Лекція 20

1.1. Механічна вентиляція

1.1.1. Припливні й витяжні системи загальнообмінної вентиляції

Системи механічної вентиляції в порівнянні із природної є більш складними в конструктивному відношенні і вимагають більших первісних й експлуатаційних витрат. Разом з тим вони мають ряд переваг. До основних їх переваг належать: незалежність від температурних коливань зовнішнього повітря і його тиску, а також швидкості вітру; можливість переміщення повітря, що подається або видаляється, на значні відстані; можливість обробляти повітря, що подається в приміщення, (нагрівати або охолоджувати, очищати, воложити й осушувати).

Внаслідок цього механічна вентиляція, як припливна, так і витяжна, одержала досить широке застосування, особливо в промисловості (рис. 8.9, 8.10).

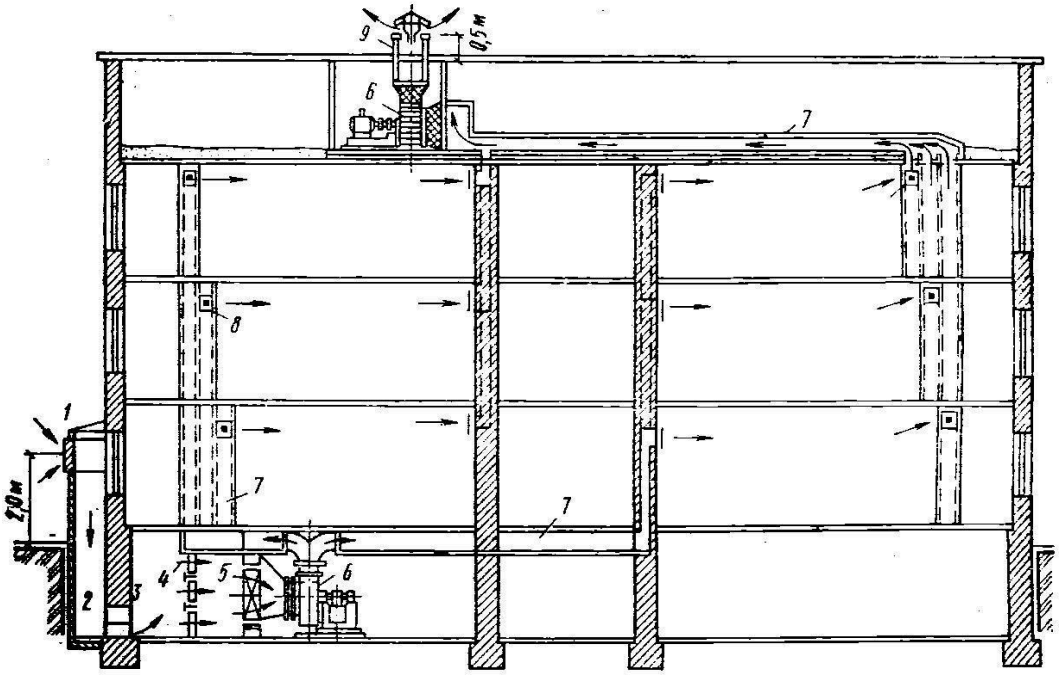

Рис. 8.9. Припливно-витяжна вентиляція суспільного будинку:
1 – жалюзійні ґрати; *2* – повітрозаборний пристрій; *3* – утеплений клапан; *4* – фільтр; *5* – калорифери; *6* – вентилятор; *7* – канали й повітроводи; *8* – жалюзійні ґрати, витяжні й припливні; *9* – витяжна шахта

На рис. 8.10 наведена схема. Надходження й видалення повітря в системі припливно-витяжної вентиляції виробничого будинку з робочими залами великої площі при повітрообміні за принципом «зверху нагору» відбувається розсередження через розгалужену мережу каналів і шахт, розташованих на технічному горищі. Повітря надходить у робочі зали

через круглі або прямокутні отвори в перекритті, які мають спеціальні плафони, як через шпаруваті отвори з напрямними лопатками. При повітрообміні за принципом «зверху вниз» повітря віддаляється знизу через отвори в підпільних каналах.

