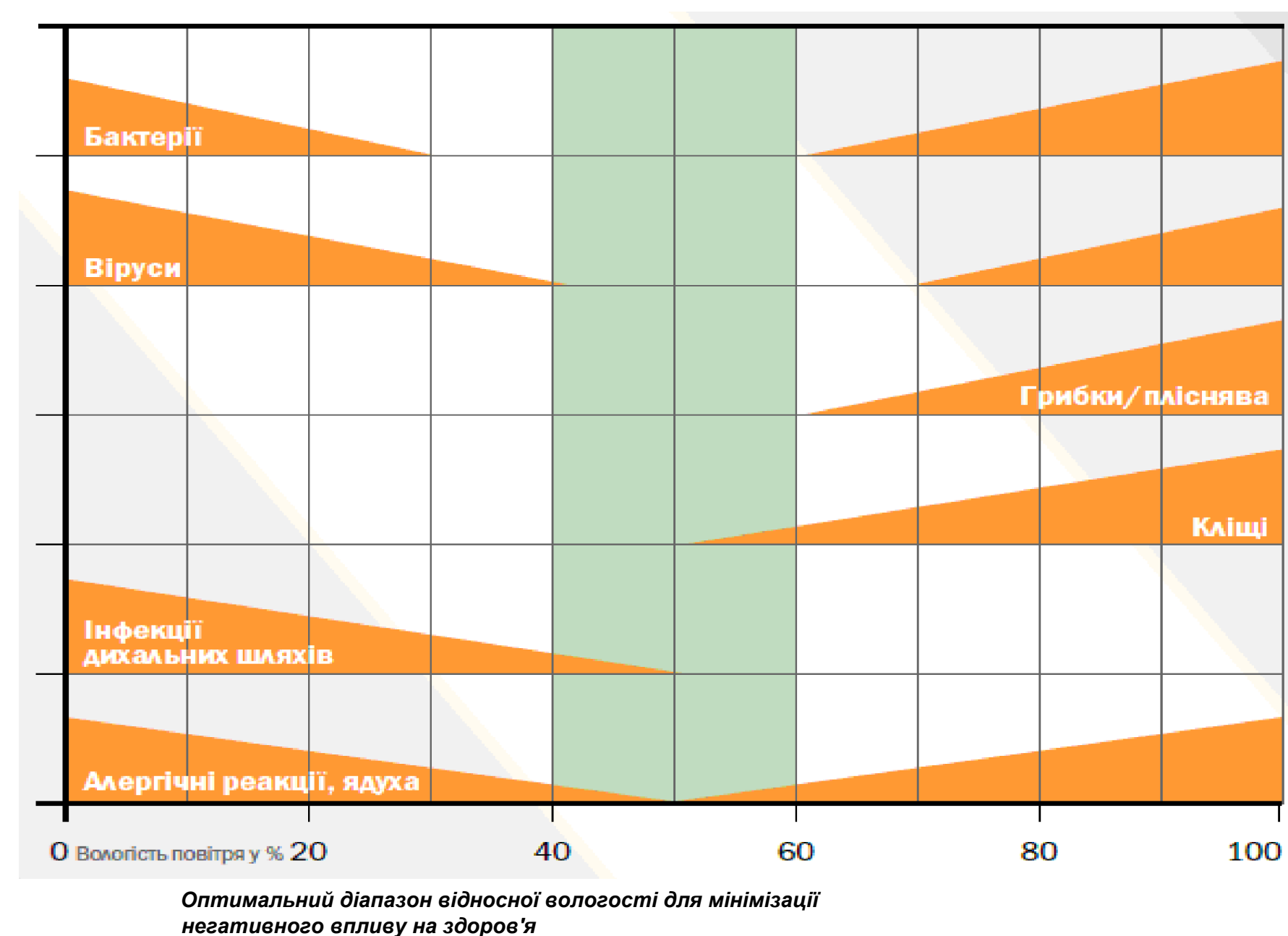
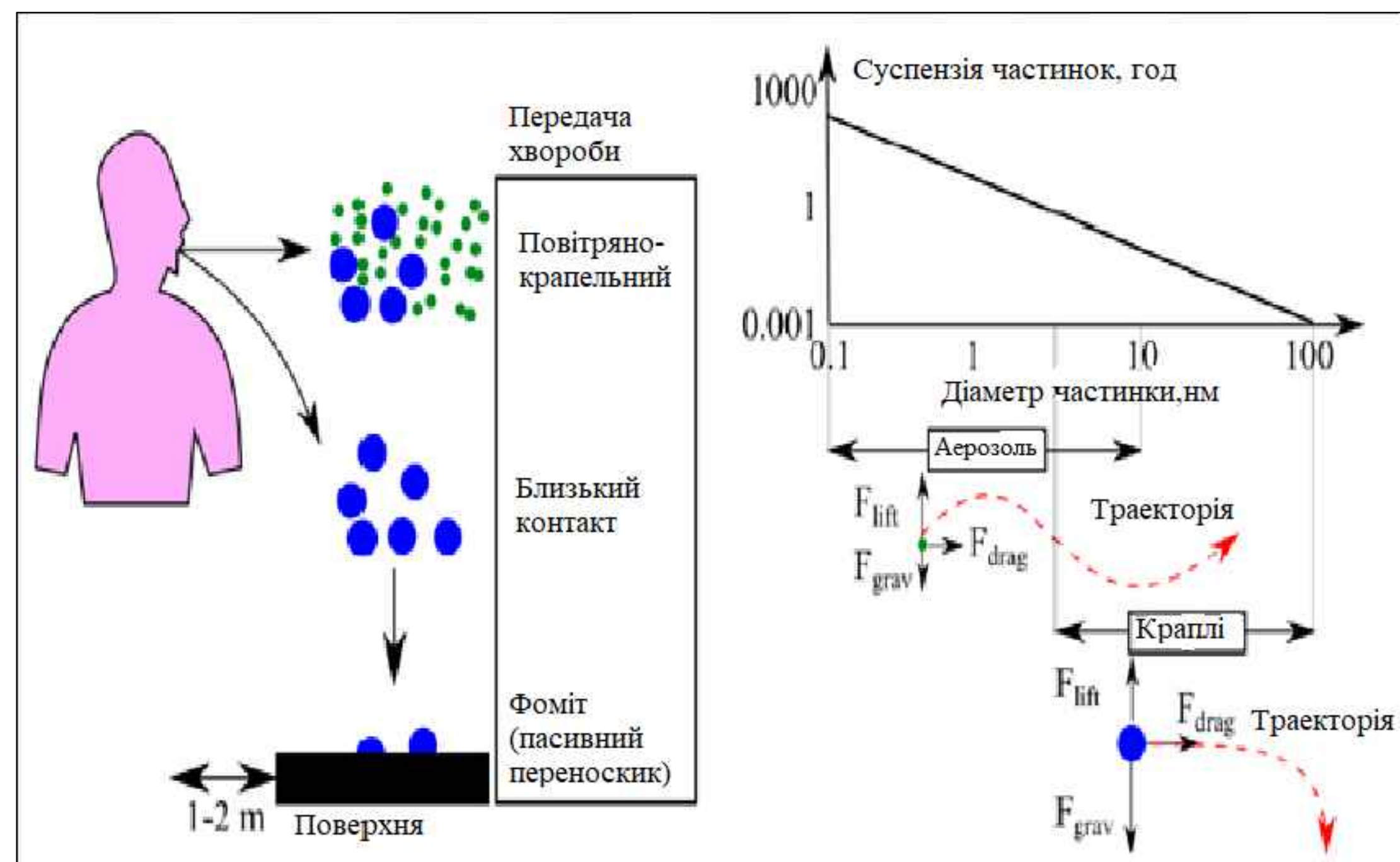


Експлікація приміщень					
Номер прим.	Найменування	Площа, м2	Кат. прим.	Номер прим.	Найменування
1	Тамбур	19,25	Д	130	Перевізна кофорта
2	Вестибюль - чекання	12,89	Д	131	Гардероб
3	Кабінет прийому та реєстрації проб	7,93	Д	132	Вестибюль
4	Сампрошування персоналу з гардеробом	17,44	Д	133	Тамбур
5	Інформація	3,83	Д	134	Регістрація з карток посвідчення
6	Душова	2,80	Д	135	Кабінет терапевта
7	Лабораторія для серологічних досліджень	28,26	Д	136	Кабінет ендокринолога
8	Кабінет лікаря маієрболога	12,03	Д	137	Кабінет кардіолога
