

**СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ЧИСТИХ ПРИМІЩЕНЬ**

Національний університет “Львівська політехніка”, Україна

Наведена історія виникнення чистих приміщень та їх конструкція. Розроблено та використано ексергетичний метод аналізу роботи прямих центральних систем кондиціювання повітря чистих приміщень для оцінки та підвищення їх енергоефективності.

Історія питання. Чисті приміщення – це приміщення, де підтримуються у заданому діапазоні параметри мікроклімату за декількома показниками – розміром і кількістю на 1 м^3 об’єму приміщення частинок пилу, аерозолів, мікроорганізмів та температурою, вологістю, тиском у приміщенні [1-5]. Залежно від забруднення на 1 м^3 об’єму чисті приміщення поділяють на класи чистоти, які визначаються за кількістю частинок забруднення (0,1; 0,3; 0,5 мкм) в одиниці об’єму повітря. Контролюють забруднення тверді, аерозольні, бактеріологічні розміром від 0,005 до 100 мкм.

Чисті приміщення використовують у мікроелектроніці, приладобудуванні, медицині і медичній промисловості, фармакології, лабораторіях, виробництва оптики, харчовій промисловості, біотехнології, авіаційній та космічній промисловості. Вони можуть застосовуватись як для промислових цехів (рис. 1), так і для невеликих кімнат (рис. 2).



Рис. 1. Виробнича лінія у чистому приміщенні для потреб мікроелектроніки

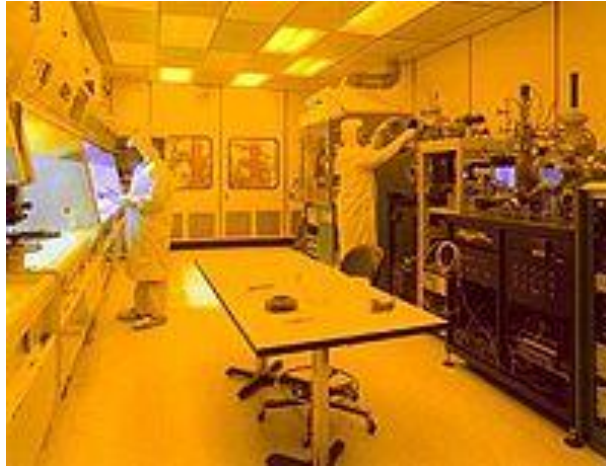


Рис. 2. Невелике чисте приміщення для виробництва мікроелектроніки

Розуміння необхідності застосування чистих приміщень виникло давно. Так у 1860-х роках розпочались спроби усунення загрози бактеріальної інфекції в операційних дезінфекцією приміщень, інструментів та з фільтрацією повітря у системах припливної вентиляції. У 1940-х роках почали застосовувати системи примусової вентиляції приміщень з використанням надлишкового тиску, який запобігав появі небажаних забруднень. Одночасно з 1940-х років розпочались спроби застосування чистих приміщень у промисловому виробництві. Фірма Western Electric Company застосувала для виробництва авіаційних гороскопів 1955 року перше приміщення з мінімальними параметрами з накопичення пилу завдяки матеріалам покриття стін, підлоги, стелі, розміщенню освітлення. Разом з тим підтримувався надлишковий тиск у приміщенні, фільтри у припливній вентиляції затримували до 99,95% частинок розміром 0,3 мкм.

У 1960 році в Англії випробували скерований ламінарний потік повітря з усієї площини стелі. А Уилліс Уитфілд розробив 1961 року теорію ламінарних потоків повітря, що подавались через фільтри і проходили направлено через приміщення без надміру турбулентних вихорів та виводились через перфоровану фальш підлогу. Під час цього потік повітря видаляв з робочої зони приміщення частки забруднення.

Конструкція чистого приміщення та її системи кондиціонування повітря. Чисте приміщення повинне мати просту форму задля протидії накопиченню забруднень у «мертвих зонах» з герметичними стіновими конструкціями з антистатичним покриттям. Найчастіше повітря подається через фільтри у фальшстелі і виводиться через фальшпідлогу (рис. 3). Робітники у спеціальному одязі потрапляють у приміщення через спеціальні тамбури-шлюзи. Для приміщень нижчого класу чистоти меншу увагу приділяють параметрам температури, вологості, освітлення, конструкції устаткування, наявності вхідного тамбуру.