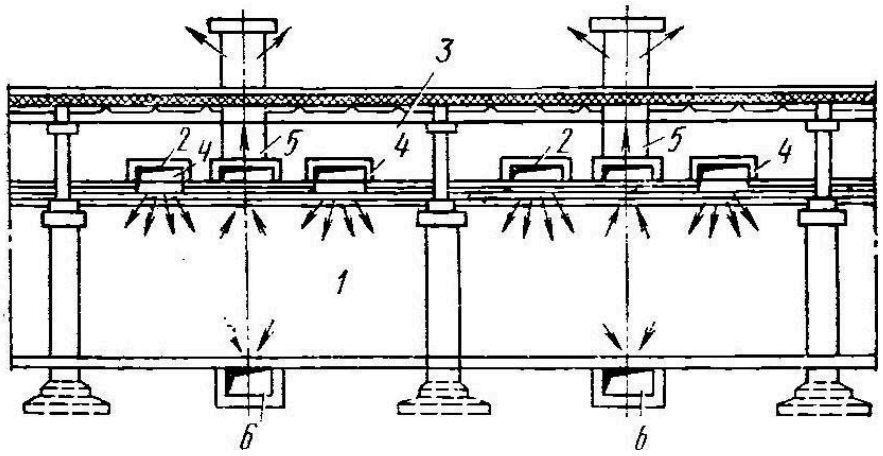

Рис. 8.10. Схема припливно-витяжної вентиляції виробничого будинку:
1 – робочий зал; *2* – припливні канали; *3* – технічне горище; *4* – шпаруваті отвори з напрямними лопатками; *5* – витяжні шахти; *6* – підпільні канали

Припливні системи механічної вентиляції складаються з наступних конструктивних елементів: 1) повітряприймального пристрою, через який зовнішнє повітря надходить у припливну камеру; 2) припливної камери з устаткуванням для обробки повітря й подачі його в приміщення; 3) мережі каналів і повітроводів, через які повітря вентилятором розподіляється по окремих вентильованих приміщеннях; 4) припливних отворів із ґратами або спеціальних припливних насадок, через які повітря із припливних каналів надходить у приміщення; 5) регулюючих пристроїв у вигляді дроселів-клапанів або засувок, які розміщуються в повітроприймальних пристроях, на відгалуженнях повітроводів й у каналах.

Витяжні системи механічної вентиляції звичайно складаються з наступних елементів: 1) жалюзійних ґрат і спеціальних насадок, через які повітря із приміщень надходить у витяжні канали; 2) витяжних каналів, по яких повітря витягається із приміщень, транспортується в збірний повітровод; 3) збірних повітроводів, з'єднаних з витяжною камерою; 4) витяжної камери, у якій установлений вентилятор з електродвигуном; 5) устаткування для очищення повітря, якщо видаляється сильно забруднене повітря; 6) витяжної шахти, що служить для відводу в атмосферу повітря, що витягається із приміщень; 7) регулюючих пристроїв (дроселів-клапанів або засувок).

Окремі припливні й витяжні системи механічної вентиляції можуть

не мати деяких з перерахованих елементів. Наприклад, припливні системи вентиляції не завжди комплектуються фільтрами для очищення повітря.

1.1.2. Конструктивні елементи систем загальнообмінної механічної вентиляції

Повітроприймальні пристрої і витяжні шахти. Повітроприймальні пристрої (рис. 8.11) розташовують у зонах, які не продуваються і не є забрудненими.