9	Лабораторія для досліджень вірусного гепатиту	20,11	Д	138	Кабінет невролога
10	Складові кімнати	22,34	Д	139	Матеріальна
11	Ліфтовий хол	8,58	Д	140	Комора переносної апаратури
12	Ліфтовий шахт	8,77	Д	141	Процедура внутрішньовенних клізм
13	Коридор	85,10	Д	142	Процедура внутрішньовенних клізм
14	Приміщення прийому їжі	15,40	Д	143	Тамбур
15	Приміщення ваги та зберігання мікробіологічних середовищ	13,36	Д	144	Коридор
16	Лабораторія для санітарно-бактеріологічних досліджень	22,45	Д	145	Клітинний суплемент
17	Бокс з медоборудом	23,29	Д	146	Апеліційний острів
18	Комора приладів приладів	2,83	Д	147	Тамбур
19	Автоматизована	12,39	Д	148	Ліфтовий хол
20	Автоматизована	11,18	Д	149	Коридор
21	Місцева	20,81	Д	150	Відеонагляд
22	Комната освітлювальних	18,00	Д	151	Комора
23	Комора митної білизни	7,95	В ПП - а	152	Архів (поліклінічне відділення)
24	Комора білизни білизни	6,44	Д	153	Матеріальна
25	Комора приладів приладів	8,33	Д	154	Сампрошування персоналу (чоловічий)
26	Кабінет стоматолога	20,38	Д	155	Сампрошування персоналу (жіночий)
27	Перевірна чиста	20,84	Д	156	Сампрошування персоналу (чоловічий)
28	Кабінет перука	24,34	Д	157	Комора



03-02-211859					
" "					
Зм.	Кіл.уч.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
Розробив	Меленчук	О			12.22
Перевірив					12.22