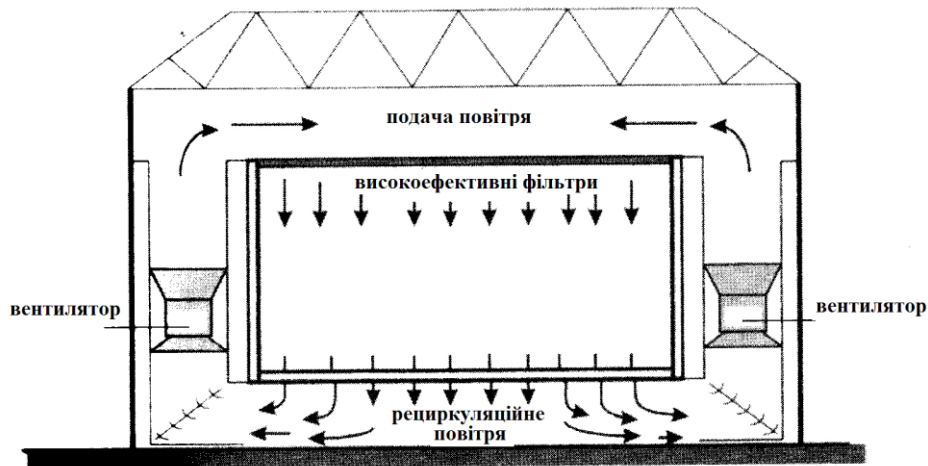


Рис. 3. Схема чистого приміщення з вертикальним односкерованим ламінарним потоком припливного повітря і витяжкою у фальш підлозі

Обмін повітря та надлишковий тиск забезпечує система підготовки повітря, звичайно кондиціонування, що складається з систем вентиляторів, які забирають рециркуляційне повітря (якщо це можливо) з приміщення та зовні (20-30%), проганяють його через систему розподілення разом з фільтрами перед подачею назад у приміщення. Повітряний потік проходить через весь об'єм приміщення в одному вертикальному напрямку з рівномірною швидкістю, зазвичай, рівною 0,3-0,5 м/с [3]. Параметри повітрообміну та чистоти приміщень контролює система управління. В середині приміщень можуть застосовувати окремі модулі з автономними системами очищення повітря вищого класу. Параметри чистих приміщень, їх будівництва, експлуатації визначаються системою Державних стандартів.

У випадках, коли рециркуляція внутрішнього повітря заборонена за санітарно-гігієнічними вимогами або коли кількість зовнішнього повітря, потрібна для даного чистого приміщення, наближено дорівнює кількості припливного повітря G_n , кг/год, порахованому за виділеними у приміщенні шкідливостями, застосовують прямотечійну систему кондиціонування повітря (СКП) для чистого приміщення. Прямотечійна СКП – це найпростіша система кондиціонування повітря, коли у приміщення подається 100% зовнішнього повітря. Ця система неекономічна, оскільки все повітря G_z , кг/год, яке надходить у приміщення, проходить повний цикл підготовки – від параметрів зовнішнього повітря до необхідних параметрів повітря чистого приміщення. Для цієї системи характерні високі показники енергозатрат і понижений термін служби фільтрів.

Покращити показники цієї системи дозволяє утилізація теплоти рекуперативним теплообмінником. Завдяки утилізації теплоти досягається економія енергії на підігрівання повітря до 60%.

Разом з тим для підвищення енергоефективності систем кондиціонування повітря чистих приміщень нами вибрана саме прямооточна система кондиціонування повітря, яка найбільше цього потребує.

Перспективи підвищення енергоефективності систем кондиціонування повітря чистих приміщень. Під час застосування центрального кондиціонування повітря важливим є питання: на скільки ефективною буде робота вибраної системи кондиціонування повітря за даних умов? Адже правильний вибір роботи СКП – це не тільки найкраще забезпечення мікроклімату та чистоти повітря у приміщеннях, але й економія енергії та коштів.

Різні системи центрального кондиціонування повітря за однакових параметрів зовнішнього повітря матимуть різну ефективність роботи за різних робочих параметрів та обслуговування одного й того самого приміщення.

Метою даної науково-дослідної роботи є оцінка ефективності роботи прямооточної центральної системи кондиціонування повітря для чистих приміщень *методом ексергетичного аналізу* [6-8].

Тому авторами розроблений ексергетичний метод аналізу роботи прямооточної центральної системи кондиціонування повітря чистих приміщень. Цей метод розроблений для визначення і порівняння ефективності роботи прямооточної установки центрального кондиціонування повітря, яка обслуговує чисте приміщення в теплий період року (ТПР) за різних режимів її роботи. Такий метод термодинамічного вивчення прямооточної СКП чистих приміщень дає можливість дослідити її як загалом, так і її окремі частини, щоб отримати повну інформацію про процеси перетворення енергії, які мають місце в цій СКП. Результатом аналізу є знаходження втрат ексергії в окремих елементах СКП та ексергетичного ККД процесу загалом. Розроблений метод дає можливість, наприклад, визначити ексергетичний ККД прямооточних центральних СКП залежно від різних параметрів зовнішнього повітря.

Для досліджень нами прийнято центральний кондиціонер типу КТЦ2. Об'єкт, який обслуговує цей кондиціонер – це чисте приміщення.

В розрахунках не враховані втрати у навколишнє середовище; прийнято, що в зрошувальній камері відбувається політропний процес охолодження та осушування повітря в ТПР.

