

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський державний університет
імені Петра Могили

О. В. Щесюк, Ю. Г. Щербак

МЕДИЧНА КОНДИЦІОНУЮЧА ТЕХНІКА

Навчальний посібник



Миколаїв – 2013

УДК 615.4:697.94

ББК 34.7

Щ 69

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (лист № 1/11-6800 від 09.04.2013 р.).

Рекомендовано до друку вченою радою ЧДУ імені Петра Могили як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (протокол № 1 від 15.09.2011 р.).

Рецензенти:

Радченко М. І., доктор технічних наук, професор;

Хлопенко М. Я., доктор технічних наук, професор;

Хмельнюк М. Г., доктор технічних наук, професор.

Щ 69

Щесюк О. В.

Медицина кондиціонуєча техніка : [навчальний посібник] / О. В. Щесюк, Ю. Г. Щербак. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. – 124 с. – ISBN 978-966-336-227-4.

У навчальному посібнику наведено особливості гігієни мікроклімату та повітряного середовища лікарняних приміщень, основні принципи створення чистих приміщень, принципів технологічні схеми систем кондиціонування і вентиляції повітря, конструктивні особливості медичних кондиціонерів. Детально описано спеціальне обладнання систем: повітророзподільні пристрої, повітряні фільтри і установки знезараження повітря.

Навчальний посібник призначений для студентів спеціальності 6.051003 «Приладобудування», а також може бути корисний аспірантам, молодим ученим та інженерам різних технічних спеціальностей.

УДК 615.4:697.94

ББК 34.7

ISBN 978-966-336-227-4

© Щесюк О. В., Щербак Ю. Г., 2013

© ЧДУ ім. Петра Могили, 2013

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ВСТУП	6
ОСНОВНІ ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ.....	8
РОЗДІЛ 1. ГІГІЄНА МІКРОКЛІМАТУ ТА ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ ЛІКУВАЛЬНО- ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАКЛАДІВ	12
1.1. Класифікація приміщень щодо чистоти повітря.....	12
1.2. Основні принципи створення чистих приміщень	18
1.2.1. Методи забезпечення чистоти різними потоками повітря.....	20
1.2.2. Види захисту від забруднень.....	20
1.2.3. Принципи розділення чистих приміщень	20
1.2.4. Принципи створення асептичних операційних	21
1.2.5. Принципи створення палат інтенсивної терапії	23
1.2.6. Принципи створення загальних операційних і приміщень з підвищеними вимогами до чистоти	23
1.2.7. Принципи створення приміщень для інфекційних хворих (ізолятори).....	24
1.3. Параметри мікроклімату в приміщеннях лікарняно- профілактичних закладів.....	25
1.4. Контрольні питання до розділу	29
РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ЛІКАРНЯНИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	30
2.1. Загальні вимоги до систем кондиціонування і вентиляції повітря.....	30
2.2. Організація повітрообміну в чистих приміщеннях	33
2.2.1. Розрахунок витрати припливного повітря	33
2.2.2. Способи роздачі повітря	35
2.3. Схеми систем кондиціонування і вентиляції приміщень ЛПЗ	41
2.4. Кондиціонери для медичних закладів.....	51
2.5. Контрольні питання до розділу	62
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ СКВ ЛІКАРНЯНИХ ЗАКЛАДІВ	63
3.1. Повітророзподільні пристрої.....	63
3.1.1. Настінні і стельові повітророзподільники	64

3.1.2. Стельові перфоровані панелі.....	68
3.1.3. Ламінарні стелі	72
3.2. Повітряні фільтри	77
3.2.1. Фільтрація повітря	78
3.2.2. Класифікація повітряних фільтрів	80
3.2.3. Фільтри грубої і тонкої очистки повітря	83
3.2.4. Фільтри високої ефективності очистки повітря (фільтри HEPA)	90
3.2.5. Рекомендації щодо використання фільтрів у чистих приміщеннях.....	94
3.3. Установки знезараження повітря	96
3.3.1. Ультрафіолетове випромінювальне обладнання	96
3.3.2. Технологія знезараження повітря сталими електричними полями.....	102
3.4. Контрольні питання до розділу	104
ДОДАТОК А	106
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	117
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	120

ПЕРЕДМОВА

Цей навчальний посібник слід розглядати як першу спробу викласти деякі розділи із систем кондиціонування повітря в лікувально-профілактичних закладах (ЛПЗ), що доповнює існуючі підручники в даній галузі.

Зміст посібника повністю відповідає програмі курсу «Медична кріогенна та кондиціонуюча техніка», який викладається бакалаврам спеціальності 6.051003 – приладобудування.

Матеріал посібника відповідає кваліфікаційним вимогам технічних спеціальностей. У роботі розглянуті особливості гігієни мікроклімату та повітряного середовища лікарняних приміщень, основні принципи створення чистих приміщень, принципові технологічні схеми систем кондиціонування і вентиляції (СКВ) повітря ЛПЗ, конструктивні особливості медичних кондиціонерів. Детально описано спеціальне обладнання СКВ лікувальних закладів: повітророзподільні пристрої, повітряні фільтри і установки знезараження повітря.

У навчальному посібнику використані праці вітчизняних і закордонних авторів, а також досвід, набутий фахівцями Центрального науково-дослідного та проектного інституту «Тайфун» в області чистих технологій.

Навчальний посібник може бути корисний інженерам, аспірантам різних технічних спеціальностей, які торкаються питань, пов'язаних з вентиляцією і кондиціонуванням повітря у приміщеннях ЛПЗ.

Автори будуть вдячні будь-яким зауваженням та пропозиціям щодо покращення посібника.

ВСТУП

Сучасне суспільство розвивається шляхом створення високотехнологічних виробництв на основі наукоємних технологій. Одним з таких напрямків є розвиток виробництв і послуг на базі чистих технологій і чистих приміщень, у яких нормуються гранично допустимі концентрації забруднень у повітрі (частинок і за необхідності – мікроорганізмів).

Зараз у світі в чистих приміщеннях працює більше 2 млн людей, у тому числі в США – більше 500 тис. людей. Світовий об'єм випуску продукції в чистих приміщеннях перевищує 1 трильйон дол США на рік, тобто об'єм випуску на 1 людину в рік складає приблизно 0,5 млн дол США [1].

Техніка чистих приміщень у лікарняних закладах використовується давно. Ще в 1961 році у Великій Британії створили першу операційну, в якій СКВ забезпечувала витікання зі стелі чистого потоку повітря зі швидкістю 0,3 м/с. Це стало радикальним засобом зниження ризику інфікування хворих при трансплантації суглобів. До цього у 9 % хворих відбувалося інфікування за час операції, й після цього потрібна була повторна трансплантація [2].

У 70-80-х роках минулого століття технологія чистоти на основі систем вентиляції і кондиціонування повітря з використанням високоефективних фільтрів стала невід'ємним елементом у лікарнях Європи і Америки. Тоді ж у Німеччині, Франції і Швейцарії з'явилися перші стандарти на чистоту повітря в лікарнях. Для сучасних ЛПЗ використання чистих приміщень є обов'язковим.

Питання створення систем вентиляції і кондиціонування повітря в ЛПЗ дуже актуальні і водночас складні. Це обумовлено специфікою будівель лікарняних закладів, які мають технологічні, архітектурні особливості, і санітарно-гігієнічними умовами до повітряного середовища самих ЛПЗ, а також відсталістю існуючих нормативних документів, які не відповідають сучасним медичним технологіям і потребують переробки.

Одним із важливих факторів, який суттєво впливає на стан здоров'я хворого в лікарні, є наявність у повітрі приміщень ЛПЗ лікарняної інфекції, яка передається в 90-95 % повітряним і повітряно-крапельним шляхом [3]. Неорганізований повітрообмін у цих закладах приводить до переміщення забруднених інфекціями повітряних потоків між приміщеннями та інфікування хворих.

Щорічно в Росії за офіційними даними реєструється до 40 тис. випадків захворювання від лікарняної інфекції, а реально – до 2,5 млн

випадків (приблизно 1-1,5 % населення Росії), що приводить до економічних збитків на суму більше 5 млрд рублів на рік [4].

Забезпечення необхідної чистоти повітря в приміщеннях є важливою умовою попередження лікарняної інфекції, зменшення післяопераційних ускладнень і лікування важкохворих з різними захворюваннями. Для вирішення цієї проблеми використовують чисті приміщення, що знижує загрозу переносу забруднень від хворого до хворого, від персоналу до хворого, від хворого до персоналу, з навколишнього середовища до хворого і т. п.

Залежно від функціонального призначення до приміщень ЛПЗ ставлять вимоги за санітарно-мікробіологічними показниками, що визначають допустимий рівень бактеріального обмінення повітря приміщення і встановлюють відповідну категорію щодо чистоти приміщення та класу чистоти.

Висока якість повітряного середовища забезпечується організацією раціонального повітрообміну, ефективною роботою СКВ і високоякісним управлінням і експлуатацією цих систем.

Крім лікарняних закладів, сучасними напрямками розвитку виробництв і послуг з чистими приміщеннями є: центри клітинних і тканинних технологій; виробництво лікарняних засобів, медичних виробів, харчових продуктів і електронних компонентів.

У світі бурхливо розвивається клітинна терапія і реконструктивна хірургія на основі технологій вирощування клітин, тканин і створення штучних органів. Потреба в трансплантації клітин зростає з кожним роком у зв'язку з великою кількістю захворювань, які не піддаються традиційним терапевтичним і хірургічним методам лікування. Подальший рух уперед можливий тільки за рахунок революційного прориву. Базу для такого прориву дають клітинні технології і біоінженерні підходи, що використовують чисті технології. Це виводить охорону здоров'я на якісно новий рівень і відкриває можливості позбавлення людини від раніше невиліковних хвороб.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

Блок рентген-операційний – підрозділ рентгенологічного чи хірургічного відділення лікувально-профілактичного закладу, де проводять хірургічне втручання із застосуванням рентгенологічних досліджень [5].

Брудне приміщення – приміщення, яке відповідає визначенню чистого приміщення, але в ньому не контролюється бактеріальне обмінення [6].

Вентиляція – система організованого повітрообміну, яка забезпечує потрібні параметри повітря, бактеріальну і хімічну чистоту повітря в приміщенні [7].

Видалене повітря – частина витяжного повітря, яке видаляється в атмосферу [7].

Витяжне повітря – повітря, яке виходить з приміщення через систему примусової вентиляції [7].

Гігієнічні вимоги – комплекс вимог і заходів, націлених на профілактику негативного впливу фізичних, хімічних, мікрокліматичних та інших факторів на здоров'я людини [6].

Група приміщень – класифікаційне позначення приміщень лікарняного закладу, яке визначається ступенем ризику для хворого і навколишнього середовища, що потребує спеціальних технічних і організаційних заходів для забезпечення чистоти [8].

Дезінфекція (син. знезараження) – знищення збудників інфекційних хвороб у навколишньому середовищі [6].

Дисбаланс повітря – різниця витрат повітря, яке подається в приміщення (будівлю) і видаляється з нього системами вентиляції зі штучним спонуканням; кондиціонування повітря і повітряного опалення [9].

Захищене приміщення – приміщення, на вході до якого для запобігання перетікання повітря є тамбур-шлюз чи створюється підвищений або знижений тиск повітря по відношенню до суміжних приміщень [8].

Знезараження повітря – знищення або виведення з повітря патогенних чи умовно-патогенних мікроорганізмів [10].

Зовнішнє повітря атмосферне повітря, яке надходить у систему вентиляції і кондиціонування для подачі в приміщення, що обслуговується [7].

Інфекція лікарняна (госпітальна) – будь-яке інфекційне захворювання, яке вражає хворого в результаті його знаходження в лікарні

чи звернення за медичною допомогою, а також інфекційне захворювання співробітника лікарні внаслідок його роботи в даній установі, незалежно від того, проявилися симптоми захворювання в стаціонарі чи поза ним [3].

Кабінет рентгенодіагностичний (кабінет рентгенівський) – приміщення для проведення рентгенівських діагностичних досліджень, у тому числі з хірургічним втручанням або під час такого (агіографічний кабінет, рентген-операційна тощо) [5].

Клас фільтра – характеристика ефективності фільтра, виражена умовним позначенням [8].

Клас чистоти – рівень чистоти по завислих у повітрі частинках, який застосовується до чистого приміщення або чистої зони, і виражається в термінах «Клас N ISO», що визначає максимально допустимі концентрації (частинок/м³) для заданих діапазонів розмірів частинок [8].

Колонієутворююча одиниця (КУО) – сукупність мікробних клітин, які виростили у вигляді ізолюваного скопища колоній у живлючому середовищі [11].

Концентрація частинок – кількість окремих частинок в одиниці об'єму повітря [8].

Лікувально-профілактичний заклад (ЛПЗ) – загальна назва медичних закладів, призначених для надання лікувально-профілактичної допомоги населенню [6].

Мікроклімат приміщення – стан внутрішнього середовища приміщення, що здійснює вплив на людину, який характеризується показниками температури повітря і огорожуючих конструкцій, вологістю і рухливістю повітря [12].

Мікроорганізми – бактерії, віруси, грибки [11].

Мікроорганізми патогенні – мікроорганізми, які здатні викликати інфекційні захворювання в людини [11].

Неодноспрямований потік повітря – розподіл повітря, при якому повітря, що надходить у чисту зону, змішується з внутрішнім повітрям шляхом подачі струменя припливного повітря. У технічній літературі іноді використовується також термін «турбулентний потік» [11].

Обмінення повітря – кількісна характеристика вмісту патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів в одиниці об'єму повітря приміщення [10].

Односпрямований потік повітря – контрольований потік повітря з постійною швидкістю і приблизно паралельними лініями току по всьому поперечному перерізу чистої зони. Потік повітря такого типу безпосередньо виносить частинки з чистої зони. У технічній літературі іноді використовується також термін «ламінальний потік» [11].

Операційна – приміщення, призначене і спеціально обладнане для проведення хірургічних операцій [6].

Операційний блок (оперблок) – комплекс приміщень лікувально-профілактичного закладу, спеціально обладнаних для проведення хірургічних операцій [6].

Операційний стіл – пристрій для надання тілу хворого положення, необхідного для проведення хірургічної операції, що являє собою стіл, обладнаний пристосуваннями для фіксації цього положення [6].

Очистка повітря – вилучення з повітря забруднюючих речовин [7].

Припливне повітря – повітря, яке подається в приміщення системою вентиляції і кондиціонування [7].

Рециркуляційне повітря – частина витяжного повітря, яка повторно надходить у систему вентиляції і кондиціонування [7].

Рециркуляція повітря – повторна подача частини витяжного повітря в приміщення (систему приміщень) після фільтрації [7]. До рециркуляційного повітря може додаватися зовнішнє повітря. При рециркуляції частина витяжного повітря після фільтрації може повністю повертатися в те ж саме приміщення (місцева рециркуляція) чи розподілятися за різними приміщеннями.

Робоча зона – простір у приміщенні висотою 2 м над рівнем підлоги, де знаходяться місця постійного і тимчасового перебування персоналу і хворих [11].

Розмір частинки – діаметр сфери, яка в контролюючому приладі дає відгук, рівний відгуку від оцінюваної частинки [8].

Система кондиціонування повітря – комплекс пристроїв, призначених для створення і автоматичного підтримування в обслуговуваних приміщеннях заданих величин параметрів повітряного середовища [9].

Стерилізація – цілковите звільнення якої-небудь речовини або предмета від мікроорганізмів шляхом впливу на них фізичними чи хімічними факторами [6].

Фільтр HEPA – високоефективний аерозольний фільтр [13].

Фільтр очистки повітря (фільтр повітряний) – пристрій, у якому за допомогою фільтруючого матеріалу чи іншим засобом здійснюється відділення аерозольних частинок від повітря, що фільтрується. [14].

Фільтрація – вилучення з повітря твердих частинок, аерозолів, мікроорганізмів методом механічного захоплення [14].

Частинка – твердий або рідкий об'єкт, який у цілях класифікації чистоти повітря характеризується сукупним розподілом, що заснований на граничному розмірі (нижньої границі) в діапазоні 0,1-0,5 мкм [8].

Чиста зона – простір, у якому контролюється концентрація завислих у повітрі частинок, побудований і використаний так, щоб звести до мінімуму надходження виділення і утримання частинок усередині зони, і який дозволяє, в міру необхідності, контролювати інші параметри, наприклад, температуру, вологість, тиск [8]. Чиста зона може бути відкритою чи замкненою і знаходитися як усередині, так і поза чистим приміщенням.

Чисте приміщення – приміщення, в якому контролюється концентрація завислих у просторі частинок, побудоване і використане так, щоб звести до мінімуму надходження, виділення і утримання частинок усередині приміщення, і яке дозволяє, в міру необхідності, контролювати інші параметри, наприклад, температуру, вологість і тиск [8].

Шлюз – спеціальне приміщення в медичних закладах, яке відокремлює групу приміщень для підтримки в них санітарно-епідеміологічного режиму [6].

Розділ 1

ГІГІЕНА МІКРОКЛІМАТУ ТА ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ ЛІКУВАЛЬНО- ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАКЛАДІВ

1.1. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ ЩОДО ЧИСТОТИ ПОВІТРЯ

Важливою умовою попередження лікарняних інфекцій, зменшення післяопераційних ускладнень і лікування важкохворих з різними захворюваннями є забезпечення необхідної чистоти повітря в приміщеннях. Для вирішення цієї задачі використовують, за необхідністю, чисті приміщення, що знижує загрозу переносу забруднень від хворого до хворого, від персоналу до хворого, від хворого до персоналу, з навколишнього середовища до хворого і т. п.

У повітрі навколо нас знаходиться велика кількість як живих, так і неживих частинок, які відрізняються за своєю природою і розмірами. Мікрозабруднення виділяються персоналом, огорожувальними конструкціями, обладнанням надходять у чисте приміщення з навколишнього середовища. У середньому в чистому приміщенні 70-80 % мікрозабруднень припадає на людину, 15-20 % – на обладнання, 5-10 % – на навколишнє середовище [15].

Післяопераційні інфекції і мікробна забрудненість повітря прямо пов'язані з концентрацією частинок у повітрі, яка залежить від кількості людей в операційній, рівня їх активності, розміщення і кількості світильників, обладнання та іншого.

У багатьох дослідженнях визнається, що основним джерелом забруднення є луски чи частинки шкіри людини. Роздягнена людина навколо себе має рівень забруднення на 30-400 % вищий, ніж забрудненість зовнішнього повітря. Спеціальний одяг знижує цю цифру, але не до нуля. Виділення зростають при підвищенні температури повітря, інтенсивності руху і напруженості в роботі. Людина, яка стоїть, створює природний тепловий потік забрудненого повітря до 150 м³/год. Звідси видно, що бригада хірургів є одним з основних забруднювачів повітря в операційній.

У зоні операційного столу загрозливий розмір частинок (у тому числі бактерій і грибків) знаходиться в межах від 1 до 30 мкм з середнім значенням 10 мкм [15].

На рис. 1.1 показані джерела виділення забруднюючих речовин і напрямки їх переміщення.

Залежно від функціонального призначення до приміщень лікувально-профілактичних закладів ставлять вимоги за санітарно-мікробіологічними показниками, що визначають допустимий рівень бактеріального обмінення повітря приміщення, і встановлюють відповідну категорію щодо чистоти приміщення і клас чистоти.

Для класифікації чистих приміщень використовують різні стандарти. Діючі в Україні нормативні документи [5; 6; 8; 16] не відповідають сучасним вимогам до приміщень ЛПЗ, хоча розробляються стандарти, які наближені до міжнародних. Так, ДСТУ ISO14644-1: 2009 (Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1 і 2) розроблений на основі міжнародного стандарту ISO 14644-1, але набуває чинності з 01.01.2012 р.

Тому в даному посібнику наведено інформацію не тільки з українських нормативних документів, а й зі стандартів ISO, Росії, США.

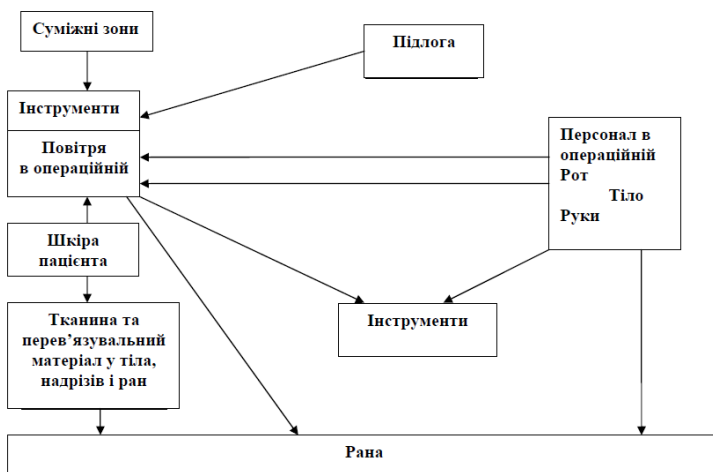


Рис. 1.1. Джерела і напрямки переміщення забруднюючих речовин в операційній

Приміщення класифікують за категоріями [6] чи групами [11] за гранично допустимими концентраціями частинок і мікроорганізмів у повітрі. Кількість мікроорганізмів вимірюється в колонієутворюючих одиницях (КУО), що дорівнює сукупності мікробних клітин, які виростили у вигляді ізолюваного скопища колоній у живильному середовищі. Гранично допустимі концентрації частинок у повітрі

задаються класами чистоти приміщень за ДСТУ ГОСТ ІСО 14644-1-2004 [8].

У ДБН В.2.2-10-2001 [6] встановлені 3 категорії щодо чистоти приміщення: особливо чисте (ОЧ), чисте (Ч) і брудне (Б), а в СанПіН 2.1.3.1375-03 (Росія) використовується 4 категорії, крім трьох попередніх, додано умовно чисте (УЧ) приміщення [17].

Допустимі рівні бактеріального обмінення повітряного середовища приміщень лікарняних закладів залежно від їх функціонального призначення і категорії чистоти наведено в табл. 1.1 [17].

Таблиця 1.1

Допустимі рівні бактеріального обмінення повітряного середовища приміщень лікарняних закладів залежно від їх функціонального призначення і категорії чистоти

Категорія чистоти	Найменування приміщення	Санітарно-мікробіологічні показники					
		Загальна кількість мікроорганізмів у 1 м ³ повітря (КУО/м ³)		Кількість колоній <i>Staphylococcus aureus</i> у 1 м ³ повітря (КУО/м ³)		Кількість пліснявих і дріжджових грибів у 1 дм ³ повітря	
		до початку роботи	за час роботи	до початку роботи	за час роботи	до початку роботи	за час роботи
Особливо чисті (А)	Операційні, пологові зали, асептичні бокси для гематологічних, опікових пацієнтів, палати для недоношених дітей, асептичний блок аптек, стерилізаційна (чиста половина), бокси бактеріологічних лабораторій	Не більше 200	Не більше 500	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути
Чисті (Б)	Процедурні, перев'язочні, передопераційні, палати реанімації, дитячі палати, кімнати збору і пастеризації грудного молока, асистентські і фасовочні аптеки, приміщення бактеріологічних і клінічних лабораторій, призначених для проведення досліджень	Не більше 500	Не більше 750	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути	Не повинно бути

Медична кондиціонуюча техніка

Умовно-чисті (В)	Палати хірургічних відділень, коридори операційних, пологових залів, наглядові, бокси і палати інфекційних відділень, ординаторські, матеріальні, комора чистої білизни	Не більше 750	Не більше 1000	Не повинно бути	Не більше 2	Не повинно бути	Не повинно бути
Брудні (Г)	Коридори і приміщення адміністративних будівель, сходи лікарняно-діагностичних корпусів, санітарні кімнати, туалети, кімнати для брудної білизни і тимчасового зберігання відходів	Не нормується		Не нормується		Не нормується	

У ГОСТ Р 52539-2006 використовується більш детальна класифікація приміщень залежно від видів операцій і хвороб (5 груп приміщень) [11].

Чистота повітря для кожної групи приміщень задається максимально допустимою концентрацією частинок з розмірами більшими або рівними 0,5 мкм (за ГОСТ ІСО 14644-1), а також максимально допустимою концентрацією КУО у повітрі для оснащеного стану приміщення, тобто за відсутності в ньому хворих і персоналу. Вимоги до чистоти повітря в приміщеннях в оснащеному стані наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Основні вимоги до чистоти повітря в приміщеннях в оснащеному стані

Група приміщень		Максимально допустиме число частинок в 1 м ³ повітря (частинки з розмірами $\geq 0,5$ мкм)	Клас чистоти приміщення за ГОСТ ІСО 14644-1	Максимально допустиме число КУО в 1 м ³ повітря
1	Зона операційного стола	3520	5 ІСО	5
	Зона навколо операційного стола	35200	6 ІСО	20
2	Зона ліжка хворого	3520	5 ІСО	5
	Зона навколо ліжка хворого	35200	6 ІСО	20
3*		3520000	8 ІСО	100
4		Не нормується	–	500
5*		3520000	8 ІСО	100

Закінчення таблиці 1.2

* За наявності зони з односпрямованим потоком повітря вимоги до неї відповідають вимогам до чистоти повітря в зоні операційного столу.
Група 1 – високоасептичні операційні з односпрямованим потоком повітря.
Група 2 – палати інтенсивної терапії з односпрямованим потоком повітря.
Група 3 – операційні без односпрямованого потоку повітря.
Група 4 – приміщення, які не потребують спеціальних заходів захисту хворого, персоналу та інших хворих.
Група 5 – приміщення для інфікованих хворих (ізолятори).

У табл. 1.3 показано класифікацію чистих приміщень відповідно до міжнародного стандарту ISO 14644-1 «Класифікація чистоти чистих приміщень і чистих зон за аерозольними забрудненнями» [8]. За стандартом, чисте приміщення (чиста зона) – це приміщення (простір), у якому контролюється концентрація завислих у повітрі частинок, що побудоване і використовується так, щоб звести до мінімуму надходження, виділення і утримання частинок усередині приміщення, і яке дозволяє, в міру необхідності, контролювати інші параметри, наприклад, температуру, вологість і тиск. А клас чистоти – рівень чистоти за завислими у повітрі частинками, який застосовується до чистого приміщення або чистої зони і виражається в термінах «Клас № ISO», що визначає максимально допустимі концентрації (частинок / м³) для заданих діапазонів розмірів частинок.

Таблиця 1.3

Класифікація чистих приміщень і чистих зон за ISO 14644-1

Клас ISO	Гранично допустимі концентрації частинок на 1 м ³ повітря, розмір яких дорівнює чи перевищує					
	0,1 мкм	0,2 мкм	0,3 мкм	0,5 мкм	1 мкм	5 мкм
1 ISO	10	2	–	–	–	–
2 ISO	100	24	10	4	–	–
3 ISO	1 000	237	102	35	8	–
4 ISO	10 000	2 370	1 020	352	83	–
5 ISO	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
6 ISO	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
7 ISO	–	–	–	352 000	83 200	2 930
8 ISO	–	–	–	3 520 000	832 000	29 300
9 ISO	–	–	–	35 200 000	8 320 000	293 000

Примітки: 1. Частинка – твердий або рідкий об’єкт, який у цілях класифікації чистоти повітря характеризується сукупним розподілом, що заснований на граничному розмірі (нижньої границі) в діапазоні 0,1-0,5 мкм.
2. Розмір частинки – діаметр сфери, яка в контролюючому приладі дає відгук від оцінюваної частинки.
3. Концентрація частинок – кількість окремих частинок в одиниці об’єму повітря.

Позначення класу чистоти за завислими у повітрі частинками для чистих приміщень і чистих зон включає:

- класифікаційне число, виражене як «Клас № ISO»;
- стан чистого приміщення;

– задані розміри частинок і відповідні концентрації, де кожний заданий граничний розмір частинок знаходиться в межах 0,1-5 мкм.

Приклад позначення:

Клас 5 ISO; оснащений стан; задані розміри частинок: 0,2 мкм (23 700 частинок / м³; 1,0 мкм (832 частинки / м³).

Просту і наочну класифікацію чистих приміщень здійснено за Федеральним стандартом США FS209D [15]. Згідно з нею клас чистого приміщення дорівнює максимально допустимому числу частинок розміром 0,5 мкм і більше в 1 куб. футі повітря. Наприклад, в 1 куб. футі повітря приміщення класу 100 повинно бути не більше 100 частинок розміром 0,5 мкм і більше.

Відповідність класів чистоти за різними стандартами наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Класифікація чистих приміщень за різними стандартами

ISO 14644 – 1	ДСТУ ГОСТ ИСО 14644-1-2004 (Україна)	ГОСТ ИСО 14644-1-2002 (Росія)	Стандарт FS 209D (США)
1 ISO	1 ISO	1 ИСО	–
2 ISO	2 ISO	2 ИСО	–
3 ISO	3 ISO	3 ИСО	1
4 ISO	4 ISO	4 ИСО	10
5 ISO	5 ISO	5 ИСО	100
6 ISO	6 ISO	6 ИСО	1000
7 ISO	7 ISO	7 ИСО	10000
8 ISO	8 ISO	8 ИСО	100000
9 ISO	9 ISO	9 ИСО	–

Чисте приміщення передбачає наявність чистої атмосфери, чистих поверхонь, чистого обладнання і чистої технології. Ніякі проекти і інвестиції не повинні виконуватися до визначення гігієнічних вимог до чистого приміщення. Необхідно забезпечити гарантовану гігієнічну якість і підтримування необхідного ступеня чистоти повітря в приміщенні (не обов'язково максимально можливого) за допомогою реалізації дорогого проекту захисту.

Основний підхід повинен передбачати задоволення гігієнічних вимог, де це необхідно, найбільш недорогим засобом і з максимальною ефективністю, але тільки в тому ступені, в якому це необхідно для конкретного приміщення.

Для визначення класу чистоти треба вказати стан чистого приміщення. Відрізняють три стани чистого приміщення: побудоване, оснащене і експлуатоване [8]. Побудоване – це стан, у якому монтаж чистого приміщення закінчено, всі обслуговуючі системи підключені,

але відсутні виробничі обладнання, матеріали і персонал. Оснащене – це стан, у якому чисте приміщення укомплектоване обладнанням і діє за угодою між замовником і виконавцем, але персонал (хворий і лікарі) відсутній. Експлуатоване – стан, у якому чисте приміщення функціонує встановленим чином зі встановленою чисельністю персоналу, відповідно до документації.

Такий розподіл на три фази створення та існування чистих приміщень має принципове значення при їх проектуванні, будівництві і експлуатації. На кожному етапі перевіряються відповідні йому параметри. Це дозволяє своєчасно виявляти помилки проекту і монтажу, дефекти в комплектуючих виробах і матеріалах, і в кінцевому результаті – вивести чисте приміщення на заданий клас чистоти, що підтверджується при його атестації. Процес документального підтвердження того, що об'єкт відповідає вимогам, які пред'являються до нього, називається *атестацією*. Атестація чистих приміщень відповідних груп лікарняних закладів здійснюється в побудованому, оснащеному і експлуатованому станах.

Таким чином, чисте приміщення – це штучно створене середовище. Поблизу земної поверхні такого рівня чистоти, як правило, немає. Наприклад, класу 5 ISO відповідає чистота атмосферного повітря на висоті 4 тис. км. Більш чистих середовищ у природі не існує. Підтримання заданого класу чистого приміщення – це постійна боротьба з можливими джерелами забруднення, підтримання постійного бар'єру між ним і зовнішнім природним забрудненим середовищем.

На це і направлена сучасна технологія створення і експлуатації чистих приміщень.

1.2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ЧИСТИХ ПРИМІЩЕНЬ

Чисте приміщення – складне і дороге інженерне спорудження. Для забезпечення заданого класу чистоти потрібен комплексний підхід. Треба слідувати основним принципам забезпечення чистоти на всіх етапах створення чистого приміщення, які включають:

- розробку концепції забезпечення чистоти;
- проектування;
- будівництво;
- експлуатацію.

Важливо знати вимоги до матеріалів, конструкції, обладнання і приладів, уміти їх правильно вибирати і використовувати. Забезпечити потрібний клас чистоти і підтримувати його в експлуатації можна тільки завдяки чіткому виконанню основних принципів, а також додержанню технології будівництва і послідовній атестації приміщення на всіх етапах його створення. При цьому важливо знаходити найбільш економічні рішення.

Можна умовно виділити наступні основні принципи створення чистих приміщень [15]:

1. Визначення необхідного виду потоку (односпрямований, неодносторонній, змішаний) і принципів розподілу зон із різними класами чистоти.

2. Формування потоків повітря. Забезпечення необхідної швидкості односторонніх потоків повітря для приміщень класів 5 ISO і більш чистих.