Норм. контр.					12.22
Будівля лікарні. Блок Б				Стадія	Аркуш
Вентиляція. План на позн.+0,000 із подвоєм повітрообміном М 1:200				Р	5

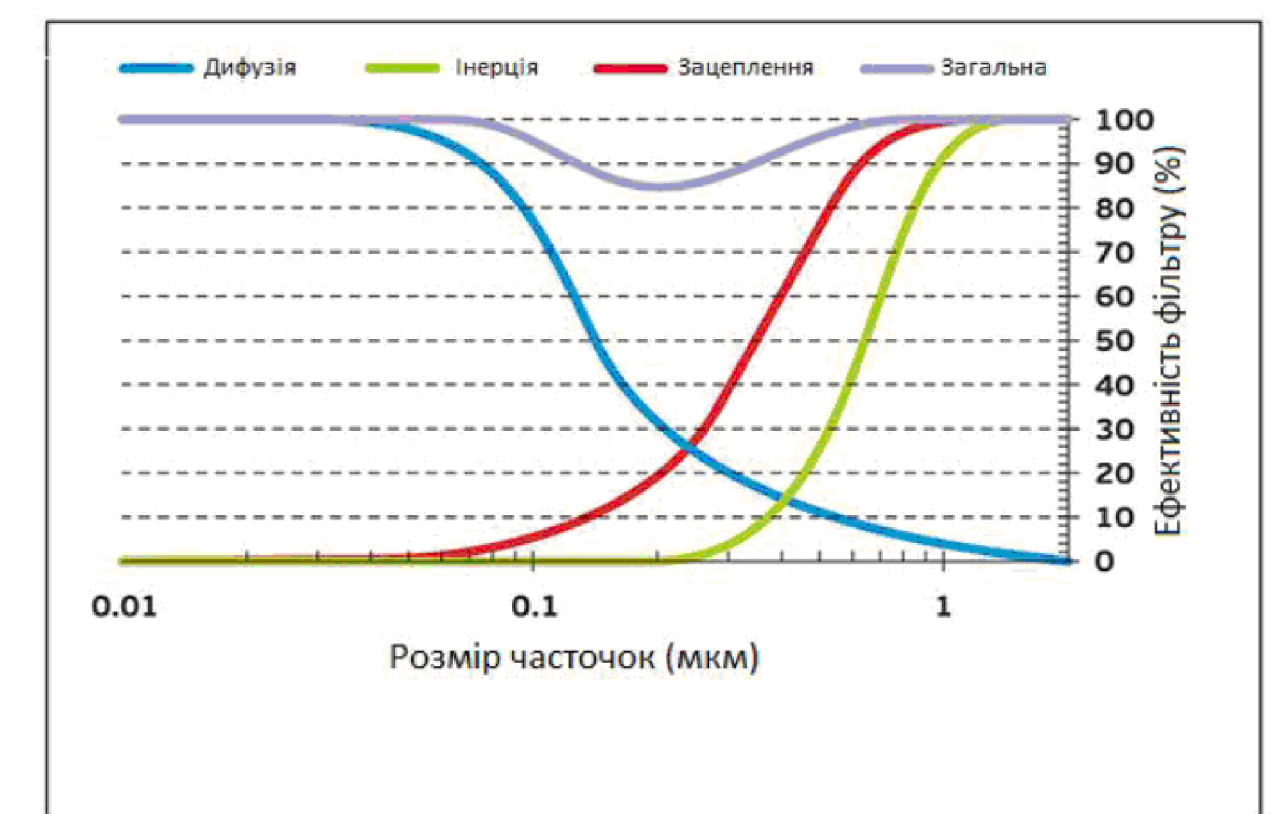
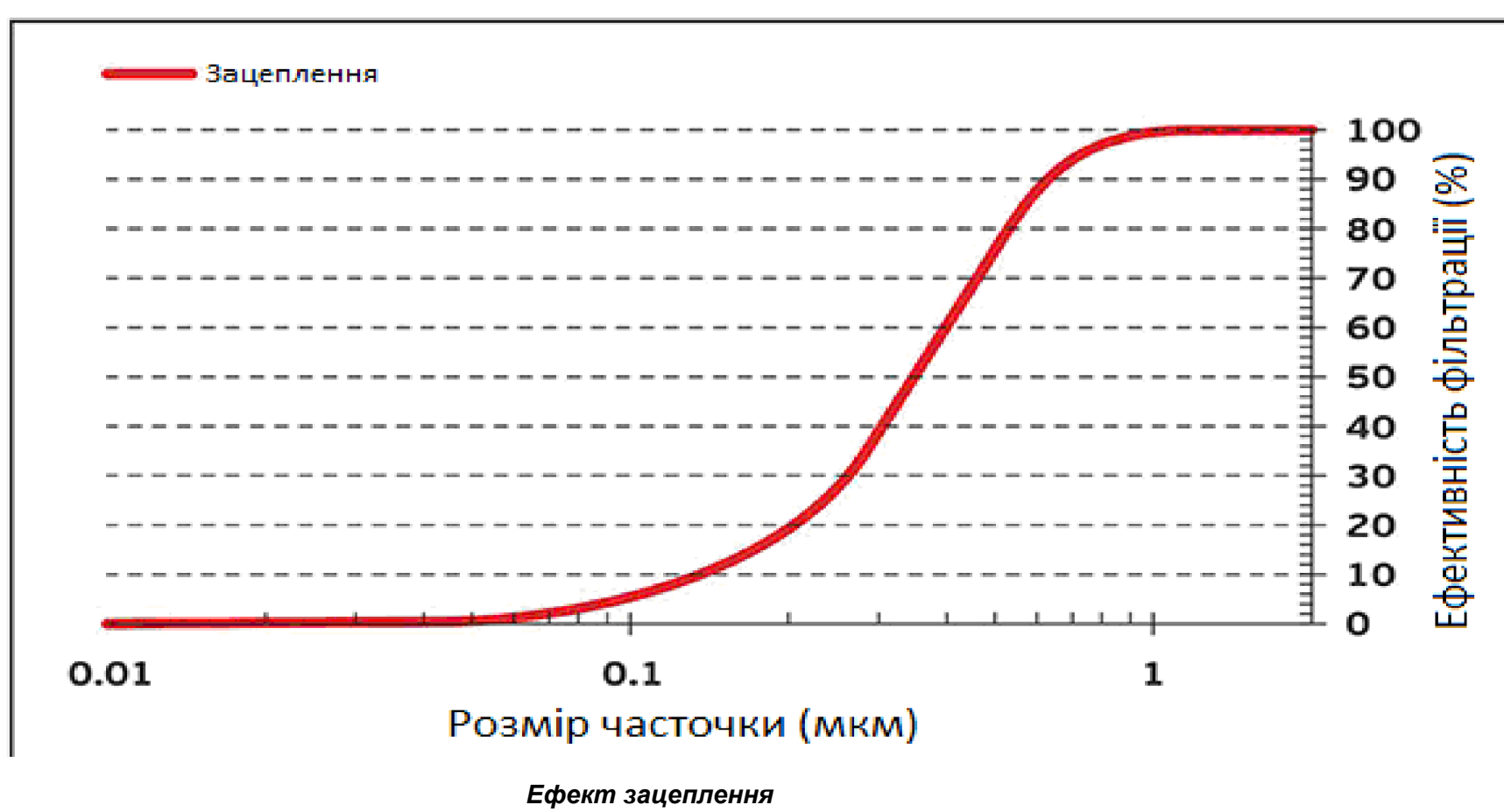
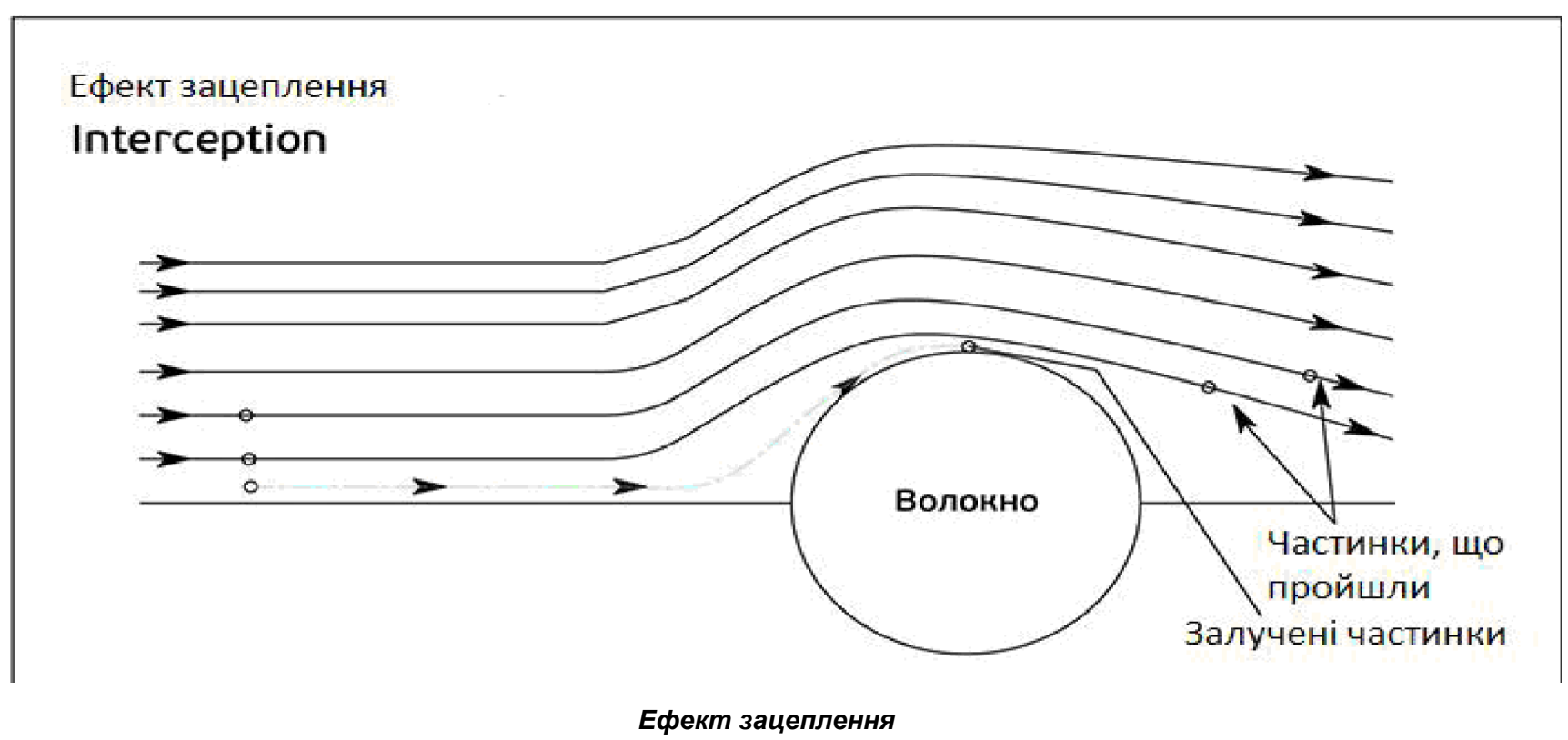
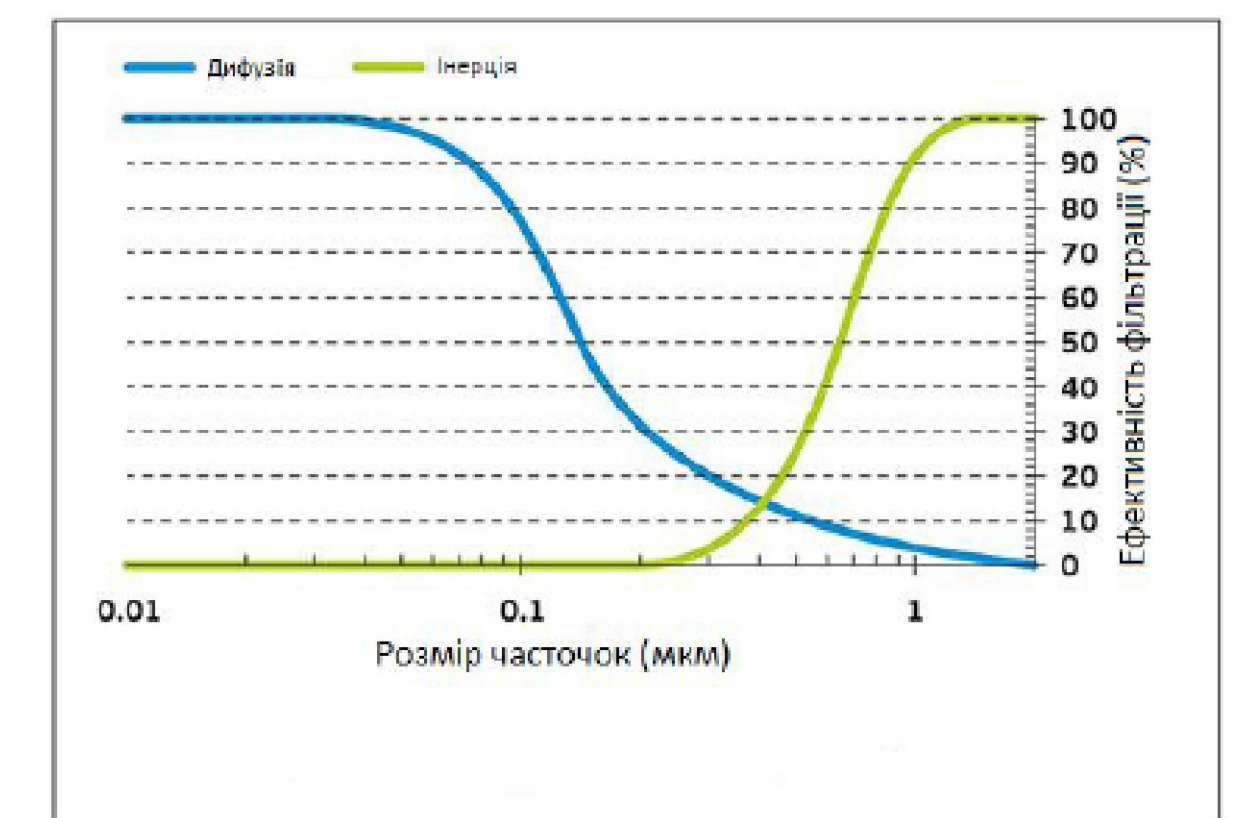
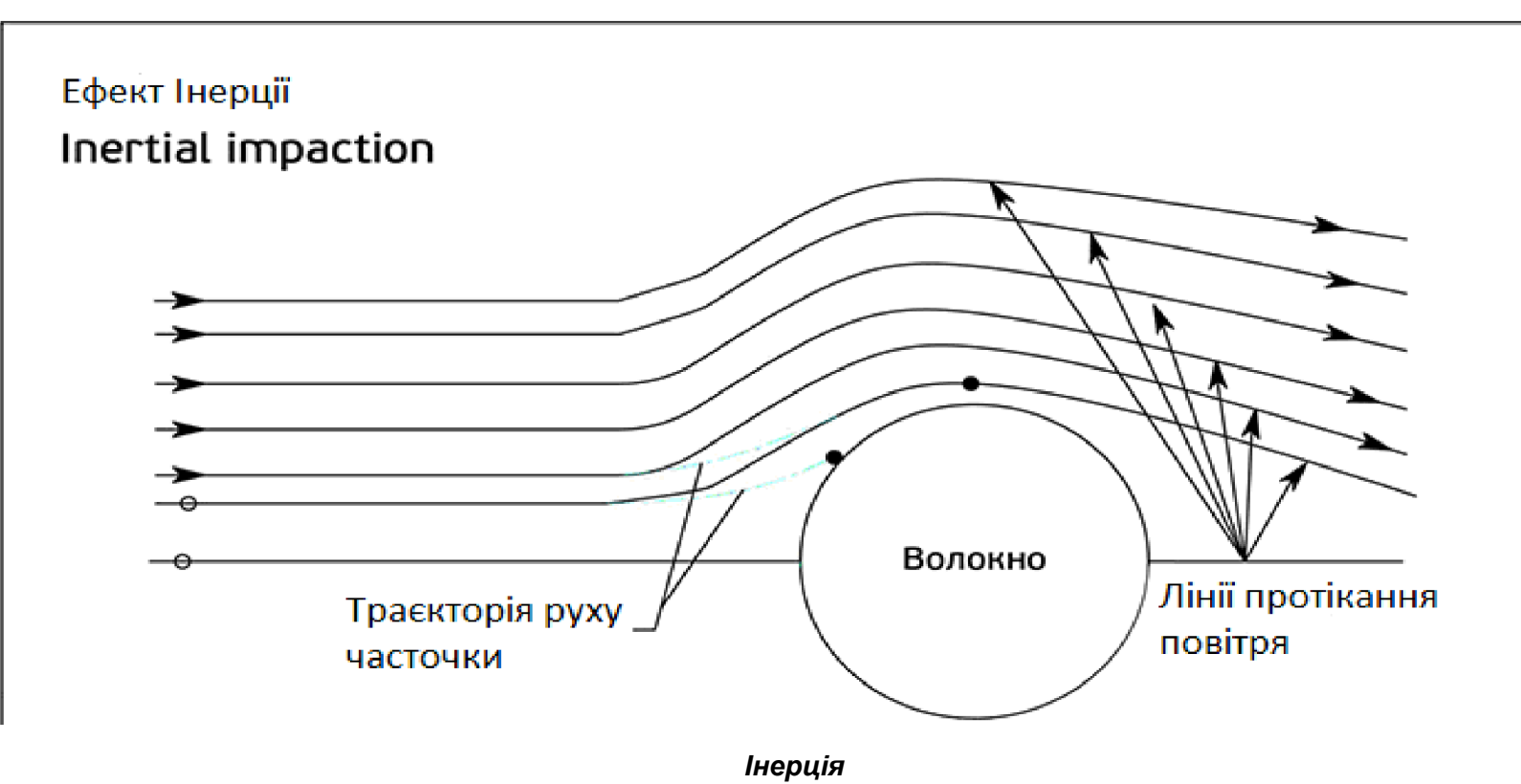
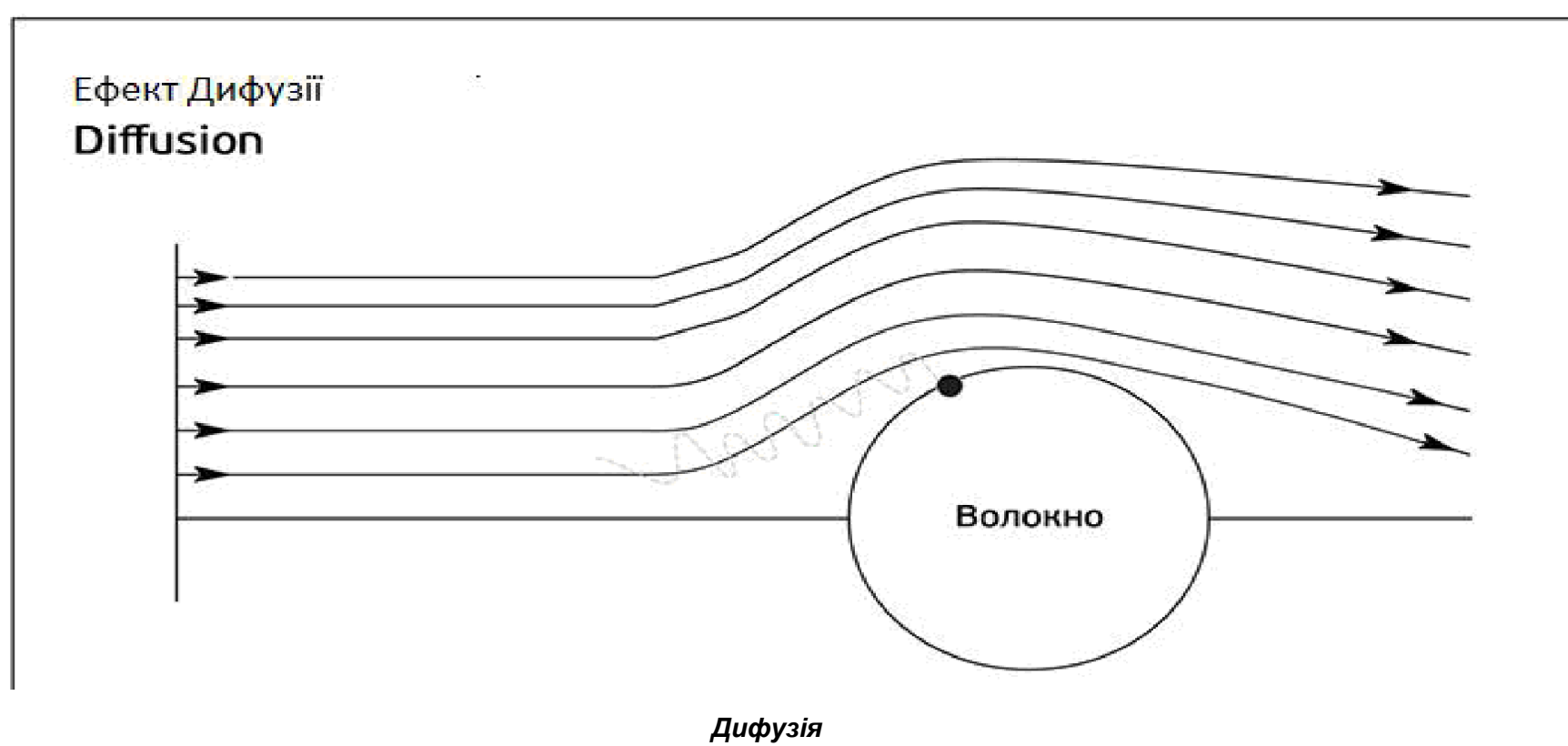
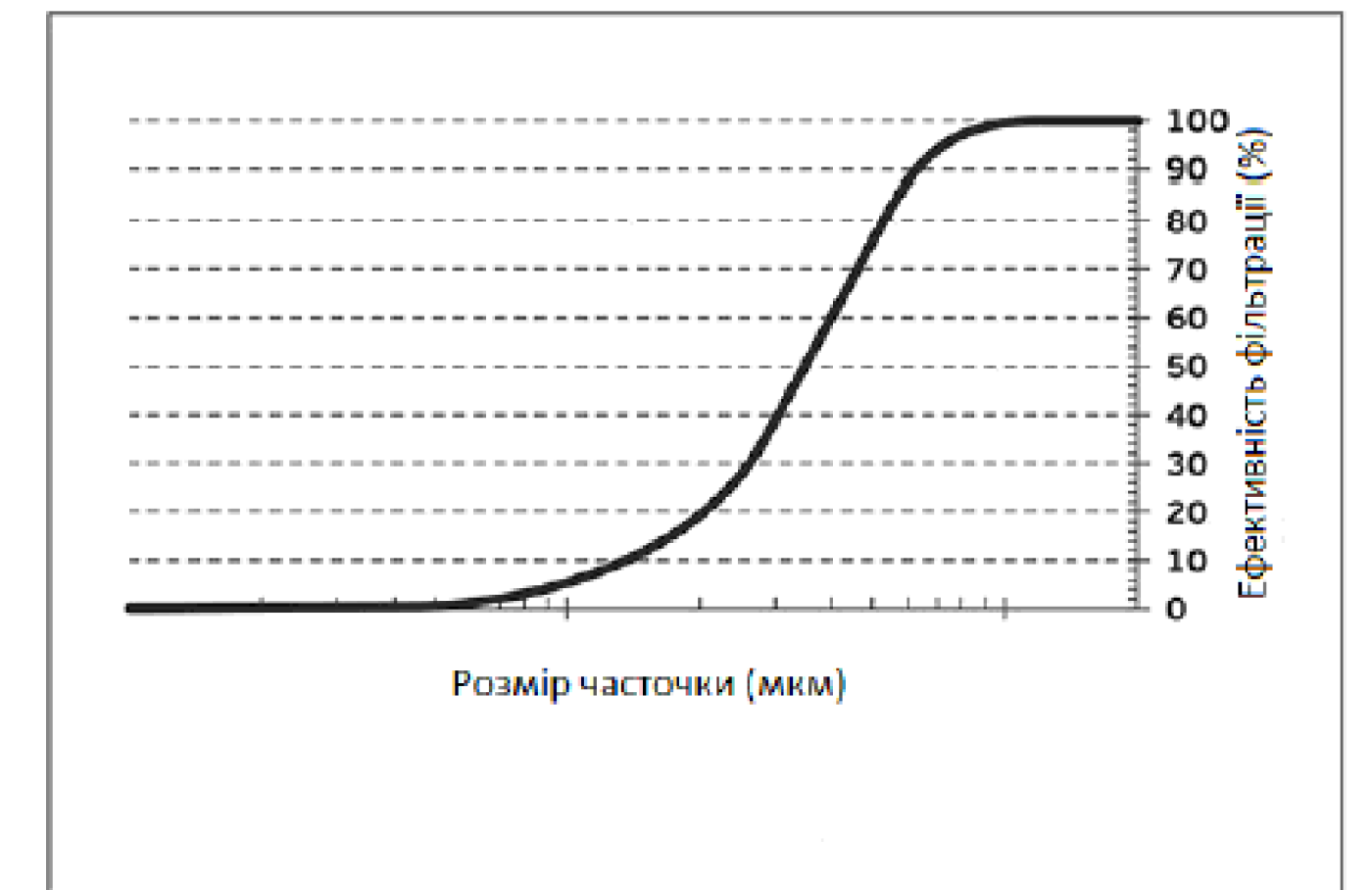
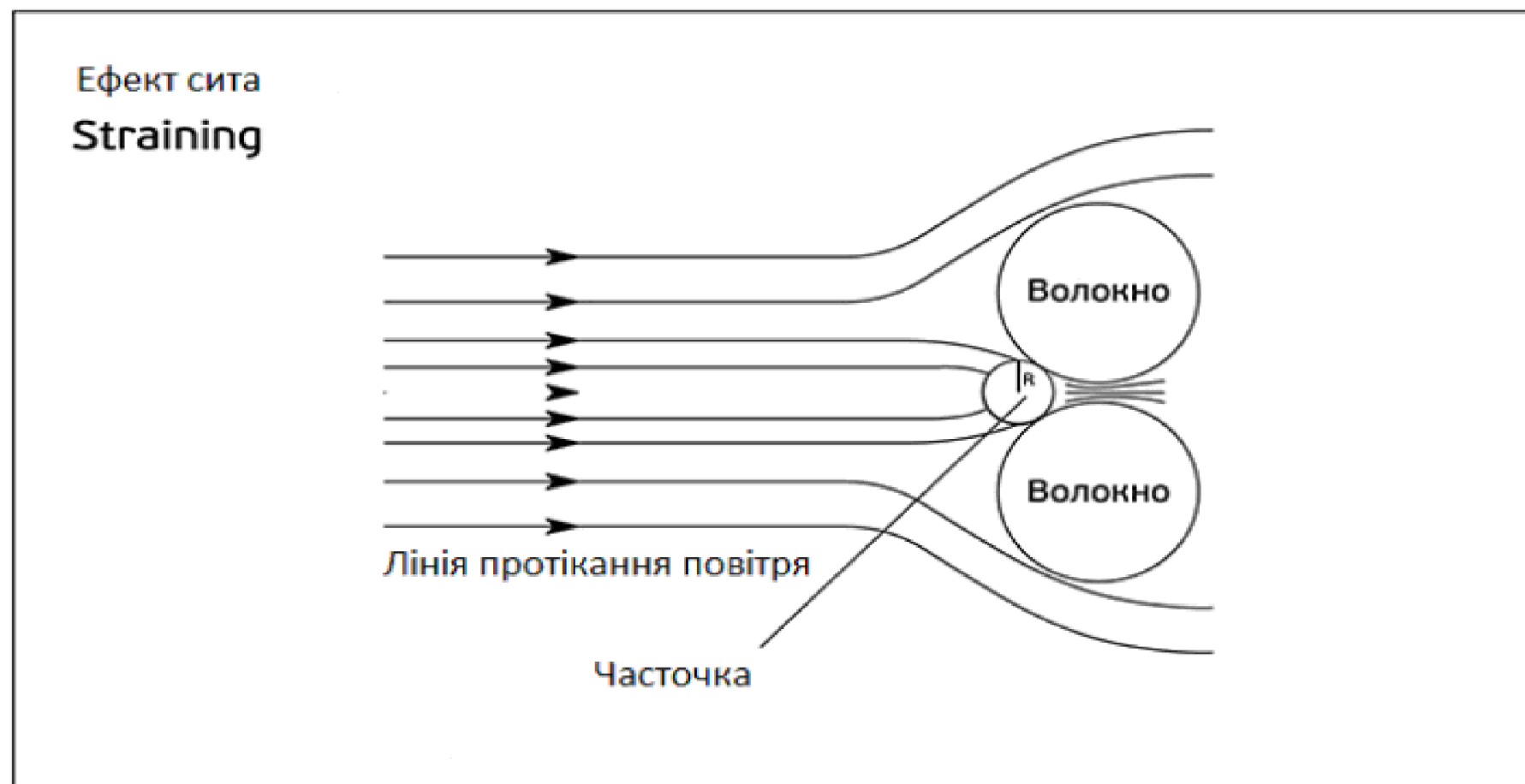
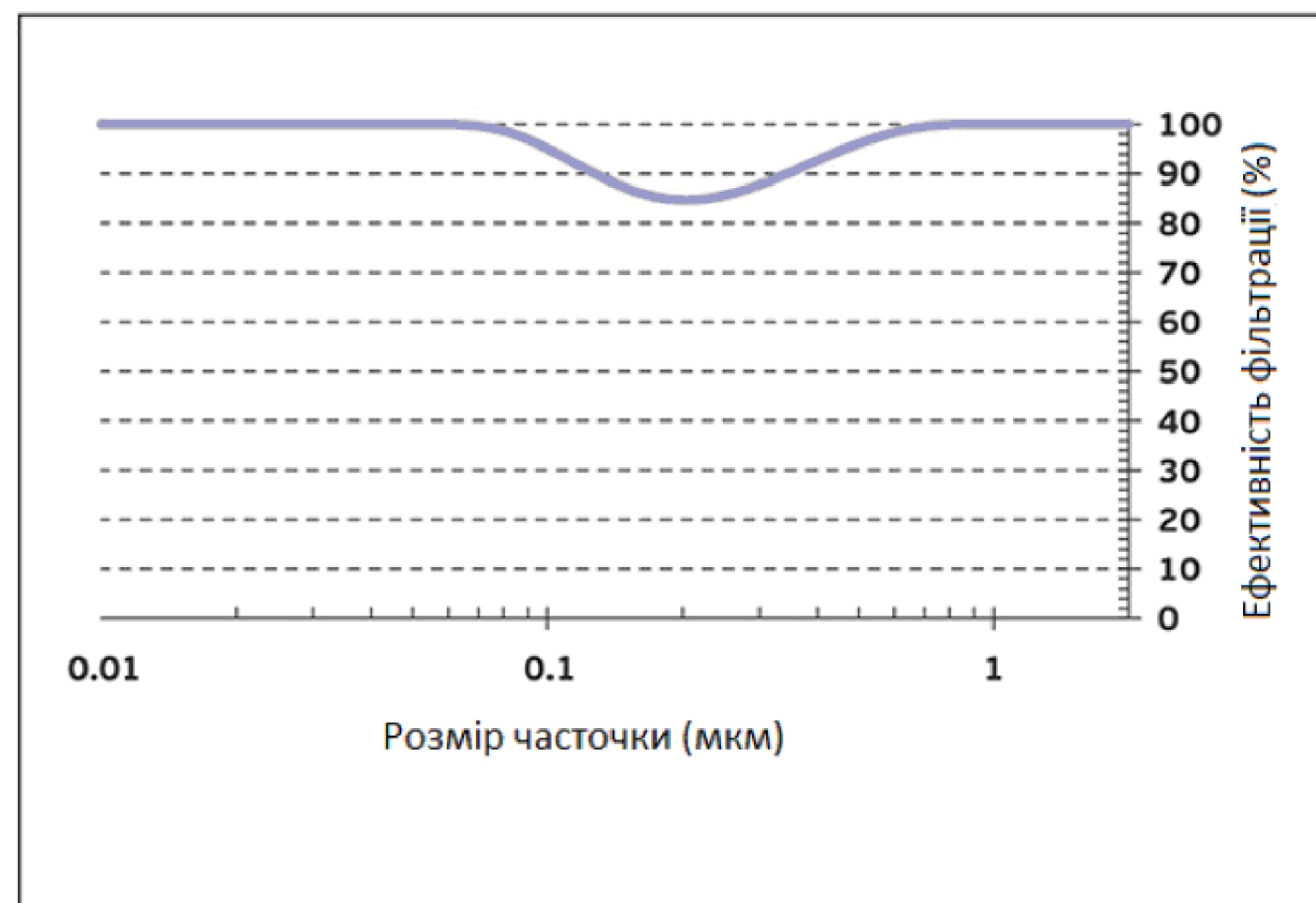
Погоджено: _____
Відм. № _____
Підпис і дата _____
Відм. № _____



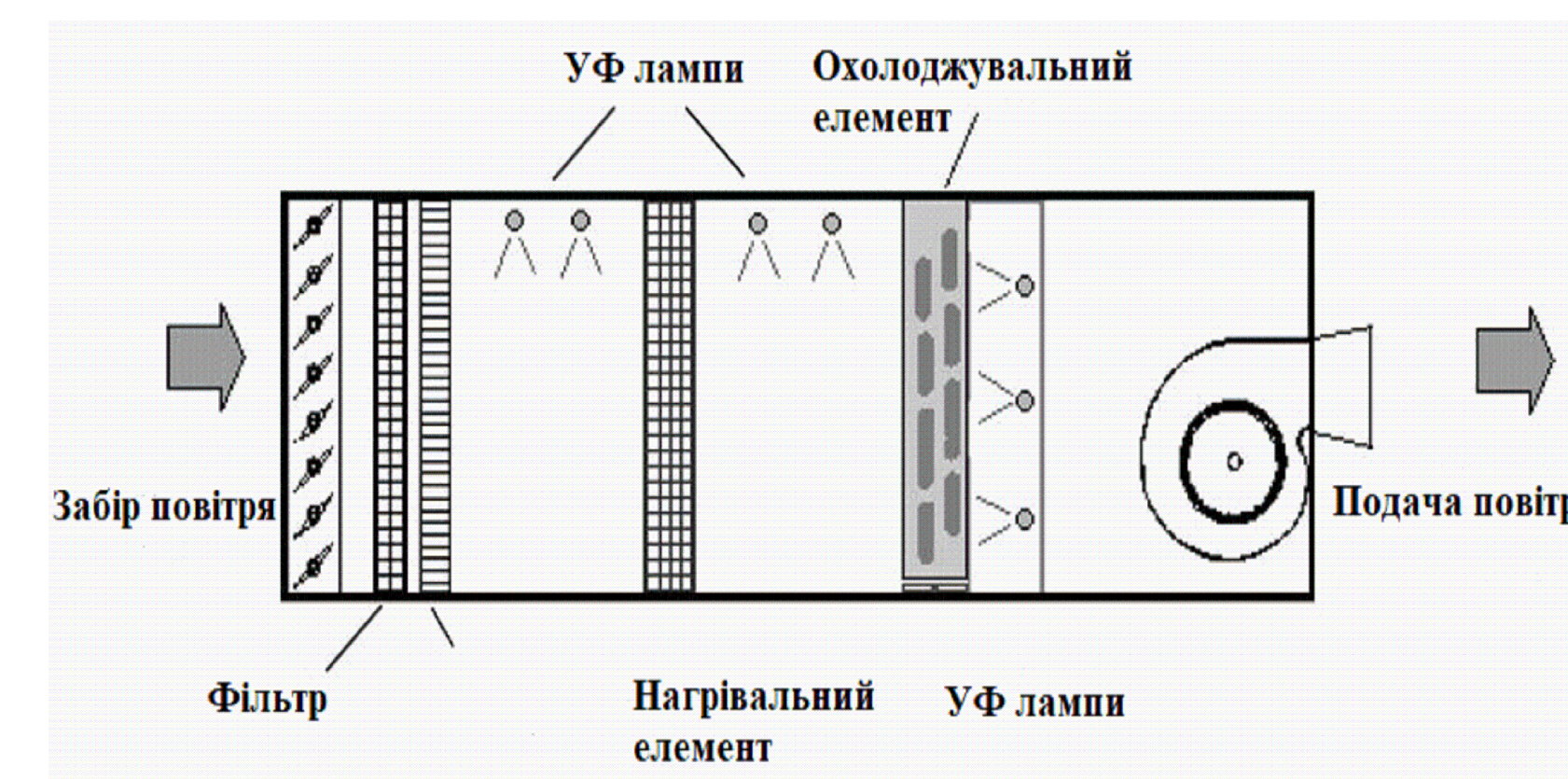