Ексергетичний ККД, який характеризує ефективність роботи прямооточної системи кондиціонування у ТПР, визначали за формулою:

$$\eta_{\text{екс}} = \frac{E_{\text{вих}}}{E_{\text{вх}}} = \frac{\Delta E_{\text{пв}}}{\Delta E_{\text{к.зр}} + \Delta E_{\text{нагр}} + N_{\text{сп}}^{\text{х.в}} + N_{\text{сп}}^{\text{г.в}} + N_{\text{сп}}^{\text{вент}} + N_{\text{сп}}^{\text{ХМ}}},$$

де $\Delta E_{\text{пв}} = E_{\text{п}} - E_{\text{в}}$ – зменшення ексергії кондиціонованого повітря у чистому приміщенні, Вт;

$E_{\text{п}}$ і $E_{\text{в}}$ – відповідно, ексергія припливного і внутрішнього повітря у чистому приміщенні, Вт;

$\Delta E_{\text{к.зр}} = E_{\text{вк}} - E_{\text{вп}}$ – зміна ексергії води у камері зрошення (відповідно, зростання ексергії повітря у камері зрошення), Вт;

$E_{\text{вп}}$ і $E_{\text{вк}}$ – відповідно, ексергія води у камері зрошення за її початкової та кінцевої температури, Вт;

$\Delta E_{\text{нагр}} = E_{\text{гар}} - E_{\text{звор}}$ – зміна ексергії теплоносія (гарячої води) у повітронагрівнику II підігрівання (відповідно, зменшення ексергії повітря у повітронагрівнику II підігрівання), Вт;

$E_{\text{гар}}$ і $E_{\text{звор}}$ – відповідно, ексергія теплоносія у подавальному і зворотному патрубках повітронагрівника II підігрівання, Вт;

$N_{\text{сп}}^{\text{х.в}}$ – споживана потужність насосом холодної води для камери зрошення, Вт;

$N_{\text{сп}}^{\text{г.в}}$ – споживана потужність насосом гарячої води для повітронагрівника II підігрівання, Вт;

$N_{\text{сп}}^{\text{вент}}$ – споживана потужність двигуном вентилятора прийнятого центрального кондиціонера, Вт;

$N_{\text{сп}}^{\text{ХМ}}$ – споживана потужність холодильною машиною для центрального кондиціонера, Вт.

Нами визначений ексергетичний ККД для вибраної прямоотечійної центральної СКП продуктивністю 10000 м³/год, яка обслуговувала чисте приміщення у м. Дніпропетровську, що становив $\eta_{\text{екс}} = 1,47\%$ ($\eta_{\text{екс}} = 0,0147$), а це є достатньо незначним. Звідси висновок, що потрібно шукати шляхи його підвищення.

Висновки. Створений та буде апробований у ТзОВ «Полікор» (м. Львів) метод ексергетичного аналізу центральних СКП для визначення і порівняння енергоефективності роботи прямоотечійної установки центрального кондиціонування повітря, яка обслуговує чисте приміщення в теплий період року за різних режимів її роботи. Ексергетичний аналіз дозволить встановити максимальні термодинамічні можливості центральної прямоотечійної СКП, визначити втрати ексергії в ній та обґрунтувати рекомендації з вдосконалення окремих її елементів. А для цього треба досконало вивчити всі аспекти роботи центральної прямоотечійної СКП. Використання отриманих в науково-дослідній роботі результатів, дасть не тільки можливість суттєво покращити енергоефективність роботи чистих приміщень, але й підвищити рентабельність та конкурентоздатність цих приміщень для високотехнологічних, медичних та інших процесів.

Література

1. Федотов А.Е. Чистые помещения. Второе изд., перераб. и доп. – М.: АСИНКОМ, 2003. – 576 с.
2. Чистые помещения. Пер. с японск. – М.: Мир, 1990. – 456 с.
3. Уайт В. Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации. – М.: Клинрум, 2002. – 304 с.
4. Уайт В. Проектирование чистых помещений. Пер. с англ. – М.: Клинрум, 2004. – 360 с.
5. ГОСТ ИСО 14644-1. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха.

6. Соколов Е.Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: учеб. пособие для вузов.- 2-е изд., перераб. / Е.Я. Соколов, В.М. Бродянский. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.

7. Шаргут Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела. – М.: Энергия, 1968. – 280 с.

8. Эксергетические расчеты технических систем: справ. пособие / [В.М. Бродянский, Г.П. Верхивкер, Я.Я. Карчев и др.]; под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского; Ин-т технической теплофизики АН УССР. – К думка, 1991. – 360 с.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

В. И. Лабай, Д. И. Гарасим

Представлена история возникновения чистых помещений и их конструкция. Разработан и использован эксергетический метод анализа работы прямооточных центральных систем кондиционирования воздуха чистых помещений для оценки и повышения их энергоэффективности.

STATUS AND PROSPECTS OF ENERGY EFFICIENCY RISE OF AIR CONDITIONING SYSTEMS FOR CLEAN PREMISES

V. Labay, D. Harasym

The history of clean premises occurrence and its construction is shown. Exergy method of analysis of straight flow air conditioning systems work for clean premises to evaluate and improve their energy efficiency was designed and used.