3. Забезпечення необхідного балансу повітрообміну, необхідної долі зовнішнього повітря, а для приміщень класів 5 ISO і менш чистих – кратності повітрообміну.

4. Забезпечення необхідного перепаду тиску повітря між приміщеннями.

5. Використання високоефективних фільтрів і багатоступінчатої фільтрації повітря.

6. Використання ефективних проектно-конструкторських рішень, належних матеріалів і обладнання.

7. Контроль параметрів повітря: концентрації частинок, концентрації мікроорганізмів, односторонності і швидкості одностороннього потоку повітря, перепаду тиску, цілісності високоефективних фільтрів, часу відновлення параметрів чистого приміщення тощо.

8. Правильна експлуатація чистих приміщень, включаючи вимоги до одягу, порядку очистки і дезінфекції тощо.

9. Навчання персоналу, виконання ним вимог власної гігієни, поведінки, переодягання тощо.

10. Атестація чистого приміщення.

Забезпечення чистоти повітря в приміщеннях ЛПЗ засобами вентиляції і кондиціонування направлено на вирішення наступних задач:

- захист хворого – приміщення операційних і палат з одностороннім і без одностороннього потоків повітря;
- захист хворого і навколишнього середовища – приміщення для інфекційних хворих (ізолятори).

1.2.1. Методи забезпечення чистоти різними потоками повітря

Чисті зони класу 5 ISO у високоасептичних операційних і палатах інтенсивної терапії створюються за рахунок односпрямованого потоку повітря, що проходить через високоефективні фільтри HEPA, які забезпечують стерилізуючу фільтрацію повітря. Такі зони можуть бути створені і в інших операційних та приміщеннях для інфекційних хворих (ізоляторів). Односпрямований потік повітря не дозволяє рухатися забрудненням назустріч потоку і перешкоджає попаданню їх у зону потоку з навколишнього середовища. Чистота повітря в решті приміщень забезпечується неоднаспрямованим потоком повітря, який пройшов необхідну фільтрацію.

1.2.2. Види захисту від забруднень

Захист від забруднення може бути двох видів:

- загальний, коли за рахунок подачі чистого повітря забезпечується заданий клас чистоти приміщення;
- місцевий, коли чисте повітря подається у визначену зону для створення більш високого класу чистоти, ніж клас чистоти приміщення.

Місцевий захист широко використовується в операційних і палатах інтенсивної терапії.

1.2.3. Принципи розділення чистих приміщень

Для розділення приміщень з різними класами чистоти застосовують три принципи [15]:

- принцип витісняючого потоку (висока швидкість потоку, низький перепад тиску);
- принцип перепаду тиску (високий перепад тиску, низька швидкість потоку);
- принцип фізичного бар'єру (ізолюючі чи бар'єрні технології).

Вибір принципу розділення приміщень здійснюється згідно з вимогами до даних приміщень і не розповсюджується на критичні зони з односпрямованим потоком повітря в операційних і палатах інтенсивної терапії.

Принцип витісняючого потоку. Витісняючий потік повітря направлений з більш чистого в менш чисте приміщення і має швидкість не більше 0,2 м/с у місця розділення приміщень.

Принцип перепаду тиску. Тиск повітря в більш чистому приміщенні вищий, ніж у менш чистому. В ізоляторах та інших приміщеннях, у яких існує загроза виділення інфекцій у повітря, підтримується від'ємний тиск по відношенню до навколишнього середовища. Перепад тиску повітря між суміжними приміщеннями з різними

класами чистоти повинен бути не менше 10-15 Па, а для безперешкодного відчинення дверей – не більше 20 Па.

Принцип фізичного бар'єру. Для запобігання переносу забруднень з менш чистої зони в більш чисту створюють непроникливий бар'єр. Цей принцип використовується, наприклад, у неонатологічних відділеннях.

1.2.4. Принципи створення асептичних операційних

Основним засобом захисту від забруднення в цих приміщеннях є місцевий захист. Це дозволяє суттєво зменшити витрати при створенні та експлуатації приміщень і забезпечити гнучкість рішень при внесенні змін у технологію операцій. Місцевий захист передбачає подачу односпрямованого вертикального потоку чистого повітря в критичні зони, якими є:

- операційний стіл;
- стіл (столи) для інструментів та матеріалів, які імплантуються, що знаходиться у відкритому вигляді;
- персонал, одягнений у стерильну одягу, який бере участь у виконанні операції.

Ціллю місцевого захисту є запобігання попадання в рану забруднень з повітря, одягу персоналу тощо.

Площа поперечного перерізу вертикального односпрямованого потоку повітря (дифузора односпрямованого потоку повітря) повинна бути не менше 9 м², а швидкість односпрямованого потоку повітря – в межах від 0,24 до 0,3 м/с. Унаслідок значних витрат повітря для формування односпрямованого потоку з ціллю економії застосовують місцеву рециркуляцію повітря. При цьому використовується тільки повітря приміщення, або до нього додається визначена доля зовнішнього повітря, за умови його знезараження з ефективністю інактивації мікроорганізмів і вірусів не менше 95 % (рис. 1.2).

Зони з односпрямованим потоком повітря обмежують завісами (щитками) по всьому периметру, які виготовляють з прозорих матеріалів, стійких до засобів дезінфекції, довжиною, як правило, не менше 0,1 м. Відстань від нижнього краю завіс (щитків) до підлоги – не менше 2,1 м (рис. 1.3).

Розділення операційної та інших приміщень здійснюється за одним з принципів: перепаду тиску або витісняючого потоку повітря. В останньому випадку чистота суміжних приміщень забезпечується за рахунок перетоку повітря з операційної, і повітряні шлюзи не передбачаються. При використанні принципу перепаду тиску передбачають безперервний (візуальний або автоматичний) контроль тиску.

В асептичних операційних забезпечують відвід повітря, яке видихає хворий, що містить відпрацьовані наркотичні гази і мікробні забруднення.

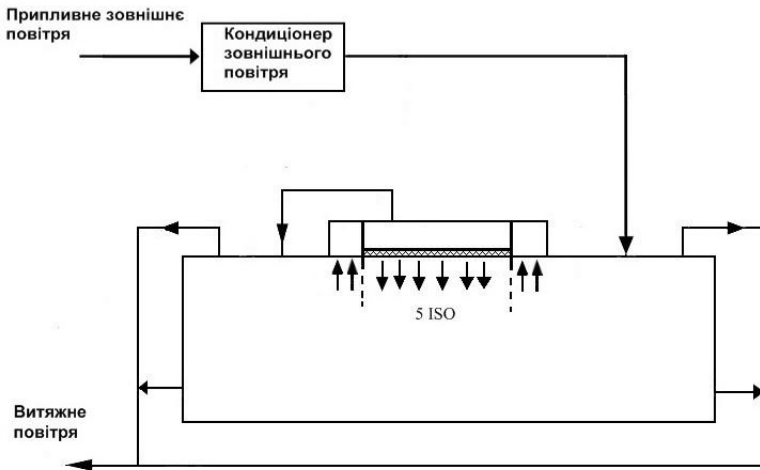


Рис. 1.2. Приклад СКВ з місцевою рециркуляцією повітря

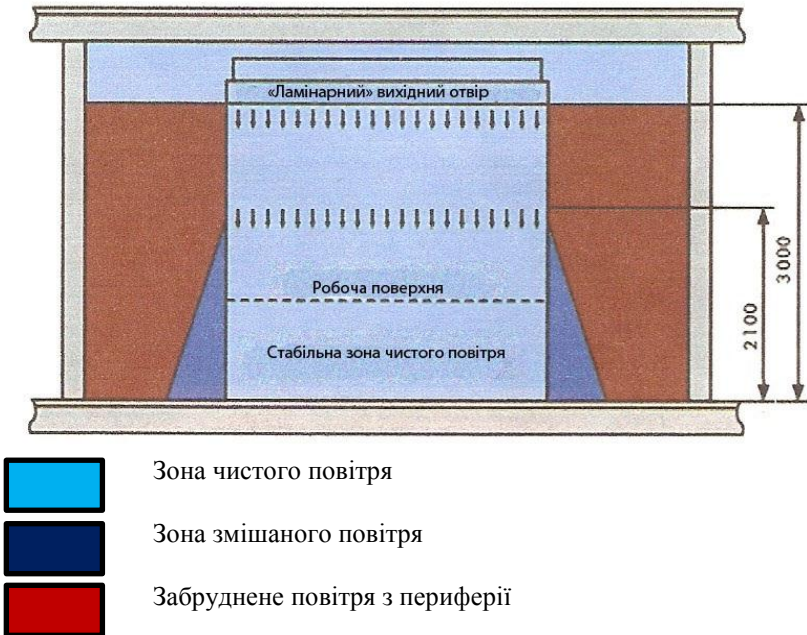


Рис. 1.3. Схема подачі односпрямованого потоку повітря з фартухом

1.2.5. Принципи створення палат інтенсивної терапії

У таких приміщеннях ліжко хворого знаходиться в зоні односпрямованого потоку повітря, який має швидкість 0,24–0,3 м/с. Більш економічним рішенням є вертикальний потік, але допускається використання і горизонтального потоку повітря. Можливість використання рециркуляції повітря визначається відповідно до призначень приміщень (палат).

Зона з односпрямованим потоком повітря обмежується завісами (щитками) по всьому периметру. Завіси (щитки) виготовляються з прозорих матеріалів, стійких до засобів дезінфекції, довжиною, як правило, не менше 0,1 м.

Розділення палат інтенсивної терапії та інших приміщень здійснюється за принципом перепаду тиску, при цьому передбачається безперервний (візуальний або автоматичний) контроль перепаду тиску.

Для входу в палати інтенсивної терапії передбачені повітряні шлюзи.

1.2.6. Принципи створення загальних операційних і приміщень з підвищеними вимогами до чистоти

У приміщеннях цієї групи передбачається фільтрація повітря з кратністю повітрообміну, що забезпечує заданий клас чистоти.

В операційних передбачені зони з односпрямованим потоком повітря з перерізом 3–4 м², меншим, ніж для зон високоасептичних операційних, який проходить триступеневу фільтрацію через фільтри класів (G4–F5) – (F7–F9) – (H13–H14). Зони обмежені завісами (щитками) по всьому периметру, і вимоги до них (крім вказаних розмірів) – як до зон високоасептичних операційних.

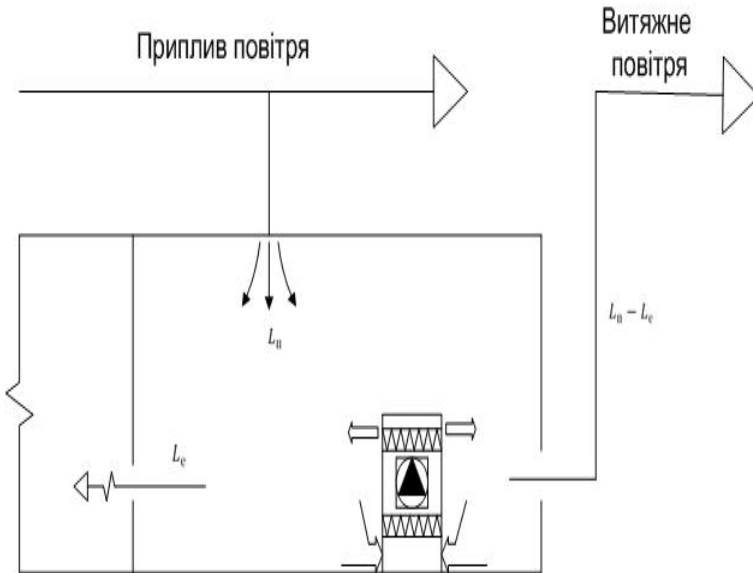
У приміщеннях цієї групи допускається рециркуляція повітря при забезпеченні заданого класу чистоти.

З ціллю забезпечення універсальності операційних даної групи приміщень і можливості проведення будь-яких операцій, рекомендується на стадії проектування розглянути питання про їх використання згідно з вимогами до високоасептичних операційних.

Розділення приміщень цієї групи та інших приміщень здійснюється за одним з принципів: витісняючого потоку чи перепаду тиску. Безперервний контроль даних параметрів і повітряні шлюзи в приміщеннях не передбачені.

Іноді використовують автономні пристрої очистки повітря, яке проходить через фільтри класу не нижче F9 (рис. 1.4).

В опікових відділеннях для хворих зі значними опіками створені палати (зони) класу чистоти 5 ISO, які обладнані приладами для обдування уражених ділянок тіла вертикальним односпрямованим потоком повітря. Для випадків, коли потрібен обдув уражених ділянок тіла з різних боків, використовують автономні пристрої очистки повітря, що дозволяє запобігти потраплянню забруднень на уражені ділянки.



L_p – витрати приливною повітря;
 L_e – витрати повітря за рахунок ексфільтрації.

Рис. 1.4. Приклад використання автономного пристрою очистки повітря в загальній операційній

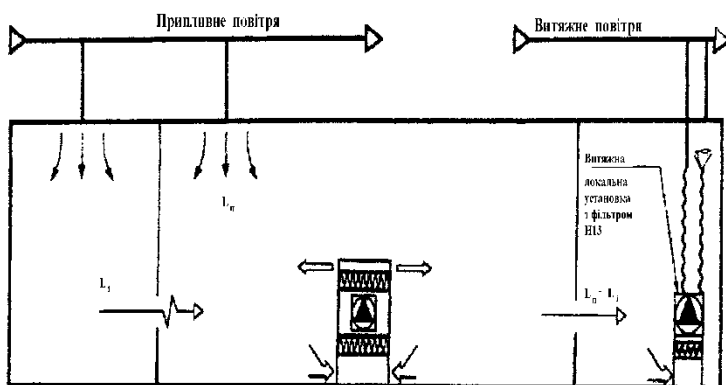
1.2.7. Принципи створення приміщень для інфекційних хворих (ізолятори)

У приміщеннях цієї групи встановлюють окрему систему вентиляції з використанням, за необхідності, витяжних фільтрів класу Н13, встановлених на границі приміщення і витяжного повітропроводу.

Кратність повітрообміну повинна бути не менше 12 год^{-1} , а рециркуляція повітря не допускається. Для зменшення витрат припливного повітря і забезпечення кратності повітрообміну використовують автономні пристрої очистки повітря (рис. 1.5).

Вхід у приміщення і вихід з нього організують через активний повітряний шлюз із примусовою подачею чистого повітря. Повітря з повітряного шлюзу може подаватися в ізолятор. Клас чистоти шлюзу повинен бути не нижче класу чистоти приміщення ізолятора. В ізоляторах підтримують від'ємний тиск по відношенню до суміжних приміщень, у тому числі і до повітряного шлюзу. Перепад тиску має бути не менше 15 Па, і при цьому необхідно забезпечити його безперервний (візуальний або автоматичний) контроль.

В операційних, де оперують хворих з гнійною та іншими інфекціями, передбачені зони з односпрямованим потоком повітря і треступеневою його фільтрацією через фільтри.



L_n – витрати припливного повітря;

L_i – витрати повітря за рахунок інфільтрації

Рис. 1.5. Приклад використання автономного пристрою очистки повітря в ізоляторах

1.3. ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ ЛІКАРНЯНО-ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАКЛАДІВ

Параметри, які впливають на мікроклімат у приміщеннях ЛПЗ, можуть бути розділені на дві групи: параметри забезпечення комфорту і гігієни.

Критеріями комфортних параметрів повітря є:

- прийнятний температурний діапазон;
- прийнятна відносна вологість;
- необхідна витрата припливного повітря;
- допустимий рівень шуму.

Ці параметри важливі для асиміляції тепловиділень від зовнішніх і внутрішніх джерел, а також для компенсації тепловтрат і для забезпечення комфортних умов у приміщенні.

Критеріями гігієнічних параметрів повітря є:

- забезпечення концентрації мікроорганізмів у заданих границях;
- виділення з приміщення забруднюючих речовин, наприклад, таких, як виділяючі гази;
- контролювання руху повітря в приміщенні.

Параметрами підтримання гігієнічних умов є концентрація мікробів і забруднюючих газів, а також рух повітря між приміщеннями. У зв'язку з цим, концентрація забруднюючих речовин повинна знаходитися на мінімально необхідному рівні, а рух повітря між приміщеннями необхідно контролювати.

У процесі проектування систем вентиляції і кондиціонування для чистих приміщень необхідно розглядати ці параметри в їх сукупності. Для асиміляції надлишків тепла, щоб забезпечити необхідну якість повітря, слід перевіряти кількість кондиціонованого повітря так само, як і кількість витісняючого повітря, яке необхідне для підтримання концентрації мікроорганізмів у приміщенні нижче визначеного рівня.

Тепловий комфорт людини залежить від одягу і ступеня її рухливості, а також параметрів мікроклімату в приміщенні.

У зонах з односпрямованим потоком повітря для забезпечення комфорту медичного персоналу і хворого забезпечується можливість регулювання температури потоку повітря. Діапазон регулювання температури встановлюється, як правило, в границях від 18 до 24 °С. У педіатричних відділеннях максимальне значення температури може бути 27 °С. Точність підтримання температури $\pm 1^\circ\text{C}$ від номінального значення.

Розрахункові температура, відносна вологість і максимальна рухомість повітря для холодного і теплого періоду року в приміщеннях закладів охорони здоров'я визначаються за ДБН В.2.2-10-2001 [6], СанП та Н 5179-90 [16] і ДСанП і Н 6.6.3-150-2007 [5], які наведені в додатку А (табл. А.1, А.2).

Рекомендовані розрахункові параметри повітря в приміщеннях ЛПЗ, що відповідають нормативним документам ЄС і Росії, а також сучасним результатам наукових досліджень повітряного середовища, які проводяться на базі клінічних закладів, наведено в табл. 1.5 [3].

Для запобігання перетоку повітря за рахунок різниці гравітаційних сил температура повітря в коридорах і приміщеннях, об'єднаних одним коридором, повинна дорівнювати температурі повітря найбільш

чистого приміщення, а для патологоанатомічних відділень – найбільш брудного.

Таблиця 1.5

Параметри повітря в приміщеннях ЛПЗ, що відповідають нормативним документам ЄС і Росії

Клас чистоти приміщення	Розрахункова температура повітря, °С	Відносна вологість повітря при 22 °С, %	Кратність повітрообміну, год ⁻¹	Приплив зовнішнього повітря на одну людину, м ³ /год
Особливо чисті (А)	18-28	30-60	≥ 25	≥ 80
Чисті (Б)			≥ 10	
Умовно чисті (В)			≥ 5	
Брудні (Г)			≥ 2	
<i>Примітка.</i> Конкретні значення температури і вологості повітря в приміщеннях визначаються замовником спільно з проектною організацією при узгодженні технологічного завдання.				

Відносна вологість повітря повинна бути в межах 55-60 %, а в холодний період у палатах з механічною припливно-витяжною вентиляцією – 30-50 % [6]. У приміщеннях, у яких за медичними показниками необхідно забезпечити зволоження повітря, мінімально допустима відносна вологість повітря складає 30 % при температурі 22°С [11].

Для оцінки кількості тепла, яке виділяється організмом людини при різних видах діяльності, вводиться спеціальний показник, який називається «Met» (від слова «метаболізм» – виділення тепла усередині організму). У спокійному стані людина виділяє 58 Вт/м² тепла, що відповідає 1 Met [18].

Виділення тепла організмом людини залежно від виду діяльності наведено в табл. 1.6 [18].

Наш одяг перешкоджає передачі тепла в зовнішнє середовище. Щоб мати можливість це врахувати, вводять коефіцієнт теплового опору одягу, одиниця вимірювання якого отримала назву «Clo» (скорочення від англ. clothing – одяг; 1 Clo = 0,155 м² х К/Вт).

Літній костюм, наприклад, має показник 0,5 Clo, зимовий одяг може мати від 0,8 до 1,0 Clo і більше. Показники є умовними і можуть змінюватися залежно від типу матеріалу і комплекту одягу.

Таблиця 1.6

Виділення тепла організмом людини залежно від виду діяльності

Вид діяльності	Кількість тепла, яке виділяється організмом людини	
	Вт/м ²	Met
Сон	40	0,7
Спокій, положення сидячи	58	1,0
Читання, положення сидячи	60	1,0

Розслаблення, положення стоячи	70	1,2
Легка праця	70	1,2
Ходьба в приміщенні	100	1,7
Праця середньої інтенсивності	120	2,1
Танок	140–255	2,4–4,4
Важка праця	235–280	4,0–4,8

На рис. 1.6 представлено діаграму, що дозволяє визначити умови комфорту залежно від вищевказаних параметрів, які можуть задовольнити більшість людей.

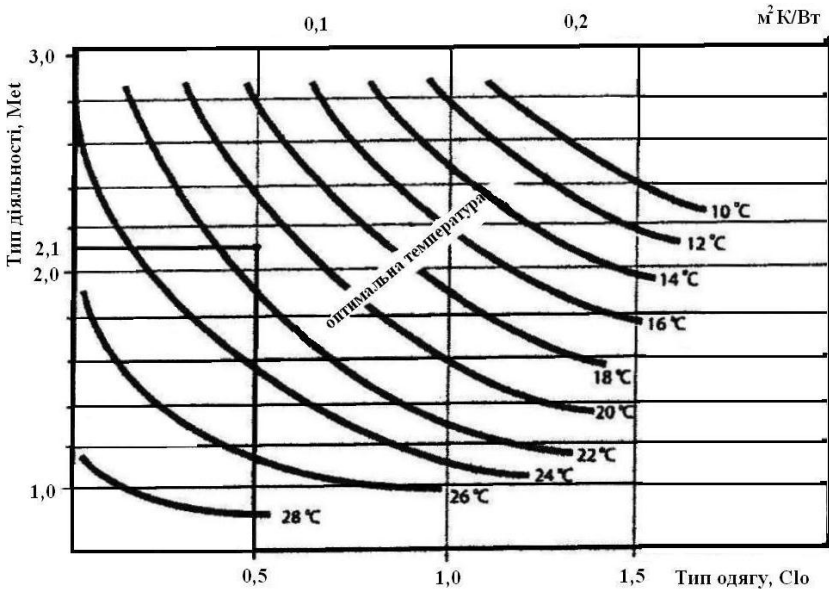


Рис. 1.6. Діаграма для визначення умов комфорту людини залежно від одягу і виду діяльності

На діаграмі враховується вид діяльності людини (вертикальна шкала) та ізоляційні властивості одягу (горизонтальна шкала). У полі діаграми зображені декілька кривих «оптимальної температури», які відповідають середнім показникам температури між температурою зовнішнього середовища і середньою температурою стін при умові малої швидкості руху повітря. Наприклад, якщо людина займається працею середньої інтенсивності (2,1 Met) у літньому одязі (0,5 Clo), то оптимальна температура для її роботи складає 21 °С.

Слід відзначити, що підвищення ізоляційних властивостей на кожні 0,1 Clo компенсується зниженням температури на 0,6 °С.

При визначенні вимог до теплового комфорту в приміщеннях ЛПЗ рекомендують використовувати наступні значення коефіцієнтів теплового опору одягу і показників метаболізму [11; 15]:

- 1) коефіцієнти теплового опору одягу:
 - хворих і персоналу – 0,5 Clo;
 - лікарів-хірургів – 1,2 Clo;
- 2) показники метаболізму:
 - лежачого хворого – 0,8 Met;
 - ходячого хворого – 1,2 Met;
 - працюючого персоналу – 1,6 Met;
 - лікаря хірурга-травматолога (ортопеда) – 2,4 Met.

У зв'язку з високим коефіцієнтом теплового опору комплексу одягу хірурга (1,2 Clo), в операційних вологість повітря не повинна перевищувати 50 %.

Швидкість руху повітря в приміщеннях за СанП та Н 5179-90 не повинна перевищувати 0,15 м/с, а за ГОСТ Р 5239-2006 (Росія) – 0,3 м/с.

1.4. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ

1. Які вимоги за санітарно-мікробіологічними показниками ставлять до приміщень ЛПЗ ?
2. Категорії щодо чистоти приміщень.
3. Що таке чисте приміщення (чиста зона)?
4. Що таке клас чистоти, його позначення?
5. Які бувають стани чистого приміщення?
6. Основні принципи створення чистих приміщень.
7. Якими потоками повітря забезпечується чистота приміщень?
8. Види захисту від забруднень.
9. Принципи розділення чистих приміщень.
10. Принципи створення асептичних операційних.
11. Принципи створення палат інтенсивної терапії.
12. Принципи створення загальних операційних.
13. Принципи створення приміщень для інфекційних хворих (ізолятори).
14. Які критерії комфортних параметрів повітря?
15. Які критерії гігієнічних параметрів повітря?
16. Яким показником оцінюється кількість тепла, яке виділяється організмом людини при різних видах діяльності?
17. Що таке коефіцієнт теплового опору одягу?

Розділ 2

ПРИНЦИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ЛІКАРНЯНИХ ПРИМІЩЕНЬ

2.1. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ

У будинках ЛПЗ передбачають установку припливно-витяжної вентиляції з механічним спонуканням (або змішану природну витяжну вентиляцію з механічною припливною) і кондиціонування повітря, які забезпечують повітряно-тепловий баланс приміщень та відділень.

Системи кондиціонування і вентиляції повітря в приміщеннях лікувальних закладів забезпечують:

- виконання вимог до мікроклімату;
- подачу в приміщення потрібної кількості зовнішнього повітря;
- необхідну чистоту повітря залежно від призначення приміщення;
- видалення шкідливих речовин тощо.

При проектуванні, будівництві (реконструкції) і експлуатації СКВ для ЛПЗ слід користуватися основними положеннями діючих спеціальних нормативних документів [5; 8; 6; 16], тому що ці системи мають ряд особливостей порівняно із системами інших громадських будівель і споруд.

При проектуванні СКВ і чистих приміщень слід приймати рішення, які знижують капітальні і експлуатаційні витрати за рахунок обґрунтованого використання рециркуляції повітря і рекуперації тепла (холоду), правильного вибору кратності повітрообміну, перепадів тиску, площі поперечного перерізу односпрямованого потоку повітря та інше. Слід також визначити витрати зовнішнього, припливного, витяжного, рециркуляційного і видаленого повітря, забезпечити баланс повітрообміну і вибрати число ступенів фільтрації і класи фільтрів очистки повітря.

Самостійні системи припливно-витяжної вентиляції передбачають для приміщень: операційних блоків (окремо для асептичних і септичних блоків), реанімаційних залів та палат інтенсивної терапії (окремо для дюдей з вулиці, що потрапили до лікарні, та з відділень лікарень), пологових палат (окремо для фізіологічного та обсерваційного відділень), палат в акушерських відділеннях і пологових будинках (окремо для фізіологічного і обсерваційного відділення), палат новонароджених недоношених та травмованих дітей кожного відділення (окремо для

фізіологічного та обсерваційного відділень), рентгенівських і радіологічних відділень, лабораторій, грязелікування, водолікування, сірководневих і радонових ванн, санітарних вузлів, аптек, а також для приміщень, що визначається технологічною частиною проекту.

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

Повітроводи СКВ мають клас «Щ» (щільні) і після високоефективних (бактеріологічних) фільтрів виконуються з нержавіючої сталі.

Зволоження повітря в приміщеннях з нормативною відносною вологістю повітря здійснюється парогенераторним устаткуванням.

Зовнішнє повітря, яке подається системами припливної вентиляції, і повітря, що видаляється з радіологічних відділень з відкритими джерелами випромінювання, мікробіологічних відділень з патогенними матеріалами, віваріїв, очищають у 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, додатково очищають у бактеріцидних фільтрах.

Повітря подається до верхньої зони та видаляється з верхньої зони приміщення, а з операційних, наркозних, реанімаційних, пологових, рентгенівських та радіологічних процедурних видалення повітря здійснюється з двох зон: 40 % – з верхньої зони та 60 % – з нижньої зони.

В Україні діючі нормативні документи [6] не допускають у закладах охорони здоров'я рециркуляцію повітря та утилізацію теплоти витяжних установок. Але сучасні стандарти інших країн дозволяють в окремих випадках використовувати рециркуляційне повітря при забезпеченні відповідного ступеня чистоти для зниження капітальних і експлуатаційних витрат [3; 11; 15]. Тому питання можливості використання рециркуляції повітря і утилізації теплоти повинно розглядатися в кожному випадку окремо, відповідно до технологічної частини проекту.

В операційних без односпрямованого потоку повітря, приміщеннях, які не потребують спеціальних заходів захисту хворого, персоналу та інших хворих, та ізоляторах з ціллю збільшення кратності повітрообміну, зниження навантаження на центральний кондиціонер і забезпечення перепаду тиску повітря (додатного чи від'ємного) між приміщеннями можуть використовуватися автономні пристрої очистки повітря з фінішними фільтрами класу не нижче F9, а для забезпечення більш високого рівня чистоти у приміщенні – класів N12–N14 (див. рис. 1.3 та 1.4).

Мінімальна витрата зовнішнього повітря залежить від виділення шкідливих речовин, кількості людей у приміщенні і необхідності підтримання потрібного перепаду тиску в приміщеннях. Кількість припливного зовнішнього повітря приймають з розрахунку не менше 80 м³/год на одну людину [16; 17], а за стандартом [11] – не менше 100 м³/год для операційних і палат інтенсивної терапії. Витрата зовнішнього повітря в приміщеннях, у яких використовують засоби анестезії, повинна бути не менше 800 м³/год з розрахунку на один наркозний апарат, а в палатах для хворих, що палять, – не менше 72 м³/год з розрахунку на одну людину.

За сучасною класифікацією операційні належать до чистих приміщень класу 5 ISO і вище [19].

Основні елементи системи кондиціонування повітря для чистого приміщення наведено на рис. 2.1 [20]. Система має три ступеня фільтрації припливного повітря і один ступінь фільтрації витяжного повітря, систему утилізації теплоти, три глушники на припливі і два на витяжці, повітророзподільник зі змінною витратою повітря.

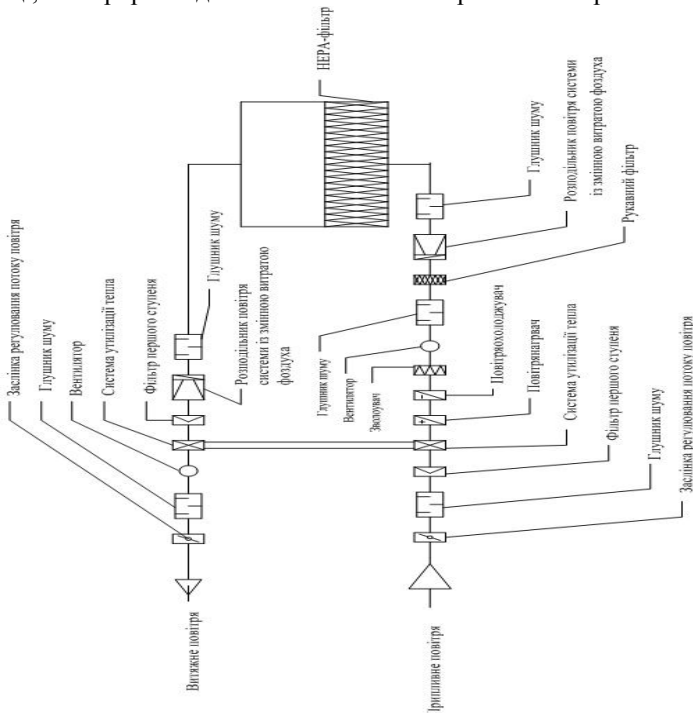


Рис. 2.1. Основні елементи системи кондиціонування повітря для чистого приміщення

2.2. ОРГАНІЗАЦІЯ ПОВІТРООБМІНУ В ЧИСТИХ ПРИМІЩЕННЯХ

2.2.1. Розрахунок витрати припливного повітря

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

Розрахунок повітрообміну щодо шкідливості здійснюється за методикою, наведеною в довіднику проектувальника [21].

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

$$n = \frac{60n_k k_n}{V_{np} N_{кр}}, \quad (1)$$

де n – число мікроорганізмів у 1 м³ повітря;

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

k_n – кількість персоналу в приміщенні;

V_{np} – об'єм приміщення, м³;

$N_{кр}$ – кратність повітрообміну, 1/год.

Кратність повітрообміну $N_{кр}$ з урахуванням емісії мікроорганізмів від людей розраховується за формулою:

$$N_{кр} = \frac{60n_k k_n}{V_{np} n_{норм}}, \quad (2)$$

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

Для чистих приміщень n_k приймають рівним 1000 КУО/хв.

