

2. Авторское свидетельство № 1152346 (СССР Способ взрывания обводнённых пород / А.Г. Смирнов, С.С. Козлов, Ю.А. Писарев, П.П. Бондарь).

ПРОЕКТУВАННЯ ТУРБУЛЕНТНО ВЕНТИЛЮЄМИХ ЧИСТИХ ПРИМІЩЕНЬ

*Орленко А.Т., техн. наук, доц. (каф. ОПП та ЦБ НТУУ «КПІ»)
Похилько С.М., студентка (ФБТ НТУУ «КПІ»)*

Особливості проектування турбулентно вентиляюємих чистих приміщень, які відрізняють проектування звичайних приміщень з кондиціонуванням повітря, полягають у наступному:

1. Використовуються високоефективні повітряні фільтри, які зазвичай встановлюють в місцях подачі повітря в чисте приміщення.

2. Організація руху повітря всередині повинна сприяти видаленню забруднень.

3. В чистому приміщенні створюється надлишковий тиск з тим, аби повітря рухалося в бік суміжних менш чистих ділянок.

4. Конструкційні і опоряджувальні матеріали повинні бути високої якості.

Першу особливість, яка полягає у вимозі збільшенні об'єму припливного повітря у чисті приміщення з турбулентним повітрообміном, полягає ось в чому. Кількість повітря, необхідного для вентиляції приміщень за допомогою систем кондиціонування визначається за санітарними нормами з метою створення оптимальних умов праці. Наприклад, за санітарними нормами мікроклімату ДСН 3.3.6.042-99, за нормами санітарної чистоти повітря робочої зони ГОСТ 12.1.005.-88 і т. і. При цьому кратність повітрообміну становить всього від 2 до 10. У турбулентно вентиляюємих чистих приміщеннях ця величина становить від 10 до 100 тому, що ступінь чистоти повітря робочої зони в цьому випадку визначається умовами технології виробництва, наприклад, GMP у виробництвах медпрепаратів.

Чисті приміщення вимагають великих об'ємів кондиційного і очищеного до дуже високого ступеню повітря, тому з метою економічності чистого приміщення обов'язково необхідно передбачати рециркуляцію частини повітря через вузол кондиціонування повітря зворотно в приміщення. При цьому необхідно забезпечити і подачу свіжого зовнішнього повітря з метою створення здорових умов праці персоналу і підтримки надлишкового тиску повітря, як бар'єра для проникнення забруднень ззовні. Доля зовнішнього повітря становить від 2 до 10% від загального об'єму повітря, що подається у чисте приміщення.

У великі герметизовані чисті приміщення необхідно передбачати і більшу долю зовнішнього повітря порівняно з приміщеннями меншою площею і гіршою герметизацією. Для збереження необхідного балансу у чистому приміщенні з наявністю місцевої системи вентиляції долю свіжого повітря необхідно відповідно збільшити.

В офісних приміщеннях розрахунок кількості повітря, необхідного для їх охолодження, проводиться за кількістю тепла, що виділяється в них. В чистих приміщеннях розрахункова кількість повітря, визначена за необхідністю охолодження, рідко співпадає або перевищує кількість повітря, необхідного для досягнення заданого класу чистоти приміщення.

В турбулентно вентильованому приміщенні чистота повітря залежить від об'єма повітря, яке надходить у приміщення в одиницю часу, а не від кратності повітрообміну. Встановлено [1], що чистота повітря також зв'язана з генерацією аерозольних забруднень, що супроводить роботу технологічного обладнання і працюючим у чистому приміщенні персоналом. Якщо витрати повітря лишається постійною, то забрудненість повітря у приміщенні збільшується, якщо:

1. В чистому приміщенні знаходиться більше людей;
2. Підвищилась активність персоналу;
3. Використовується одяг для чистих приміщень, недостатньо ефективно попереджуючий розповсюдження забруднень;
4. Збільшилась кількість забруднень від технологічного обладнання або число технологічних операцій.

Рівень чистоти повітря в турбулентно вентильованому чистому приміщенні орієнтовно рекомендується визначати за слідуючим рівнянням [1]:

$$C = \frac{N}{L},$$

де C – концентрація аерозольних забруднень (часток/м³); N – число часток або бактерій, генеруємих за хвилину; L – об'єм припливного повітря м³/хв., включаючи повітря, яке надходить з ламінарних шаф, боксів і інш. улаштувань.

Це рівняння використовується при ефективному змішуванні повітря всередині приміщення і надходженні практично чистого повітря. Це справедливо для часток порівняно великих розмірів, які являються носіями мікроорганізмів, і для більшості решти часток. За виключенням тільки часток малих розмірів, які можуть проникати через повітряні фільтри.

За даними автора [1] середньостатистична людина, яка переходить у чистому приміщенні з місця на місце і одягнена у спецодяг, малоефективно попереджуючу розповсюдження забруднень, наприклад, в спецівку або лабораторний халат, може генерувати за хвилину біля 2·10 часток розміром $\geq 0,5$ мкм, біля 300000 часток розміром $\geq 0,5$ мкм і біля 160 часток – носіїв мікроорганізмів.

Якщо людина, одягнена у вірно сконструйовану одягу (комбінезон, взуття до колін, шолом і ін.), яка виконана із матеріалів, ефективно затримуючих забруднення, то середня генерація часток за хвилину становить приблизно 10 часток розміром $\geq 0,5$ мкм, 150000 часток розміром $\geq 0,5$ мкм, і 16 часток – носіїв мікроорганізмів. Інформація про генерацію часток обладнанням, працюючим у чистому приміщенні, вкрай бідна, але автор [1]

вважає, що вказано величина може досягати декількох мільйонів часток розміром $\geq 0,5$ мкм за хвилину.

