**Типи систем вентиляції**

Наступним кроком в проектуванні системи вентиляції після визначення повітрообміну буде вибір типу системи вентиляції.

Розрізняють системи вентиляції з природним та механічним спонуканням. В першому випадку рушієм є природні сили, в другому – механізми для перекачування повітря. До природних належать тепловий (чи гравітаційний) і вітровий натиски. Під тепловим натиском розуміється той тиск, який виникає внаслідок різниці щільності (чи об'ємних вагів) зовнішнього повітря і повітря, що видаляється з приміщення, та має різну температуру.

Під вітровим натиском розуміється тиск, що робиться повітрям на поверхні різних предметів (у тому числі і будівельних конструкцій).

Системи з природною вентиляцією широко використовуються для будівель, що не мають особливих вимог до якості вентиляції. Кратність повітрообміну при цьому не повинна перевищувати 1.5. Ці системи дешеві в експлуатації, не вимагають кваліфікованого персоналу, тому ми можемо їх спостерігати в більшості житлових та громадських будівель.

Повітря потрапляє в будівлю через припливні отвори, зазвичай через вікно або зовнішні двері, виходить через витяжні отвори – вентиляційні шахти.



Мал. 1. Схема природної вентиляції приміщень 5- поверхової будівлі під дією теплового натиску: 1 - витяжний отвір; 2 - вертикальний канал; 3 - збірний канал; 4 - витяжна шахта, 5 – оголовок витяжної шахти (дашок)

Розрахунковий перепад тисків при природній вентиляції дорівнює:

$$∆P=g·∆h·(ρ\_{з}-ρ\_{в})$$

де g – прискорення вільного падіння

Δh - перепад висот між припливним та витяжним отвором (у випадку вентшахти – висота устя шахти) (на мал. h1 – перепад висот для 1-го поверху, …. . h5 – для 5-го)

ρз, ρв – густина внутрішнього та зовнішнього повітря.

Як можна побачити, перепад висот різний для кожного поверху, що зумовлює різну продуктивність природної вентиляції для різних поверхів.

Також недоліками цих систем є

- невисокий перепад тиску зумовлює низьку швидкість руху в повітропроводах, що приводить до збільшення їх розмірів;

- малий (до 6-10 м) радіус дії однієї системи, що приводить до збільшення кількості шахт на даху

- нестабільність роботи – при зміні температури зовнішнього повітря інтенсивність вентиляції також змінюється, при чому чим на вулиці холодніше, тим більший повітрообмін, й навпаки, для будівель. що не опалюються, такі системи вентиляції майже не працюють

- можливість опрокидування вентиляції – коли з витяжної шахти надходить припливне повітря

- неможливість підготовки повітря – перепаду тиску не вистачає, щоб відфільтрувати та підігріти припливне повітря

- неможливість регулювання потоку повітря – навіть при відсутності споживачів система вентиляції буде подавати свіже холодне (гаряче) повітря, навантажуючи систему створення мікроклімату.

Зазначимо необхідність передбачати припливні отвори, оскільки в сучасних будівлях просочення повітря через нещільності огороджуючих конструкцій не допускається.

 Окремим випадком системи з природним спонуканням є періодичне провітрювання приміщень. Така система допустима, якщо на 1 працівника передбачено понад 30 м3 об´єму приміщення (40 м3 для виробничих приміщень).

Мал. 2.10. Турбодефлектор.

Ще одним випадком системи з природним спонуканням є використання енергії вітру для переміщення повітря. Використання турбодефлекторів доцільно для великих неопалюваних приміщень з невисокими вимогами до вентиляції – склади, гаражі і т.і.

Системи з механічною вентиляцією використовуються для будівель, які мають підвищені вимоги до роботи вентсистем, їх стабільності та регульованості. Повітря надходить в повітрозабірник, обробляється (очищується від пилу, нагрівається, охолоджується, зволожується/ підсушується) та подається в приміщення припливним вентилятором. Забруднене повітря витяжним вентилятором видаляється з приміщення.



Мал. 3 Схема припливної (зліва) та витяжної (справа) механічної вентиляції.

Недоліками систем з механічним спонуканням є

- витрата електроенергії для руху повітря;

- наявність кваліфікованого персоналу для встановлення та періодичного обслуговування;

- шум при роботі обладнання;

- потреба в просторі для розміщення та обслуговування вентиляційного обладнання.

Також система може бути комбінованою – з механічним припливом й подальшим природним виходом повітря через нещільності або спеціальні клапани; або – з механічною витяжкою з природнім входом повітря через припливні отвори.