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

$$N_{кр} = \frac{60n_k k_n k}{V_{np} n_{норм}}, \quad (3)$$

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

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

$$L = V_{пр} N_{кр} . \quad (4)$$

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

Витрати зовнішнього повітря визначають розрахунком за надлишками тепла і вологи та приймають не менше величини, наведеної в додатку А (див. табл. А.1) до відповідних приміщень. За [17] приплив зовнішнього повітря приймають з розрахунку не менше 80 м³/год на людину в приміщеннях палат для дорослих хворих, для матерів дитячих відділень, інфекційних хворих, у приміщеннях гіпотермії, а за стандартом [11] для операційних і палат інтенсивної терапії – не менше 100 м³/год з розрахунку на одну людину.

У закордонній практиці кількість зовнішнього повітря визначається шляхом складання об'єму витяжки за приміщеннями і збільшення отриманої кратності на 2 обміну/год [22]. Ця напівемпірична величина – перевірена практикою розрахункова кількість повітря для підбору обладнання систем кондиціонування. Фактична кількість зовнішнього повітря буде змінною, залежно від відчинення дверей, витоків і реального графіку роботи витяжки.

В приміщеннях категорії чистоти ОЧ кратність повітрообміну приймають за розрахунками, але не менше значень, указаних у додатку А (див. табл. А.1), в інших приміщеннях ЛПЗ – за нормою кратності, вказаної в табл. А.1 і А.2 додатку А.

Тиск повітря в чистих приміщеннях зазвичай буває підвищеним по відношенню до навколишніх приміщень. Як правило, рекомендується перепад тиску 12-15 Па. Більш високий надлишковий тиск викликає свистячий шум у щілинах і утруднення при відчиненні дверей. У блоках чистих приміщень з різними класами чистоти прийнято підтримувати перепад тиску 5 Па між суміжними приміщеннями, при цьому в приміщенні з більш високим класом чистоти підтримується більш високий тиск.

Повітрообмін у загальних приміщеннях (коридорах і рекреаціях) приймається за балансом прилеглих до них приміщень, але не менше однократного. При розрахунку повітрообміну за надлишками теплоти і вологи враховують кількість людей у приміщенні та їх категорію роботи.

Рециркуляційне повітря у приміщеннях ЛПЗ можна використовувати в наступних випадках [11]:

- при використанні в якості рециркуляційного тільки повітря, яке видаляється з того ж приміщення або з приміщень тієї ж групи (наприклад, функціональний блок операційної за умови його знезаражування з ефективністю інактивації мікроорганізмів і вірусів не менше 95 %;

- при подачі рециркуляційного повітря окремо або разом із зовнішнім повітрям за умови його знезаражування з ефективністю інактивації мікроорганізмів і вірусів не менше 95 %).

Пристрої знезаражування повітря, які використовуються в СКВ, повинні забезпечувати контрольовану ефективність інактивації мікроорганізмів не нижче нормованих.

Доля притоку зовнішнього повітря повинна складати не менше 30 %, а доля внутрішнього рециркуляційного повітря – не більше 70 % від загальної витрати повітря.

2.2.2. Способи роздачі повітря

Правильна організація потоків повітря є одним з вирішальних факторів, які визначають ефективність чистих приміщень і безпеку хворого. Повітря, що подається в приміщення, виконує двояку роль: по-перше, зменшує концентрацію забруднень, а по-друге, захоплює і виносить забруднення з приміщення. Повітряний потік повинен виносити з приміщення всі частинки, які виділяються людьми, обладнанням, матеріалами. При цьому не повинно бути застійних зон з поганим обміном повітря. Повітря повинно обтікати всі поверхні в чистому приміщенні і видаляти частинки з прилеглого до цих поверхонь простору.

Існують три типи потоків повітря [15]:

- односпрямований потік (раніше називався «ламінарним»), коли лінії течії всіх повітряних струменів паралельні;

- неодноспрямований потік (раніше називався «турбулентним»), коли лінії течії непаралельні;

- змішана течія, коли в одній частині приміщення повітряні струмені можуть бути паралельні, а в іншій частині – ні.

У чистих приміщеннях класу 5 ISO і більш чистих використовується односпрямований потік повітря, а приміщення класу 6 ISO і менш чисті – це приміщення з неодностороннім потоком. Таким чином, клас 6 ISO є свого роду границею, що розділяє ці два види приміщень, які суттєво відрізняються конструкцією і вимогами, що до них пред'являються.

На рис. 2.2 представлені найбільш поширені схеми подачі повітря в операційну (схема 1г) забезпечує односпрямований вертикальний потік повітря, інші схеми – неодносторонній потік повітря) [19].

Односпрямований потік може бути вертикальним чи горизонтальним. Місця припливу і витяжки односпрямованого потоку повітря повинні розміщатися, за можливістю, один навпроти одного, щоб забезпечити пряму течію потоку. Конструктивні рішення приміщення і робочих місць повинні максимально виключити порушення потоку повітря в робочій зоні.

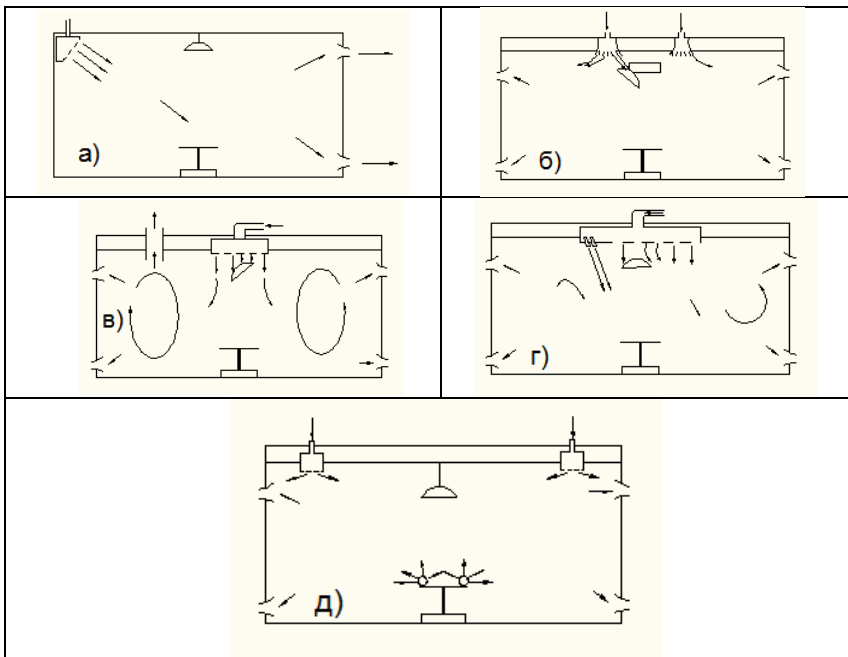


Рис. 2.2. Схеми подачі повітря в операційне приміщення:

- а) приплив повітря через нахилену ґратку;
- б) приплив повітря через радіальні стельові дифузори;

- в) перфорована листова стельова панель з вертикальним припливним повітрям;
- г) односпрямований вертикальний потік повітря через сітчатий стельовий повітророзподільник;
- д) приплив повітря з кільцевого шлангу.

Властивістю односпрямованого потоку повітря є те, що у всіх точках поперечного перерізу потоку, перпендикулярного напрямку його руху, чистота повітря однакова. Відповідно, частини обладнання, які знаходяться в одному поперечному перерізі односпрямованого потоку, оточені зонами з однаковим класом чистоти. Тому процес виділення забруднень, який відбувається в горизонтальній площині чи напрямку, слід розміщати в зоні вертикального односпрямованого потоку. Навпаки, якщо процес протікає у вертикальній площині, його бажано розміщати в зоні горизонтального потоку.

Треба мати на увазі, що найкращий рівень чистоти забезпечується поблизу місця припливу повітря. Далі по течії потоку зростає імовірність його забруднення. Першою по течії потоку повинна розміщатися чиста робоча зона, а потім обладнання, персонал, матеріали та інше.

Найбільш широко використовуються чисті приміщення з вертикальним потоком повітря, який проходить від стельових HEPA або ULPA фільтрів до витяжних отворів у стінах чи підлозі. Оскільки у медицині потрібен захист не тільки від частинок, а і від мікроорганізмів, що передбачає дезінфекцію поверхонь, то випуск повітря в підлогу майже не використовують, на відміну від інших галузей, де задіяні чисті технології.

Якість потоку повітря і чистоти в робочій зоні залежить від розміщення і конфігурації обладнання, організації робочих місць, впливу джерел тепла тощо, оскільки суть односпрямованого потоку полягає в тому, що всі частинки, які знаходяться в повітрі чистої зони, повинні виноситися потоком повітря з приміщення. Перешкоди на шляху потоку, джерела тепла і т. п. створюють завихрення повітря в застійних зонах, з яких частинки не виділяються. Таким чином, в окремих зонах відбувається накопичення забруднень. Прикладами таких ситуацій є [15]:

– Розміщення столу впритул до стінки. У цьому випадку відбувається завихрення вертикального потоку повітря і неможливо створити потрібний клас чистоти в робочій зоні. Проблема вирішується, якщо відсунути стіл від стіни на відстань не менше 100 мм, що різко покращить аеродинамічну картину.

– Турбулізація повітря в районі безперервної горизонтальної поверхні. Швидкість вертикального потоку повітря починає знижуватися приблизно в 50 мм від безперервної горизонтальної поверхні, знижуючись майже до нуля в самій поверхні, що створює загрозу забруднення поблизу такої поверхні. Якщо передбачити перфорацію кришки столу, то потік повітря пройде вниз крізь стіл, практично не змінюючи своєї форми.

– Неправильна організація робочого місця, коли персонал змушений нахилитися над робочою поверхнею, через що забруднення, які виділяє персонал, попадають у робочу зону і на хворого. Тому в чистому приміщенні треба приділяти увагу ергономіці робочого місця, щоб звести до мінімуму необхідні маніпуляції.

– Конструкція обладнання, не пристосована до чистих приміщень. Обладнання не повинно мати випуклих частин, перешкоджаючих обтіканню повітрям робочої зони.

– Наявність джерел тепла. У цьому випадку необхідно, з урахуванням величини тепловиділення, передбачити місцеве відведення повітря чи подачу його в цю зону з підвищеною швидкістю.

Слід мати на увазі, що повітря по-різному обтікає поверхні різної форми. У зоні предмета з прямокутними чи гострими кінцями утворюються вихорі повітря, які приводять до загрози повторного осідання частинок. При обтіканні повітрям циліндричних предметів з круглими кінцями аеродинамічна картина значно краща, і частинки, які знаходяться в повітрі, надійно виносяться з цієї зони. Тому предмети і конструкції, які використовуються в чистих приміщеннях, повинні мати круглі кути і кінці, а також гладкі поверхні.

На якість односпрямованого потоку повітря великий вплив має конструкція розподільного пристрою, через який повітря проходить безпосередньо в чисте приміщення. Цей повітродістельний пристрій розміщується між камерою статичного тиску і чистим приміщенням або безпосередньо між HEPA/ULPA фільтрами і чистим приміщенням. Він може виконуватися у вигляді ґратки або одинарної чи двійної сітки. Важливе значення має розмір отворів і відстань між отворами, через які проходить повітря, чим більша ця відстань, тим більше «мертві зони» і тим гірше якість потоку.

Неодносторонній потік повітря – це розподіл повітря, при якому, надходячи в чисту зону, повітря змішується з внутрішнім повітрям шляхом подачі струменя припливного повітря [11].

Якщо в приміщеннях з односпрямованим потоком повітря повітродістельник займає всю площу стелі над операційною зоною, то в приміщеннях з більш низьким класом чистоти з неодностороннім потоком повітря припливні дифузори займають лише

частину стелі, іноді зовсім невелику. Витяжні ґратки також можуть розташовуватися по-різному, через що потоки повітря в приміщенні мають складну картину (див. рис. 2.1). Можлива наявність «мертвих» або застійних зон, які не обтікаються чистим повітрям, з яких не видаляються забруднення.

Те, наскільки чисте приміщення виконує свою задачу, залежить від якості проектних рішень, розміщення обладнання, персоналу, припливних і витяжних отворів, врахування виділення тепла і забруднень від обладнання, персоналу, використовуваних матеріалів і технологічних середовищ (рідина, газ та інше), тобто всього, що впливає на характеристики потоку повітря. У цьому випадку лише тільки методами фізичного і математичного моделювання можна визначити вид потоку, його форму, напрямок і швидкість. Фізичне моделювання може бути обов'язковим етапом при атестації вже побудованого приміщення. Існують декілька прийомів фізичного моделювання, які відрізняються своєю складністю. Один з найбільш простих – візуалізація повітряного потоку за допомогою спеціальних трубок, які виділяють видимий дим при проходженні через них повітря.

Отримати реальну картину потоків повітря в готовому приміщенні – корисна і важлива задача, але якщо на цьому етапі виявлені суттєві помилки в проекті, то виправити їх може бути складно чи взагалі неможливо. Тому важливе значення має моделювання потоків повітря на етапі проектування, коли закладається концепція проекту і його основні рішення. Це можна зробити методами математичного моделювання, що дозволяє враховувати велику кількість факторів, які впливають на картину потоків повітря, і оцінити, як положення фільтрів, обладнання, джерел тепловиділення (ламп, приладів, тощо) діє на потоки повітря і клас чистоти в різних зонах чистого приміщення.

Концентрація аерозольних частинок і мікроорганізмів у повітрі чистого приміщення визначається взаємодією повітряних потоків, їх формою і напрямком, джерелами забруднення і тепла, конфігурацією і розміщенням обладнання, кількістю, місцем знаходження і одягом персоналу, розміщенням місць припливу і витяжки повітря та іншими факторами. Зміна будь-якого з цих елементів тягне за собою зміну потоків повітря і рівня забруднення.

Сучасні методи комп'ютерного моделювання дозволяють отримати картину потоків повітря з урахуванням вищенаведених параметрів [15]. При цьому будуються лінії течії повітря з позначенням швидкостей течії, температури та інших характеристик. Це дозволяє оптимізувати проектні рішення і параметри системи підготовки повітря.

Методи чисельного моделювання потоків повітря базуються на системі нестационарних рівнянь Нав'є – Стокса з використанням моделі турбулентності, рівнянь балансу енергії теплопровідного газу і концентрації забруднень.

Зараз комп'ютерне моделювання потоків повітря в чистих приміщеннях для кожного конкретного випадку стало важливим етапом, так як створення чистого приміщення звичайно потребує індивідуальних рішень, типові проекти тут, як правило, не використовуються. Комп'ютерне моделювання – наочний і недорогий засіб розв'язання задач проектування на етапах принципових рішень, ескізної розробки і робочого проектування. Його матеріали також корисні при атестації чистих приміщень.

Як правило, в приміщеннях категорії чистоти «Ч» і «Б» повітря подається до верхньої зони та видаляється з верхньої зони приміщення [5; 6]. Схему припливу і видалення повітря з верхньої зони наведено на рис. 2.3.

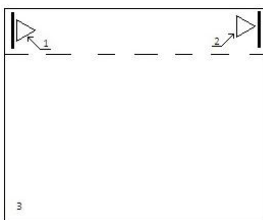


Рис. 2.3. Схема припливу і видалення повітря з верхньої зони приміщення: 1 – приплив; 2 – видалення; 3 – робоча зона.

З операційних, наркозних, реанімаційних, пологових, рентгеновських кабінетів та радіологічних процедурних видалення повітря слід здійснювати з двох зон: з верхньої зони – 40 %, з нижньої – 60 % (рис. 2.4).

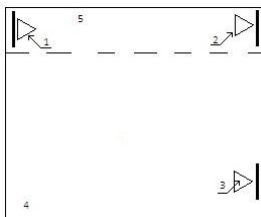


Рис. 2.4. Схема видалення повітря з верхньої і нижньої зон приміщення: 1 – приплив; 2 – видалення; 3 – видалення з нижньої зони; 4 – робоча зона; 5 – верхня зона приміщення.

Видалення повітря з верхньої зони повинно здійснюватися на відстані не більше 0,1 м від стелі до верху ґратки, з нижньої – на відстані не більше 0,6 м від рівня підлоги до низу ґратки.

2.3. СХЕМИ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ ЛПЗ

У приміщеннях ЛПЗ найбільш відповідальними за якістю повітряного середовища є приміщення операційних і палат інтенсивної терапії, для яких СКВ повинні забезпечити виконання наступних вимог:

- перешкоджати розповсюдженню хвороботворних бактерій повітряним шляхом;
- створювати для хворого і персоналу максимальні умови теплового комфорту;
- перешкоджати утворенню статичної електрики і запобігати ризику вибуху газів, що використовуються при наркозі.

Забезпечення високої якості повітря в приміщеннях передбачає рішення ряду основних задач, кожна з яких знаходить своє відображення в конструкції систем кондиціонування і вентиляції повітря. Основні задачі, які треба вирішувати при створенні СКВ для операційних, наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Основні складові якісного повітря в операційних приміщеннях

Задача	Проблеми	Конструктивні особливості СКВ для вирішення проблеми
Мінімізація хімічного забруднення газами-анестетиками	Хімічні забруднення не можуть бути відфільтровані, тому необхідно розбавлення забруднення свіжим повітрям до гранично допустимої концентрації	Витрата припливного повітря повинна бути постійною незалежно від росту опору системи за мірою забруднення фільтрів. Тому СКВ забезпечує постійну витрату повітря за рахунок зміни швидкості обертання припливного вентилятора, використовуючи частотний перетворювач
Запобігання бактеріологічного забруднення зовні з зовнішнім повітрям	Цей тип забруднення може бути виключено тільки шляхом фільтрації через високо-ефективні фільтри	Фільтри високої ефективності H13 чи H14 встановлюють безпосередньо над операційним столом. Передбачається триступінчата система фільтрації повітря. Конструкція ущільнювача фільтра забезпечує відсутність перетікання повітря
Мінімізація забруднення з прилеглих приміщень	Цей тип забруднення може бути мінімізований шляхом підтримки надлишкового тиску в приміщенні операційної	Для керування перепадом тиску між операційною і прилеглими приміщеннями використовується диференціальний пресостат, за сигналами якого змінюється швидкість обертання витяжного вентилятора

Мінімізація забруднення від пацієнта і операційної бригади	Для вирішення задачі необхідна фільтрація обробленого повітря з максимальною кратністю	Фільтрація обробленого повітря досягається спеціальною конструкцією ламінарної стелі, що забезпечує потрібну рециркуляцію усередині операційної
Гарантована точність підтримання заданої температури і вологості повітря	Технологія проведення операцій потребує підтримання температури повітря з точністю до 0,1 °С і вологості до 3 %	Для підвищення точності використовують модулюючі клапани для байпасування конденсатора і електронний терморегулюючий вентиль. Для гарантованої підтримки вологості використовуються два парозволожувачі

Використання в чистих приміщеннях фільтрів класу H11-H14 – це основна причина, яка значно відрізняє процес проектування СКВ чистого приміщення від проектування вентиляції і кондиціонування звичайного приміщення. Це пов'язано з тим, що СКВ звичайних приміщень належать до систем з постійною витратою повітря – СAV (const air volume)-систем. Опір мережі в СAV-системах, як правило, незначно змінюється в процесі експлуатації. Таким чином, будучи один раз відбалансованими, вони не змінюють своїх характеристик у часі.

Інша справа із системами вентиляції чистих приміщень. Характерною особливістю НЕРА-фільтрів є значний початковий опір (опір чистого фільтра) і, що особливо важливо, значний діапазон зміни опору фільтра. Наприклад, опір чистого фільтра класу H14 досягає 350 Па, а кінцевий (при досягненні цього перепаду тиску фільтр замінюється) – 650 Па. Якщо не використовувати спеціальних заходів, то через значну зміну гідравлічного опору НЕРА-фільтрів у процесі експлуатації опір усієї вентиляційної мережі також змінюється. А це значить, що змінюються витрати повітря, яке надходить у чисті приміщення, тобто без організації спеціальних заходів для компенсації опору фільтрів СКВ чистих приміщень будуть належати до систем зі змінною витратою повітря – VAV (variable air volume)-систем.

Таким чином, маємо протиріччя щодо технології: витрати повітря, яке надходить в чисті приміщення, не повинні мінятися в процесі експлуатації, тобто за призначенням СКВ належать до СAV-систем. Необхідно також відмітити наступну особливість використання НЕРА-фільтрів. Якщо чисте приміщення не одне, а їх декілька, і в кожному приміщенні використовуються фільтри різного класу або необхідні різні витрати припливного повітря, то опір гілок з цими фільтрами міняється не однаково. Це значить, що в процесі експлуатації чистих приміщень, навіть у попередньо відбалансованих гілках мережі, витрати повітря будуть все більше відрізнятися від потрібних. Для компенсації цього ефекту необхідно використовувати спеціальні

заходи. На практиці часто використовують частотне регулювання обертів вентилятора. Але припливна установка з частотним регулюванням обертів вентилятора в мережі зі змінним опором здатна підтримувати тільки сумарну витрату повітря і тому може бути ефективна тільки для одиничного приміщення.

Для СКВ, яка обслуговує декілька чистих приміщень, використовують САV-регулятори витрат, що дозволяє VAV-систему перевести в САV-систему [23]. Ідея полягає в тому, щоб опір системи САV-регулятор + НЕРА-фільтр був постійним у процесі експлуатації. А для цього необхідно, щоб при зростанні опору НЕРА-фільтра опір САV-регулятора зменшувався. Реалізація цього алгоритму дозволяє зберегти незмінною витрату повітря, яке подається в чисте приміщення, і забезпечити автоматичне балансування декілька чистих приміщень у процесі експлуатації за відсутності частотного регулювання обертів вентилятора.

САV-регулятор – це однопелюстковий клапан з центральною віссю обертання (рис. 2.5). Пелюстка клапана з'єднана з пружиною, яка намагається відкрити клапан. Під пелюсткою розміщений невеликий пластиковий лантух з отвором. Збільшення натягу пружини збільшує зусилля відкриття пелюстки і, як наслідок, змінює налагоджування клапану на більшу витрату повітря. При проходженні потоку повітря через регулятор лантух надувається і намагається закрити клапан, а попередньо натягнута пружина намагається його відкрити. Коли дві сили будуть зрівноважені, то пелюстка займе положення, яке відповідає заданій витраті повітря, тобто підтримується постійна витрата повітря.

САV-регулятори можуть бути круглими діаметром від 100 до 400 мм з витратою повітря від 80 до 5000 м³/год і прямокутними з перерізом від 100 x 200 до 600 x 600 мм з витратою від 140 до 12100 м³/год.

САV-регулятори мають деякі характерні особливості, на які слід звертати увагу при їх використанні:

- мінімальний напір для функціонування регулятора – 50 Па;
- для кожного розміру САV-регулятора існує свій робочий діапазон витрати повітря. Наприклад, для діаметра 160 мм – (216-884) м³/год, для діаметра 200 мм – (324-1294) м³/год;
- рівень шуму, який генерує САV-регулятор, залежить не тільки від витрати повітря, але і від падіння тиску на регуляторі.

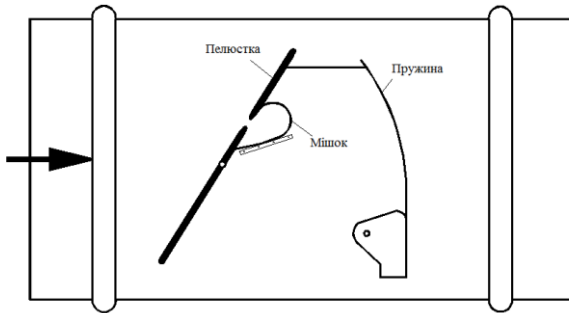


Рис. 2.5. Схема CAV-регулятора

На рис. 2.6 показано схему СКВ рентгеноопераційної з функцією підтримки надлишкового тиску повітря і використанням CAV/VAV-регуляторів.

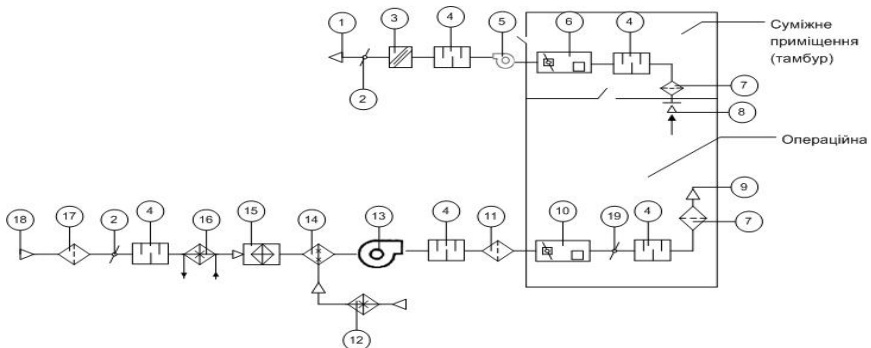


Рис. 2.6. Схема СКВ рентгеноопераційної з функцією підтримки надлишкового тиску:

1 – ґратка для випускання повітря; 2 – клапан регулюючий; 3 – клапан зворотній; 4 – глушник шуму; 5 – вентилятор витяжний; 6 – VAV-регулятор із функцією підтримки тиску; 7 – фільтр HEPA; 8 – ґратка витяжна; 9 – повітророзподільник; 10 – CAV-регулятор; 11 – фільтр 2-го ступеня очистки; 12 – парогенератор; 13 – вентилятор припливний; 14 – зволожувач повітря; 15 – охолоджувач повітря кондиціонера; 16 – нагрівач водяний; 17 – фільтр 1-го ступеня очистки; 18 – ґратка для забирання зовнішнього повітря; 19 – клапан відсічний.

Система складається з двох частин: припливної і витяжної. Вентилятор припливний 13 засмоктує зовнішнє повітря через ґратку 18 і фільтр 17, де відбувається попередня очистка повітря від пилу та інших механічних забруднень. Далі повітря через апарати подається в приміщення.

У літньому режимі повітря охолоджується і осушується в охолоджувачі кондиціонера 15 і через фільтри 11 і 7, де відбувається очистка повітря до відповідного класу ISO, подається в повітро-розподільник 9, у якому формується односпрямований потік повітря, що надходить в операційну. З операційної повітря забирається витяжним вентилятором 5 через ґратки 8 і фільтри 7 з верхньої і нижньої зон приміщення і випускається в навколишнє середовище. У витяжній системі використовується на виході повітря з приміщення фільтр HEPA для запобігання забруднення як навколишнього середовища, так і операційної при зворотному русі повітря ззовні (додатково ще ставиться зворотний клапан 3).

У зимовому режимі припливне повітря нагрівається в нагрівнику 16 (водяний чи електричний) і зволожується у зволожувачі 14 паром від електричного парогенератора 12. Допускається зволоження гарячою або водопровідною водою, яка відповідає ГОСТу 2874, з обов'язковим автоматичним спорожненням води зі зволожуючих установок, коли вентиляція не працює [6].

Для зниження рівня шуму в системах встановлені глушники шуму 4. Відсічний клапан 19 призначений для герметизації системи при заміні фільтра 7.

У припливній системі використовуються три ступені фільтрації повітря. Фільтр 17 першого ступеня очистки (клас G4-F5) встановлений на вході в систему і захищає від забруднення її апарати. Для підвищення ресурсу кінцевих фільтрів і утримання в чистоті повітроводи на вході в приміщення використовують у другому ступені фільтри тонкої очистки 11 класу F7-F9. Фільтри 7 третього ступеня очистки (клас H10-H14) встановлені на вході в операційну для забезпечення гігієнічних вимог.

Підтримка постійної витрати припливного повітря в операційну забезпечується CAV-регулятором 10, а надлишкового тиску – VAV-регулятором 6. При відчиненні дверей у суміжне приміщення (тамбур-шлюз) тиск в операційній починає падати. Підтримуючи надлишковий тиск у приміщенні, VAV-регулятор починає закриватися. При повністю відкритому тамбур-шлюзі VAV-регулятор закривається повністю. Коли двері в тамбур-шлюз починають зачинятися, тиск зростає і VAV-регулятор відкривається. Залежно від призначення VAV-

регулятор може виконувати функцію САV-регулятора з можливістю підтримання однієї або декілька витрат, а також може виконувати функції відсічного клапану.

Конструктивно VAV-регулятори можуть бути круглими діаметром 100-400 мм (витрата повітря – 40-6000 м³/год) і прямокутними з перерізом 200 x 100 – 1000 x1000 мм (витрата повітря – 30-36 400 м³/год); мінімально допустимий перепад тиску на VAV-регуляторі – 50 Па.

Використання САV/VAV-регуляторів дозволяє знизити експлуатаційні витрати, особливо за рахунок збільшення терміну експлуатації фільтрів.

З ціллю економії тепла на нагрів припливного зовнішнього повітря і скорочення витрати електроенергії на роботу холодильних машин використовується утилізація теплоти і холоду витяжного повітря на нагрів і охолодження припливного зовнішнього повітря, якщо це дозволяється відповідними нормативними документами. Для очистки повітря при цьому необхідно застосовувати багатоступінчасту очистку до відповідного класу чистоти припливного зовнішнього і внутрішнього повітря.

На рис. 2.7 показано принципову схему СКВ за енергозберігаючою технологією для операційної [24].

Система складається з трьох конструктивних елементів: припливно-витяжного агрегату А для цілорічної обробки припливного зовнішнього повітря L_{nz} ; сумішно-очисного припливного агрегату Б для подачі в приміщення операційної припливного повітря L_n ; настінного припливного повітророзподільного пристрою В із вбудованим фільтром 16 високої ефективності очистки повітря (НЕРА-фільтр) і повітророзподільника 17.

Припливно-витяжний агрегат А включає апарати для цілорічної підготовки припливного зовнішнього повітря L_{nz} за енергозберігаючою технологією згідно з умовами формування теплового режиму у приміщенні операційної, що контролюється за датчиком 4, який сприймає температуру видаленого з приміщення витяжного повітря L_{66} , температура якого дорівнює температурі повітря в операційній.

У холодний період року датчик 3 контролю температури зовнішнього повітря включає помпу 5 установки утилізації 6. У цьому режимі теплота витяжного видаленого повітря L_{66} буде передаватися на нагрів припливного зовнішнього повітря. Датчик 9 контролю температури припливного зовнішнього повітря діє на пускач електродвигуна

повітророзподільник; 18 – датчик вологості; 19 – зволожувач; 20 – терморегулятор; 21 – нагрівач.

За наявності в приміщенні операційної вікон раціонально встановити під вікнами нагрівачі 21 з обов'язковим використанням на трубопроводах подачі гарячої води терморегуляторів 20, налаштованих на підтримку в приміщенні мінімального значення температури повітря – 18 °С.

Перепад температур між припливним повітрям і повітрям у робочій зоні проведення операції не повинен перевищувати 6 °С, що потребує використання спеціального повітророзподільника.

Потрібна температура припливного повітря забезпечується змішуванням у припливному агрегаті Б холодного зовнішнього L_{nz} і внутрішнього L_6 повітря. Суміш припливного повітря L_n очищується в агрегаті Б у фільтрі тонкої очистки 13 і по повітроводу надходить у повітророзподільний пристрій В, де здійснюється кінцева очистка припливного повітря у фільтрах 16. Завдяки послідовній очистки припливного повітря у фільтрах агрегатів А і Б забезпечується не тільки високий ступінь очистки, але і достатньо тривала робота кінцевого фільтру НЕРА без заміни на новий фільтруючий матеріал.

У холодний період року через низьку вологовмісткість зовнішнього повітря в операційній відносна вологість повітря може бути нижче 40 %. Для регулювання відносної вологості повітря в операційній у припливному агрегаті Б чи в приміщенні операційної необхідно встановити зволожувач 19, робота якого регулюється датчиком 18 контролю рівня вологості внутрішнього повітря.

У теплий період року, коли агрегат А працює в режимі охолодження зовнішнього повітря, в установці утилізації 6 відбувається попереднє охолодження теплого зовнішнього повітря L_{nz} прохолодним (20-22 °С) витяжним видаленим повітрям, що зменшує навантаження на випарник 7. Крім того, конденсатор 8 холодильної машини охолоджується витяжним видаленим повітрям майже незмінної температури, що підвищує надійність і енергетичну ефективність системи кондиціонування і вентиляції.

Подача в операційну зовнішнього повітря здійснюється вентилятором 10, припливного – вентилятором 12, а витяжка видаленого повітря – вентилятором 11.

Систему кондиціонування повітря операційної на базі моноблочного припливно-витяжного автономного кондиціонера наведено на рис. 2.8 [25].