Якість чистих приміщень у великій мірі залежить від ефективності повітряних фільтрів, які використовуються для видалення із повітряного середовища часток розміром $>0,3$ мкм. Цим вимогам відповідають фільтри типу HEPA. Вони забезпечують ступінь очищення свіжого повітря від часток розміром $>0,3$ мкм більше 99,97%. На виробництвах мікроелектроніки використовуються ще більш ефективні ULPA фільтри – фільтри з ультранизкою проникністю. В чистих приміщеннях низького класу чистоти фільтри цих типів використовувати нераціонально. Так, в чистих приміщеннях класу 1,508 (клас 100000) використовуються фільтри караного типу з ефективністю видалення часток розміром $\geq 0,5$ мкм до 90%.

В чистих приміщеннях фільтри рекомендуються розміщати в місцях подачі повітря із повітроводів у приміщення з метою попередження забруднення повітря часточками, які можуть відокремлюватися з їх поверхні і надходити в приміщення. А в чистих приміщеннях більш низького класу чистоти фільтри встановлюють традиційним способом, безпосередньо за центральною установкою кондиціонування повітря.

Для турбулентно вентильованих чистих приміщень важливе значення має тип, кількість і місцезнаходження розподільників повітря та вентиляційних решіток. Практикою встановлено, що повітря в чисте приміщення може подаватися як через повітророзподільник, так і без нього. Останній використовують в багатьох приміщеннях з кондиціонуванням і встановлюється у тому ж місці, де припливне повітря надходить безпосередньо в чисте приміщення. Повітророзподільним попереджують протяги, зумовлені високими швидкостями руху повітря і забезпечують ефективне змішування повітря в приміщенні.

Автор [1] вважає, що використання повітророзподільників – це кращий варіант для чистих приміщень з вентиляцією традиційного типу, оскільки подача повітря струменем забезпечує кращі умови в просторі під фільтром, але одночасно призводить до погіршення умов на інших ділянках чистого приміщення. Якщо необхідно одержати оптимальні умови на критичних ділянках, то доцільніше забезпечити належне змішення повітря в чистому приміщенні, використовуючи повітророзподільники, а на критичних ділянках використовувати шафи і бокси, дозволяючи створити однонаправлений потік. Але повітророзподільники необхідно вибирати таким чином, щоб їх кількість була достатньою і вони малі оптимальні габарити. За цих двох умов можна досягнути якісного змішування повітря без протягів.

При струменевій подачі повітря рекомендується фільтри встановлювати рівномірно по усьому приміщенні. Групове розміщення фільтрів дозволяє забезпечити захист від забруднень тих ділянок, котрі вимагають підвищеного рівня чистоти. При цьому треба мати на увазі те, що згідно з стандартами клас чистоти приміщення визначається за найбільш забрудненою ділянкою.

Ефективність вентиляції в чистих приміщеннях у великій мірі залежить від схеми повітрообміну в об'ємі приміщень. Вентиляційна схема «з гори – до

низу» доцільна за умов розміщення витяжних вентиляційних решіток знизу вповдовж стін і відсутності повітророзподільників, як генераторів турбулентності повітряних струменів. Якщо в турбулентно вентиляємому чистому приміщенні встановлені повітророзподільники, припливне повітря швидко і ефективно змішується з рештою повітря, що знаходиться в приміщенні, рекомендується більш логічна конструкція чистого приміщення з настінною витяжкою верхнього рівня, тобто зі схемою вентиляції «з гори – до гори».

Надлишковий тиск і керування потоками повітря між приміщеннями відіграє важливу роль в проектуванні чистих приміщень, оскільки являються засобами виключення можливостей надходження в них повітря із суміжних, більш забруднених дільниць. Отже, повітря повинне рухатися від більш чистих до суміжних приміщень. У приміщенні повинне виходити із центрального виробничого приміщення в роздягальню і на дільницю тимчасового зберігання матеріалів, а потім далі, в бік зовнішнього коридора. Контроль руху повітря в проектному напрямку проводиться за допомогою диму (чотирихлористий титан і ін.) водяної пари, туману на стадії наладки чистого приміщення перед його пуском. В процесі експлуатації моніторині чистого приміщення щодо даного фактора проводиться за перевищенням тиску повітря у чистому приміщенні відносно суміжних приміщень нижчого класу чистоти.

Якщо тиск в чистому приміщенні перевищує тиск у суміжному приміщенні, то повітря буде рухатися із чистого приміщення в суміжне. Проектною нормою є перепади тиску в 10 Па між двома чистими приміщеннями і в 15 Па між чистим приміщенням і некласифікованою дільницею. Прийнятним вважається мінімальний перепад тиску величиною у 5 Па там, де практично важко досягти таких перепадів тиску.

Є цілий ряд специфічних ознак, за якими чисті приміщення відрізняються від загальнопромислових. Це – особливості їх будівництва.

По – перше, чисті приміщення повинні бути якомога щільними, а витоки повітря із них – мінімальними. По – друге, будівельні матеріали для обробки внутрішніх поверхонь повинні бути достатньо міцними, стійкими до розтирання і не кришитись від ударів. Крім того, обробка поверхонь повинна бути гладенькою, легкою піддаватися очищенню і виключати попадання бруду в щілини.

Література

1. Уайт В. Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации. – М.: изд. «Клинтрум», 2002. – 304с.
2. Калунянц К.А. Оборудование микробиологических производств. – М.: Минагропром, 1987. – 398с.
3. Дроздов С.Г., Н.С. Гарин, Л.С. Джиндоян и В.М. Тарасенко. Основы техники безопасности в микробиологических и вирусологических лабораториях. – М.: «Медицина», 1987. – 254с.