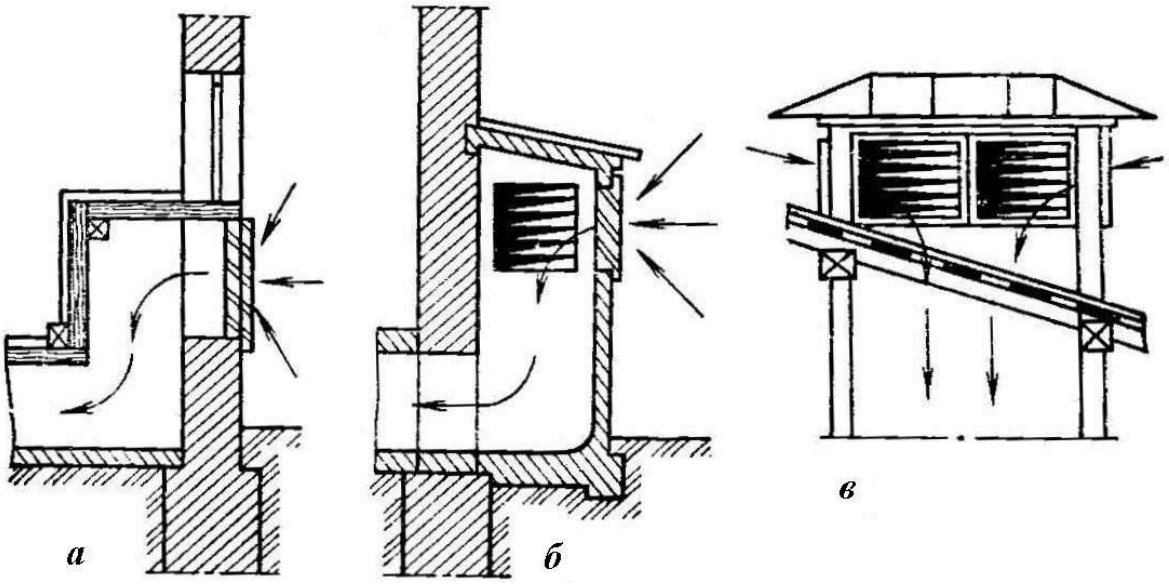

Рис. 8.11. Повітроприймальні пристрої:
а – отвір у стіні; *б* – приставна шахта; *в* – шахта, виведена над дахом будинку

По відношенню до будь-яких джерел забруднення вони повинні перебувати із завітряної сторони. Відстань від повітроприймальних пристроїв до найближчих джерел можливого забруднення (складів палива, доріг, вулиць, димарів, кухонь й ін.) не повинна бути меншою 12 м по горизонталі й 6 м по вертикалі. Рекомендується місце забору повітря захищати зеленими насадженнями.

Архітектурна форма повітроприймального пристрою повинна бути ув'язана із зовнішнім оформленням будинку. Щоб запобігти влученню у повітроприймальний пристрій птахів, сміття й випадкових предметів, а також снігу й дощу, отвір для надходження зовнішнього повітря повинен розташовуватися на висоті не менш 2 м від рівня землі та закриватися ґратами з нерухомими жалюзі. На вході в припливну камеру встановлюють утеплений клапан, що має щільно закриватися, з покажчиком ступеня його відкриття.

У деяких випадках з архітектурних або санітарно-гігієнічних міркувань повітроприймальний пристрій виготовляється у вигляді окремо розташованої шахти, яка з'єднується із припливною камерою підземним каналом. Розміри цього каналу повинні бути такими, щоб він був доступний для огляду й періодичного очищення. При постійно діючій механічній вентиляції повітря може забиратися і через припливну шахту, розташовану на даху будинку. У цьому випадку необхідно мати на увазі місце розташування витяжних шахт.

Щоб забруднене повітря не попадало назад у приміщення через повітроприймальну шахту, відстань між нею й витяжною шахтою повинна бути не менш 10 м. В окремих випадках, якщо в повітрі, яке видаляється, немає забруднення, відстань між витяжною й припливною шахтами можна зменшити, але при цьому витяжна шахта повинна бути не менш ніж на 2 м вищою за припливну.

Якщо повітря, яке забруднене шкідливими газами й пилом, викидається місцевими системами над дахом, то повітроприймальний пристрій можна розташовувати на даху за умови, що концентрація шкідливих речовин у місці забору не перевищує 30 % гранично припустимої для повітря робочої зони приміщень.

У виробничих будинках зовнішнє повітря часто забирається через спеціальні отвори в стінах будинку.

Припливні й витяжні камери. Припливні камери механічної вентиляції можуть бути розташовані в підвальному або цокольному поверсі, а також у технічних поверхах або на горищі. У виробничих будинках камери нерідко розміщають на спеціальних площадках безпосередньо в цехах.