У конструкції кондиціонера використано двоярусну компоновку. Секція кондиціонера з фреоновим повітроохолоджувачем розташована в нижньому ярусі. Зовнішнє повітря надходить у кондиціонер, охолоджується або нагрівається в ньому, залежно від температури повітря, проходить два ступені очистки і по системі повітроводів надходить у приміщення операційної. Роздача повітря здійснюється у верхню зону через спеціальні ґратки, які оснащені фільтрами тонкої очистки. Витяжні ґратки в приміщенні встановлені у верхній і нижній зонах для видалення з нього легких і важких наркозних газів. По мережі повітроводів витяжне повітря поступає в секції кондиціонера, які розміщені в другому ярусі. Холодильна машина кондиціонера має повітряний конденсатор, для охолодження якого використовується повітря витяжної системи з додатковою добавкою зовнішнього повітря. Видалення витяжного повітря здійснюється через спеціальну шахту на даху будинку.

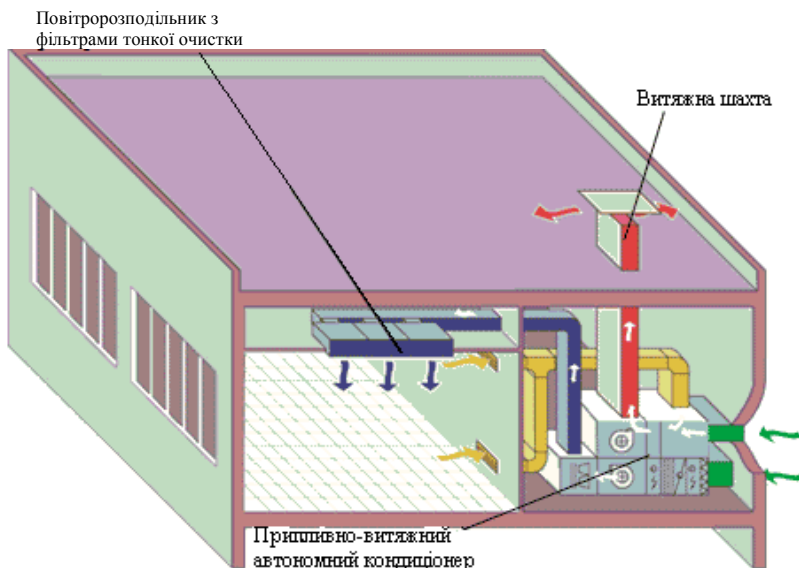


Рис. 2.8. Система кондиціонування і вентиляції операційної на базі припливно-витяжного автономного кондиціонера

На рис. 2.9 показано СКВ лікарняних палат на базі поверхових припливно-витяжних вентиляційних установок з утилізацією тепла витяжного повітря [25].

Система включає припливно-витяжні агрегати, встановлені на кожному поверсі. Вентиляційні агрегати (установки) містять теплообмінник повітря – повітря (теплоутилізатор), у якому в холодний період року тепло від витяжного повітря передається припливному повітрю. Крім теплоутилізатора, припливного і витяжного вентиляторів, в агрегатах встановлені повітряні фільтри для очистки від пилу обох потоків повітря на вході в установку і водяний повітрянагрівач для додаткового підігріву припливного повітря. В агрегатах є також приймальний і рециркуляційний повітряні клапани для регулювання витрат повітря в кожному потоці.

Повітря забирається з фасаду будинку зі сторони зеленої зони, а витяжне повітря викидається на інший, глухий (що не має вікон) фасад.

Для роздачі припливного повітря в приміщенні і видалення витяжного повітря використані припливні і витяжні дифузори.

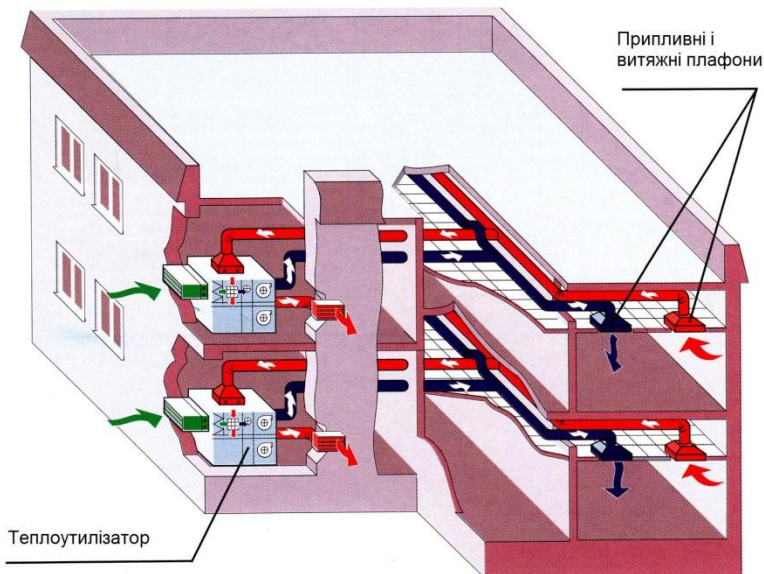


Рис. 2.9. Система кондиціонування і вентиляції лікарняних палат на базі поетажних припливно-витяжних установок з утилізацією тепла витяжного повітря

2.4. КОНДИЦІОНЕРИ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ

Кондиціонери є складовою частиною СКВ і призначені для створення і підтримки в приміщеннях штучного повітря, необхідного за технологічними і комфортними умовами, шляхом переміщення, тепловологісної обробки і очистки повітря до заданих параметрів. Кондиціонери, які використовуються в чистих приміщеннях, мають свої особливості порівняно з тими, що встановлені в інших системах кондиціонування повітря. Так, кондиціонери для медичних закладів (медичні кондиціонери) не повинні бути джерелом забруднення, дозволяти виконувати очистку і стерилізацію внутрішніх поверхонь повітряного тракту, автоматично керувати підпором і розрядженням у приміщенні.

Прикладом сучасних медичних кондиціонерів є кондиціонери серії Н фірми «Tespair» (Італія) з фреоновим охолоджувачем (серія ОНА) або водяним (серія ОНИ) (рис. 2.10) [26].



Рис. 2.10. Загальний вид кондиціонера серії Н

Основною особливістю даної серії є те, що кондиціонери найбільш відповідають Європейським стандартам щодо виключення хімічного і біологічного забруднення повітря. Хімічне забруднення внаслідок використання газів-анестетиків не може бути усунуте фільтрацією і потребує розбавлення до рівня ГДК великою кількістю свіжого повітря. Незважаючи на поступове забруднення фільтрів, незмінна витрата повітря підтримується контролером кондиціонера шляхом інверторного керування припливним вентилятором. У випадку, якщо санітарні норми дозволяють часткову рециркуляцію повітря, то між припливним і витяжним повітrowодами може бути встановлений байпасний клапан, що дозволяє скоротити експлуатаційні витрати електроенергії.

Попередня фільтрація свіжого припливного повітря здійснюється фільтром класу G4, кінцева – фільтрами класу F7-F9 на вході в припливний повітrowід, що не допускає забруднення повітря із зовні.

Установка підтримує статичний тиск на припливі і витяжці 800-1200 Па (залежно від типорозміру), включаючи падіння тиску в повітrowодах, а також на глушнику і НЕРА-фільтрі, який встановлюється безпосередньо в кондиційованому приміщенні.

Для запобігання забруднення кондиціонера на вході у витяжний повітrowід до витяжного вентилятора встановлений фільтр класу G4. Крім того, високий статичний тиск витяжного вентилятора дозволяє використовувати НЕРА-фільтр на вході у витяжний повітrowід перед глушником. Даний фільтр у сукупності з контролем розрядження в приміщенні попередить забруднення навколишнього середовища у випадку, якщо відпрацьоване повітря містить токсичні субстанції. Кожний фільтр має диференціальне реле тиску, яке зв'язане з контролером для індикації забруднення фільтра.

Функція автоматичного керування підпором і розрядженням у кондиційованому приміщенні є однією з найважливіших у кондиціонерах серії Н і служить для запобігання неконтрольованого перетікання повітря із/в приміщення операційної і розповсюдження викликаного цим забруднення.

Контролер забезпечує підтримку різного тиску в кондиційованому і суміжних з ним приміщеннях з точністю ± 5 Па. Надлишковий тиск (підпір) у приміщенні досягається зменшенням швидкості обертання витяжного вентилятора і тим самим створенням дисбалансу між припливом і витяжкою. Надлишковий тиск у приміщенні дозволяє запобігти забруднення операційної з прилеглих приміщень, які можуть обслуговуватися цим самим кондиціонером. За необхідності для запобігання забруднення патогенними бактеріями або мікробами від

хворого в приміщенні операційної може підтримуватися розрядження, яке досягається за рахунок збільшення швидкості обертання витяжного вентилятора.

Агрегати укомплектовані всіма необхідними пристроями для охолодження, підігріву, зволоження, осушення свіжого і рециркуляційного повітря: водяний калорифер, водяний охолоджувач або холодильний контур з випарником, електрокалорифер вторинного підігріву, два незалежних парових зволожувача, система осушення повітря.

Коли операційна не функціонує (режим очікування), кількість припливного свіжого повітря зменшується до 1/3 від номінального, в приміщенні підтримуються надлишковий тиск, температура з точністю ± 10 °C і вологість – з точністю ± 20 %. Таким чином, в операційній зберігається стерильність з мінімальними енерговитратами.

Управління всіма функціями кондиціонерів серії H здійснюється стандартним контролером, який дозволяє регулювати температуру, вологість і тиск у приміщеннях. Контролер може бути підключено до системи керування технічними комунікаціями будівлі.

За винятком моделей ОНА41-51, всі кондиціонери безпосереднього випаровування оснащені двома незалежними холодильними контурами, що забезпечує високу експлуатаційну надійність агрегату, а також двоступеневе керування холодопродуктивністю. У складі холодильного контуру використовуються високоефективні спіральні компресори з низьким рівнем шуму, які працюють на екологічно безпечному холодоагенті R407C. Усі компоненти холодильного контуру розміщені поза потоком обробленого повітря. Якщо до точності підтримання температури пред'являються особливо жорсткі вимоги, кондиціонер комплектує спеціальною системою керування, яка включає електронний TRV і електронний клапан вприскування гарячого газоподібного холодоагенту. Така система дозволяє здійснювати плавне регулювання продуктивності від 5 % до 100 % від номінальної, що, у свою чергу, забезпечує точну підтримку температури навіть за наявності великої кількості свіжого повітря.

Кондиціонер комплектується одним або двома припливними і витяжними вентиляторами високого статичного напору з плавною зміною швидкості обертання колеса, що гарантує підтримку незмінної витрати повітря при поступовому забрудненні фільтрів, і потрібне розрядження або підпір у приміщенні.

У кондиціонерах серії H використовуються парові зволожувачі із зануреними електродами, які мають лінійне регулювання продуктивності в діапазоні 30-100 % від номінальної. При обробці великої кількості

свіжого повітря 30 % номінальної продуктивності зволожувача є надлишковими, що приводить до частого перемикання циклів зволоження/осушення і збільшення витрати електроенергії. Для усунення цього недоліку кондиціонери комплектуються двома зволожувачами різного типорозміру, що дозволяє довести мінімальну паропроодуктивність до 10 % від номінальної і, таким чином, оптимізувати процес зволоження повітря.

Конструкція кондиціонерів дозволяє виконувати очистку і стерилізацію внутрішніх поверхонь повітряного тракту (піддонів для збору конденсату, дренажних патрубків, теплообмінників тощо), що виключає появу і розмноження бактерій.

Корпус кондиціонера сформований точно підігнаними зварними панелями, які оброблені фарбою з нанесенням захисного епоксидного покриття товщиною 60 мкм. Усі алюмінієві поверхні усередині кондиціонера мають спеціальне покриття і несучі елементи з нержавіючої сталі, що попереджає виникнення корозії. Така конструкція забезпечує повітронепроникливість і високу стійкість до процесу стерилізації внутрішніх поверхонь. Усі зовнішні панелі мають термічну і акустичну ізоляцію товщиною 50 мм. Передні панелі обладнані вікнами, що дозволяє візуально контролювати стан елементів кондиціонера без припинення роботи і відкриття агрегату.

Система рекуперації виконана з двох рідинних (гліколевих) теплообмінників, один з яких встановлений у секції витяжного повітря, а другий – у секції зовнішнього припливного повітря. Вони з'єднані між собою гідравлічним контуром, забезпеченим помпою і баком. Контролер запускає помпу, коли з'являється необхідність у рекуперації. Ефективність гліколевого рекуператора нижче, ніж ефективність пластинчатого або роторного, але цей вид рекуперації дозволяє повністю виключити змішування припливного і витяжного повітря.

Технічні характеристики кондиціонерів серії Н наведено в табл. 2.2 і 2.3 [26].

Схему устрою СКВ операційної на базі кондиціонерів серії Н показано на рис. 2.11.

Для експлуатації у СКВ приміщень медичного призначення із жорсткими параметрами щодо мікроклімату і повітряного середовища фірма «ВЕЗА» (Росія) випускає каркасно-панельні кондиціонери серії КМКП (кондиціонер медичний каркасно-панельний) номінальною повітропродуктивністю 1600-12500 м³/год [27].

Типорозмірний ряд кондиціонерів побудований відповідно до світової практики, в основу якої покладено використання різних сполучень модуля 610 x 610 мм повітряних фільтрів, його половина (305 x 610) і чверть (305 x 305), на базі яких встановлені фронтальні розміри блоків кондиціонерів.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики кондиціонерів серії ОНА

Найменування	Кондиціонери ОНА з виносним повітроохолоджувальним конденсатором										Кондиціонери ОНА – HR із системою рекуперації з виносним повітроохолоджувальним конденсатором				
	51H	81L	81H	101L	101H	151L	151H	202L	202H	302L	102	132	152	202	242
Витрати повітря, м³/год	2400	2400	3600	3600	4700	4700	7200	7200	1100	1100	4350	4350	6900	6900	1100
Холодопродуктивність, кВт	16,4	20,4	23,6	27,1	30,8	37,7	45,9	54,9	65,5	77,1	28,8	33,8	43,6	50,7	70,6
Теплопродуктивність, кВт	33,3	33,3	42,3	42,3	56	56	88,3	88,3	130,6	130,6	40,3	40,3	65,5	65,5	98,4
Модель виносного конденсатора	CEA 71	CEA 81	CEA 101	CEA 101	CEA 101	CEA 81*2	CEA 151	CEA 101*2	CEA 121*2	CEA 131*2	CEA 61*2	CEA 71*2	CEA 81*2	CEA 101*2	CEA 121*2
Вага внутрішнього блоку, кг	620	620	620	620	1020	1020	1350	1370	2200	2200	1190	1210	1650	1700	2650
Вага одного зовнішнього блоку, кг	42	48	71	71	71	48	103	71	81	92	37	42	48	71	81

Кондиціонери КМКП мають модульну структуру і набираються з функціональних блоків і моноблоків різного призначення, які мають уніфіковані приєднувальні розміри і дозволяють здійснювати всі процеси обробки повітря (є блоки зі спеціальними фільтрами типу HEPA або сорбційними вугільними).

Таблиця 2.3

Технічні характеристики кондиціонерів ОНУ

	Кондиціонери ОНУ на холодній воді					Кондиціонери ОНУ – HR на холодній воді з системою рекуперації				
	88	118	158	218	318	88	118	138	208	308
Модель										
Витрати повітря, м ³ /год	2400	3600	4700	7200	11000	2400	3600	4350	6900	11000
Холодопродуктивність, кВт	21,5	29,3	37,9	62,2	101,2	17,8	24,1	30,9	49,8	84,8
Теплопродуктивність, кВт	33,3	42,3	56	88,3	130,6	25,4	32,1	42	65,5	98,4
Вага внутрішнього блоку, кг	600	600	1010	1270	2060	600	600	1200	1850	2450

Усі внутрішні деталі і вузли, включаючи внутрішні стінки, панелі, виготовлені з нержавіючої сталі. Матеріали і покриття внутрішніх частин кондиціонера виключають накопичення на їх поверхнях статичної електрики і різних забруднень. Конструкцією кондиціонера передбачена можливість регулярної очистки і дезінфекції усіх внутрішніх поверхонь.

Загальний вигляд блоків кондиціонерів КМКП наведено на рис. 2.12.

В Україні кондиціонери для СКВ будівель і споруд медичних закладів відповідно до вимог ДБН В 2.2-10 випускають у ЗАТ «Інтеркондиціонер».

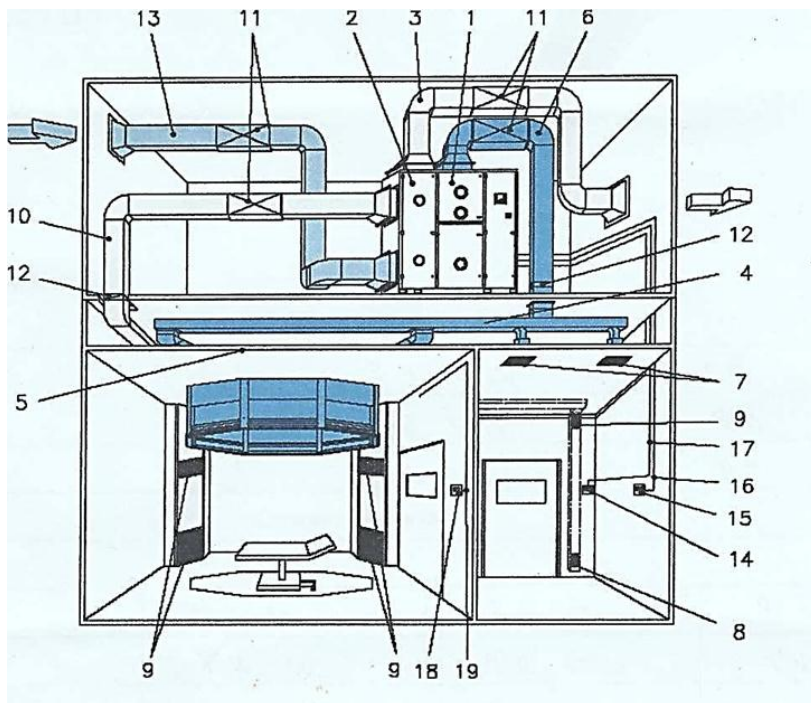
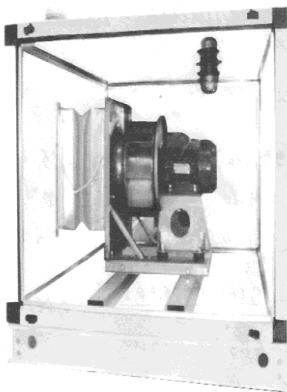
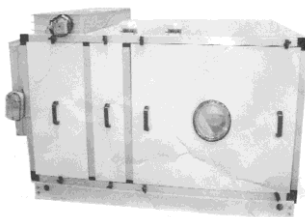


Рис. 2.11. Схема обладнання СКВ операційної на базі кондиціонерів серії Н:

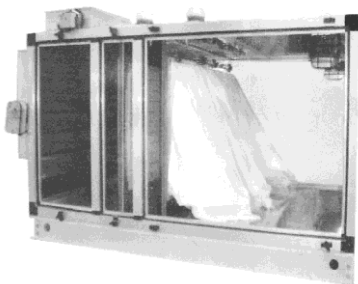
1 – припливний вентилятор; 2 – витяжний вентилятор; 3 – витяжний повітропровід; 4 – електричний або водяний теплообмінник додаткового нагріву; 5 – фільтр: класу Н12 або Н14; 6 – припливний повітропровід (термічно ізольований); 7 – розподільники повітря з НЕРА-фільтром; 8 – верхня витяжна сітка з фільтром класу G4; 9 – нижня витяжна сітка з фільтром класу G4; 10 – всмоктуючий повітропровід; 11 – глушники; 12 – вогнезатримуючий клапан; 13 – повітропровід свіжого повітря; 14 – диференціальний пресостат; 15 – інтерфейс віддаленої диспетчеризації; 16 – екранований кабель для віддаленого пресостату (3 x 0,5 макс. 50 м); 17 – телефонний кабель для віддаленого користувача терміналу (6 жил, макс. 100 м); 18 – датчик температури і вологості; 19 – з'єднувальний кабель між кабелем і агрегатом (6 x 0,5 макс. 50 м).



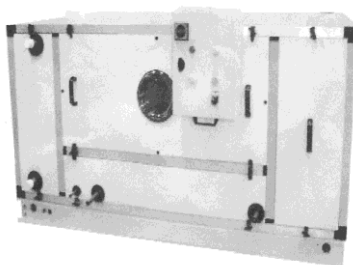
а) Використовуються виключно вентилятори з прямим приводом



б) Оглядові люки і освітлення стандартне



в) Моноблок (повітрянагрівач ВНВ, повітроохолоджувач ВКИ, повітрянагрівач електричний)



г) Моноблок (камера приймально-змішувальна, фільтри грубої і тонкої очистки)

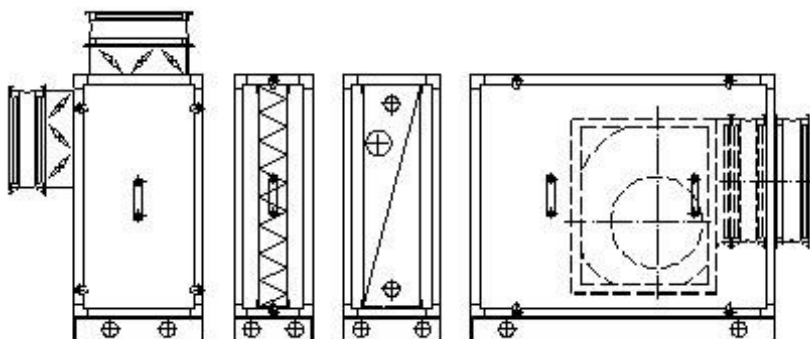
Рис. 2.12. Загальний вид блоків кондиціонерів КМКП

Кондиціонери типу КЦКМ (кондиціонер центральний каркасний медичний) виготовляються і поставляються відповідно до ТУ У 29.2-24472991-020:2009 і мають густий розмірний ряд за номінальною повітропродуктивністю – 1600-16000 м³/год [28].

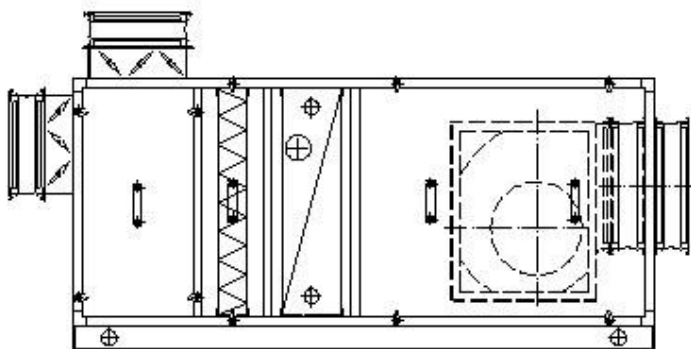
Кондиціонери мають модульну структуру і набираються з функціональних блоків (секцій) різного призначення, які мають уніфіковані розміри для з'єднання. Блочна структура забезпечує гнучкість технічних рішень, дозволяє легко розміщати кондиціонери в приміщеннях.

До складу кондиціонера входять функціональні блоки для прийому, змішування, очистки, нагріву, охолодження і транспортування повітря. Окремі блоки можуть бути розміщені у своїх корпусах або з'єднані в одному моноблоці. Корпус виготовлено на жорсткому алюмінієвому каркасі зі сендвіч-панелями товщиною 25 мм з тепло- і звукоізоляцією із мінеральної вати. Кондиціонери КЦКМ комплектуються блоком фільтрів, у який входять фільтр грубої очистки класу G4 і фільтр тонкої очистки класу F5-F7.

З'єднання окремих блоків показано на рис. 2.13, а габаритні розміри – на рис. 2.14 [28].



а) Функціональні блоки в окремих корпусах



б) Функціональні блоки в одному корпусі (моноблок)

Рис. 2.13. З'єднання окремих блоків кондиціонерів КЦКМ

Медичні кондиціонери – автономні шафові серії КМ – випускає ОАО «Домодедовский машиностроительный завод» (Росія) [29].

Кондиціонери призначені для підтримки заданої температури (від 12°C до 28 °С) і вологості, очистки припливного повітря від пилу в медичних закладах.

Типорозмір		1,6	3,15	5	6,3	8-1	8-2	10	12,5	16	
Ширина, мм		700	1000	1300	1600	1600	1000	1300		1600	
Висота, мм		450	800			1090		1400			
Довжина	Передня панель з клапаном		100								
	Блок приймальний	з 1-м горизонтальним клапаном	425								
		з 1-м вертикальним клапаном									
		сумішній з 2-ма клапанами									
	Блок фільтрів	Грубого очищення G4(EU4)	260								
		Тонкого очищення F5..F9 (EU5..9)	700								
	Блок нагрівача повітря	Теплоносій: вода	320								
		електричного	380								
	Блок охолодження повітря	Холодоносій: холодна вода, фреон	660								
	Блок з пластинчастим теплообмінником	Висота, мм.									
		900	1600			2180		2280		2900	
	Довжина, мм										
900	1400			2000		2300					
Блок вентилятора	800	1000	1250	1500	1750	2000					
Блок шумоглушення	605(1105)										
Блок-камера проміжна	425			525		625					

Рис. 2.14. Габаритні розміри кондиціонерів КЦКМ

Кондиціонери типу КМ1 з водяним охолодженням конденсатора, КМ2 – з повітряним охолодженням конденсатора.

У комплект поставки входять: клапан повітряний приймальний, фільтри першого (клас F8) і другого (клас H12) ступеня очистки повітря, нагрівач повітря, повітрообробляючий блок, устрій зволоження повітря, блоки датчиків і дистанційного управління. У системі автоматики використані мікропроцесорні регулятори, які забезпечують підтримку потрібних параметрів повітря і їх індексацію.

Технічні характеристики медичних автономних кондиціонерів серії КМ наведено в табл. 2.4 [29].

Таблиця 2.4

Технічні характеристики кондиціонерів серії КМ

Характеристики	Кондиціонери з водяним конденсатором				Кондиціонери з повітряним конденсатором			
	КМ1-2-01	КМ1-4-01А	КМ1-8-01А	КМ1-12-01А	КМ2-2-01П	КМ2-4-01П	КМ2-8-01П	КМ2-12-01П
1. Продуктивність: з повітря, м ³ /г з холоду, кВт з тепла, кВт: з водяним калорифером; з електричним нагрівачем	2000 18 30 12	4400 32 47 15	8000 45 90 24	12000 64 130 48	2000 18 30 12	4400 32 47 15	8000 42 90 24	12000 60 130 48
2. Витрата води, м ³ /г	3,8	4,9	9,0	14,0	–	–	–	–
3. Повний тиск повітря на виході, Па	300	400	400	400	300	400	400	400
4. Споживча потужність, кВт: у режимі охолодження нагрівачем зволожувачем	6,7 12 9	11,0 15 24	16,5 24 36	27,7 48 36	8,5 12 9	15,1 15 24	18,5 24 36	29,7 48 36
5. Габаритні розміри блоків кондиціонера: Повітрообробляючий блок:								
довжина, мм	1200	1200	1900	2210	1200	1200	1900	2210
ширина, мм	510	790	790	970	510	790	790	970
висота, мм	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860
маса, кг	460	650	1130	1130	380	950	950	1200
Конденсаторний блок:	18	32	45	45	18	42	42	60
довжина, мм	–	–	–	–	900	2500	2500	3600
ширина, мм	–	–	–	–	370	520	520	520
висота, мм	–	–	–	–	730	1110	1110	1110
маса, кг	–	–	–	–	66	180	180	260

Примітки:

1. Холодопродуктивність наведено при температурі повітря на вході в кондиціонер 38 °С, при відносній вологості повітря 50 %, температурі конденсації холодоагента 35 °С.
2. Електроживлення кондиціонера 3-фазне, 380 В, 50 Гц.

2.5. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ

1. Що забезпечують системи кондиціонування і вентиляції (СКВ) у приміщеннях ЛПЗ?
2. Які основні елементи СКВ для чистих приміщень?
3. Що таке кратність повітрообміну?
4. Який тиск повітря в чистих приміщеннях зазвичай рекомендують?
5. Яку роль виконує повітря, що подається в чисте приміщення?
6. Які існують типи потоків повітря в приміщенні?
7. Односпрямований потік повітря, його основна властивість.
8. Що таке неодноспрямований потік повітря?
9. З яких зон слід видаляти повітря в операційних, наркозних, реанімаційних, рентген-кабінетах?
10. Які основні задачі треба вирішувати при створенні СКВ для операційних?
11. Яка основна різниця при проектуванні СКВ чистих приміщень і звичайних?
12. Що таке система з постійною витратою повітря (CAV-система)?
13. Що таке система зі змінною витратою повітря (VAV-система)?
14. Принцип роботи CAV-регулятора витрати повітря.
15. Принцип роботи VAV-регулятора витрати повітря.
16. З яких основних елементів складається СКВ за енергозберігаючою технологією для операційної?
17. Що таке кондиціонер?
18. Які особливості кондиціонерів для чистих приміщень?
19. З яких основних елементів складається медичний кондиціонер?
20. Якими способами регулюється витрата повітря в кондиціонері?
21. Які особливості системи рекуперації в медичних кондиціонерах?
22. Основні вимоги до матеріалів, з яких виготовляють медичні кондиціонери.
23. Що таке модульна система побудови кондиціонера?
24. Які функціональні блоки можуть входити до складу медичного кондиціонера?

Розділ 3

СПЕЦІАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ СКВ ЛІКАРНЯНИХ ЗАКЛАДІВ

3.1. ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНІ ПРИСТРОЇ

Повітророзподільники (ПР) є важливими елементами систем кондиціонування і вентиляції, які визначають кінцевий ефект роботи цих систем. Вибір систем повітророзподілу є достатньо складним завданням. Призначення ПР – це забезпечення рівномірного розподілу повітря в приміщенні з ціллю:

- асиміляції теплового навантаження як додатного, так і від’ємного;
- асиміляції завислих у повітрі забруднюючих частинок і видалення їх витяжною системою;
- підтримання в приміщенні заданої мінімальної нерівномірності температури і швидкості руху повітря (градієнта температури і швидкості в межах встановленого діапазону по вертикалі і горизонталі).

При проектуванні систем повітророзподілу слід враховувати фактичні особливості приміщення, які можуть впливати на розповсюдження (циркуляцію) повітря:

- наявність перешкод на шляху руху повітряних струменів;
- наявність локальних інтенсивних теплових джерел;
- зміну температури і/чи витрати повітря (наприклад, у системах із змінною витратою) в припливних струменях, що впливає на їх далекобійність.

При виборі типу і розмірів ПР не слід забувати, що будь-який з них є джерелом шуму в приміщенні, яке вони обслуговують.

Схеми організації повітрообміну в приміщенні визначаються параметрами СКВ, аеродинамічними характеристиками припливних і витяжних пристроїв, їх розміщенням у приміщенні, яке часто обумовлене архітектурними рішеннями. Місця видалення повітря з приміщення визначаються таким чином, щоб запобігти безпосереднього попадання припливних струменів у витяжні отвори і забезпечити вентиляцію приміщення. У зв’язку з цією причиною, рекомендується розміщати витяжні пристрої на достатній відстані від припливних і так, щоб запобігти утворенню протягів і застійних зон.

Асортимент повітророзподільних пристроїв дуже різноманітний. У медичних закладах застосовують ПР настінного або стельового типів, які можна класифікувати за схемами організації повітрообміну, які, у свою чергу, діляться на дві основні групи: перемішуючі (неоднострумований потік) і витісняючі (однострумований потік).

Перемішуючу вентиляцію називають ще «розподілом повітря шляхом турбулентного потоку». Така система розподілу повітря організується за допомогою ПР, що подають повітря в приміщення повітряними струменями, які мають високу швидкість і турбулентність, і це викликає інтенсивну циркуляцію повітря. У результаті відбувається перемішування свіжого повітря припливного струменя з повітрям приміщення. Якщо відбувається повне перемішування, на визначеній відстані від місця припливу параметри повітря (температура, відносна вологість, швидкість руху), а також зміст забруднюючих речовин будуть однакові в будь-якій точці приміщення. Об'ємна витрата припливного повітря невелика порівняно із загальною масою повітря, яке перемішується в приміщенні.

У приміщеннях ЛПЗ з неодноспрямованим потоком повітря найчастіше використовують припливні і витяжні решітки, стельові плафони, високоіндукційні ПР і ПР із закрученим струменем, які мають широкий діапазон типорозмірів. Види виконання ПР та їх характеристики наведено в каталогах фірм-виробників.

При витісняючій вентиляції повітря надходить у робочу зону приміщення, як правило, через стельові ПР і опускаючись до низу, асимілює по дорозі тепло і забруднюючі частинки. Щоб не створювати турбулентність, повітря подається в приміщення з лінійною швидкістю 0,20-0,25 м/с.

На якість односпрямованого потоку повітря великий вплив має конструкція повітророзподільного пристрою, через який повітря проходить безпосередньо в чисте приміщення.