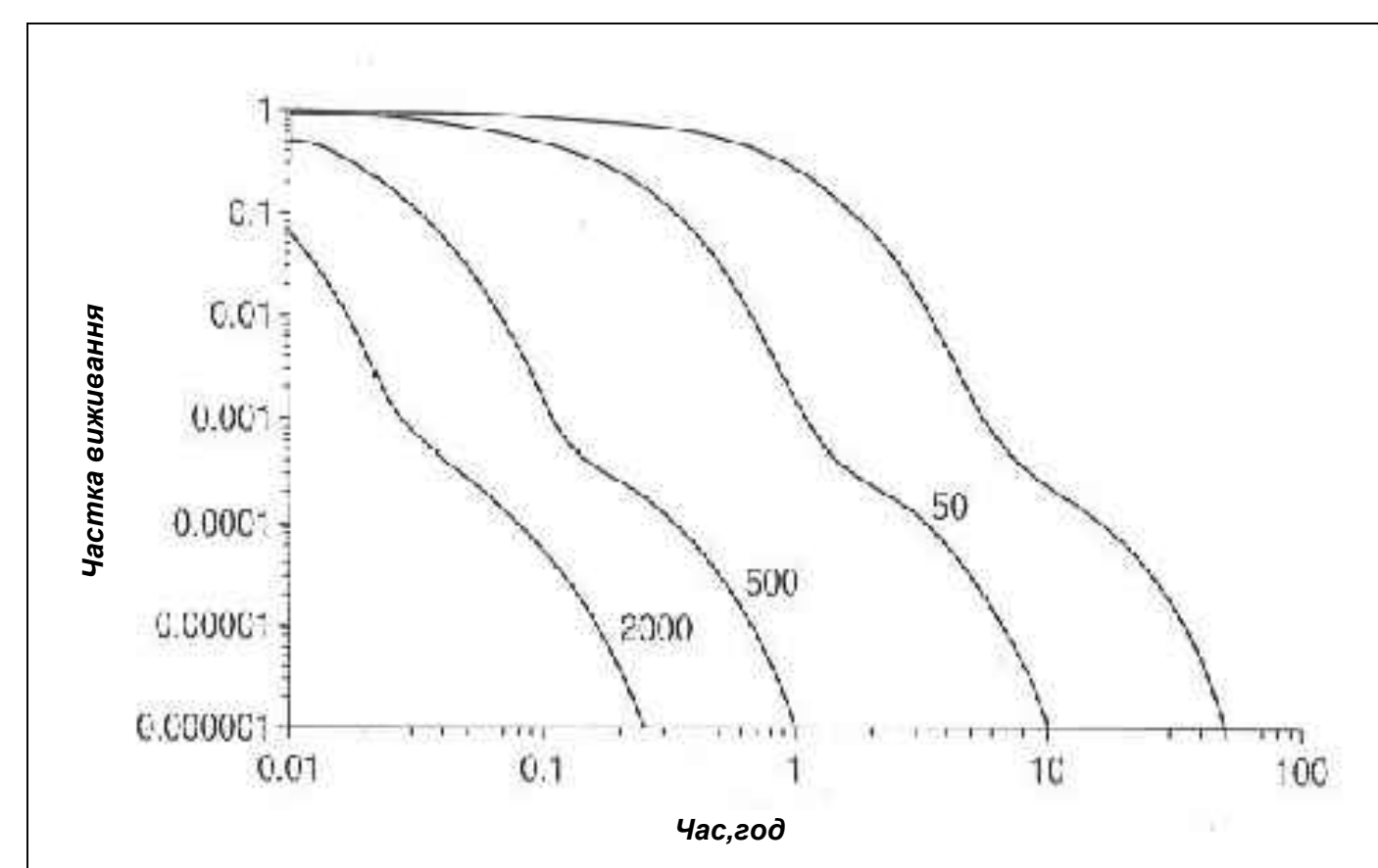
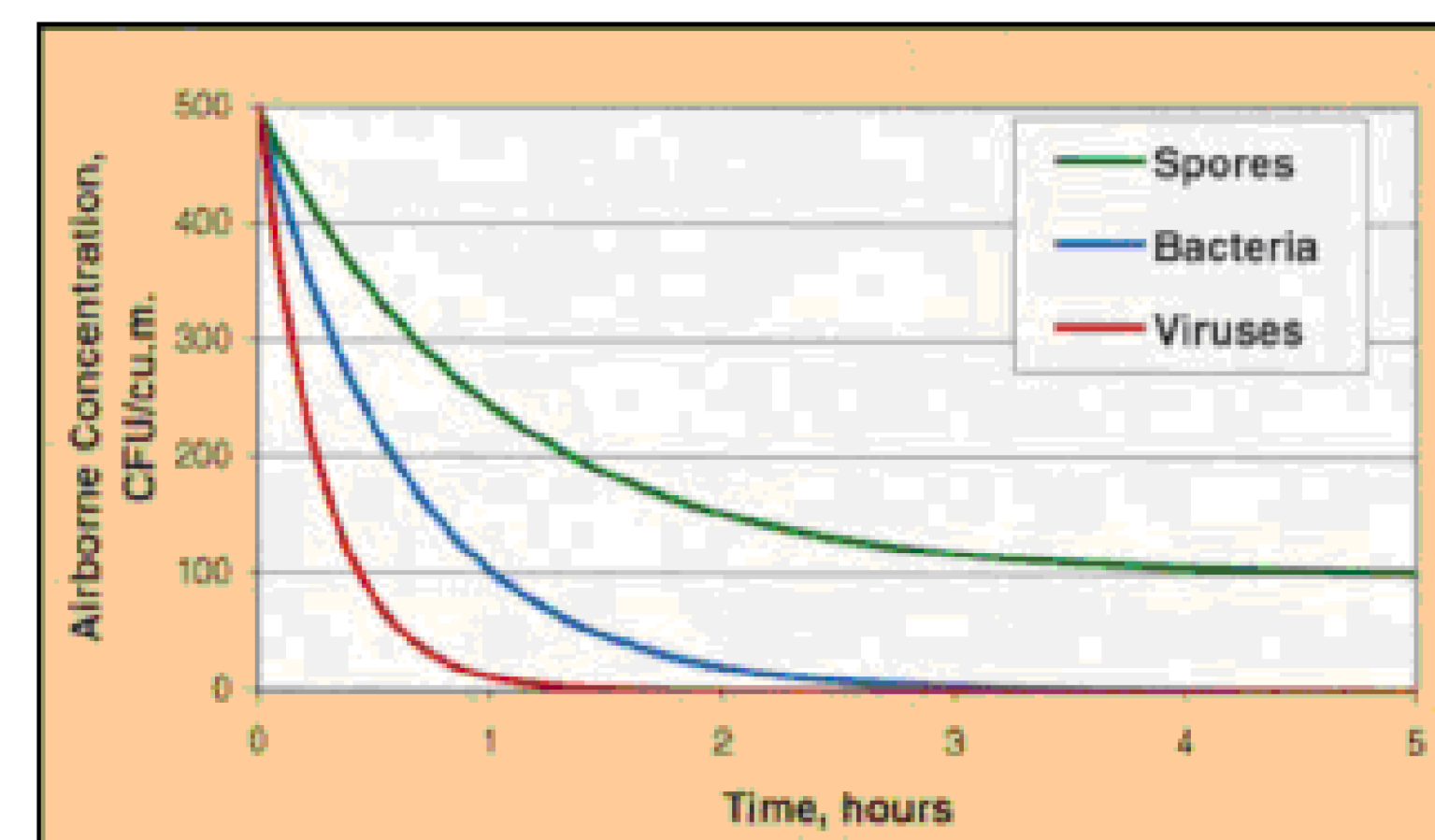
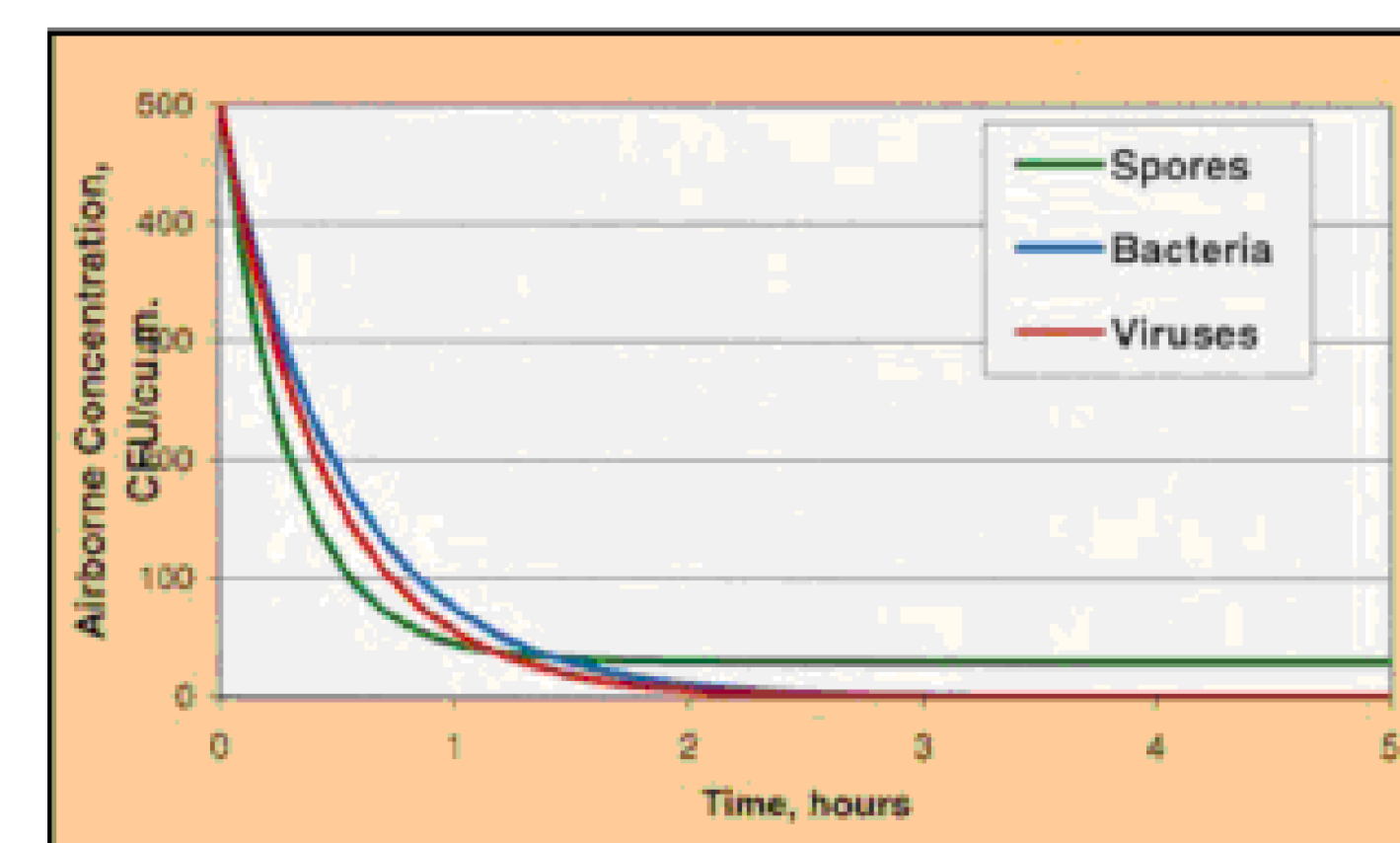
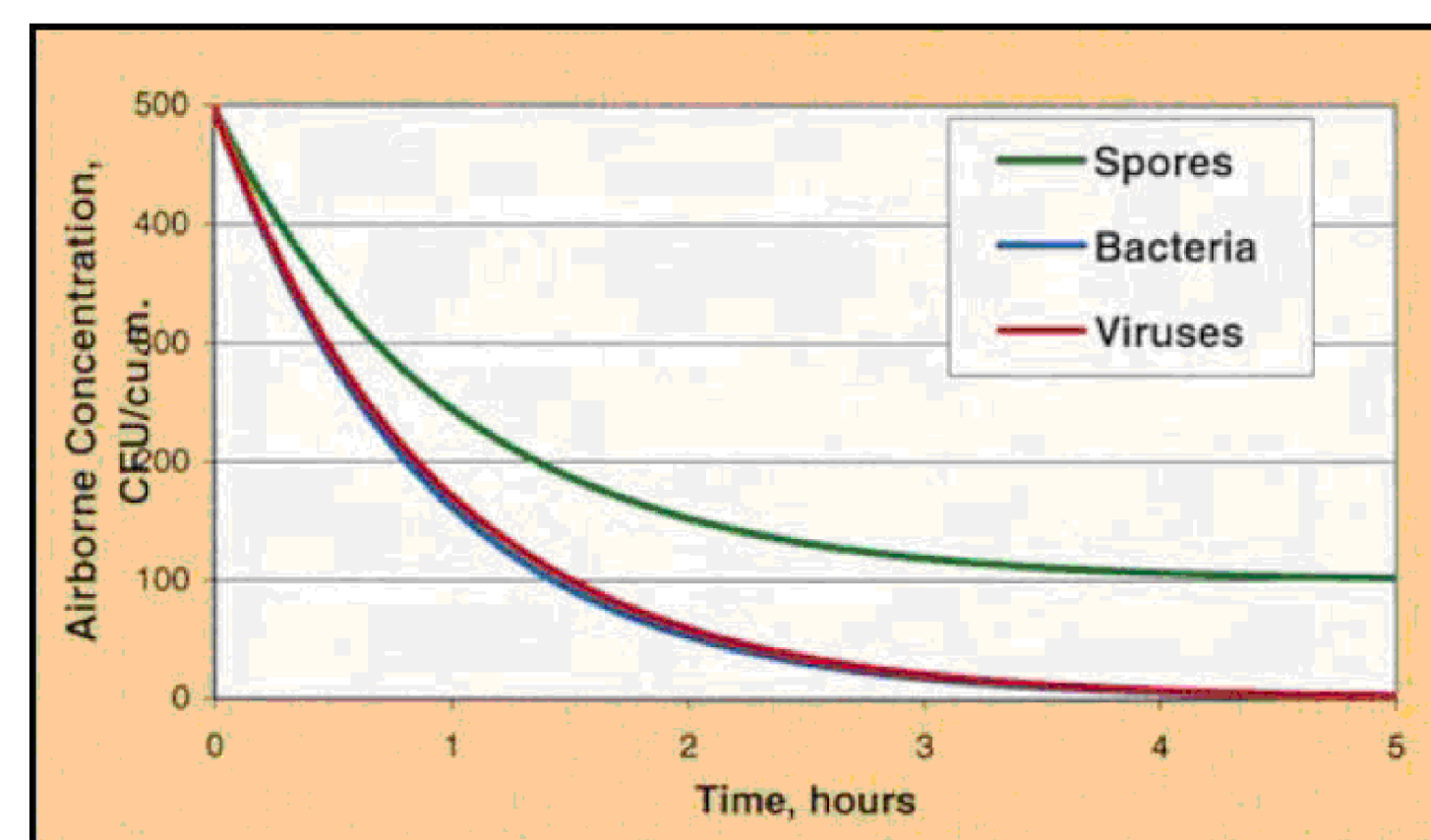
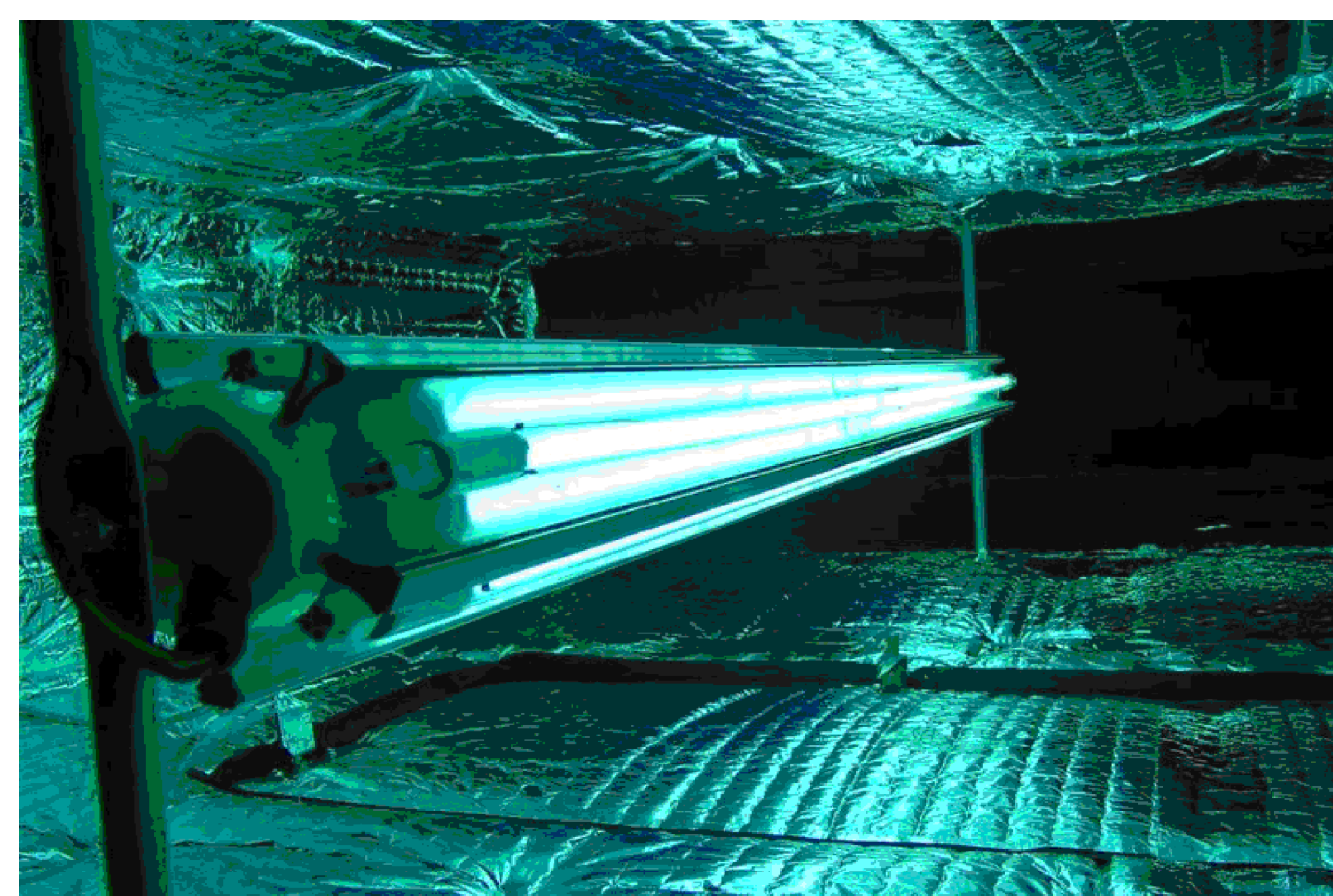
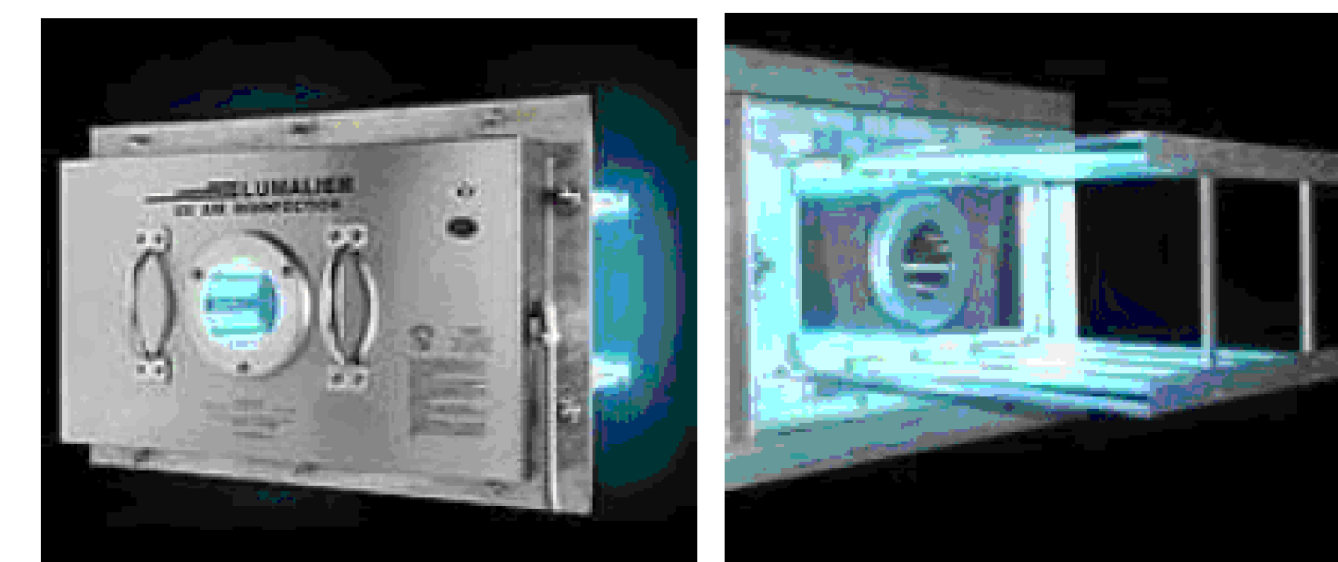
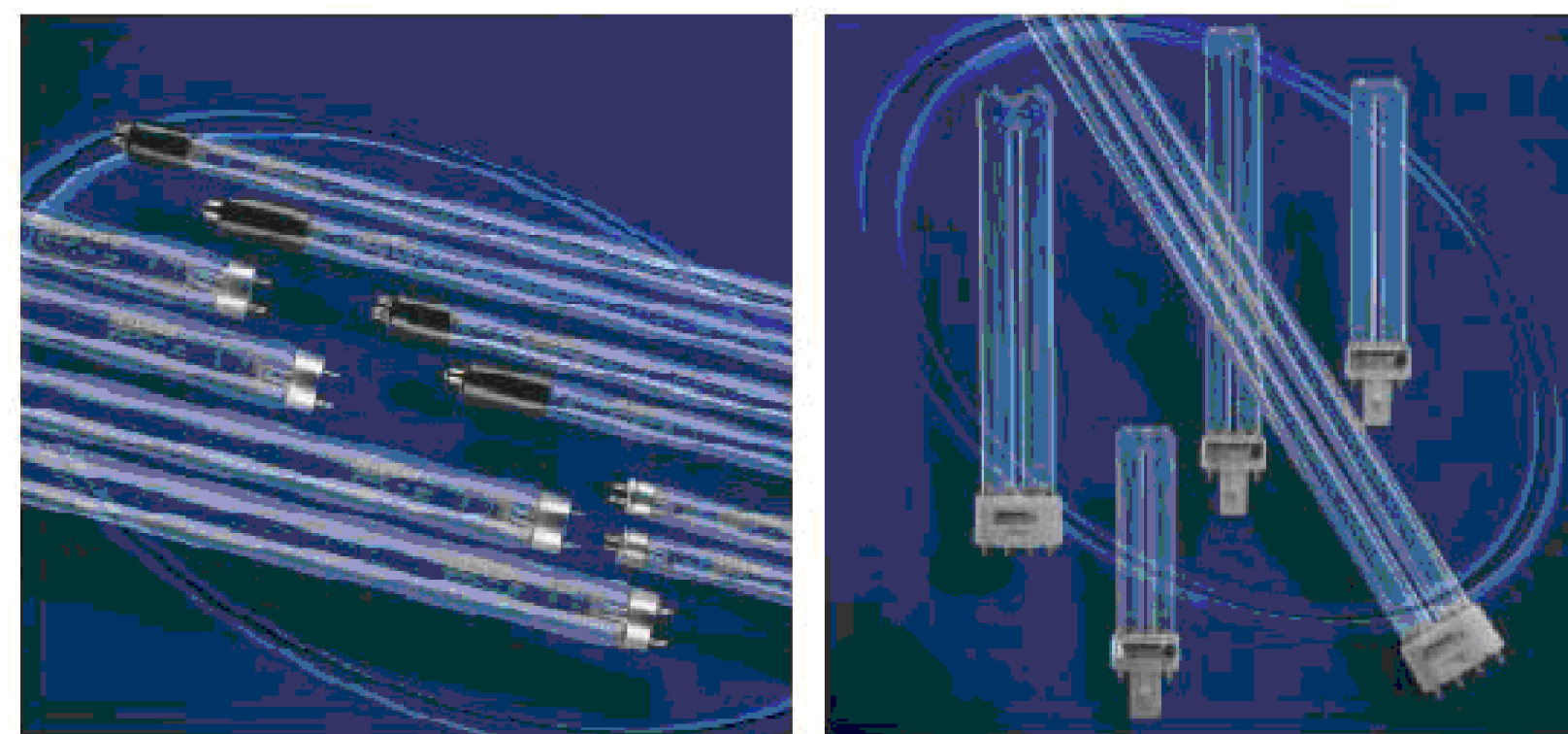
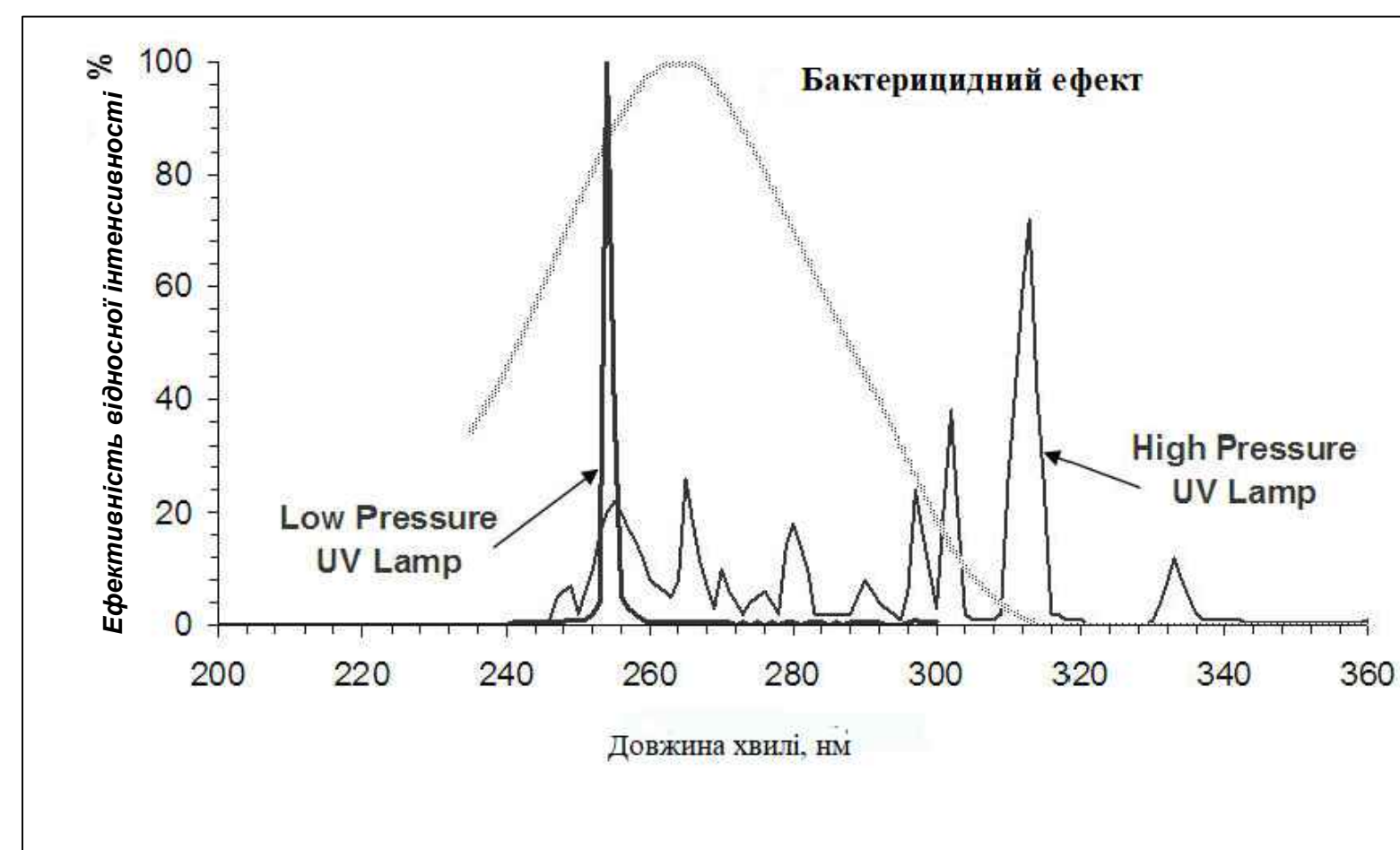
1. Норми вентиляції. 2. Час роботи вентиляції. 3. Постійна робота вентиляції. 4. Віконний отвір. 5. Вентиляція туалету. 6. Вікна в туалетах. 7. Змив туалетів. 8. Рециркуляція. 9. Теплоутилізаційне обладнання. 10. Фанкойли та спліт агрегати. 11. Установлені значення нагріву, охолодження та можливого зволоження. 