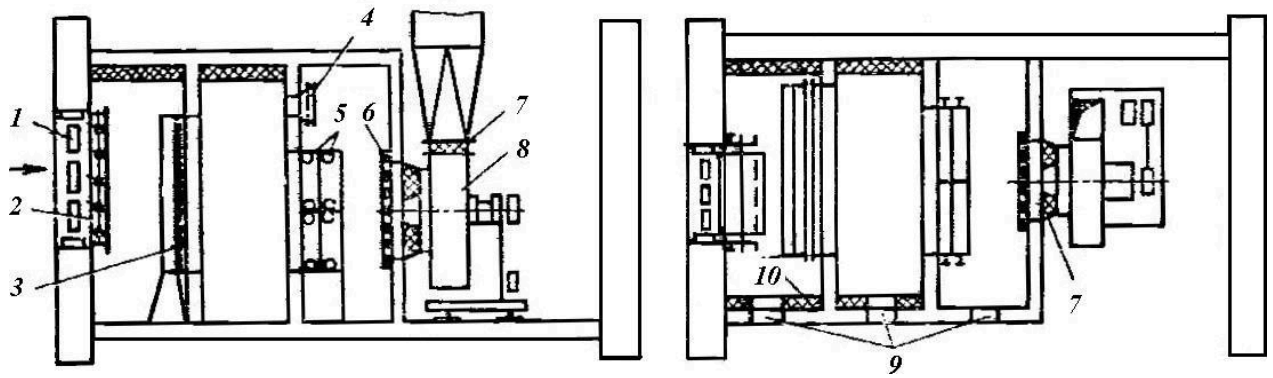

Рис. 8.12. Приклад компонування припливної камери:

1 – нерухомі жалюзі; *2* – утеплений клапан; *3* – самоочисний масляний фільтр; *4* – обвідний клапан; *5* – калорифер; *6* – запобіжна сітка; *7* – м'які вкладення; *8* – вентилятор; *9* – герметичні двері; *10* – ізоляція

У кожному разі припливні камери розміщають якомога ближче до тих приміщень, які вони обслуговують. Розміри й конфігурації приміщень повинні бути такими, щоб раціонально й зручно розмістити встаткування (вентилятори, калорифери й ін.) (рис.8.12).

Огороджувальні конструкції припливних камер виконують із вогнестійкого матеріалу, здатного запобігти загорянню приміщення. Їх внутрішні поверхні (стіни, стеля, підлога) повинні бути гладкими, тобто їх обробка повинна допускати вологе прибирання й дезінфекцію.

Зараз застосовуються **типові припливні вентиляційні камери** (табл. 8.5, рис. 8.13), що сприяє зниженню вартості систем вентиляції й скороченню строків будівництва.

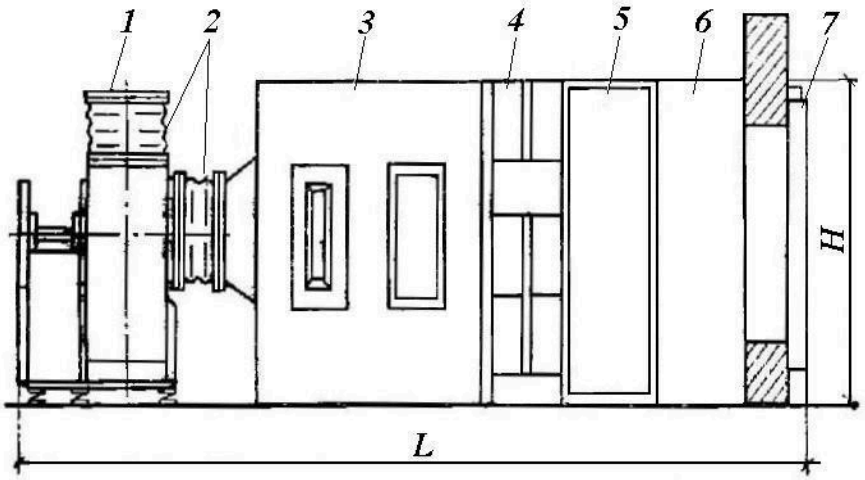

Рис. 8.13 Припливна типова камера 2ПК20:
1 – вентилятор; *2* – м'які вставки; *3* – секція зрошувальна; *4* – секція калориферна; *5* – секція фільтра; *6* – секція приймальня; *7* – клапан повітряний утеплений

Таблиця 8.5 – Технічні дані припливних вентиляційних камер

Тип камери	Подача по повітрю, $м^3$/год		Розміри, мм			Маса, кг
	понад	до (включно)	H	B	L	
2ПК10	3,5	10	1710	1325	5035	1600
2ПК20	10	20	2285	1560	5900	3000
2ПК31,5	20	31,5	2010	1950	5900	3490
2ПК40	31,5	40	2650	2560	6875	5800
2ПК63	40	63	3150	3750	7320	8300
2ПК80	63	80	3276	3810	7320	10840
2ПК125	80	125	4175	3810	7520	12610
2ПК125А	125	150	4175	4300	8005	13820

Припливні вентиляційні камери 2ПК10–2ПК125А призначені для промислових і цивільних будинків і можуть застосовуватися як вентиляційні й опалювально-вентиляційні установки без рециркуляції і з рециркуляцією повітря. Останні можуть застосовуватися для чергового опалення.