Розглянемо приклади конструктивного виконання повітророзподільних пристроїв для приміщень ЛПЗ з високими вимогами до чистоти повітря.

3.1.1. Настінні і стельові повітророзподільники

Фірма «Hidria» (Італія) випускає настінні (AFH) і стельові (AFV) повітророзподільні пристрої, в яких використовуються фільтри класу H10-H14 (затримують частинки пилу розміром більше 0,3 мкм), для припливних і витяжних систем вентиляції і кондиціонування повітря [30].

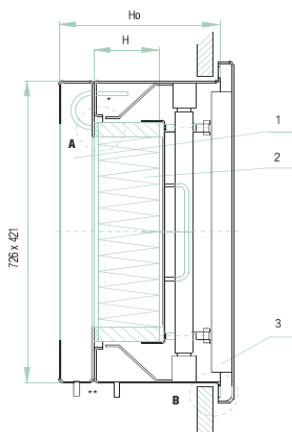
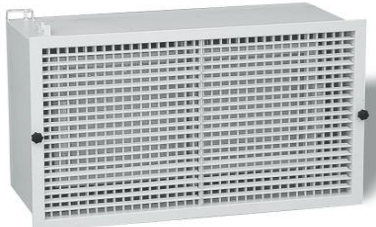
ПР типу AFH складається з корпусу 1, дворядної випускної ґратки 3 і фільтра 2, які встановлені з ущільненням по всьому прямокутному перерізу (рис. 3.1). Технічні характеристики ПР типу AFH наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики повітророзподільників типу АФН

Типорозмір	Фільтр, L x B x H, мм	Гратка, L x B, мм	H ₀ , мм	Початковий перепад тиску, Па	Витрата повітря, м ³ /г	Швидкість повітря, м/с
1	610 x 305 x 150	725 x 425	338	250	850	0,9
2	610 x 305 x 292	725 x 425	480	1700	2,2	

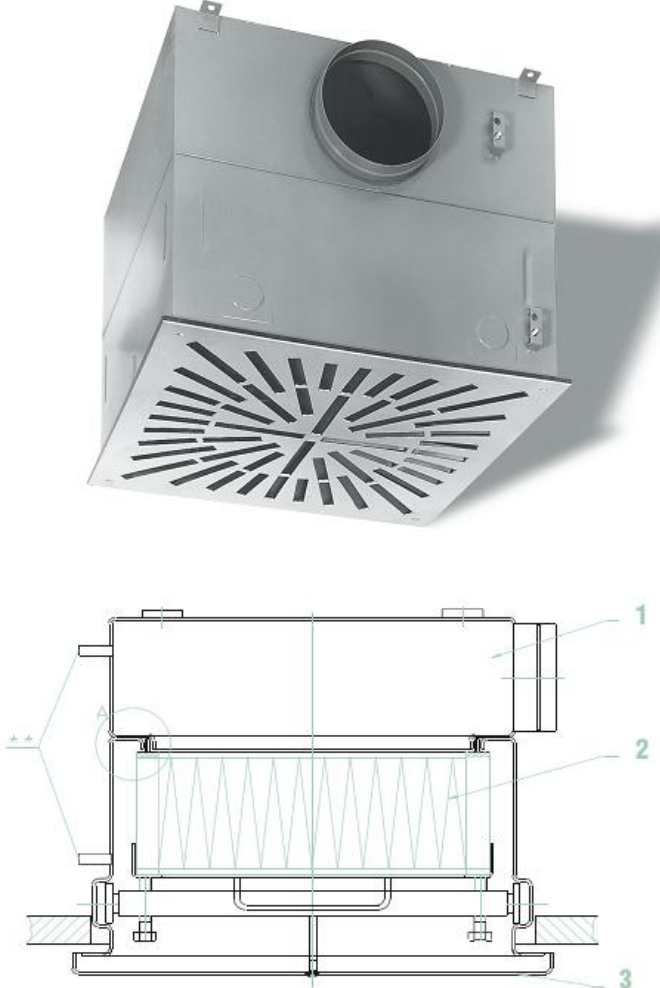
Корпус виготовлено зі сталевих листів, які зварені герметично відповідно до DIN 1946 і пофарбовано, а гратки – з холоднокатаних сталевих профілів, які закріплені до корпусу за допомогою гвинтів. У корпусі є два патрубки для вимірювання перепаду тиску на фільтрі, а також спеціальна ущільнююча рама для перевірки на герметичність.



- * Контроль герметичності
- ** Контроль перепаду тиску

Рис. 3.1. Загальний вид і схема повітророзподільника типу АФН

Стельовий повітродозподільний пристрій типу AFV показано на рис. 3.2. Він складається з корпусу 1, фільтра 2, дифузора 3 і клапана запірною. Управління клапаном може відбуватися вручну або за допомогою електроприводу.



* Контроль герметичності

** Контроль перепаду тиску

Рис. 3.2. Загальний вид і схема повітродозподільника типу AFV

Перевага ПР із запірним клапаном, який вбудовано в корпус фільтра, полягає в тому, що є можливість перекрити доступ повітря при заміні фільтра, закривши клапан, і запобігти забрудненню приміщення. При цьому після заміни фільтра не потрібна дезінфекція приміщення, яка необхідна, якщо відсутній запірний клапан, і неочищене повітря при заміні фільтра проникає в чисте приміщення.

Технічні характеристики ПР типу AFV наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Технічні характеристики повітророзподільників типу AFV

Типорозмір	Фільтр, L x B x H, мм	Дифузор, L x B, мм	Початковий перепад тиску, Па	Витрата повітря, м ³ /г	Швидкість повітря, м/с
1	305 x 305 x 150	355x355	250	290	1,0
2A	457 x 457 x 78	507x507	250	660	1,1
2B	457 x 457 x 150	507x507	250	660	1,1
3	610 x 610 x 78	660x660	250	1200	1,1
4	610 x 610 x 150	660x660	250	1200	1,1
5	610 x 610 x 292	660x660	250	2400	2,4

Типи дифузорів (рис. 3.3), які використовуються в ПР типу AFV, виготовляються з пофарбованої або нержавіючої сталі [30].

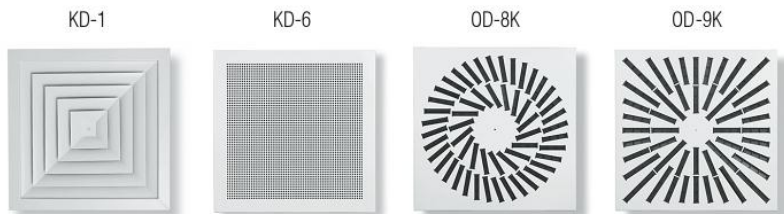


Рис. 3.3. Типи дифузорів повітророзподільників AFV

Усі ПР фірми «Hidria» можуть працювати до температури повітря 70 °C і при відносній вологості 100 %. Початкове падіння тиску на фільтрі типу AFV при номінальній витраті повітря через фільтр складає 250 Па (див. табл. 3.2). Якщо витрата повітря відрізняється від номінальної, то падіння тиску змінюється пропорційно витраті повітря (рис. 3.4).

Для використання фільтрів класу U15 і U16 (затримують частинки пилу розміром більше 0,12 мкм) фірма «Hidria» виробляє стельові ПР з гелевим ущільненням, що забезпечує абсолютну герметичність фільтра, закріпленого в повітророзподільнику.

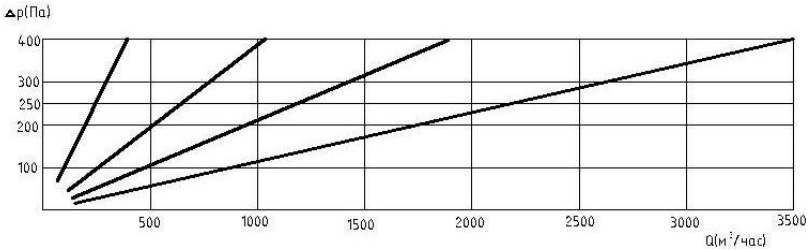


Рис. 3.4. Діаграма падіння тиску на фільтри AFV

3.1.2. Стельові перфоровані панелі

Конструктивним продовженням ПП типу AFV є стельові перфоровані панелі типу DPS для очистки і подачі повітря в чисті приміщення з високим значенням кратності повітрообміну [30]. Основна ціль установки таких пристроїв – звести до мінімуму можливість попадання інфекції в особливо чисті приміщення з припливним повітрям, у якому можуть знаходитися бактерії і віруси. Вони призначені для монтування в підвішені стелі операційних, реанімаційних та інших особливо чистих приміщень (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Стельова перфорована панель DPS

Повітря, яке подається в операційну після попередньої обробки і очистки у фільтрах 1-го і 2-го ступеня кондиціонера, проходить через

фільтр класу H13 або H14, який вбудований у корпус стельової панелі. Із камери статичного тиску корпусу чисте повітря попадає в операційну через перфоровані плити, омиває всю зону під стелею і поступає в операційну зону, не змішуючись з потоками повітря, яке видаляється (рис. 3.6).

Температура припливного повітря на 1-3 °С нижче середньої температури в приміщенні. Видалення повітря з операційної здійснюється з верхньої зони (1/3 від загальної кількості повітря) і з нижньої зони (2/3 від загальної кількості повітря).

Матеріал камери тиску і перфорованої панелі – нержавіюча сталь або листовая сталь, яка пофарбована порошковим напилюванням і стійка до дезінфікуючих засобів.

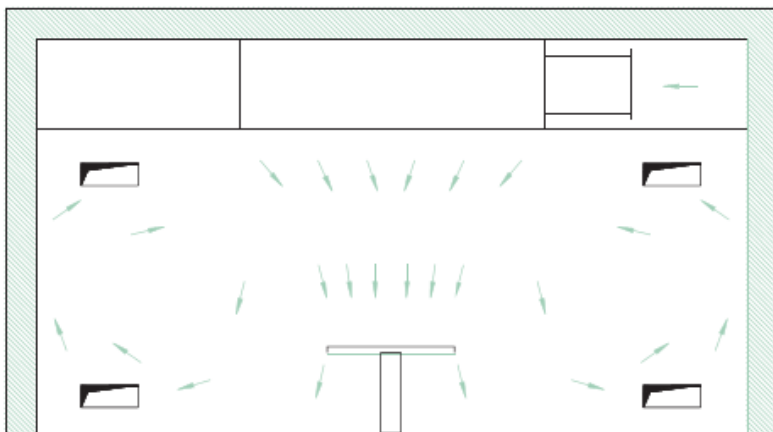


Рис. 3.6. Схема руху повітря в операційній

Підвісні ПР типу DPS (крім розміру 2000 x 1000) складаються з двох частин, які з'єднуються разом. У них можуть бути переходи для встановлення світильника. Перфоровану панель з внутрішньої сторони покривають чорним ущільнювачем для більш рівномірного розподілу повітря. Фільтри HEPA розміром 610 x 305 x 292 мм встановлюють у направляючих. Усередині панелі є патрубкі для вимірювання втрати тиску на фільтрі (перепад тиску до і після фільтру, який фіксує його забруднення) і патрубкі для тесту на герметичність.

Технічні характеристики стельових перфорованих панелей DPS наведено в табл. 3.3.

Модифікацією перфорованих панелей DPS є текстильні припливні стельові панелі із поліестеру DSS (рис. 3.7) [30]. У панелях DSS

перфорований металевий лист замінено на синтетичний текстильний матеріал, натягнутий на раму з алюмінію або нержавіючої сталі. Корпус може бути виготовлено із нержавіючої сталі або пофарбованої оцинкованої сталі.

Таблиця 3.3

Технічні характеристики стельових перфорованих панелей DPS

Розміри повітророзподільника		Кількість панелей		Витрата повітря, м ³ /г	Швидкість повітря, м/с	Кількість фільтрів	Початковий перепад тиску, Па
Довжина L, мм	Ширина В, мм	По довжині	По ширині				
2000	1000	3	2	1000	0,15	1	230
2400	1200	4	2	1600	0,15	2	190
2400	1400	4	2	1800	0,15	2	200
2400	1500	4	2	2000	0,15	2	230
2400	1800	4	3	2400	0,15	3	180
3000	1800	5	3	3000	0,15	3	230
3000	2400	5	4	4000	0,15	4	230
3000	1800	5	3	2000	0,15	2	230
3000	3000	5	5	4000	0,15	4	230

Примітка. Висота повітророзподільника – 406 мм.

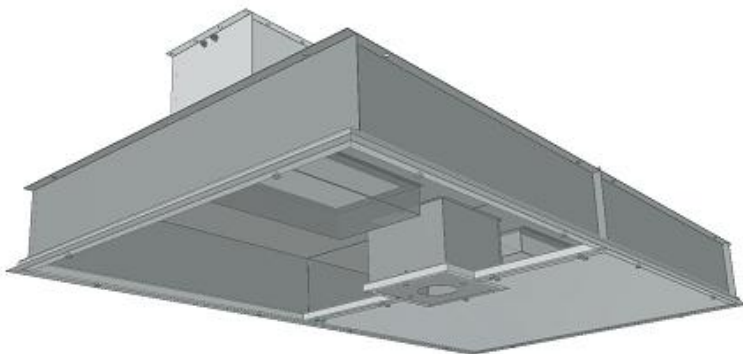


Рис. 3.7. Текстильна стельова панель DSS

Синтетичний текстильний матеріал (одношаровий чи двошаровий) забезпечує односпрямований потік повітря на виході із панелі завдяки гальмуванню потоку через щільне переплетіння ниток у тканині. Текстиль з поліестеру строго відповідає стандарту DIN 47909 у частині гігієнічних вимог до операційних і стійкий по відношенню до агресивних дезінфекційних засобів.

Панелі можуть складатися з однієї, двох або чотирьох секцій. Подача повітря в ПР може бути збоку або зверху. Розміри повітророз-

подільних пристроїв – L x B, мм – 2400 x 1400-3000 x 3000; висота H = 600 мм; кількість фільтрів 2-6 шт; витрата повітря, м³/г – 2000-6000.

Шведська фірма «Swegon» для операційних залів виробляє повітророзподільний пристрій OPLb (рис. 3.8) [31]. Він являє собою панель для подачі повітря, що складається з п'яти перфорованих блоків розподілу повітря і двох фільтрів HEPA чи ULPA. Вибір декількох напрямків розподілу відфільтрованого повітря при низькій витраті надає можливість забезпечити чистоту в операційній зоні, створити постійне надходження чистого повітря без підмішування забрудненого повітря приміщення. При швидкості руху повітря через фільтр 0,7 м/с він задовольняє вимогам класу HEPA, а при швидкості руху повітря через фільтр 0,45 м/с – вимогам класу ULPA. Легкий доступ до фільтрів забезпечує максимально швидко їй заміну.

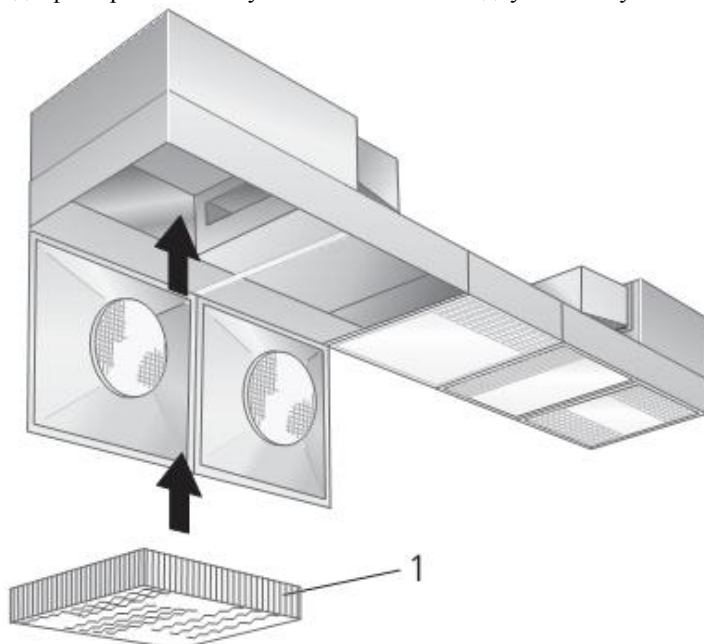


Рис. 3.8. Повітророзподільний пристрій OPLb:
1 – фільтр

Технічні характеристики пристрою OPLb наступні: початковий перепад тиску на фільтрі – 110 Па; шум – 35 dBA; витрата повітря – 1300 м³/год; розміри L x B x H – 3500 x 735 x 740 мм; вага – 165 кг; розмір фільтра – 610 x 610 x 117 мм.

ПР монтують попарно в стелі уздовж операційного столу (рис. 3.9).

Для досягнення оптимального розподілу повітря нижня поверхня панелей повинна знаходитись на відстані 2400-2800 мм над підлогою, а відстань між двома OPLb у стелі повинна бути 2200-2600 мм. Верхня частина пристрою (фільтруюча камера і приєднання до повітроводу) розміщується в підвішеній стелі, а нижня поверхня (лицьова перфорована панель) повинна знаходитись від підвішеної стелі на 100-200 мм. Фільтри дістають з пристрою через лицьові панелі. Рекомендоване кінцеве падіння тиску на фільтрі, коли він потребує заміни, 220 Па або вдвічі більше початкового перепаду тиску.

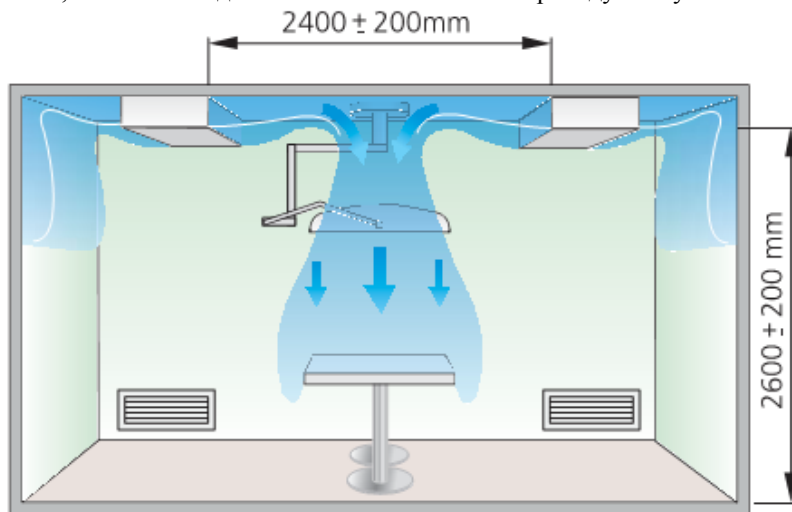


Рис. 3.9. Розміщення пристрою OPLb в операційному приміщенні

3.1.3. Ламінарні стелі

Для створення динамічного захисту робочої зони фірма «Теснаір» (Італія) пропонує використовувати ламінарні стелі, які можуть працювати як спільно із кондиціонером серії Н, так і без нього [26]. Таке технічне рішення дозволяє забезпечити правильний розподіл повітря в приміщенні операційної. Замість традиційної концепції розбавлення повітря в приміщенні свіжим повітрям до допустимих рівнів забруднення новий підхід до проблеми полягає у створенні динамічного захисту робочої зони, яка включає операційний стіл, операційну бригаду, а також допоміжні столи з інструментами і

стерильними матеріалами. Динамічний захист являє собою односпрямований потік стерильного повітря, який рухається зверху вниз із невеликою швидкістю, не створюючи турбулентних завихрень. Таке рішення гарантує відсутність будь-яких частинок у потоці повітря усередині робочої зони.

Переваги нового підходу:

– не допускається контакт твердих частинок, які є переносниками вірусного і бактеріологічного забруднення, з областю операційної рани і хірургічним інструментом;

– на відміну від традиційного використання надлишкового тиску в приміщенні операційної, яке залежить від відкриття/закриття дверей, динамічний захист робочої зони не пов'язаний із підтримкою надлишкового тиску;

– час відновлення робочого стану операційної значно скорочується. Це означає, що період часу між двома операціями, коли виконується стерилізація операційної до класу 7 ISO, зменшується з традиційних 15 хвилин до 1-2 хвилин.

На сьогодні, з точки зору вентиляції, операційні приміщення діляться на два типи: загальної хірургії і спеціальної хірургії. До другої групи належать приміщення, в яких виконуються кардіологічні, ортопедичні, нейрохірургічні і деякі інші операції, а до першої – решта. При цьому і ті, й інші розміщуються в стандартному приміщенні з розмірами 6 x 6 x 3 м. Вимоги до цих операційних наведені в табл. 3.4 [26].

Таблиця 3.4

Вимоги до операційних приміщень

Тип операційної	Клас чистоти	Кратність повітрообміну	Кінцевий фільтр	Потік повітря
Загальної хірургії	7 ISO	20	H13	Неодноспрямований (турбулентний)
Спеціальної хірургії	5 ISO	250	H14	Односпрямований (ламінарий)

Як видно з табл. 3.4, для забезпечення потрібної кратності повітрообміну 250 необхідно зменшити область контролю класу 5 ISO, обмежив її робочою зоною (зазвичай площа цієї зони – 2,8 x 2,8 м), а в решті простору операційної підтримувати клас чистоти 7 ISO. Для досягнення класу 5 ISO необхідно підтримувати односпрямований потік повітря із швидкістю після кінцевого фільтра 0,3-0,4 м/с. Щоб гарантувати стерильність у робочій зоні (розмір – 2,8 x 2,8 м), розміри ламінарийної стелі повинні бути більшими. Експериментально встановлено,

що оптимальними є розміри 3,2 x 3,2 м. Відповідно до рекомендацій щодо проектування, які використовуються у Швейцарії і Німеччині [2], площа ламінарної стелі знаходиться у діапазоні 9-10 м², що при швидкості потоку повітря 0,3 м/с дає витрату 10800 м³/год. Таку кількість повітря недоцільно подавати свіжим, оскільки витрати на його фільтрацію, охолодження/нагрів і зволоження будуть неймовірно високими. Рекомендації щодо проектування вимагають подавати 1500-2000 м³/год свіжого повітря для запобігання забруднення повітря газами-анестетиками, а решту об'єму повітря подавати за рахунок рециркуляції. Грошові витрати на підготовку повітря при використанні ламінарної стелі прямопропорційні витратом повітря, яке, у свою чергу, при фіксованій швидкості потоку пропорційне площині ламінарної стелі.

Міжнародні стандарти дозволяють рециркуляцію повітря при дотриманні трьох умов [26]:

- рециркуляція відбувається в межах одного ізолюваного приміщення, перемішування повітря з різних приміщень не допускається;
- рециркуляційне повітря повинно проходити ті ж ступені очистки, що і свіже (фільтри F9 і H14);
- рівень звукової потужності в центрі приміщення не повинен бути більше 48 dB(A).

Новизна рішення фірми «Tespair» полягає у в тому, що використовується восьмикутна стеля замість квадратної, і це дозволяє зменшити приблизно на 20 % потрібну витрату повітря.

Найпростішим рішенням рециркуляції є подача всього відпрацьованого повітря назад у кондиціонер. У цьому випадку можливо використання статичної ламінарної стелі, особливо для нових будівель. Водночас у лікарнях, які реконструюються, місця для прокладки до кондиціонера повітроводів перерізом 800 x 500 мм (такий переріз потрібен для припливу і витяжки 8000 м³/год повітря з прийнятними втратами тиску і рівнем шуму), як правило, немає. У цьому випадку фірма «Tespair» пропонує стелі, в яких рециркуляція відбувається усередині самого приміщення операційної за допомогою 4-х вентиляторів, установлених по кутах операційної. Рециркуляційне повітря проходить через фільтри класу F9 і H14 і подається в ламінарну стелю, де змішується зі свіжим повітрям, яке йде від кондиціонера. Всі ламінарні стелі, які випускає фірма «Tespair», мають восьмикутну форму 3,2 x 3,2 м, 8 фільтрів класу H14 трапецевидної форми і систему ущільнення, яка гарантує відсутність перетікання повітря між секціями фільтрів. Вище секції фільтрів розміщується повітророзподільний короб з гальванізованої чи нержавіючої сталі, в

якому відбувається змішування рециркуляційного повітря і повітря із кондиціонера. Нижче секції фільтрів розміщується ламінаризатор, який становлять металевий лист з мікроотворами. Конструкція ламінаризатора забезпечує його дезінфекцію. У центрі ламінарної стелі передбачено підключення хірургічних ламп (рис. 3.10).

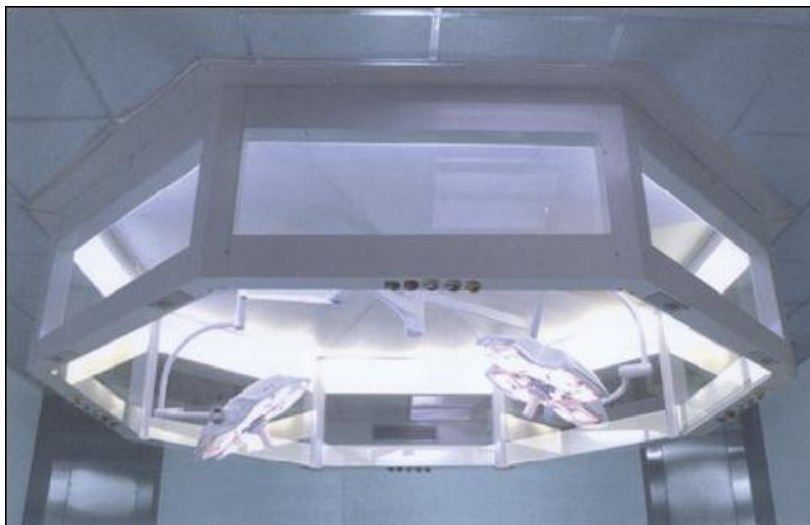


Рис. 3.10. Ламінарна стеля фірми «Теснаіг»

Існують два варіанти виконання ламінарної стелі:

1. Статична стеля із скляною огорожею і світильниками. Огорожа забезпечує напрямок потоку повітря вниз і простягається до висоти 2,1 м над рівнем підлоги. Огорожа має спеціальний світильник, який створює безтіньове освітлення.

2. Стеля, яка вентилюється з огорожею і світильником. Рециркуляційні вентилятори продуктивністю 2000 м³/год кожний встановлюються в кутках операційної, мають фільтри класу F9 і, забираючи повітря з приміщення, подають відфільтроване повітря в повітродозподільний короб, де він змішується з повітрям із кондиціонера, а далі суміш повітря надходить через фільтри H14 та ламінаризатор в операційну зону. Рівень шуму в центрі приміщення на висоті 1,7 м не перевищує 48 dB(A).

Функціональні схеми ламінарних стель без рециркуляції і з рециркуляцією повітря наведено на рис. 3.11 і 3.12 [26].

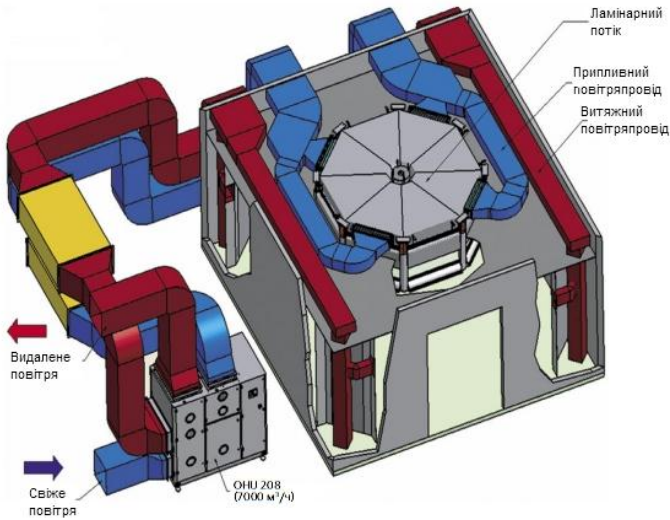


Рис. 3.11. Функціональна схема ламінарної стелі без рециркуляції

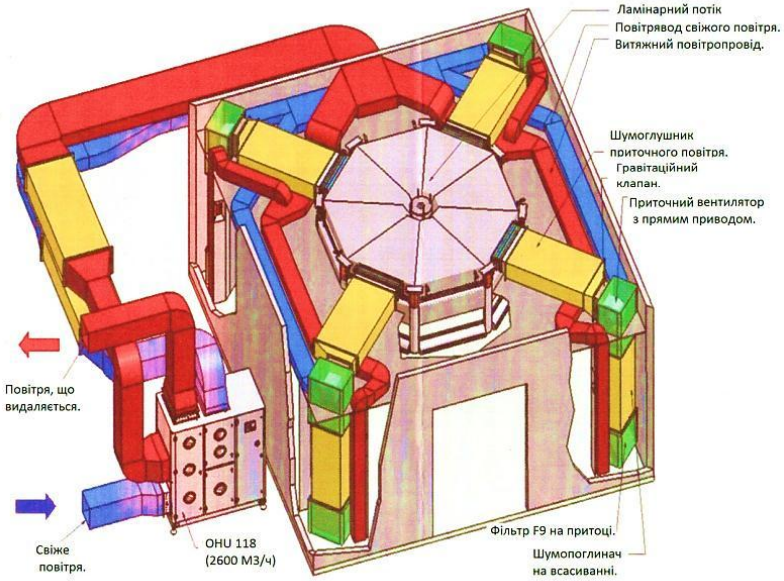


Рис. 3.12. Функціональна схема ламінарної стелі з рециркуляцією повітря

Ще одна перевага використання системи циркуляції повітря в операційній – це можливість у нічний час, коли обладнання операційної не працює, відключити кондиціонер на подачу зовнішнього повітря повністю чи частково, використовуючи тільки вентилятор внутрішньої системи циркуляції чистого повітря, споживаючи при цьому приблизно 400 Вт потужності.

Для відводу повітря з приміщення найчастіше застосовують ґратки з фільтрами (клас G2, G3, G4 чи F5), які встановлюють у стінах приміщення. Ґратки виготовляють із нержавіючої сталі розміром фронтального перерізу від 225 x 75 мм до 1125 x 525 мм і товщиною 35 мм.

3.2. ПОВІТРЯНІ ФІЛЬТРИ

Найважливішими трьома джерелами завислих у повітрі частинок, які впливають на технологію чистих приміщень, є атмосферне повітря, система підготовки повітря і генерація частинок при роботі в цих приміщеннях. Атмосферне повітря містить дисперговані в ньому частинки – так звані аерозолі, які утворилися в результаті як природних процесів, так і діяльності людини. У природі аерозольні частинки утворюються при атмосферних процесах, які впливають на погоду, при виверженні вулканів, при лісових пожежах та з інших чисельних джерел. У природних аерозолях переважають дрібні частинки: концентрація частинок діаметром 0,1 мкм в 1000 разів перевищує концентрацію частинок діаметром 1 мкм. Промислове виробництво і щільність населення чинять дуже суттєвий вплив на концентрацію частинок у повітрі, при цьому домінуючими джерелами є автотранспортні потоки, повітряні і теплові викиди підприємств. Результатом дії всіх цих факторів є те, що, залежно від таких обставин, як погода і щільність населення, в одному кубічному метрі атмосферного повітря міститься від 10 мільйонів до 10 мільярдів (а іноді і більше) частинок розміром більше 0,5 мкм. Крім того, атмосферне повітря переносить мікроорганізми, концентрація яких може досягати 1000 КУО/м³ (КУО – колонієутворююча одиниця, кількість здатних до розмноження бактерій, плісені і дріжджів) навіть у сільських районах [15].

У системах підготовки повітря генерація частинок обумовлена зносом механічних компонентів. Крім того, – і потенціально це значно більше загрозовано – мікроорганізми можуть розмножуватись на вологих елементах цих систем, а потім потрапляти в потік кондиціонованого повітря.

У робочих приміщеннях значна кількість частинок утворюється в ході різних процесів. Суттєвим джерелом забруднення є людина:

навіть у стані спокою вона виділяє у хвилину 100 000-500 000 частинок розміром більше 0,3 мкм і 1000 колонієутворюючих одиниць [15].

Зниження рівня забруднення в повітрі може здійснюватися різними шляхами. З економічної точки зору, основна увага повинна бути звернена на ті дії, в результаті яких можна запобігти генерації частинок або їх потраплянню ззовні. Для цього в технології чистих приміщень використовують сполучення трьох принципіальних підходів: фільтрацію повітря, відповідну організацію повітряних потоків у чистих приміщеннях і забезпечення перепаду тиску між приміщеннями.

3.2.1. Фільтрація повітря

У кінцевих фільтрах СКВ чистих приміщень використовують фільтровані матеріали зі скловолокна, які повинні задовольняти трьом протилежним параметрам: бажана ефективність фільтрації повинна бути досягнута за найменшого перепаду тиску і за можливо найбільшої пилоємності. Це сполучення ефективності фільтрації із тривалим терміном служби і мінімальними витратами енергії є вирішальним фактором у визначенні економічної доцільності використання конкретного фільтра.