*Місця для забору та видалення повітря*

Наступним кроком в проектуванні системи вентиляції після визначення повітрообміну буде вибір типу системи вентиляції та точок вводу та випуску повітря Наступним кроком при проектуванні систем вентиляції є рішення про місце розміщення вентиляційного обладнання та про розміщення забору та випуску повітря. Це рішення повинно прийматись в тісній зв´язці з архітектором та замовником.

Видалення випускного повітря назовні через повітровипускний отвір у стіні допускається

- для умовно чистого повітря без різких запахів;

- відстань від повітровипускного отвору до сусідньої будівлі не менше 8 м;

- відстань від повітровипускного отвору до повітрозабірного отвору в тому ж фасаді не менше 2 м (див. також таблицю)

- витрата випускного повітря не більше 0,5 м3/с;

- швидкість повітря в повітровипусному отворі не менше 5 м/с.

У всіх інших випадках видаляти повітря через дах. Бажано випуск робити у найвищому місці вертикально вгору. Відстань від устя шахти до даху повинна бути не менше 1,5 можливої висоти снігового покрову.

Повітрозабір бажано влаштовувати на фасаді. Висота повітрозабору приймається не менше 2 м від землі – якщо фасад над дорогою, 1,5 висоти рівня снігового покрову – якщо повітрозабір над зеленою зоною. При заборі повітря з даху його температура приймається на 1-1,5 0С вище (для теплого періоду).

ДСТУ Б EN 13779:2011 п. А.2.4. нормує мінімальну відстань між припливним та витяжним отворами. Нижче приведені найбільш розповсюджені випадки взаємного розташування припливного та витяжного отворів.

Таблиця 2.8. Мінімальна рекомендована відстань між припливним та витяжним отвором.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Ситуація | Формула для випадку |
| А | В | С |
| 1 | Повітрозабірний отвір на фасаді нижче або на рівні повітровипускного отвору на сусідній скатній крівлі. Кут скату 0-750. | $$l+2·dh>0.308\sqrt{q\_{v}}$$ | $$l+2·dh>0.613\sqrt{B}$$ | $$l+3.38·dh>2.051\sqrt{B}$$ |
| 2 | Повітрозабірний отвір на фасаді вище повітровипускного отвору на сусідній скатній крівлі. Кут скату 0-150. | $$l+dh>0.308\sqrt{q\_{v}}$$ | $$l+dh>0.613\sqrt{B}$$ | $$l+dh>3,030\sqrt{B}$$ |
| 3 | Повітрозабірний отвір у фасаді нижче або на рівні повітровипускного отвору у фасаді. Допускається скіс фасаду до 150. | $$l+dh>0.308\sqrt{q\_{v}}$$ | $$l>0.2\sqrt{B}$$ | Не застосовують |
| 4 | Повітрозабірний отвір у фасаді вище повітровипускного отвору у фасаді. Допускається скіс фасаду до 150. | $$3,07l-dh>0.613\sqrt{q\_{v}}$$ | $$1,54l-dh>0.308\sqrt{B}$$ | Не застосовують |
| 5 | Повітрозабірний отвір у пласкій або злегка похилій крівлі нижче або на рівні повітровипускного отвору у тій же крівлі. Скіс крівлі до 230. | $$l+dh>0.613\sqrt{q\_{v}}$$ | $$l+dh>1,25\sqrt{B}$$ | $$l+2,954dh>3,030\sqrt{B}$$ |
| 6 | Повітрозабірний отвір у скатній крівлі нижче або на рівні повітровипускного отвору у тій же крівлі. Скіс крівлі від 230 до 750 | $$l+2dh>0.308\sqrt{q\_{v}}$$ | $$l+2dh>0,613\sqrt{B}$$ | $$l+3,38dh>2,051\sqrt{B}$$ |
| 7 | Повітрозабірний отвір у скатній крівлі вище повітровипускного отвору у тій же крівлі. Скіс крівлі від 230 до 750 | $$l+dh>0.613\sqrt{q\_{v}}$$ | $$l+dh>1,25\sqrt{B}$$ | $$l+2,954dh>3,03\sqrt{B}$$ |
| 8 | Повітрозабірний отвір у фасаді нижче або на рівні повітровипускного отвору у фасаді за рогом | $$2l+dh>0.308\sqrt{q\_{v}}$$ | $$l>0.2\sqrt{B}$$ | Не застосовують |
| 9 | Повітрозабірний отвір у фасаді вище повітровипускного отвору у фасаді за рогом | $$3,07l-dh>0.613\sqrt{q\_{v}}$$ | $$1,54l-dh>0.308\sqrt{B}$$ | Не застосовують |

Випадок А – вентиляційна витяжка потужністю qv, л/с.