У секціях припливних камер може здійснюватися очищення, нагрівання, а також адіабатична обробка повітря. Залежно від технологічних вимог до обробки повітря камери можуть бути виконані з повним набором секцій, без зрошувальної секції, без секції фільтра і зрошувальної секції.

Вибір того або іншого типу калорифера (КВБ, КВС, Кск3, Кск4) визначається розрахунком. При цьому калорифери можуть бути встановлені в один, два або три ряди по ходу повітря або з неповним останнім рядом.

У зрошувальній секції застосовані широкофакельні форсунки типу ШКФ, що дозволяють здійснювати в камерах адіабатичні процеси обробки повітря.

Прийомна секція може застосовуватися з розташуванням рециркуляційних заслінок на верхній панелі, на задній панелі і в нижній частині секції. У прийомній секції передбачене застосування утеплених повітряних клапанів, виконаних з електропідігріванням або без нього.

Конструкція секції фільтрів дозволяє застосувати в ній фільтруючий матеріал двох типів ФСВП (фільтрувальне скловолокно, пружне) і ФРНК–ЗГ (фільтрувальний, рулонний, нетканий, зниженої горючості). Застосування того або іншого матеріалу визначається при проектуванні.

Витяжні камери механічної вентиляції можна розташовувати на горищі, на технічному поверсі або спеціальному приміщенні на одному рівні з приміщенням, яке обслуговується. Камера, що подана на рис. 8.14, влаштована на горищі будинку загального призначення. Повітря, що надходить у камеру з окремих приміщень по каналах і вентиляційних коробах (повітроводах), викидається осьовим вентилятором через шахту в атмосферу. При виключеному електродвигуні вентилятора, але при природному тиску й відкритому клапану повітря може проходити з камери в шахту і в атмосферу. При значному опорі вентиляційної системи передбачають камери з відцентровими вентиляторами.

Повітроводи. До повітроводів і каналів механічної вентиляції щодо їх конструктивного оформлення, розміщення й обробки ставляться ті ж

вимоги, що й до повітроводів і каналів природної вентиляції. У виробничих приміщеннях, де майже завжди застосовується механічна вентиляція, часто встановлюється мережа повітроводів зовсім незалежно від огороджень й інших конструкцій будинку. У цих випадках повітроводи доцільно виготовляти з тонкої листової сталі, чорної пофарбованої або оцинкованої, а при наявності шкідливих речовин (пари, гази), які кородують, – з нержавіючої сталі або вініпласту.