Фільтруюче середовище для HEPA- і ULPA-фільтрів, яке відповідає цим вимогам, становить лист товщиною близько 0,5 мм, який складається з хаотичного заплетення тонких волокон (як правило, скла) з діаметром менше мікрона. Так як швидкість повітря крізь фільтр становить усього 0,01-0,03 м/с, фільтрований матеріал складають в гофри. Для того, щоб забезпечити однакову відстань між складками, використовують сепаратори, які встановлюють між окремими складками, або клеють фільтруючий матеріал. Сучасні фільтри побудовані за принципом мінігофр, що дозволяє забезпечити компактність фільтрів і гнучкість технології їх виробництва.

Використовують два основних види фільтрів з мінігофрамами: плоскі фільтри, які оптимізовані для швидкості повітря на вході у фільтр 0,3-0,5 м/с, і фільтровані комірки, в яких гофровані фільтрувальні елементи встановлені у вигляді зигзагу (рис. 3.13) [15].

Завдяки компактній конфігурації фільтровані комірки допускають швидкість повітря до 2 м/с і більше і тому добре вбудовуються в обладнання підготовки повітря чи повітроводи з елементами фільтрації.

У процесі фільтрації (очистки) повітря діють чотири механізми утримання частинок волокнистими фільтрами [15]. Перший – це ефект сита (рис 3.14, а), який діє, коли відстань між двома волокнами менше діаметра частинок.

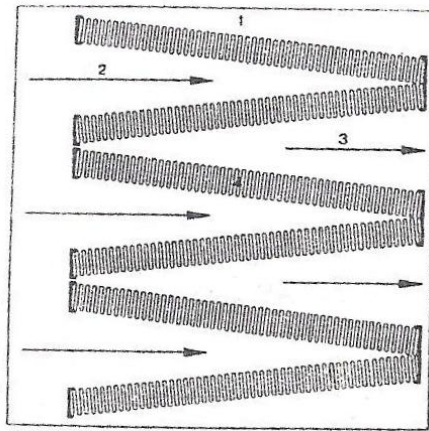


Рис. 3.13. Будова елементів HEPA-фільтрів з гофрованого фільтрувального матеріалу у вигляді зигзагу:
 1 – фільтрувальний елемент; 2 – повітря до фільтра; 3 – повітря після фільтра; 4 – фільтрувальний матеріал.

Цей ефект небажаний у високоефективних фільтрах, коли поверхня фільтра блокується частинками, які осіли і заважають проникненню інших частинок у глибину фільтра, що приводить до скорочення його терміну служби. Другий – це ефект зачеплення (рис. 3.14, б), який проявляється, коли лінія течії, за якою рухається частинка, проходить так близько до фільтрованого волокна, що частинка чіпляється за нього. Третій – ефект інерції (рис. 3.14, в), який проявляється для всіх частинок розміром більше 1 мкм. Завдяки більшій інерції такі частинки не можуть відхилитися разом з лінією течії повітря, коли вона минає волокно, і, таким чином, осідають на волокні. Четвертий – це ефект дифузії (рис. 3.14, г), який має домінуюче значення для надто маленьких частинок (менше 0,1 мкм) з відповідно невеликою масою. У результаті постійної взаємодії з оточуючими їх молекулами газу ці частинки здійснюють хаотичний рух по інерції (броунівський рух) у сторони від лінії течії. Таким чином, збільшується ймовірність торкання волокна частинкою і її утримання поверхневими силами.

Ефект зчеплення і ефект інерції стають більш значущими зі збільшенням діаметру частинок. Протилежну властивість має ефект дифузії, коли рухомість частинок і, відповідно, коефіцієнт дифузії та ймовірність утримання будуть тим більше, чим менше розмір частинок. Отже, для волокнистих фільтрів існує розмір частинок, при якому

ефективність утримання є мінімальною, а просік частинок – максимальним. Цей максимум просіку, названий розміром частинки з максимальною здібністю проникливості, що, як правило, відповідає діаметру частинки 0,1-0,5 мкм, є функцією швидкості течії повітря крізь фільтр [15].

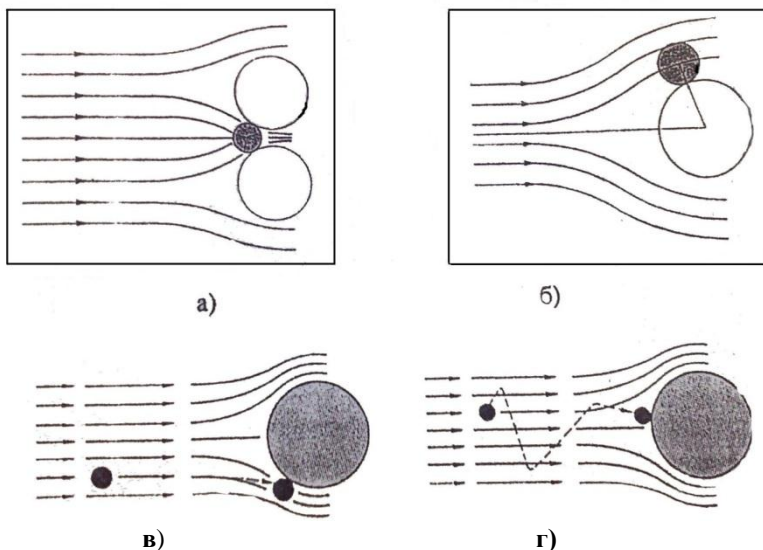


Рис. 3.14. Механізм фільтрації частинок: а) ефект сита; б) ефект зачеплення; в) ефект інерції; г) ефект дифузії.

3.2.2. Класифікація повітряних фільтрів

Фільтри класифікують за призначенням й ефективністю на фільтри загального призначення (фільтри грубої очистки і фільтри тонкої очистки) та фільтри, які забезпечують спеціальні вимоги до чистоти повітря, в тому числі для чистих приміщень (фільтри високої ефективності і фільтри крайньовисокої ефективності) [13; 32; 33]. Європейською комісією зі стандартизації CEN фільтри грубої очистки (course dust filters) позначаються буквою G, фільтри тонкої очистки (fine dust filters) – буквою F, фільтри високої ефективності HEPA (High Efficiency Particulate Air) – буквою H і фільтри крайньовисокої ефективності ULPA (Ultra Low Penetration Air) – буквою U.

Кожна з перерахованих чотирьох груп, у свою чергу, ділиться на декілька класів згідно з визначеннями, які наведені у Європейських стандартах EN 779 і EN 1822 [15]. Клас фільтра – це характеристика ефективності фільтра, яка виражена умовним позначенням. Перша група фільтрів розділена на 4 класи від G1 до G4, друга – на 5 класів від F5 до F9, третя – на 5 класів від H10 до H14 і четверта – на 3 класи від U15 до U17. Класифікація повітряних фільтрів за різними стандартами, їх експлуатаційні характеристики і область використання наведені в табл. 3.5 [28].

Основними характеристиками фільтра є:

- **номінальна продуктивність (номінальна витрата повітря)** – продуктивність фільтра, при якій його характеристики визначаються виробником;
- **аеродинамічний опір (перепад тиску на фільтрі)** – різниця повних тисків до і після фільтру при визначеній продуктивності фільтра;
- **початковий аеродинамічний опір** – аеродинамічний опір незабрудненого фільтра при номінальній продуктивності;
- **кінцевий аеродинамічний опір** – аеродинамічний опір фільтра, при якому він підлягає заміні чи регенерації;
- **пиломісткість** – маса пилу, що зловлена фільтром і накопичена в ньому при досягненні значення кінцевого аеродинамічного опору;
- **коефіцієнт прискочу (проникливість)** – процентне відношення концентрації частинок після фільтру до концентрації частинок до фільтра;
- **ефективність** – процентне відношення різниці концентрації частинок до і після фільтра до концентрації частинок до фільтра.

Кінцевий аеродинамічний опір фільтра визначає його виробник. Стандарт [32] рекомендує наступні значення кінцевого аеродинамічного опору: 250 Па – для фільтрів грубої очистки; 450 Па – для фільтрів тонкої очистки; 650 Па – для фільтрів високої і крайньовисокої ефективності. Європейські виробники фільтрів рекомендують міняти, чистити фільтри, коли перепад тиску на ньому виросте у два-три рази порівняно з початковим падінням тиску [15].

Для кожної групи фільтрів стандартами встановлені спеціальні методи випробувань, які призначені для визначення класу фільтра та інших характеристик на підприємстві-виробнику.

У сучасній практиці СКВ лікарняних закладів використовують повітряні фільтри грубої, тонкої і високоефективної очистки.

Таблиця 3.5

Класифікація повітряних фільтрів та область їх використання

Тип фільтра за ефективністю	Клас фільтра				Ефективність очистки, %				Експлуатаційна характеристика фільтрів (види уловлюваних аерозолей)	Рекомендація щодо використання
	DIN 24184 DIN 24185	EN 779	EN 1822	ДСТУ 3186-95	За методикою випробувань*			O		
					A	A	E			
	EU 1	G 1		≤60	≤65	E				
Груба очистка	EU 2	G 2		60...70	≤65	≤65	≤20	Крупний (більше 10 мкм) пил; іскри від сварки; цементний пил; волокнистий пил; жирові пари; пісок	Фільтри з низькими вимогами до чистоти повітря	
	EU 3	G 3		70...80	65...80	≤65	≤20	Дрібнозернистий пісок; кам'яно-вугільний пил; літаюча зола; текстильні волокна		
	EU 4	G 4		80...90	80...90	35...45	≤20	Пил вугільних шахт; металургійні крупні пили і возони; пил рослин; спори; сажа; пух рослин		
	EU 5	F 5		90...95	80...90	45...60	<20	Молочний порошок; возони оксиду цинку; масляні аерозолі; туман; дрібний пил (більш ніж 5 мкм)		
Тонка очистка	EU 6	F 6		95...97	90...95	60...80	30	Пил барвників; силікозонебезпечні пили; конденсаційний туман кислот; лужні тумани	Середня і тонка очистка повітря СКВ; очистка циклового повітря газотурбінних агрегатів. Фільтри другого ступеня очистки (доочистки). Лікарняні палати, адміністративні будинки, готелі, виробники продуктів харчування, ліків, м'ясо-молочної промисловості	
	EU 7	F 7		97...98	95...97	80...90	45	Бактерії; природний туман; смоляний туман; аерозолі хімічних виробників; пил при шліфовці		
	EU 8	F 8		98...99	97...98	90...95	60	Пил від вагранок; літаюча зола; возони заліза; борошняний пил		
	EU 9	F 9		99...98	98...99	90...95	75	Масляний туман; звичайний атмосферний пил; агрегований цинковий пил; порошкова фарба (полімерна)		
				99...98	99...98	99...99	99	Зварювальний дим; аерозолі при спаванні; мілкий атмосферний пил; возони мартенівських печей		
Високоєфективна очистка (HEPA)			H10				85	Дим сірчаних сполук; квітковий пігмент; нафтовий гар; оксиди свинцю; рідкі аерозолі; радіонукліди; тютюновий дим; лужні тумани	Фільтри для багатоступінчатої очистки повітря в якості «фінішних» фільтрів: для вирішення проблем санітації і мікроклімату для систем вентиляції в формації, операційних, АЕС, бродильних і т. д.	
			H11				95			
			H12				99,5			
			H13				99,95			
			H14				99,995			
Крайньо висока очистка (ULPA)			U15				99,9995	Віруси, дими: всі види атмосферного пилу	Фільтри для кінцевої очистки повітря в приміщеннях з найвищими вимогами до чистоти повітря	
			U16				99,99995			
			U17				99,999995			

* А – на синтетичному (штучному) пилу з медіанним розміром частин – 5 мкм;
 E – на атмосферному пилу з медіанним розміром частинок – 1-3 мкм;
 O – на найбільш проникливих частинках, або масляному тумані – 0,3 мкм

3.2.3. Фільтри грубої і тонкої очистки повітря

Фільтри грубої очистки (клас G3-G4), як правило, 1-й ступінь очистки повітря, системи фільтрації атмосферного повітря забезпечують захист теплообмінних апаратів від забруднення, тому що вони (фільтри) встановлюються на повітрозаборі, тобто на вході в припливні установки чи кондиціонери. Крім того, 1-й ступінь очистки покликаний захистити інший, більш дорогий ступінь від забруднення крупними пиловими частинками розміром 5-10 мкм, що може збільшити ресурс роботи 2-го ступеня більш ніж удвічі. Захист теплообмінних апаратів має і екологічний ефект, пов'язаний із виключенням додаткових витрат на їх промивку (за відсутності фільтрів), і підтримку заданого коефіцієнту теплопередачі за відсутності забруднення поверхні теплообміну.

При невисокій запиленості атмосферного повітря в 1-му ступені очистки можуть бути встановлені фільтри тонкої очистки класу F5-F7, без попередньої очистки у фільтрах класу G3-G4.

Фільтри такої очистки повітря (клас F5-F9), як правило, використовують у 2-му і 3-му ступенях очистки повітря перед високоефективними фільтрами HEPA і розміщують їх на виході із припливних установок для захисту повітроводів від частинок. Фільтри класу F5-F9 ловлять крупні аерозолі і тим самим захищають більш дорогі HEPA-фільтри (клас H10-H14) від швидкого забруднення, таким чином збільшуючи їх ресурс.

Відомим виробником повітряних фільтрів у країнах СНГ є НВП «Фолтер» (Росія), яке виготовляє повну номенклатуру фільтрів, що дозволяє вирішувати будь-які задачі очистки повітря від найбільш простих до найскладніших.

Повітряні фільтри НВП «Фолтер» класу G3-F9 розділені на панельні типу ФяП, ФяГ; кишенькові типу ФяК; компактні типу ФяС-К; сорбційні (вугільні ФяС-С і СУФ); хемосорбційні (іонообмінний ИФК). Усі фільтри відповідають євростандартам EN 779 та EN 1822 [34].

Панельні фільтри типу ФяП, ФяГ (клас G3-G4) призначені для грубої попередньої очистки атмосферного повітря, яке подається в приміщення системами вентиляції і кондиціонування. Фільтр ФяП має плоску фільтруючу поверхню, а ФяГ – гофровану. Схему і вигляд фільтра ФяГ показано на рис. 3.15.

Фільтр ФяГ складається з рамки 1, виготовленої з картону чи оцинкованої сталі, всередині якої вкладений фільтруючий матеріал 2 у вигляді гофри, який спирається зі сторони виходу повітря на стінку з гофрованої (хвилеподібної) форми.

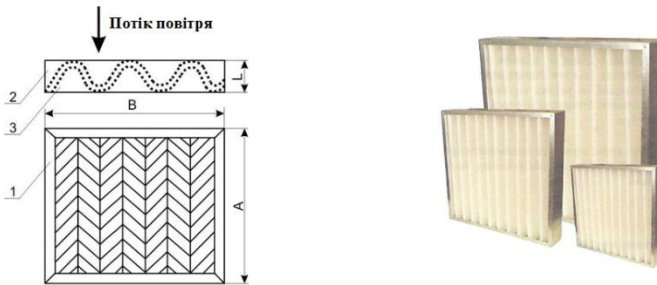


Рис. 3.15. Схема і вигляд фільтра ФяГ

Повітропродуктивність фільтрів, м³/год – 570-5300; опір початковий, Па – 40-80 (при глибині 48 мм) і 30-60 (при глибині 100 мм); кінцевий опір, Па – 250; габаритні розміри, мм: висота – 287-610, ширина – 287-892, глибина – 48 і 100; маса, кг – 0,5-4,1.

Фільтри ФяП і ФяГ використовуються в умовах глобальних обмежень для їх розміщення, оскільки вони мають глибину 20-48 мм для ФяП і 48-100 мм для ФяГ. Малі габаритні розміри за глибиною є також і недоліком цих фільтрів, бо це не дозволяє суттєво розвивати фільтруючу поверхню, що позначається на їх терміні служби.

У цьому випадку перевагу мають кишенькові фільтри ФяК, які виготовляються для класів G3, G4 з глибиною 300 мм, а для збільшення ресурсу доцільно використовувати фільтри з глибиною 600 мм. З економічної точки зору, слід віддавати перевагу використанню фільтрів з більшою глибиною, тому ще це більш ніж удвічі підвищує ресурс роботи, знижує витрати, пов'язані із заміною фільтрів при збільшенні вартості тільки на 30-40 % [35].

Фільтри ФяК (клас G3-F9) застосовуються для очистки зовнішнього і рециркуляційного повітря. Фільтри (рис. 3.16) складаються із металевої рамки 1 і фільтруючого матеріалу 2, зшитого у вигляді кишені. Кишені можуть бути з'єднані між собою ультразвуком або прошиті спеціальною ниткою і проклеєні.

Технічні характеристики фільтрів ФяК наведено в табл. 3.6, а основні стандартні типорозміри і геометричні параметри – в табл. 3.7.

Крім фільтрів ФяК, для використання в якості 2-го ступеня фільтрів класу F5-F9 НВП «Фолтер» виготовляє широку номенклатуру повітряних фільтрів ФяС-Ф, ФяС-К, ФяС-Ф-МП, ФяС-Ф-ПМП [34], вибір яких визначається конструктивними обмеженнями в кожному конкретному випадку. Економічно більш виправданим є використання фільтрів ФяК (класу F5-F9), так як порівняно з усіма іншими фільтрами їх відрізняє невисока вартість. До недоліків можна віднести необхідність застосування

фільтруючих камер більшої глибини 600-800 мм. При обмеженні за глибиною можуть бути використані фільтри ФяС-К, ФяС-Ф, ФяС-Ф-МП, які мають глибину 292 мм, і фільтри ФяС-Ф-ПМП, пропускна здатність яких майже на 40 % вище звичайних фільтрів, а глибина – від 28 до 100 мм.



Рис. 3.16. Схема і вигляд фільтра ФяК

Таблиця 3.6

Технічні характеристики фільтрів ФяК

Клас фільтра за ГОСТом Р 51251-99, EN779 (Evrovent 4/9)	Номінальне питоме повітряне навантаження площі вхідного перерізу, q , $\text{м}^3/(\text{год} \times \text{м}^2)$	Аеродинамічний опір, Па	
		Початковий	Рекомендований кінцевий
G3 (EU3)	10000 – 11400	20 – 40	250
G4 (EU4)	10000 – 11400	40 – 60	250
F5 (EU5)	10000 – 11400	60 – 70	450
F6 (EU6)	10000 – 11400	80 – 90	450
F7 (EU7)	10000 – 11400	90 – 110	450
F8 (EU8)	10000 – 11400	120 – 140	450
F9 (EU9)	10000 – 11400	120 – 140	450

Приклад умовного позначення: Розшифровка фільтра ФяК 3362 (3 – клас фільтра G3; 3 – довжина кишень – 300 мм; 6 – кількість кишень – 6 шт; 2 – габаритні розміри вхідного перерізу 592 x 592 мм (ширина x висота).

Номінальна продуктивність V фільтрів ФяК, $\text{м}^3/\text{год}$, визначається за формулою:

$$V = F \times q,$$

де F – площа вхідного перерізу, м^2 ; q – номінальне питоме повітряне навантаження площі вхідного перерізу, $\text{м}^3/(\text{год} \times \text{м}^2)$.

Високопродуктивні фільтри ФяС-Ф-МП (рис. 3.17) ефективно очищують повітря (клас F6-F9) від дрібнодисперсних аерозолів.

Таблиця 3.7

Основні стандартні типорозміри і геометричні параметри фільтрів ФяК

Габаритний розмір за вхідним перерізом, мм			Площа вхідного перерізу, F, м ²	Довжина кишень, L, мм		Кількість кишень, шт	
Ширина, B	Висота, A	Цифра в індексі фільтра ФяК		Значення	Цифра в індексі	Значення	Цифра в індексі
500	500	0	0,25	300	3	5,7	5,7
287	592	1	0,17	600	6	3,4	3,4
592	592	2	0,35	800	8	6,8	6,8
490	287	3	0,14			5,7	5,7
490	592	4	0,29			5,7	5,7
305	610	5	0,186			3,4	3,4
610	610	6	0,37			6,8	6,8
592	892	7	0,53			6,8	6,8
287	892	8	0,17			3,4	3,4
490	892	9	0,44			5,7	5,7
287	287	01	0,08			3,4	3,4
305	305	02	0,09			3,4	3,4

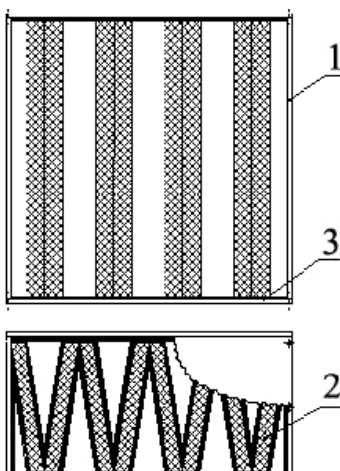


Рис. 3.17. Схема фільтра ФяС-Ф-МП

Фільтр складаються із корпусу 1 (оцинкована сталь), усередині якого під кутом до напрямку потоку повітря встановлені фільтруючі

пакети 2 із мініплісированого фільтруючого матеріалу. Матеріал виготовлений з мікротонкого скловолокна. Корпус фільтра має фланець 3, за допомогою якого фільтр герметично встановлюється в спеціальні рами. Фільтруючі пакети загерметизовані в корпусі за допомогою спеціального герметика.

Основні технічні характеристики і типорозміри фільтрів ФяС-Ф-МП наведено в табл. 3.8 і 3.9.

Таблиця 3.8

Технічні характеристики фільтрів ФяС-Ф-МП

Клас фільтра за ГОСТом Р 51251-99, (EN 779)	Номинальне питоме повітряне навантаження площі вхідного перерізу, q , $m^3/(год \times m^2)$	Аеродинамічний опір, Па	
		Початковий	Рекомендований кінцевий
F6 (EU6)	14300	110	450
F7 (EU7)		140	
F8 (EU8)		170	
F9 (EU9)		140	

Таблиця 3.9

Основні типорозміри фільтрів ФяС-Ф-МП

Індекс фільтра ФяС-Ф-МП	Габаритні розміри, мм			Номинальна продуктивність, $m^3/год$	Площа фільтрації, m^2
	Висота, Н	Ширина, В	Глибина, L		
(*) 22	592	592	292	5000	35
(*) 21	287	592	292	2500	17
(*) 24	492	592	292	4150	30

* – цифра, яка позначає клас фільтра за ГОСТом Р 51251-99 (EN 779).

Усі вищеописані фільтри забезпечують очистку повітря від пильних частинок і дрібнодисперсних аерозолей, але атмосферне повітря завжди містить і газоподібні забруднення. Тому коли концентрація газоподібних забруднень перевищує санітарні норми або в приміщенні потрібна висока якість внутрішнього повітря, то на додаток до пилових фільтрів необхідно встановлювати газові фільтри, які здатні очистити повітря від молекулярних забруднень газів і парів. Такими фільтрами є іонообмінний фільтр кишеньковий ИФК і сорбційний ФяС-С [34].

Фільтри ИФК забезпечують очистку повітря від газоподібних і парових забруднень кислоти (діоксид сірки, фтористий водень, молекулярний хлор, бром, йод, пари оцетної, мурашиної, азотної, кислоти та інші) і основної (аміак, аміни, поліаміни, аерозолі луг і токсичних

солей) природи, а також від пилу і дрібнодисперсних аерозолів з ефективністю, що відповідає класу F5 (рис. 3.18).

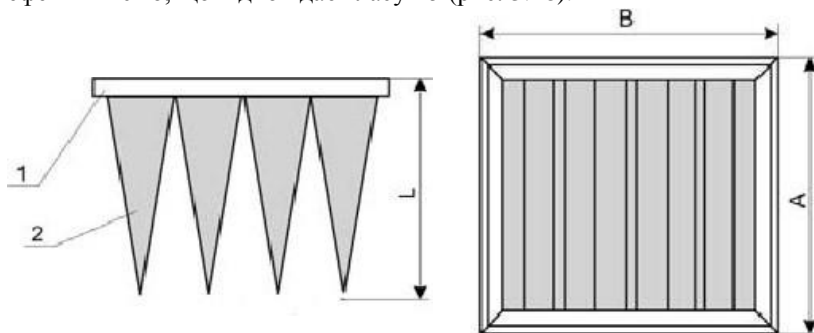


Рис. 3.18. Схема фільтра ИФК

Фільтри ИФК складаються з металевої рамки 1 й іонообмінного матеріалу 2, зшитого у вигляді кишень. Металева рамка може виготовлятися із оцинкованої або нержавіючої сталі. В якості фільтруючого матеріалу використовуються аніонообмінний матеріал МИОН АК-22 чи катіонообмінний матеріал МИОН К-5. Фільтри мають такі характеристики, як: повітропродуктивність – 800-5300 м³/год; аеродинамічний опір: початковий – 115 Па, кінцевий – 450 Па; габаритні розміри: ширина В – 287-610 мм, висота А – 287-892 мм, глибина L – 600 мм.

Вугільні фільтри ФяС-С уловлюють більш широкий спектр речовин. Так, крім вищеуказаних неорганічних сполук, поглинають і органічні газоподібні сполуки, якими супроводжуються автомобільні вихлопи.

Фільтри ФяС-С (рис. 3.19) складаються із корпусу 1 (оцинкована сталь), усередині якого складками укладений фільтруючий матеріал 2. Для запобігання злипанню сусідніх складок фільтруючого матеріалу між ними проложені гофровані сепаратори з алюмінієвої фольги 3. Фільтруючий пакет, який включає матеріал з проложеними сепараторами, герметизується в корпусі прокладкою ущільнюючого матеріалу чи заливкою по всьому периметру герметиком.

Фільтруючий матеріал складається із поліефірних волокон, між якими впроваджені дрібні гранули активованого вугілля. Поліефірні волокна в даній структурі забезпечують каркасну основу і запобігають виносу дрібних гранул активованого вугілля із фільтруючого прошарку.

Характеристики фільтрів ФяС-С наведено в табл. 3.10.

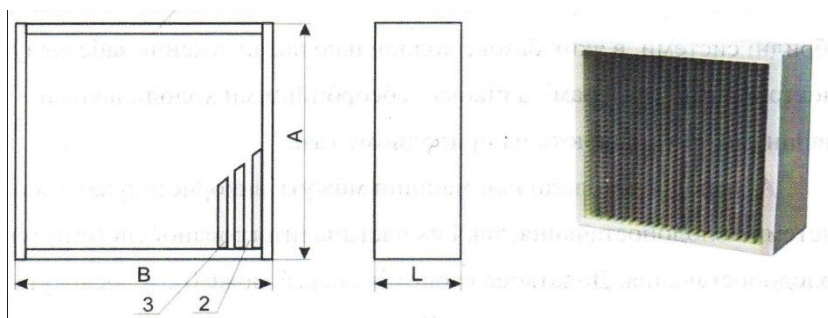


Рис. 3.19. Схема і вигляд фільтра ФяС-С

Таблиця 3.10

Технічні характеристики фільтрів ФяС-С

Характеристики	Індекс фільтра ФяС-С		
	24	22	21
Продуктивність, м ³ /год, не більше	3500	2900	1700
Аеродинамічний опір, Па	130	130	130
Площа фільтрації, м ² , не менше	12	9	6
Маса активованого вугілля, кг	4,8	3,6	2,4
Рекомендовані параметри експлуатації:			
температура, °с, не більше	30	30	30
вологість, %, не більше	60	60	60
Сорбційна ємність, г:			
по органічних речовинах	130	130	130
по неорганічних речовинах	150-1000	110-750	75-500
	110	80	50
Габаритні розміри, мм:			
висота	3500	2900	1700
ширина	592	592	592
глибина	592	490	287
	292	292	292
Маса фільтра, Па	12	9,5	7

Для нормальної роботи фільтрів ФяС-С перед ними повинні встановлюватися фільтри класу F7 (наприклад, фільтри ФяК чи ФяС-Ф), які забезпечують захист фільтруючого прошарку ФяС-С від забруднення дрібними аерозолями, які знижують сорбційну ємність активованого вугілля.

3.2.4. Фільтри високої ефективності очистки повітря (фільтри HEPA)

Високоєфективні повітряні фільтри використовуються для фінішної очистки від токсичного пилу, вірусів і мікроорганізмів у ЛПЗ з високими вимогами до очистки повітря.

Світовий виробник фільтрів компанія GEA (Німеччина) виготовляє панельні фільтри MICROPUR-F (M11F) і MACROPUR-F (M13F), технічні характеристики яких наведено в табл. 3.11, 3.12, а зовнішній вигляд – на рис. 3.20 [3].

Таблиця 3.11

Технічні характеристики фільтрів MICROPUR-F (M11F) і MACROPUR-F (M13F)

Характеристики	Тип фільтра	
Клас фільтра (по EN 1822)	H11	H13
Ефективність очистки повітря, %	95	99,95
Кінцевий аеродинамічний опір, Па	750	750
Робоча температура, °С	80	80
Відносна вологість повітря, %	100	100

Таблиця 3.12

Номінальна кількість повітря (м³/год) для різних рамок фільтрів

Глибина рамки, мм	Розмір фільтра, мм						
	305 x 305	305 x 610	457 x 457	575 x 575	610 x 610	915 x 610	1220 x 610
46 (C)	180	390	450	740	840	1300	1750
54 (D)	210	450	520	850	970	1500	2010
69 (A)	300	600	680	1000	1200	1800	2400
78 (S)	170	370	420	700	800	1200	1650
	210	460	530	880	1000	1540	2100
	260	550	640	1060	1200	1850	2500
	300	640	740	1230	1400	2150	2900
150 (H)	260	550	640	1060	1200	1850	2500
	330	710	820	1350	1530	2350	3180
292 (T)	420	930	1060	–	2000	–	–
	530	1160	1340	–	2510	–	–

Основу фільтра утворює фільтруючий матеріал у вигляді спеціального паперу з крайньотонкого скловолкна. Фільтруючий папір складений у сталє з'єднання.

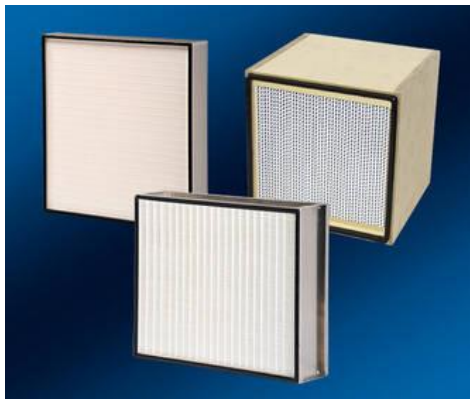


Рис. 3.20. Зовнішній вигляд фільтрів MICROPUP-F і MACROPUR-F

Оптимальна висота і кількість складок по відношенню до експлуатаційного режиму фільтра забезпечує потрібний клас фільтра і його довгий термін служби. Метод розділення паперу, який використовується, створює не тільки стабільне з'єднання, але і паралельні та рівномірні складки фільтруючого матеріалу, що дуже важливо для отримання рівномірного потоку повітря із фільтра. Розділення паперу досягається завдяки кромкам із термоплавкого клею чи розділителем, виготовленим з гофрованої алюмінієвої фольги. Конструкція із фільтруючого паперу герметично кріпиться до міцної, стійкої до скручування рамки фільтра, яка разом з кільцевим ущільненням із піноматеріалу PUR гарантує високоякісне ущільнення повітряного фільтра в корпусі. Рамка фільтра виготовляється із МДФ-панелей (пресоване дерев'яне волокно), алюмінієвого профілю, оцинкованої чи нержавіючої листової сталі.

Серед номенклатури фільтрів, які випускає НВП «Фолтер», до НЕРА-фільтрів належать фільтри ФЯС і ФЯС- МП [34].

Конструктивно фільтри ФЯС виготовляються двох типів: з алюмінієвим і нитковими сепараторами (рис. 3.21), які використовуються для запобігання злипанню сусідніх складок. Фільтр складається з корпусу 1, усередині якого складками укладений фільтруючий матеріал 2, який герметизується в корпусі шляхом заливки по всьому периметру спеціальним герметиком 4. Корпус фільтра може бути виготовлений зі спеціального алюмінієвого профілю, нержавіючого листа або МДФ (фанера). Фільтри виготовляються глибиною 78, 150 і 300 мм. На вході і виході, чи з обох сторін фільтра можуть встановлюватися спеціальні ґратки, які забезпечують захисну, декоративну і повітророзподільну функцію.