12. Очищення повітріводів. 13. Фільтри зовнішнього та витяжного повітря. 14. Технічні роботи. 15. Моніторинг якості повітря в приміщенні.

Стратегія	Характеристика	Недоліки
Збільшення зовнішнього повітря	Позитивний вплив на видалення забруднень	• Збільшення споживання енергії • Знижений тепловий комфорт • Важливість зовнішнього повітря
Збільшений повітрообмін за годину	Позитивний вплив на видалення забруднень	• Збільшення споживання енергії • Знижений тепловий комфорт
Контроль температури та вологості	Повітря, що подається з умовами, несприятливими для активності та передачі вірусу	• Складне дообладнання для зволоження • Збільшення споживання енергії • Зволожувачі повітря потенційне місце скупчення мікроорганізмів
Фільтри	Позитивний вплив на видалення вірусів, залежно від фільтра	• Складна модернізація фільтрів НЕРА • Збільшення споживання енергії • Потенційне місце розмноження вірусів
УФ світло	Здатність ультрафіолетового світла вбивати або деактивувати мікроорганізми	• Можливість впровадження залежить від конкретного випадку • Питання безпеки • Збільшення капітальних та операційних витрат

						03-02-211859			
						"	"		
Зм.	Кіл.уч.	Аркуш	№Док.	Підпис	Дата	Будівля лікарні. Блок Б	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Меленчук О			12.22			Р	7	
Перевіряв				12.22					
Норм. контр				12.22					
						Ефективність збільшеного повітрообміну			



						03-02-211859			
						" "			
Зм.	Кіл.уч.	Аркуш	№Док.	Підпис	Дата	Будівля лікарні. Блок Б	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Меленчук О				12.22		Р	8	
Перевірів					12.22				
Норм. контр					12.22				
						Ефективність НЕРА-фільтр			



						03-02-211859			
Зм.	Кіл.уч.	Аркуш	№Док.	Підпис	Дата	"	"		
Розробив		Меленчук О			12.22	Будівля лікарні. Блок Б	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірів					12.22		Р	9	
Норм. контр					12.22				
						Ефективність УФ-ламп			