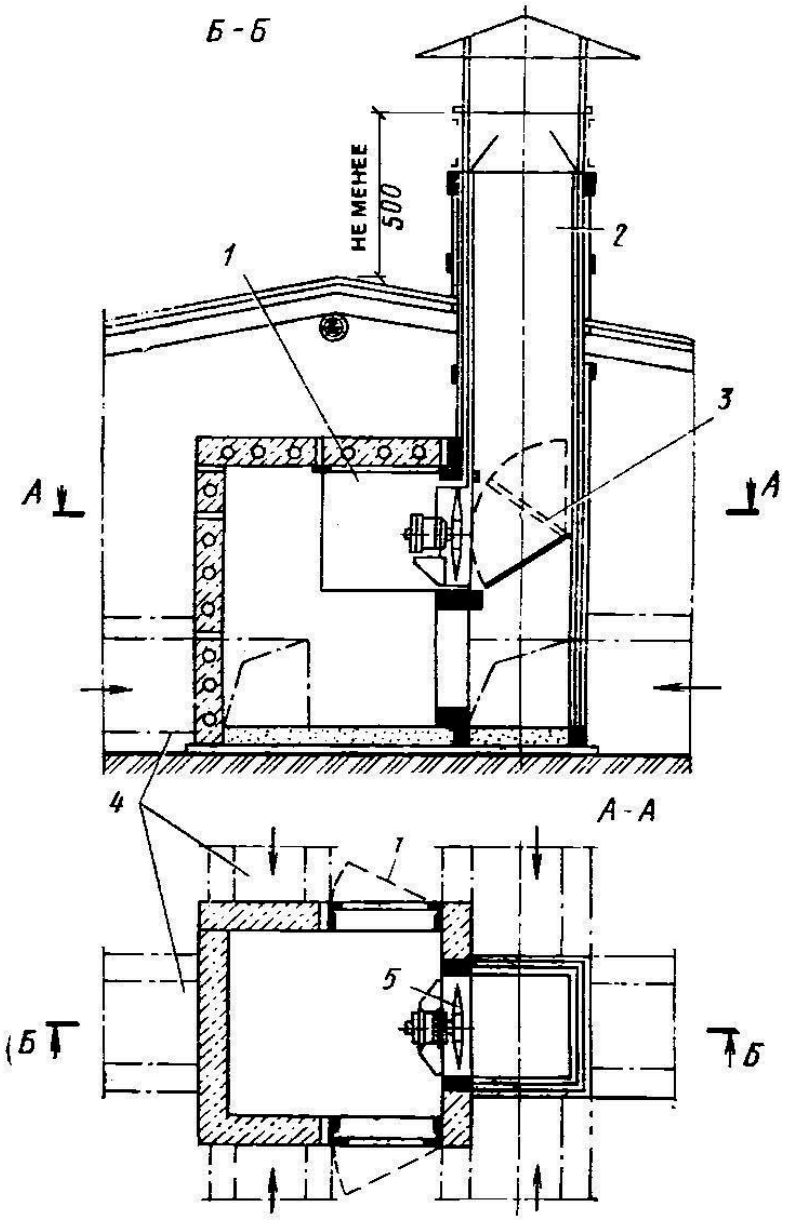

Рис. 8.14. Витяжна камера з пустотілих гіпсових плит з осьовим вентилятором: *1* – дверка; *2* – шахта; *3* – клапан; *4* – повітроводи; *5* – вентилятор

При повітроводах з листової сталі або вініпласту всі відгалуження й з'єднання, переходи від одного розміру перерізу до іншого, а також зміни напрямку здійснюються за допомогою фасонних частин, які монтуються

між прямими ділянками повітроводів. До основних фасонних частин повітроводів (рис. 8.15) належать коліна, відводи, переходи, трійники, хрестовини, дифузори й конфузори, причому дві останні фасонні частини служать іноді одночасно для переходів від круглого до прямокутного перерізу і навпаки.

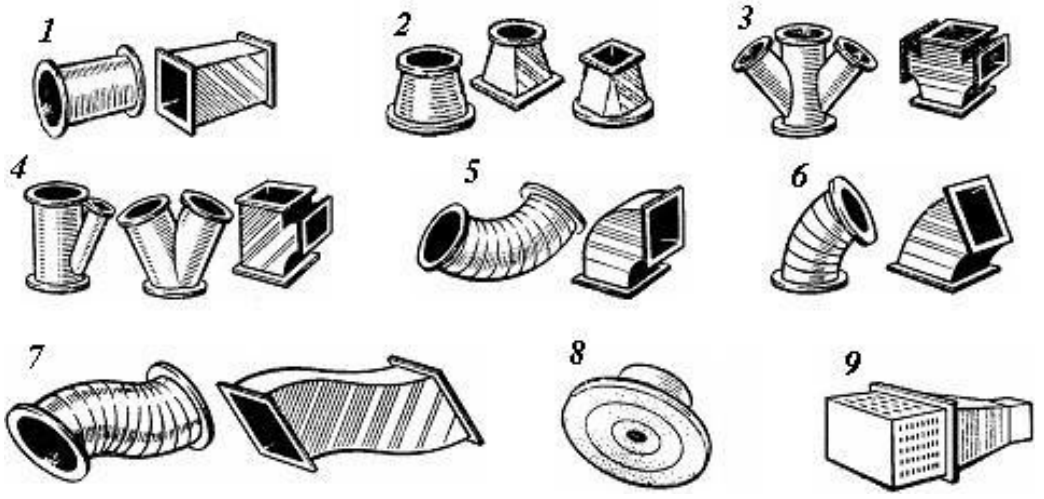

Рис. 8.15. Елементи повітроводів:
1 – прямі ділянки; *2* – переходи; *3* – хрестовини; *4* – трійники; *5* – відводи; *6* – напіввідводи; *7* – качки; *8* – повітророзподільник стельовий; *9* – повітророзподільник пристінний

Конструктивні рішення способів подачі припливного повітря в приміщення й видалення повітря із приміщень будинку загального призначення при механічній вентиляції принципово не відрізняються від рішень, які запропоновані при розгляді природної вентиляції. У виробничих будинках, де потрібна більша кратність повітрообміну, для подачі повітря в приміщення й видалення з нього застосовують різні спеціальні насадки.