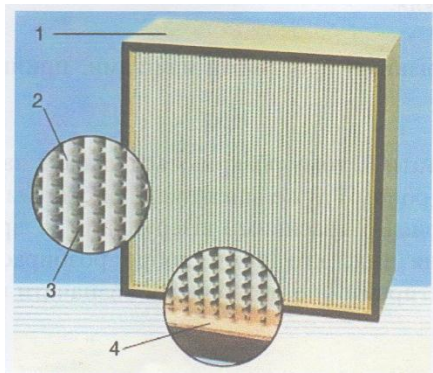


Рис. 3.21. Фільтр з алюмінієвими сепараторами:

1 – корпус; 2 – фільтруючий матеріал; 3 – сепаратори з алюмінієвої фольги; 4 – спеціальний герметик.

Фільтри ФяС випускаються 2-х варіантів:

– базовий, з кількістю фільтруючого матеріалу, вказаного у табл. 3.13;

– економічний, у якому збільшення площі фільтруючої поверхні, порівняно з базовим фільтром глибиною 150 мм, складає близько 1,3 рази, а для фільтрів глибиною 300 мм – 1,5 разів (табл. 3.13).

Перевагою економічного фільтра є менший початковий опір, а також збільшений ресурс роботи, який за досвідом експлуатації для фільтрів глибиною 150 мм може бути більше в 1,5-1,7 разів, а для фільтрів глибиною 300 мм – у 1,8-2,0 рази порівняно з базовим варіантом.

Таблиця 3.13

Геометричні характеристики фільтрів ФяС

Габаритні розміри вхідного перерізу, мм	Площа фільтруючої поверхні, м ²			
	глибина – 150 мм		глибина – 300 мм	
	базовий	економічний	базовий	економічний
305 x 305	2,0	2,6	3,5	5,2
530 x 530	6,4	8,4	11,2	16,8
305 x 610	4,2	5,4	7,2	10,8
530 x 1130	14,0	18,3	24,4	36,6
610 x 610	8,4	11,0	14,6	22,0
610 x 1220	17,4	22,7	30,2	45,4
460 x 920	9,8	12,8	17,0	25,6

Основні технічні характеристики фільтрів ФяС наведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Технічні характеристики фільтрів ФяС

Клас фільтра ФяС за ГОСТом Р 51251-99	Номинальне питоме повітряне навантаження на м ² площі вхідного перерізу (швидкість через фільтр, м/с)		Ефективність, %, не менше (за методикою Євростандарту EN 1822)	Початковий аеродинамічний опір, Па					
				для фільтрів з алюмінієвими сепараторами					
	150	300		для фільтрів з нитковими сепараторами (економічний)		глибина 150		глибина 300	
				базовий	економічний	базовий	економічний		
H11	1620 (0,45)	5375 (1,49)	95	55	65	50	135	120	
H13	1620 (0,45)	5375 (1,49)	99,95	105	130	100	250	190	
H14	1620 (0,45)	5375 (1,49)	99,99	140	150	120	30	230	

Примітка. Рекомендований кінцевий опір фільтрів – 600 Па.

Фільтри ФяС установлюються безпосередньо в конструкції чистого приміщення (стеля чи стіни) в повітродозподільниках або в фільтрувальних камерах, розміщених десь раніше по ходу повітря.

Модифікацією фільтрів ФяС є високопродуктивні НЕРА-фільтри ФяС-МП (рис. 3.22), які мають більш розвинену фільтруючу поверхню за рахунок установки мініплісированих фільтруючих пакетів у корпусі під гострим кутом до напрямку повітряного потоку.

Особливістю цих фільтрів є висока пропускна здатність (продуктивність).

Основні технічні характеристики фільтрів ФяС-МП наведено в табл. 3.15.

Таблиця 3.15

Технічні характеристики фільтрів ФяС-МП

Позначення фільтру ФяС-МП	Клас фільтру з ГОСТ Р 51251-99	Номинальна продуктивність, м ³ /год	Площа фільтрації, м ²	Ефективність*, %	Габаритні розміри, мм		
					висота	ширина	глибина
У 13Р36.3	H13	3400	29,5	99,95	610	610	300
У 13Р35.3	H13	1500	14,0	99,95	305	610	300
У 13Р32.3	H13	3200	27,0	99,95	592	592	300

Примітки. Початковий опір при номінальній продуктивності – 260

Па, рекомендований кінцевий опір – 600 Па.

* – ефективність визначається за Євростандартом EN 1822.

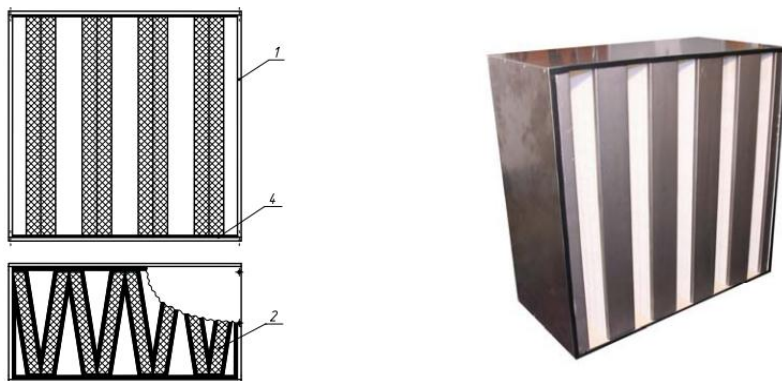


Рис. 3.22. Схема і вигляд фільтра ФяС-МП

Фільтри високоєфективної очистки повітря служать для одноразового використання і підлягають заміні при забрудненні.

Термін служби залежить від витрати повітря, кінцевого перепаду тиску, кількості пилу в приміщенні. Якщо витрата повітря на 25 % менше номінальної, то термін служби збільшується вдвічі. Установка фільтра попередньої очистки значно продовжує термін служби НЕРА-фільтра. У процесі експлуатації фільтра слід контролювати його аеродинамічний опір (перепад тиску), який характеризує рівень забруднення фільтра за показаниками диференціального манометра. Фільтр повинен замінюватися при досягненні перепаду тиску, вказаного у паспорті, вибраного в проекті, або виходячи із тиску у вентиляційній системі. Після встановлення нового фільтра слід перевірити щільність прилягання касети з фільтром до корпусу згідно з Євростандартом DIN 1946, ч. 4 [34].

3.2.5. Рекомендації щодо використання фільтрів у чистих приміщеннях

Наявність великого різноманіття фільтрів за ефективністю очистки повітря, за класами, а також за конструктивними особливостями потребує рекомендацій щодо їх використання в чистих приміщеннях. Для різних класів зовнішнього повітря і різного рівня (класів) чистоти повітря в приміщенні пропонуються різні схеми одно- і багатоступеневої очистки повітря.

У роботі [35] рекомендується багатоступенева система фільтрації повітря, яка забезпечує основні вимоги до чистоти повітря в різних галузях (медицина, фармація, електроніка та тощо).

Таблиця 3.16

Фільтри для чистих приміщень

Клас чистоти	Ступінь очистки				
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
2 ISO	G4	F6	F9	H12	U17
3 ISO	G4	F5	F8	H11	U16
4 ISO	G3	F5	F8	H10	U15
5 ISO	G4	F6	F9	H14	–
6 ISO	G4	F6	F9	H13	–
7 ISO	G4	F6	F9	H12	–
8 ISO	G3	F5	F8	H11	–
9 ISO	G4	–	F7	H10	–

У представленій багатоступеневій системі фільтрації припливного повітря кожен зі ступенів захищає наступну, як правило, більш дорожу, від крупних аерозолів, які цей ступінь ефективно можуть спіймати. Заданий рівень чистоти повітря забезпечує остаточний фінішний ступінь: високоефективні HEPA-фільтри класу H10-H14 і крайньо-високоефективні ULPA-фільтри класу U15-U17.

У приміщеннях лікарняних закладах клас чистоти приміщення в оснащеному стані за ISO 14644-1 знаходиться в межах 8 ISO-5 ISO залежно від групи приміщення [11]. Тому система вентиляції і кондиціонування повітря приміщень категорій ОЧ (особливо чисті) і Ч (чисті) оснащують триступеневою системою очистки припливного повітря, а у приміщеннях інших категорій – одно- і двоступеневою системою.

Принципову схему побудови системи припливної вентиляції на базі фільтрів НВП «Фолтер» (Росія) показано на рис. 3.23 [34].

У першому ступені очистки (попередня очистка) використовуються фільтри грубої очистки класу G3, G4, у другому ступені очистки (тонка очистка) – фільтри тонкої очистки класу F5-F9 і в третьому ступені (фінішна очистка) – фільтри високоефективної очистки класу H11-H14.

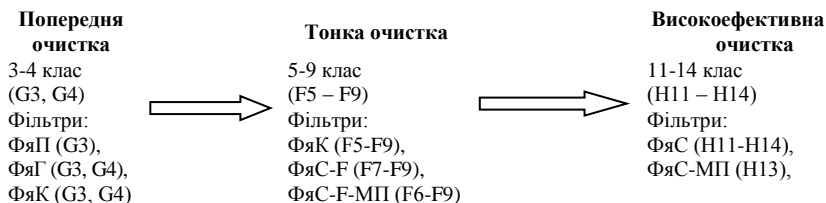


Рис. 3.23. Принципова схема побудови системи припливної вентиляції на базі фільтрів НВП «Фолтер»

3.3. УСТАНОВКИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ

Для забезпечення і підтримки в приміщеннях ЛПЗ заданої бактеріальної чистоти повітря необхідно передбачити в системах вентиляції і кондиціонування використання, крім фільтрів, установок знезараження повітря з ефективністю інактивації мікроорганізмів і вірусів не менше 95 %.

Під «інактивацією» мікроорганізмів розуміють втрату їх здібності до розмноження після стерилізації чи дезінфекції [10]. Пристрої знезараження повітря автоматично підтримують нормовану ефективність інактивації мікроорганізмів і мають індикатор ефективності роботи.

Установки знезараження повітря рекомендується розміщувати [6; 17]:

- у всіх приміщеннях у кінцевому пристрої припливної вентиляції, будь-яких схемах вентиляції і кондиціонування у кінцевому пристрої припливної вентиляції і на вході витяжного каналу вентиляції;
- у всіх приміщеннях з використанням рециркуляції повітря на припливному чи рециркуляційному повітроводах, а якщо це неможливо, то оснащувати ці приміщення автономними установками знезараження повітря.

Для визначення приміщень, особливо лікарняних закладів, існують вимоги про необхідність знезараження повітря, що строго регламентовано [6; 17]. У табл. 3.17 наведено перелік типів приміщень, які підлягають обладнанню бактерицидними установками знезараження повітря з вказівкою бактерицидної ефективності [36].

На сьогодні існують декілька технологій знезараження повітря: дезінфекція хімічними реагентами, озонування, фільтрування, ультрафіолетове опромінювання, обробка сталими електричними полями або низькотемпературною плазмою, фотокаталіз та інші [37].

3.3.1. Ультрафіолетове випромінювальне обладнання

На сьогодні одним із головних методів інактивації вірусів, бактерій і грибків є використання ультрафіолетової енергії. Ультрафіолетове випромінювання (ультрафіолет, УФ, UV) – це електромагнітне випромінювання, яке охоплює діапазон довжини хвиль від 100 до 400 нм оптичного спектру електромагнітних коливань між видимим і рентгеновським випромінюванням.

Бактерицидну дію має ультрафіолетове випромінювання з діапазоном довжини хвиль 205-315 нм (найбільш ефективно при довжині хвилі 254 нм), воно викликає деструктивно-модифікуюче фотохімічне пошкодження ДНК клітинного ядра мікроорганізму [36]. Зміни в ДНК

мікроорганізмів накопичуються і приводять до уповільнення темпів їх розмноження і подальшого вимирання в першому і наступному поколіннях.

Ультрафіолетове бактерицидне опромінювання повітряного середовища виконується за допомогою ультрафіолетового випромінювального обладнання, принцип дії якого заснований на пропусканні електричного розряду через розріджений газ, який знаходиться усередині герметичного корпусу, в результаті чого відбувається випромінювання певної довжини УФ-хвиль.

Таблиця 3.17

Приміщення, які підлягають обладнанню бактерицидними установками для знезараження повітря

Категорія	Тип приміщення	Норми мікробного знесмінення КУО*, 1 м ³		Бактерицидна ефективність J, %, не менше	Об'ємна бактерицидна доза Нv, Дж/м ³ (значення довідкові)
		Загальна мікрофлора	S. aureus		
1	2	3	4	5	6
I	Операційні, передопераційні, пологові, стерильні зони ЦСВ**, дитячі палати пологових будинків, палати для недоношених і травмованих дітей	Не більше 500	Не повинно бути	99,9	385
II	Перев'язувальні, кімнати стерилізації і пастеризації грудного молока, палати та відділення імуноослаблених хворих, палати реанімаційних відділень, приміщень нестерильних зон ЦСВ, бактеріологічні і вірусологічні лабораторії, станції переливання крові, фармацевтичні цехи	Не вище 1000	Не більше 4	99	256

III	Палати, кабінети та інші приміщення ЛПЗ, що не ввійшли до I і II категорії	Не нормується	Не нормується	95	167
IV	Дитячі ігрові кімнати, шкільні класи, побутові приміщення промислових і громадських будівель з великим скупченням людей при тривалому перебуванні	Не нормується	Не нормується	90	130
V	Кімнати для куріння, громадські туалети і сходові площадки приміщень ЛПЗ	Не нормується	Не нормується	85	105

* КУО – колонієутворюючі одиниці.

** ЦСВ – централізовані стерилізаційні відділення.

Випромінювальне обладнання – це бактерицидні лампи, опромінювачі і установки [36]. Бактерицидна лампа (УФ-лампа) – штучне джерело випромінювання, в спектрі якого є переважно бактерицидне випромінювання в діапазоні довжин хвиль 205-315 нм. Використовують лампи низького і середнього тиску. У даному випадку мається на увазі тиск усередині лампи, при якому відбувається випаровування металів (найчастіше ртуті чи її сполук), що приводить до випромінювання УФ-хвиль. Найбільше розповсюдження, завдяки високоєфективному перетворенню електричної енергії випромінювання, отримали розрядні ртутні лампи низького тиску, в яких процес електричного розряду в аргонно-ртутній суміші переходить у випромінювання з довжиною хвилі 253,7 нм. Ці лампи мають великий термін служби (12 000-16 000 годин). Відомі ртутні лампи середнього тиску, які при невеликих габаритних розмірах мають більшу одиничну потужність – від 2 000 до 10 000 Вт, що дозволяє в окремих випадках зменшити число опромінювачів у бактерицидній установці. З іншого боку, вони малоекономічні, більш дорогі, мають низьку бактерицидну ефективність при терміні служби вдвічі меншому порівняно з лампами низького тиску і тому не знайшли широкого використання.

Розробкою і виробництвом УФ-ламп для установок фотобіологічної дії в сучасний час займається ряд великих західних фірм (Philips, Osram, Radium, Sylvania та інші) і російських фірм (Лисма, ЛИТ, Ксенон).

Для більш раціонального використання на практиці бактерицидних ламп їх вбудовують у бактерицидні опромінювачі. Бактерицидний опромінювач – це електротехнічний пристрій, який складається із бактерицидної лампи (ламп), пускрегулюючого апарату, відбивальної арматури і допоміжних елементів. За конструктивним виконанням опромінювачі діляться на три групи: відкриті, закриті і комбіновані [36].

У відкритих опромінювачів прямий бактерицидний потік охоплює широку зону в просторі. Вони призначені для процесу знезараження приміщень тільки за відсутності людей чи за умови їх короткотермінового перебування. Кріплять їх зазвичай до стелі або на стінах.

У закритих опромінювачів, їх ще називають рециркуляторами, лампи розміщуються в невеликому замкненому корпусі, і бактерицидний потік не має виходу за межі корпусу, тому опромінювачі можуть використовуватися, коли в приміщенні є люди. Енергія бактерицидного потоку дезактивує більшість вірусів і бактерій, що попадають у внутрішній блок разом з повітряним потоком. У корпусі опромінювача передбачені дифузори, через які за допомогою вбудованого вентилятора повітря надходить усередину приладу, де попадає під джерело УФ-випромінювання в замкненому просторі внутрішнього блоку, після чого повертається в приміщення. Закриті опромінювачі розміщують, як правило, на стінах приміщень, рівномірно за периметром, за ходом руху основних потоків повітря (часто поблизу опалювальних приладів) на висоті 1,5-2 метри від рівня підлоги.

Комбіновані опромінювачі зазвичай мають 2 бактерицидні лампи, які розділені між собою екраном так, щоб потік від однієї лампи направлявся тільки в нижню зону приміщення, від другої – у верхню зону. Лампи можуть вмикатися разом і окремо. Кріпляться такі опромінювачі на стіні і можуть бути з відбивачами чи без них.

Бактерицидна установка включає в себе групу бактерицидних опромінювачів. Також це може бути система припливно-витяжної вентиляції, в елементи якої вбудовуються бактерицидні лампи для подачі в приміщення знезараженого повітря. Рівень бактерицидної ефективності установки задається згідно з медико-технічними завданнями на її проектування.

Тривалість роботи бактерицидної установки, при якій досягається потрібний рівень бактерицидної ефективності, різна залежно від типу опромінювача: для закритих опромінювачів – 1-2 години; для відкритих і комбінованих – 0,25-0,5 годин; для систем припливно-витяжної вентиляції – 1 година і більше [38].

Бактерицидне обладнання в складі установки припливної вентиляції (кондиціонування повітря) дозволяє не установлювати прилади в

окремих приміщеннях, а обслуговувати цілі поверхи. Такі бактерицидні установки встановлюють усередині повітроводів чи корпусу кондиціонерів після апаратів охолодження (нагрівання). Це забезпечує знезараження не тільки повітря, але і поверхонь, особливо дренажного піддону, який є зоною накопичення вологи, що сприяє розвитку мікроорганізмів.

При проектуванні бактерицидних установок швидкість повітря в каналах повітроводів приймають близько 2,5 м/с [36]. При цих умовах час дії УФ-опромінування на повітряний потік складає 1с. Цікаво, що потрібна доза УФ-опромінування для інактивації мікроорганізмів, які знаходяться і на поверхні, і в повітряному потоці, однакова. Для досягнення процесу інактивації за більш короткий час потрібні більш високі рівні опромінування. Для цього підвищують відбивальну здатність внутрішніх поверхонь повітроводів і (чи) збільшують число ламп та їх потужність.

Робота бактерицидних ламп може супроводжуватися виділенням озону. Наявність озону в повітряному середовищі у високих концентраціях становить загрозу для здоров'я людини, тому приміщення, де розміщуються установки, повинні провітрюватися з інтенсивністю повітрообміну не менше 1 крата за 15 хвилин [17].

Для запобігання розповсюдження повітряно-крапельних інфекцій (стафілокок, стрептокок, туберкульоз, грип та інші) у приміщеннях з постійним перебуванням великої кількості людей або груп людей зі зниженим імунним бар'єром бактерицидні установки спільно з припливно-витяжною вентиляцією рекомендують використовувати в режимі постійної роботи [17].

Незважаючи на те, що область використання технологій УФ-опромінування постійно розширюється і розробляються сучасні ефективно працюючі системи галузевих стандартів, щодо встановлення і технічного обслуговування систем поки не існує [36]. На сьогодні у стадії розробки знаходяться два стандарти ASHRAE (США) щодо обробки повітря і поверхонь УФ-опромінуванням і випробовування систем знезараження повітря. У 2004 році Мінздрав Росії прийняв Положення про організацію і проведення очистки і дезінфекції систем вентиляції і кондиціонування. Однією з основних його вимог є оснащення систем вентиляції і кондиціонування повітря бактерицидним обладнанням на основі сучасних ультрафіолетових технологій.

НВО «ЛИТ» (Росія) випускає бактерицидні лампи, рециркулятори і установки (модуль МЕГАЛИТ) для УФ-опромінування повітря [38].

В якості джерел УФ-випромінування використовують лампи низького (ЛНТ) і середнього тиску (ЛСТ), основні характеристики яких наведено в табл. 3.18.

Таблиця 3.18

Основні характеристики ламп низького і середнього тиску

Параметр	Лампи низького тиску, амальгамні лампи	Лампи середнього тиску
Одиничні потужності ламп	75-600 Вт	2000-10 000 Вт
ККД перетворення електричної енергії в бактерицидну	до 40 %	до 12 %
Термін служби ламп	12 000-16 000 годин	6000-8000 годин
Спектр випромінювання	254 нм	від 200 до 800 нм
Робоча температура поверхні лампи	40-60 °С – для ртутних ЛНТ, 80-120 °С – для амальгамних ЛНТ	більше 600 °С

Експлуатаційні витрати на заміну УФ-ламп низького і середнього тиску приблизно однакові, незважаючи на те, що для однакових умов кількість ЛСТ буде в 10-20 разів менша, ніж ЛНТ, термін служби ЛСТ удвічі коротший і вони дорожче, ніж ЛНТ. Зворотною стороною високої питомої потужності є низький коефіцієнт перетворення споживленої електричної енергії в бактерицидну, внаслідок чого експлуатаційні витрати на електроенергію при використанні ЛСТ, як мінімум удвічі вище, ніж при використанні ЛНТ.

Друга принципова різниця між лампами – це спектр випромінювання. Лампи низького тиску іноді називають монохроматичними, оскільки спектр їх випромінювання припадає на одну довжину хвилі 254 нм. Лампи середнього тиску випромінюють широкий спектр від 200 до 800 нм, тому їх ще називають поліхроматичними. З точки зору ефективності знезараження, ця різниця не має значення, оскільки потрібна доза опромінювання повинна забезпечуватися на довжині хвилі 254 нм, але водночас широкий спектр випромінювання не виключає можливості формування побічних продуктів при знезараженні ЛСТ.

Рециркулятори закритого типу Р-УФ-Б-170 монтуються безпосередньо в приміщенні незалежно від загальної системи вентиляції і включають у себе УФ-лампи і вентилятор, який забезпечує циркуляцію повітря через камеру знезараження. Випускаються два варіанти апаратів продуктивністю за повітрям 200 і 400 м³/год, споживчою потужністю, відповідно, 210 і 400 Вт, вагою 14 і 20 кг, габаритними розмірами 1100 x 285 x 155 мм.

Модулі МЕГАЛИТ установлюються в технологічну схему систем вентиляції і кондиціонування повітря будівель будь-якої продуктивності. В обладнанні використовують безозонові лампи, які мають термін служби 8000 годин. Корпус виготовлений із нержавіючої сталі. Технічні характеристики модулів наведено в табл. 3.19.

Таблиця 3.19

Технічні характеристики модулів МЕГАЛИТ

№	Найменування	Середня продуктивність, м ³ /год	Габаритні розміри, Н x В x L, мм	Споживча потужність, Вт	Тип ламп	Кількість ламп
1	МЕГАЛИТ-2	1700	800 x 280 x 1100	600	ДБ-300 П	2
2	МЕГАЛИТ-3	3000	800 x 420 x 1100	900	ДБ-300 П	3
3	МЕГАЛИТ-4	4500	800 x 560 x 1100	1200	ДБ-300 П	4
4	МЕГАЛИТ-5	6300	800 x 700 x 1100	1500	ДБ-300 П	5
5	МЕГАЛИТ-6	8000	800 x 840 x 1100	1800	ДБ-300 П	6
6	МЕГАЛИТ-7	9700	800 x 980 x 1100	2100	ДБ-300 П	7
7	МЕГАЛИТ-9	13 500	800 x 1260 x 1100	2700	ДБ-300 П	9
8	МЕГАЛИТ-10	15 200	800 x 1400 x 1100	3000	ДБ-300 П	10
9	МЕГАЛИТ-12	20 500	1550 x 870 x 1100	3600	АНЦ 300/144	12
10	МЕГАЛИТ-16	34 000	1550 x 1380 x 1100	4800	АНЦ 300/144	16

3.3.2. Технологія знезараження повітря сталими електричними полями

НВФ «Поток Интер» (Росія) пропонує технологію інактивації мікроорганізмів і вірусів сталими електричними полями [4]. Обробка повітряного потоку здійснюється у два етапи. На першому етапі в зоні інактивації здійснюється комбінований багатократний вплив на мікроорганізми різко змінних за величиною напруженості і градієнтом сталих електричних полів та іонів протилежних знаків, що приводить до незворотного пошкодження чи повного руйнування мікробних клітин. На другому етапі в зоні фільтрації здійснюється уловлювання уламків зруйнованих мікробних клітин і частинок в електро-статичному фільтрі.

Основні переваги такої технології знезараження повітря наступні:

- повне знезараження повітря від будь-яких мікроорганізмів і вірусів (включаючи вірус пташиного грипу, віспи, легіонели та інші);
- ефективність знезараження не залежить від виду і життєстійкості мікроорганізмів, тому що на мікробну клітину здійснюється фізичний вплив, який приводить до її дезінтеграції (руйнування);
- негативний вплив на людину відсутній;
- експлуатується як у безперервному, так і в періодичному режимах у широкому діапазоні температур і вологості повітря;

- низьке електроспоживання (5 Вт на знезараження 150 м³/год повітря);
- не потребує витратних матеріалів;
- великий ресурс роботи (більше 5 років).

Підприємство «Поток Інтер» випускає як автономні установки знезараження повітря, так і установки для монтажу в системи вентиляції і кондиціонування [4].

Автономні установки «Поток 150-М-01» мають продуктивність за повітрям 140 і 260 м³/год і споживають при цьому потужність 40 і 130 ВА, масу, відповідно, 9 і 60 кг, габаритні розміри – 420 x 322 x 360 і 1242 x 506 x 615 мм. Ефективність інактивації мікроорганізмів і вірусів в установках не менше 96 %, фільтрують частинки в діапазоні від 0,01 до 10 мкм.

Для знезараження і тонкої фільтрації припливного повітря і повітря, що видаляється, в приміщеннях ЛПЗ призначені установки «Поток» каналного типу, які вбудовуються в канал СКВ у зручному для монтажу місці (за підвісною стелею, в технічних приміщеннях і тощо). Ефективність інактивації мікроорганізмів і вірусів в установках – не менше 96 %, ефективність фільтрації відповідає фільтру високої ефективності класу Н11, витрати повітря – 260-720 м³/год, електро-споживання – не більше 60 ВА, аеродинамічний опір при номінальній витраті – не більше 110 Па, габаритні розміри – 1160 x 950 x 450 мм.

У складі систем вентиляції і кондиціонування повітря для операційних категорії чистоти ОЧ і Ч використовують асептичні стелі з установками знезараження повітря «Поток 150-М-01». Конструкція збирається з чотирьох блоків знезараження (монтаж у складі герметичної підвісної стелі) з можливістю установки в середній частині безтіньового світильника. Блок знезараження повітря складається з п'яти установок «Поток» у єдиному зовнішньому корпусі з повітророзподільником (рис. 3.24).

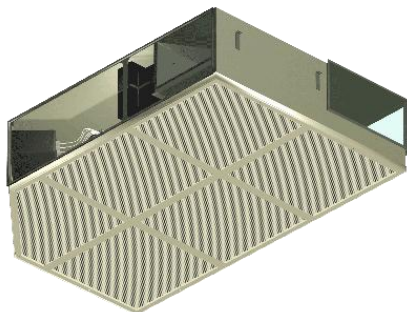


Рис. 3.24. Блок знезараження повітря

На рис. 3.25 зображено комплект із 4 блоків, об'єднаних в одну конструкцію для знезараження повітря в операційному залі.

Технічні характеристики комплекту наступні: витрата повітря – до 3600 м³/год; аеродинамічний опір при номінальній витраті – не більше 110 Па; енергоспоживання – не більше 240 ВА; маса 4-х блоків – 480 кг; габаритні розміри комплекту – 3600 x 2400 x 350 мм. Усі установки «Поток» поставляються в комплекті з пультами контролю і управління, що забезпечує наявність функції контролю і автоматичного регулювання параметрів роботи установки для підтримки заданої ефективності інактивації.



Рис. 3.25. Комплект для знезараження повітря в операційному залі

3.4. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ

1. Що таке повітророзподільник (ПР)?
2. Які особливості приміщення можуть впливати на циркуляцію повітря в ньому?
3. Що таке перемішуюча вентиляція?
4. Що таке витісняюча вентиляція?
5. Яка швидкість повітря на виході з ПР при перемішуючій вентиляції?
6. Яка швидкість повітря на виході з ПР при витісняючій вентиляції?
7. З яких конструктивних елементів складається ПР?
8. Типи ПР.