Випадок В – викид димових газів при спалюванні газу в побутових котлах або бойлерах, теплова потужність джерела В, кВт.

Випадок С – викид димових газів від інших джерел, теплова потужність джерела В, кВт.



Схема 1 Схема 2



Схема 3 Схема 4



Схема 5 Схема 6



Схема 8

Мал 4. Схеми до таблиці.

*Розміщення вентиляційного обладнання. Вентиляційні камери. Підготовка припливного повітря.*

До вентиляційного обладнання відносяться вентилятори, кондиціонери, припливні камери, теплоутилізатори, пиловловлювачі, фільтри, клапани, шумоглушники. Обладнання слід встановлювати в приміщенні для вентиляційного обладнання (венткамері). Обладнання з витратою повітря до 5000 м3/год допускається встановлювати у підвісних стелях приміщень, що обслуговуються, а також у підвісних стелях коридорів за умови влаштування протипожежного клапану в місцях перетину повітропроводу стіни коридору.

Не допускається встановлювати вентиляційне обладнання в приміщеннях категорії А та Б, на складах категорії В, а також в приміщеннях категорії В, що не обладнані системою пожсигналізації. Обладнання аварійної та місцевої вентиляції допускається встановлювати в обслуговуємому приміщенні.

Обладнання по підготовці повітря обов´язково має такі елементи:

- клапан

- фільтр

- повітронагрівач

- вентилятор.

Вони можуть бути об´єднані одним корпусом в припливну установку заводського виготовлення, а можуть бути змонтовані окремими блоками в припливній камері чи під стелею.

Розглянемо кожний елемент окремо.

**Клапан** встановлюється на початку та в кінці кожної установки. Він запобігає потраплянню холодного повітря всередину при відключенні установки. Може мати ручний та електричний привід.

**Фільтр**  очищає зовнішнє повітря від пилу та бруду. Він може бути одно дво- та триступеневим в залежності від забрудненості зовнішнього повітря та вимог до внутрішнього повітря.

Сучасні фільтри являють собою фільтрувальну тканину, натягнуту на рамку. В залежності від геометрі розрізняють панельні, кишенькові та касетні фільтри. Перший має просту конструкцію прямокутника, другий – спеціальні кишеньки, в який може збиратись зібраний пил, третій – має з´ємні касети.

 

 1 2 3

Мал 2.11. Повітряні фільтри 1 – панельний, 2 – кишеньковий, 3- касетний.

Використання масляних фільтрів не рекомендується через пожеженебезпечність конструкції.

Фільтри характеризуються площею фільтрувальної тканини та пилоємністю – кількістю пилу, яку може затримати фільтр до чистки.

Фільтрувальна тканина, якою заповнюють фільтр характеризується класом фільтрації – розміром часток, який він затримує, та питомим повітряним навантаженням фільтруючої поверхні фільтру, м3/(год.∙м2),

Розрізняють 16 класів фільтрації. З них перші три використовуються тільки для очистки витяжного повітря, якщо воно надто забруднене, четвертий може затримати атмосферний пил, сьомий – алергійний пилок, дев´ятий – частки диму та смогу, одинадцятий та більше – бактерії та грибки, що містяться в атмосферному повітрі. Фільтри класів понад 11 використовують для «дуже чистих» приміщень, таких як операційні. Фільтри необхідно регулярно чистити по мірі їх забруднення, але не рідше 1 рази на місяць.

Таблиця 2.9. Клас фільтрів, що рекомендуються до застосування.

|  |  |
| --- | --- |
| Якість зовнішнього повітря | Якість повітря у приміщенні |
| IDA 1 | IDA 2 | IDA 3 | IDA 4 |
| ODA 1 | F9 | F8 | F7 | F5 |
| ODA 2 | F7+ F9 | F6+ F8 | F5+ F7 | F5+ F6 |
| ODA 3 | F7+ВуФ+ F9 | F7+УФ+ F9 | F5+ F7 | F5+ F6 |

ВуФ – вугільний фільтр або інший сорбент, що поглинає вихлопні гази.

Необхідну поверхню фільтру визначають за формулою:

$$F\_{ф}= \frac{L}{q\_{ф}}$$

де L – кількість повітря, що має фільтруватись, м3/год

qф - питоме повітряне навантаження фільтруючої поверхні фільтру, м3/(год.∙м2).

**Повітронагрівач** нагріває припливне повітря до заданої температури. Він може бути водяним, електричним, газовим, паровим. При використанні води в якості теплоносія необхідно передбачувати механізм захисту теплообмінника від розморожування. Іноді воду заміняють розчином етиленгліколю.

Типорозмір калориферу підбирають по рекомендованій швидкості повітря в живому перерізі пристрою.

$$f\_{к}=\frac{L·ρ}{\left(v·ρ\right)·3600}$$

де L – кількість повітря, що має нагрітись, м3/год

ρ – густина повітря, кг/м3,

v·ρ – масова швидкість, приймається 6-10 кг/(м2·с)

Кількість теплоти, необхідна для нагріву розрахованої кількості повітря, дорівнює:

Q = 0.337·L·(tпр – tз)

де tпр, tз – температура припливного та зовнішнього повітря, 0С.

**Вентилятор** один з найголовніших елементів установки, призначений для переміщення повітря. Він може бути радіальним, канальним або осьовим.

 

 1 2



3

Мал. 5. Вентилятори 1 – радіальний, 2 – канальний, 3- осовий.

Підбір вентилятора виконується по його характеристиці – графіку залежності подачі від перепаду тиску. Графік індивідуальний для кожного типу вентиляторів й надається заводом-виробником.



Мал 6. Характеристика вентилятору ВЕНТС ТТ150.

Наприклад, вентилятор ВЕНТС ТТ 150 при роботі на мережу з спротивом в 125 Па може дати від 180 до 350 м3/год в залежності від струму, що подається на електродвигун.

Повний опір вентиляційної системи являє собою суму опору повітроводів, граток та обладнання по підготовці припливного повітря:

Hсист. = Нпов. + Hгр. + Нобл.

де Нпов. – опір мережі повітроводів, Па;

Нгр. – опір граток, Па;

Нобл. – опір обладнання, Па.

Ці елементи є мінімальною комплектацією припливної установки й мають бути неодмінно. Серед додаткових елементів варто знати теплоутилізатори, повітроохолоджувачі та шумоглушники.

**Теплоутилізатори** нагрівають припливне повітря за рахунок охолодження витяжного повітря. Конструктивно виділяють регенеративні роторні теплообмінники, рекуперативні перехрестноточні теплообмінники та рекуператори з проміжним теплоносієм.

Роторні рекуператори мають колесо (ротор), що обертається. Через одну його частину проходить витяжне повітря, нагріваючи свою половину ротору, через другу – припливне, забираючи отримане тепло. Ці утилізатори не обмерзають, мають коефіцієнт теплоутилізації до 70 %, але допускають переток повітря з витяжного в припливний канал на рівні 5-15%.

В перехрестноточних рекуператорах кожне повітря проходить по своєму каналу більш чи менш складної конфігурації, теплообмін відбувається через стінку каналу. Ці пристрої можуть обмерзнути, їх коефіцієнт утилізації трохи нижчий – до 60 %, але не відбувається перетоку між каналами.

Теплоутилізатори з проміжним теплоносієм являють собою два повітряно-рідинних теплообмінники, між якими курсує незамерзаюча рідина. Коефіцієнт утилізації такої системи до 40%, зате припливна та витяжна установки можуть бути рознесені на значну відстань, а також виключається можливість забруднення припливного повітря від витяжного.

 

Мал. 7 Роторний та перекрестний рекуператори.

На базі теплоутилізаторів випускають припливно-витяжні установки, які одночасно подають підготовлене припливне повітря та видаляють витяжне повітря.





Мал. 8 Припливно-витяжна установка.

**Повітроохолоджувачі**  являють собою теплообмінники, в яких в теплий період охолоджується припливне повітря. Вони бувають фреонові – до 90 % подібного обладнання, та водяні. До них необхідно джерело холоду, компресорно-конденсаційний блок для першого та чилер для другого. Охолоджувати повітря нижче ніж до +16 0С не рекомендується.

**Шумоглушники** можуть бути як частиною припливної (витяжної) установки, так і самостійно встановлюваним обладнанням. Вони зменшують шум, що генерує вентилятор, й встановлюються перед приміщеннями, в яких обмежується шум, або перед виходом повітропроводу назовні, якщо є обмеження по шуму біля будівлі, що проектується. Один шумоглушник може зменшити шум на 15-25 дБа.