9. Конструкція стельових перфорованих панелей.
10. Які особливості текстильних стельових панелей?
11. Що таке ламінарні стелі?
12. Які вимоги до операційних приміщень з точки зору вентиляції?
13. За яких умов дозволяється рециркуляція повітря в операційній?
14. Які основні джерела частинок у повітрі, що впливають на технологію чистих приміщень?
15. Які три основні шляхи зниження рівня забруднення повітря в чистих приміщеннях?
16. Що таке фільтр очистки повітря?
17. Які механізми утримання частинок волоконними фільтрами?
18. Класифікація повітряних фільтрів.
19. Основні характеристики фільтрів.
20. Конструкції фільтрів грубої очистки.
21. Конструкції фільтрів тонкої очистки.
22. Фільтри для очистки повітря від газоподібних і парових забруднень кислої і основної природи.
23. Конструкції фільтрів високої ефективності очистки повітря (HEPA-фільтри).
24. Що таке багатоступенева система фільтрації повітря?
25. Скільки може бути ступенів очистки повітря в системах вентиляції лікарняних приміщень?
26. У яких приміщеннях рекомендується розміщувати установки знезараження повітря?
27. Які існують технології знезараження повітря?
28. Класифікація ультрафіолетового випромінювального обладнання.
29. Основні переваги технології знезараження повітря сталими електричними полями.
30. Установки знезараження повітря сталими електричними полями.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Розрахункові температури, кратності повітрообміну, категорії щодо чистоти приміщень (ДБН В.2.2-10-2001)

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Лікарні, поліклініки, станції невідкладної та швидкої медичної допомоги						
Палати для дорослих хворих, приміщення для матерів акушерських відділень, приміщення гіпотермії	20	60 м ³ /год на ліжко		Ч	2	2
Палати для туберкульозних (дорослих та дітей)				Б	2	2
Палати для хворих гіпотиреозом	24	«		Ч	2	2
Палати для хворих тиреотоксикозом	15	«		Ч	2	2
Операційні, післяопераційні палати, реанімаційні зали, палати інтенсивної терапії, пологові, пологові бокси, операційно-діалізаційні, наркозні, опікові палати	22	За розрахунком, але не менше десятикратного обміну		ОЧ	Не допускається	
Післяпологові палати, палати для дітей, палати для дітей з матерями	22	60 м ³ /год на ліжко		Ч	2	2
Палати для новонароджених, недоношених, травмованих дітей; палати сумісного перебування новонароджених та матерів	25	За розрахунком, але не менше 80 м ³ /год на ліжко		ОЧ	Не допускається	
Бокси та напівбоксы, фільтр-боксы, перед-боксы	22	2,5 подача повітря до коридору	–	Б	–	2,5
Палатні секції інфекційного відділення	20					
Допологові, фільтри, приймально-оглядові бокси, оглядові, перев'язочні, маніпуляційні, передопераційні, процедурні, приміщення для зцідження грудного молока, кімнати для годування дітей віком до 1 року, приміщення для шеплень	22	1,5	2	Ч	1	1,5
Маніпуляційно-туалетні для новонароджених	25	–	2	Ч	–	1,5
Маніпуляційні із застосуванням аміназину	22	8	10	Б	Не допускається	
Кабінети лікарів, кімнати персоналу, кімнати відпочинку для хворих, які користуються процедурами водолікування та грязелікування, кабінети голкотерапії, приміщення виписки, кабінети аудіометрії, антропометрії, диспетчерські, що приймають виклики та направляють бригади, кімната для заповнення документів, кімната відпочинку диспетчерів, лікарів, фельдшерів, санітарів, шоферів, виїзних бригад, медичної статистики	20	Приплив з коридору	1	Ч	Приплив з коридору	1

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Кабінети ангіографії, процедурні рентгендіагностичних кабінетів, процедурні та роздягальні флюорографічних кабінетів, кабінети електросвітлолікування, масажна	20	3	4	Б	Не допускається	
Кабінети для роздягання при рентгендіагностичних кабінетах	20	3	–	Ч	Не допускається	
Процедурні для рентгенівських знімків зубів, мийні лабораторного посуду патолого-анатомічних відділень, кімнати керування рентгенівських кабінетів та радіологічних відділень, фотолaboratorія	18	3	4	Б	Не допускається	
Стерилізаційні при операційних септичних відділень	18	–	3	Б	Не допускається	
Те саме асептичних відділень	18	3	–	Ч	Не допускається	
Барозал	20÷26	1,5	2	Ч	1	1,5
Лабораторії та приміщення для проведення аналізів, кабінети (приміщення) радіотелеметричних, ендокринологічних та ін. досліджень, приміщення для приймання, сортування та взяття проб для лабораторних аналізів, монтажні та мийні кабінети штучної нирки та приміщення апарату штучного кровообігу, розчинно-дозаторські лабораторії, приміщення мінералізації, препараторські для пофарбування мазків, вагові, колориметричні, для приготування поживних середовищ, матеріально-апаратні лабораторії, фіксаційні, приміщення для приготування перев'язочних та операційних матеріалів та білизни, контролю, комплектування та пакування інструментів, приймання, розбирання, миття та сушіння хірургічних інструментів, шприців, голок, катетерів, процедурних для лікування нейролептиками, радіопост, диктофонний центр, приміщення поточної стерилізації, апаратна	18	1	3	Б	1	1,5
Зали лікувальної фізкультури	18	50 м ³ /год на 1 особу		Б	1	1,5
		80 %	100 %			
Кабінети функціональної діагностики приміщення для ректороманоскопії	22	1	3	Б	–	1,5
Кабінети лікувальної фізкультури механотерапії, зуболікувальні кабінети кімнати зондування, приміщення для дегельментизації	20	2	3	Б	1	1,5

Назва приміщення	Т° С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Приміщення (кімнати) для санітарної обробки хворих, душові, кабінки особистої гігієни	25	3	5	Б	–	2, але не більше 100 м ³ /год
Приміщення субкавальних, сірководневих та інших ванн (крім радонових), приміщення для підігрівання парафіну та озокериту, лікувальні басейни для плавання	25	3	5	Б	Не допускається	
Приміщення для зберігання гіпсових бинтів, гіпсу, музеї та препаратурські до них у патолого-анатомічних відділеннях, компресорні інгаляторіїв, центральні комори для білизни, комори інфікованої білизни та постільних речей, комори господарського інвентарю, комора речей хворих та прасувальні, інструментальні, комори реактивів та апаратури в патологоанатомічних відділеннях для поточного ремонту фізіотерапевтичної апаратури, зберігання валіз виїзних бригад, поточного запасу медикаментів, аптечна кімната, комора місячного запасу медикаментів, комора нестерильних матеріалів та білизни	18	–	1	Б	–	1
Приміщення стерилізаційних автоклавних центральних стерилізаційних:	18	За розрахунком			Не допускається	
а) чисте відділення		100%	–	Ч		
б) брудне відділення		–	100%	Б		
Приміщення для миття, стерилізації та зберігання суден, горщиків, миття та сушіння клейонок, сортування та тимчасового зберігання предметів прибирання, комори кислот та дезінфікуючих засобів, приміщення миття носилок та клейонок, приміщення сушіння одягу та взуття виїзних бригад	18	–	5	Б	–	2
Приміщення для тимчасового зберігання білизни та твердих відходів, які забруднені радіоактивними речовинами	18	–	5	Б	Не допускається	
Ресстратури, довідкові, вестибюлі, гардероб-ні, приміщення для приймання передач хворим, очікувальні, комори теплих речей при верандах, буфетні, їдальні для хворих, роздавальні з підсобними приміщеннями в молочно-роздавальних пунктах	18	–	1	Б	–	1
Медичні архіви	18	–	0,5	Б	–	0,5
Приміщення для обробки гумових рукавичок, для миття та стерилізації столового та кухонного посуду при буфетних та їдальнях відділень, перукарні для обслуговування хворих, муляжні	18	2	3	Б	1	2

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Сховища радіоактивних речовин, фасовочні та мийні в радіологічних відділеннях, мийні в лабораторіях	18	5	6	Б	Не допускається	
Процедурні в кабінетах для статичної та рухливої теле-гамма-терапії, кімнати для центрування в кабінетах для рухливої теле-гамма-терапії, процедурні рентгенотерапії, кабінети мікрохвильової терапії, кабінети ультрависокочастотної терапії, кабінети тепловікування, кабінети закутування, приміщення приготування розчинів для радонових ванн, кабінети лікування ультразвуком	20	4	5	Б	Не допускається	
Роздягальні та кабінети для роздягання у відділеннях водолікування	23	Приплив за балансом витяжки із залів з ванними, грязевих процедур		Ч	Не допускається	
Приміщення радонових ванн, грязелікувальні зали, душевий зал з кафедрою, кабінети грязелікування для гінекологічних процедур	25	4	5	Б	Не допускається	
Приміщення для зберігання та регенерації гязі	12	2	10	Б	Не допускається	
Приміщення для зберігання трупів ¹⁾	2	—	3	Б	—	1,5
Приміщення для одягання трупів, видачі трупів, комори речей для поховону, для обробки та приготування до поховання інфікованих трупів, приміщення для зберігання хлорного вапна	14	—	3	Б	Не допускається	
Приміщення дезінфекційних камер:	16					
а) приймальні відділення		3 чисто- відділ.	3	Б	Не допускається	
б) брудні відділення		Те саме	5	Б	Не допускається	
в) розвантажувальні (чисті) відділення		5	Через брудні відділ.	Ч	Не допускається	
Шлюзи при сірководневих ваннах	25	3	4	Ч	Не допускається	
Кабіни для роздягання при сірководневих ваннах	25	3	3	Ч	Не допускається	
Приміщення для приготування розчинів сірководневих ванн та зберігання реактивів	18	5	6	Б	Не допускається	
Приміщення для миття та сушіння простиралл, полотен, брезентів, грязеві кухні	16	6	10	Б	Не допускається	
Інгаляторії (процедурні)	20	8	10	Б	Не допускається	

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Секційні	16	1	4	Б	Не допускається	
Шлюзи перед палатами для новонароджених	22	За розрахунком, але не менше 5-кратного обміну		Ч	Не допускається	
Приміщення для виписування родильниць та опромінювання дітей кварцовою лампою	22	–	1	Ч	–	1
Санвузли	20	–	50 м ³ /г на 1 унітаз і 20 м ³ /г на 1 пісуар	Б	–	50 м ³ /г на 1 унітаз і 20 м ³ /г на 1 пісуар
Кімнати для вмивання	20	–	3	Б	–	1,5
Клізмова	20	–	5	Б	–	1,5
Малі операційні	22	10	5	Ч	Не допускається	
Віварій						
Карантинне відділення для в'їзду машин з тваринами:						
Приймальня з теплим тамбуром для в'їзду машин з тваринами	16	1	1	Б	Не допускається	
Мийка для собак, кішок, карликових свиней з ванною та циркуляційним душем	22	3	5	Б	Не допускається	
Сушіння теплим повітрям собак та карликових свиней	25	3	5	Б	Не допускається	
Приміщення для утримання лабораторних тварин:						
а) мишей	20÷22	10	12	Б	Не допускається	
б) хом'яків	20	10	12	Б	Не допускається	
в) морських свинок	14÷16	8	10	Б	Не допускається	
г) кроликів	5	8	10	Б	Не допускається	
д) собак (з виходом на вигул)	14	8	10	Б	Не допускається	
є) кішок	18	10	12	Б	Не допускається	
ж) баранів (з виходом на вигул)	5	10	12	Б	Не допускається	
з) карликових свиней	18	10	12	Б	Не допускається	
й) півнів	18	10	12	Б	Не допускається	
Приміщення персоналу	18	1	1	Ч	–	1
Склад кліток та інвентарю	10	–	1	Б	–	1
Огляд хворих тварин та їх дезінфекція	20	8	10	Б	Не допускається	
Ізолятор для великих тварин	15	8	10	Б	Не допускається	
Приміщення для зберігання та приготування деззасобів (з витяжною шафою)	18	За розрахунком		Б	–	2
Зберігання кормів та підстилок	10	–	1	Б	–	1
Дезінфекційно-мийне відділення						
Очистка та миття інвентарю:						
а) ручне миття	16	3	5	Б	Не допускається	
б) машинне миття:						
приміщення грубої очистки	16	3	5	Б	Не допускається	
мийна	16	5	6	Б	Не допускається	
Стерилізація та сушіння інвентарю	18	За розрахунком		Ч	Не допускається	
Зберігання чистих кліток, стелажів, контейнерів, кормушок, носилок, підстилок	10	–	1	Б	–	1

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Завантаження кліток кормами, водою, підстилками	18	–	1	Б	–	1
Тимчасове зберігання трупів тварин	2÷4	–	3	Б	–	1
Відділення для утримання піддослідних тварин						
Блок для утримання дрібних лабораторних гризунів (мишей, шурів, морських свинок) в умовах, які виключають проникнення патогенної флори)²⁾						
Приміщення бар'єрної зони						
Примусовий санпропускник	25	3	5	Б	Не допускається	
Одягання стерильного одягу:						
а) чиста зона	25	За розрахунком		Ч	Не допускається	
б) брудна зона	25	«		Б	Не допускається	
Стерилізаційна з паровим автоклавом	18	«		Б	Не допускається	
Бактерицидний гідрошлюз:						
а) чиста зона	18	3	–	Ч	Не допускається	
б) брудна зона	18	–	3	Б	Не допускається	
Бактерицидний аерошлюз	18	За розрахунком		Ч	Не допускається	
Приміщення забар'єрної зони³⁾						
Приміщення для утримання тварин ВЗІХ і проведення експериментів:						
а) для мишей	20÷22	15	10	ОЧ	Не допускається	
б) для шурів	18	15	10	ОЧ	Не допускається	
в) для морських свинок	14-16	15	10	ОЧ	Не допускається	
Приміщення для експериментів	20	15	10	ОЧ	Не допускається	
Приміщення персоналу	18	1	1	ОЧ	Не допускається	
Склад стерильного інвентарю, кормів, підстилок	18	1	1	ОЧ	Не допускається	
Розподіл та роздача кормів	18	1	1	ОЧ	Не допускається	
Стерилізація води	18	1	1	ОЧ	Не допускається	
Блок для утримання лабораторних тварин у звичайних умовах						
Приміщення для експериментів	18	1	3	Б	1,5	2
Приміщення хірургічної секції:						
а) передопераційна з стерилізаційною	18	1	2,5	Ч	Не допускається	
б) операційна, післяопераційна, приміщення інтенсивного догляду за видужуючими тваринами	20-22	За розрахунком		ОЧ	Не допускається	
Приміщення для інфікування тварин та роботи з ними:						
а) приміщення для токсикологічних досліджень	18	1	3	Б	1,5	2
б) приміщення для зараження тварин (маніпуляційна, бокси для контрольних тварин)	18	5	6	Б	Не допускається	
в) персонал та фахівці	18	–	1,5	Ч	Не допускається	
г) зберігання чистих: інвентарю, кормів, підстилок	18		1	Б	Не допускається	
д) збір відходів	10	–	10	Б	Не допускається	

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Відділення ветеринарного обслуговування						
Кабінет лікаря	18	1	1	Ч	Не допускається	
Секційна	16	3	3	Б	Не допускається	
Лабораторна діагностика з боксом для розтину тварин	18	1	3	Б	Не допускається	
Зберігання медикаментів	18	1	3	Б	Не допускається	
Блок ізоляції хворих тварин:						
а) приміщення хворих із шлюзом ⁴⁾						
б) зберігання годівниць, кліток, інвентарю, підстилок та кормів	10	–	1	Б	–	1
в) персонал	18	1	1	Ч	–	1
г) предмети прибирання з краном, трапом та сушаркою	10	–	10	Б	–	3
Відділення підготовки кормів						
Підготовка овочів з мийкою, підготовка зерносушішей	16	3	4	Б	Не допускається	
Кормоварильний зал	16	За розрахунком			Не допускається	
Мийна кухонного посуду	18	4	6	Б	Не допускається	
Стерилізація кормів	18	1	3	Б	Не допускається	
Охолоджувальна камера для харчових продуктів	2÷4	Періодичне провітрювання		Б	Не допускається	
Аптеки						
Зали обслуговування населення	16	3	4	Б	1	1,5
Робочі приміщення або ізовані робочі зони в залі обслуговування, експедиційні приміщення для приймання та оформлення замовлень прикріпленого закладу, рецептурна	18	2	1	Ч	1,5	1
Асистентська, асептична, дефектарська, прохідний шлюз; заготівельна та фасувальна зі шлюзом, закатувальна та контрольно-маркірувальна, стерилізаційна-автоклавна, стерилізаційна, дистиліаційна	18	4	2	Ч	2	1
Розфасувальна, контрольно-аналітичний кабінет, мийна, стерилізаційна розчинів, дистиліаційно-стерилізаційне приміщення, кокторій, розпакувальна	18	2	3	Б	1	1,5
Приміщення для приготування лікарських форм в асептичних умовах	18	4	2	ОЧ	Не допускається	
Приміщення для зберігання лікарських засобів і виробів медичного призначення:	18	2-3	3-4	Б	1	1-1,5

Медична кондиціонуюча техніка

Продовження таблиці А.1

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Рідин, що можуть горіти та легко займатися	18	–	8	Б	–	1
Дезінфікуючих засобів та кислот, дезінфекційна зі шлюзом	18	–	5	Б	–	1,5
Аптечний кіоск (пункт)	18	–	1	Б	–	1
Електрошитова	15	–	1	Б	–	1
Санітарно-епідеміологічні станції (СЕС)						
Радіологічна група						
Лабораторне приміщення	18	3	5	Б	Не допускається	
Бактеріологічна група. Приміщення лікарів та лаборантів, кімнати для занять	18	–	1,5	Ч	Не допускається	
Приміщення для серологічних досліджень, посівні, приміщення для експрес-діагностики	18	5	6	Б	Не допускається	
Бокси	18	6	5	Ч	Не допускається	
Передбокси	18	–	10	Б	Не допускається	
Приміщення ентомології, для гельмінто-логічних досліджень, приготування поживних середовищ	18	5	6	Б	Не допускається	
Мийні:						
а) без мийної машини	18	5	6	Б	Не допускається	
б) з мийною машиною	18	3	5	Б	Не допускається	
Стерилізаційні автоклави	18	–	3	Б	Не допускається	
Термальні кімнати		За технологічними вимогами				
Кімнати для приймання, ресстрації, сортування та видачі результатів аналізів	18	–	3	Б	Не допускається	
Вірусологічне відділення та лабораторія відділу особливо небезпечних інфекцій						
Приміщення для ідентифікації респіратор-них, ентральних вірусів, для приготування культури тканин:						
а) робочі кімнати лікарів та лаборантів	18	5	6	Б	Не допускається	
б) бокси	18	5	6	Б	Не допускається	
в) передбокси	18	6	5	Ч	Не допускається	
г) бокси	18	6	5	Ч	Не допускається	
д) передбокси для приготування культури тканин	18	–	10	Б	Не допускається	
Приміщення для ідентифікації арбовірусів						
а) робочі кімнати лікарів та лаборантів	18	5	6	Б	Не допускається	
б) бокси	18	5	6	Б	Не допускається	
в) передбокси	18	–	10	Б	Не допускається	
Кімнати для проведення бактеріологічних досліджень, кімнати для обробки пасток та приготування приманок, розтинальні	18	3	6	Б	Не допускається	
Кімнати для зараження гризунів (біопробна)	18	8	10	Б	Не допускається	

Продовження таблиці А.1

Назва приміщення	Т°С	Кратність при механічній вентиляції повітрообміну		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
Коридори	18	За балансом відділення		Ч	Не допускається	
Молочно-роздавальні пункти						
Роздавальна	16	2	2	Ч	1	
Холодильна камера (для готової продукції)	2	Періодичне провітрювання				
Приміщення для приймання та зберігання посуду від населення	12	–	1	Б	–	1
Каса	18	–	1	Ч	–	1
Комора дезінфікуючих розчинів та прибирального інвентарю	16	–	5	Б	–	5
Сауна						
Очікувальна	18	–	3	Ч	–	1
Коридор	18	–	2	Ч	–	1
Роздягальня	22	–	3	Ч	–	1
Душова	22	–	8	Б	–	5
Парна ³⁾	100/80 (85/80)	–	–	Б	–	3
Кімната відпочинку	26	–	3	Ч	–	1
Кімната для масажу	25	–	4	Б	–	2
Солярій	23	–	3	Ч	–	1,5
Вбиральня	22	–	50 м ³ /год на 1 унітаз	Б	–	50 м ³ /год на 1 унітаз
1.6 Санаторно-курортні заклади						
Вестибюльна група	Відповідно до СНІП 2.08.02					
Пошта, ошадна каса, транспортне агентство						
Пункт прийому речей у хімчистку, білизни – в пральню, взуття – в ремонт						
Камера схову						
Перукарня (робочих місць)						
Спальні приміщення (секція)						
Спальні кімнати (палати)	18	–	1	Ч	–	1
Вітальня	18	–	2	Ч	–	2
Приміщення культурно-масового призначення						
Кімната для гри у настільний теніс	18	–	1,5	Б	–	1,5
Гурткові кімнати	18	–	1,5	Б	–	1,5
Бібліотека						
а) приміщення для видачі книжок	18	2	1,5	Б	2	1,5
б) читальний зал	18	За розрахунком, але не менше 20 м ³ /год навколишнього повітря на 1 читальське місце		Б	2	1,5
в) книгосховище	18	1	1	Б	1	1
Кімната культурно-масового працівника	18	1,5	–	Б	–	1,5

Назва приміщення	Т°С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Категорія щодо чистоти приміщення	Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка		приплив	витяжка
<p>¹⁾ Природна вентиляція допускається тільки для приміщень тимчасового зберігання трупів.</p> <p>²⁾ Природна вентиляція для віваріїв, вільних від збудників інфекційних хвороб (ВЗІХ) не допускається.</p> <p>³⁾ Передбачається подача стерильного повітря.</p> <p>⁴⁾ Дивись дані приміщення для утримання лабораторних тварин.</p> <p>⁵⁾ У чисельнику вказана верхня межа температури, в знаменнику – нижня. У дужках надано значення температури для дітей.</p>						
<p>Примітка 1. Температура повітря в коридорах повинна дорівнювати температурі повітря найбільш чистого приміщення для запобігання перетоку повітря за рахунок різниці гравітаційних сил.</p> <p>Примітка 2. При визначенні температурного режиму приміщень (відділень), що ізольовані від інших приміщень (відділень) шлюзами, температура повітря в усіх цих приміщеннях із загальним коридором повинна дорівнювати температурі найбільш чистого з них (для патолого-анатомічних відділень – найбільш брудного).</p> <p>Примітка 3. Коридори в будинках з механічною вентиляцією поза стерильними відділеннями слід розглядати, як приміщення «чисті», в які подається повітря за балансом з прилеглими до них приміщеннями, але не менше однократного повітрообміну.</p> <p>Примітка 4. У віваріях приплив повітря до приміщення здійснюється до верхньої зони, а витяжка – $\frac{2}{3}$ з нижньої зони та $\frac{1}{3}$ з верхньої. Швидкість, з якою виходить повітря з припливних отворів, повинна встановлюватись завданням та створювати рухомість повітря біля кліток 0,1-0,3 м за секунду.</p> <p>Примітка 5. До «особливо чистих» приміщень (категорія ОЧ) належать приміщення з особливими вимогами до забезпечення стерильності середовища в них. До «чистих» приміщень (категорія Ч) належать приміщення, в яких відсутні: виділення різких запахів, парів, вологи, що приводять до збільшення відносної вологості понад допустиму; тепловиділення, які створюють теплову напругу, що викликає необхідність влаштування місцевих відсмоктувачів або інтенсивного повітрообміну (більше 2-х кратностей), шкідливих речовин у концентраціях понад ГДК, мікробних забруднень, які викликають спалах внутрілікарняних епідемій.</p> <p>До «брудних» приміщень (категорія Б) належать приміщення, де присутня хоча б одна з небажаних шкідливостей, яка недопустима для категорій «Ч» та «ОЧ».</p> <p>Примітка 6. В асистентських кімнатах аптек, які розташовані в ІV кліматичній зоні, слід передбачати кондиціонування повітря.</p>						

Таблиця А.2

**Температура і кратність повітрообміну в приміщеннях
рентгенологічного відділення (кабінету) (ДСанП і Н 6.6.3-150-2007)**

Назва приміщення	Т, °С	Кратність повітрообміну при механічній вентиляції		Кратність при природному повітрообміні	
		приплив	витяжка	приплив	витяжка
Загальні приміщення					
Кабінет завідувача	20	Приплив з коридору	1	Приплив з коридору	1
Кімната персоналу	20	Приплив з коридору	1	Приплив з коридору	1
Комора	18	–	1	–	1
Очікувальна	18	–	1	–	1
Кімната для приготування барію	18	–	1	–	1
Кімната тимчасового зберігання рентгеноплівки	18	–	1	–	1
Кабінет рентгенодіагностики					
Процедурна	20	3	4	Не допускається	
Кімната управління	18	3	4	Не допускається	
Роздягальня	20	3	–	Не допускається	
Фотолабораторія	18	3	4	Не допускається	
Кабінет Х-терапії					
Процедурна	20	4	5	Не допускається	
Кімната управління	18	3	4	Не допускається	
Кабінет лікаря	20	Приплив з коридору	1	Приплив з коридору	1
Рентгеноангіокардіографічний кабінет					
Рентген-операційна	22	За розрахунком, але не менше десятикратного обміну		Не допускається	
Кімната управління	18	3	4	Не допускається	
Передопераційна	22	1,5	2	1	1,5
Стерилізаційна	18	–	3	Не допускається	
Рентгенофлюорографічний кабінет					
Процедурна	20	3	4	Не допускається	
Роздягальня	20	3	4	Не допускається	

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Бактерицидна лампа 95
Бактерицидна установка 97
Бактерицидний опромінювач 95
Блок знезараження повітря 102
Блок рентген-операційний 8
Брудне приміщення 8, 114

Вентиляція 8
Вентиляція витісняюча 63
Вентиляція перемішуюча 62
Видалене повітря 8
Витяжне повітря 8
Вугільний фільтр 86

Гігієнічні вимоги 8, 25
Група приміщень 8

Дезінфекція 8
Дисбаланс повітря 8
Дифузор 66

Експлуатоване чисте приміщення 16
Захищаєме приміщення 8
Зволожувач повітря 52
Змінна витрата повітря 42
Знезаражування повітря 8
Зовнішнє повітря 8, 34

Інфекція лікарняна 8
Іонообмінний фільтр 85

Кабінет рентгенодіагностичний (рентгенівський) 8, 115
Категорія щодо чистоти приміщення 12, 34, 114
Кишеньковий фільтр 82
Клас фільтра 8
Клас чистоти 9, 15
Колонієутворююча одиниця (КУО) 9, 12
Комфортні параметри 25
Кондиціонер 50
Концентрація частинок 9, 15
Кратність повітрообміну 33

- Ламінарна стеля 71
- Ламінаризатор 73
- Лікувально-профілактичний заклад (ЛПЗ) 9
- Мікроклімат приміщення 9
- Мікроорганізми 9
- Мікроорганізми патогенні 9
- Неодносторонній потік повітря 9, 35, 38
- Обмінення повітря 9
- Односторонній потік повітря 9, 35, 36
- Операційний блок (оперблок)
- Оснащене чисте приміщення 16
- Операційна 9
- Операційний стіл 9
- Очистка повітря 9
- Особливо чисте приміщення 114
- Оснащене чисте приміщення 16
- Панельний фільтр 81
- Побудоване чисте приміщення 16
- Повітророзподільний пристрій 62
- Повітророзподільник настінний 63
- Повітророзподільник стельовий 63
- Постійна витрата повітря 42
- Принцип витісняючого потоку
- Принцип перепаду тиску 19
- Принцип фізичного бар'єру 19
- Припливне повітря 9, 34
- Рециркулятор 99
- Рециркуляційне повітря 9, 73
- Рециркуляція повітря 10, 72
- Робоча зона 10
- Розмір частинки 10. 15
- Система кондиціонування і вентиляції (СКВ) 30, 41
- Система кондиціонування повітря 10
- Сорбційний фільтр 85
- Стан чистого приміщення 14, 16
- Стельові перфоровані панелі 5
- Стерилізація 10

Текстильна стельова панель 69

Ультрафіолетове випромінювальне обладнання 94

Установка знезараження повітря 94, 100

Установка теплоутилізаційна 46, 48, 49

Утилізація теплоти (холоду) 48

Фільтр високоефективної очистки (HEPA) 10, 79, 8

Фільтр грубої очистки 79, 81

Фільтр крайньовисокої
очистки 79, 92

Фільтр очистки повітря (фільтр)

Фільтр тонкої очистки 79, 81

Фільтрація 10, 76

Характеристики фільтра 79

Частинка 10, 15

Чиста зона 10, 14

Чисте приміщення 10, 14, 114

Шлюз 10

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Федотов А. Е. Предложения по развитию наукоемких производств и услуг / А. Е. Федотов, Е. В. Пыхтин // *Технология чистоты*. – 2010. – № 1. – С. 4-9.
2. Федотов А. Е. Стандарты на чистоту воздуха в лечебных учреждениях – нормативная основа предупреждения внутрибольничных инфекций / А. Е. Федотов // *Технология чистоты*. – 2006. – № 1. – С. 18-23.
3. Борисоглебская А. П. Лечебно-профилактические учреждения. Общие требования к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / А. П. Борисоглебская. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2008. – 144 с.
4. Продукция научно-производственной фирмы «Поток Интер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.potok-inter.ru/instr.php>.
5. Гігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних процедур : ДСанП і Н 6.6.3-150-2007. – Офіц. вид. – К. : Медінформ : М-во охорони здоров'я України, 2007. – 35 с. – (Нормативний документ МОЗ України. Державні санітарні правила і норми).
6. Заклади охорони здоров'я. Будинки і споруди : ДБН В.2.2-10-2001. – Офіц. вид. – К. : Укрархбудінформ : Держбуд України, 2001. – 164 с. – (Нормативний документ Держбуд України. Державні будівельні норми).
7. Системи вентиляційні. Терміни та визначення : ДСТУ 2388-94. – [Чинний від 1994-03-17]. – К. : Держспоживстандарт України, 1994. – 10 с. – (Національний стандарт України).
8. Чисті приміщення і пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря (ГОСТ ИСО 14644-1-2002, IDT) : ДСТУ ГОСТ ИСО 14644-1-2004. – [Чинний від 2005-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 24 с. – (Національний стандарт України).
9. Отопление, вентиляция и кондиционирование : СНиП 2.04.05-91*У. – Неофиц. изд. – К. : КиевЗНИИЭП : Госкомитет Украины по делам градостроительства и архитектуры, 1996. – 89 с. – (Нормативный документ Госкомитета Украины по делам градостроительства и архитектуры. Строительные нормы).
10. Методы, средства и режимы стерилизации и дезинфекции изделий медицинского назначения. Термины и определения : ГОСТ

25375-82. – [Действующий с 1983-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 10 с. – (Межгосударственный стандарт).

11. Чистота воздуха в лечебных учреждениях. Общие требования : ГОСТ Р 52539-2006. – [Действующий с 2007-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2006. – 36 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).

12. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-96. – [Действующий с 1999-03-01]. – М. : Госстрой России, 1996. – 11 с. – (Межгосударственный стандарт).

13. Повітряні фільтри до загальної вентиляції. Визначення характеристик фільтрування (EN 779:2002. IDT) : ДСТУ 4319:2004. – [Чинний від 2005-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 24 с. (Національний стандарт України).

14. Системи вентиляційні. Фільтри повітряні. Типи і основні параметри (ГОСТ 90528-97) : ДСТУ 3493-96. – [Чинний від 1999-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1997. – 18 с. – (Міждержавний стандарт).

15. Чистые помещения / [Алексашина О. Ф., Власенко В. И., Калечиц В. И. и др.] ; под ред. А. Е. Федотова. – [2-е изд.]. – М. : Изд-е АСИНКОМ, 2003. – 576 с.

16. Санітарні правила устрою, обладнання та експлуатації лікарень, пологових будинків та інших лікувальних стаціонарів : СанП і Н 5179 – Офіц. изд. – М. : Мединформ : Минздрав СССР, 1991. – 22 с. – (Нормативний документ МОЗ України. Санитарные правила и нормы).

17. Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров : СанП и Н 2.1.3.1375-03. – Офіц. изд. – М. : Мединформ : Минздрав РФ, 2003. – 36 с. (Нормативный документ Минздрава РФ. Санитарные правила и нормы).

18. Колосов А. В. Основы кондиционирования воздуха / А. В. Колосов // Термометръ. – 2010. – апрель-июль. – С. 50-58.

19. Иньков А. П. Особенности проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха для объектов здравоохранения / А. П. Иньков // АВОК. – 2002. – № 4. – С. 24-31.

20. Хикмет Т. Что такое чистое помещение / Т. Хикмет, Е. Айбарс // АВОК. – 2005. – № 2. – С. 84-89.

21. Шиллер Ю. И. Внутренние санитарно-технические устройства. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Ч. 3 / Ю. И. Шиллер, Н. Н. Павлов. – М. : Стройиздат, 1992. – 484 с.

22. Раймонд К. Шнейдер. Системы кондиционирования воздуха для чистых комнат / Раймонд К. Шнейдер // АВОК. – 2002. – № 5. – С. 38-43.

23. Бородкин А. А. Поддержание баланса расходов и давлений в чистых помещениях / А. А. Бородкин // АВОК. – 2010. – № 4. – С. 42-51.

24. Кокорин О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха / О. Я. Кокорин. – М. : Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2003. – 272 с.

25. Технические решения по системам вентиляции и кондиционированию воздуха для медицинских учреждений компании ВОЗДУХ. – Климатическая техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.wozduh.ru/index.php.area=18p=static&page=medic ru>

26. Кондиционеры Tecnair серии Н для медицинских учреждений: Каталог фирмы «Tecnair». – СПб. : Петроспект, 2009. – 36 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.technair.cat-n-rus>.

27. Кондиционеры центральные каркасно-панельные медицинского исполнения КМКП : Каталог ООО «ВЕЗА». – М. : ВЕЗА, 2009. – 144 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.veza.ru/ru/catalogue/conditioners/kckp/kmkp.html>.

28. Кондиционеры центральные каркасные для медицинских учреждений Типа КЦКМ : Каталог ЗАО «Интеркондиционер». – Харьков : Кондиционер, 2010. – 25 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.konditioner.com.ua/equipment.pdf>.

29. Кондиционеры медицинские шкафные автономные серии КМ : Каталог ОАО «Домодедовский машиностроительный завод «Кондиционер». – М. : ДоКон, 2010. – 42 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.docon.ru/catalog.pdf>.

30. Абсолютная фильтрация воздуха. Корпуса для фильтров. Приточные панели с фильтрами : Каталог фирмы «Hidria». – СПб. : Петроспект, 2008. – 35 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.hidria.com/zv10.rus.pdf>.

31. Диффузор с микрофильтром для операционных залов : Каталог фирмы «SWEGON АВ». – СПб. : Петроспект, 2007. – 4 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.swegon.com/OPLb.pdf>.

32. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка : ГОСТ Р 51251-99. – [Действующий с 2000-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 8 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).

33. Системи вентиляційні. Методи випробувань повітряних фільтрів (ГОСТ 30342-96) : ДСТУ 3186-95. – [Чинний від 1997- 08-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1995. – 58 с. (Міждержавний стандарт).

34. Очистка приточного воздуха : Каталог ООО НПП «Фолтер». – М. : Изд-во DIVIER, 2010. – 56 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ. : <http://www.folter.ru/index.php?id=4>.

35. Проволович О. В. Очистка приточного воздуха / О. В. Проволович // Технология чистоты. – 2008. – № 4. – С. 22-30.
36. Борисоглебская А. П. Современные методы обеззараживания воздуха в помещениях / А. П. Борисоглебская // АВОК. – 2009. – № 4. – С. 30-36.
37. Исаев Р. В. Эффективный метод обеззараживания воздуха / Р. В. Исаев // АВОК. – 2005. – № 4. – С. 32.
38. Обеззараживание воздуха и поверхности ультрафиолетом : Каталог НПО «ЛИТ». – М. : Изд-во PRAVDA, 2011. – 6 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к информ.: <http://www.npo.lit/ru/production/obezzarajivanie-vozdusha-i-poverhnosti.pdf>.

**Олег Володимирович
Щесюк**

**Юрій Георгійович
Щербак**

МЕДИЧНА КОНДИЦІОНУЮЧА ТЕХНІКА

Навчальний посібник

Редактор *Н. Засядько*.
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *М. Шевчук*.
Друк *О. Поліщова*. Фальшовально-палітурні роботи *Ю. Шаповалова*.

Підп. до друку 15.05.2013 р.
Формат 60x84¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 7,20. Обл.-вид. арк. 4,58.
Тираж 100 пр. Зам. № 3719.

Видавець і виготовлювач: ЧДУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: vrector@chdu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3460 від 10.04.2009 р.