Найбільша довжина горизонтальних магістральних повітроводів від центра до найбільш віддаленого вертикального каналу приймається, виходячи з економічних міркувань, рівною 35–40 м. Чим довша мережа повітроводів, тим більше її опір переміщуваному повітрю й тим більша експлуатаційні витрати систем вентиляції. Методика розрахунку повітроводів систем механічної вентиляції аналогічна методиці розрахунку повітроводів систем природної вентиляції.

Швидкість руху повітря в мережі повітроводів механічної вентиляції призначають із урахуванням того, що з її зростанням збільшується втрата тиску, а отже, і необхідна потужність електродвигуна вентилятора. Це, у свою чергу, веде до підвищення експлуатаційних витрат. З іншого боку,

при малій швидкості руху повітря доводиться збільшувати площу перерізу повітроводів, що підвищує вартість їхнього спорудження.

Найбільшу швидкість руху повітря приймають на ділянках, що містяться ближче до вентилятора; у напрямку до кінцевих ділянок швидкість повинна поступово зменшуватися (табл. 8.6).

Таблиця 8.6 – Швидкість руху повітря в повітроводах припливно-витяжної вентиляції

Розташування воздуховода	Швидкість руху повітря, м/с		
	на кінцеві й ділянці	на початкових ділянках (біля вентилятора)	
		нормальна	гранична
У житлових і суспільних будинках	0,7–2	6–7	10–12
У промислових будинках (загальнообмінні припливні й витяжні системи вентиляції)	2–4	6–9	12–14

1.2. Боротьба із шумом і вібраціями в механічних системах вентиляції

Основними джерелами шуму й вібрації в механічних системах вентиляції є вентиляторна установка, при роботі якої виникають два види шуму – **аеродинамічний і механічний**.

Аеродинамічний шум утворюється внаслідок вихроутворення біля лопатей колеса й кожуха вентилятора, головним чином на вході й виході, а також через періодичні пульсації повітря, які також відчуваються як шум. **Механічний шум** створюється від вібрації лопатевого колеса, кожуха й електродвигуна, а також від підшипників, передачі й інших елементів вентиляторної установки.

Сильна вібрація вентиляторної установки не тільки негативно впливає на самопочуття людини, але й нерідко служить перешкодою в технологічному процесі виробництва. У багатьох випадках вібрація може бути причиною передчасного зношування й навіть руйнування будівельних конструкцій будинків.

Аеродинамічний і механічний шум, що виникає при роботі

вентиляторної установки, поширюється в повітряному середовищі, що рухається в каналах і повітроводах, по їхніх стінках або по масиві, у якому

вони прокладені. Крім того, шум поширюється через основу й фундамент вентиляторної установки по огороджувальних конструкціях будинку, через які проникає в приміщення, іноді досить далеко розташовані від вентиляторної камери. Для боротьби із шумом вентиляторних установок знижують колову швидкість обертання робочого колеса вентилятора, швидкість руху повітря в повітроводах й інших елементах системи вентиляції, а також проводять конструктивні й монтажні заходи.

За умовами відносної безшумності рекомендуються наступні колові швидкості обертання робочого колеса вентилятора: для осьових вентиляторів, які встановлюються у житлових і суспільних будинках, не вище 35 м/с, а для радіальних – 25–30 м/с; у виробничих будинках колові швидкості приймають із урахуванням шуму від інших джерел, але не вище 50 м/с. Максимальні швидкості руху повітря у повітроводах й інших елементах системи вентиляції призначають, керуючись даними табл. 15.2. Для забезпечення заданого тиску при невеликій коловій швидкості робочого колеса вентилятора доцільно приймати схему робочого колеса в два ступеня й більше.

Конструктивні й монтажні заходи, що знижують рівень шуму, повинні ретельно розроблятися в процесі проектування системи вентиляції будинку й повністю здійснюватися при її монтажі. Наведемо деякі цілком обґрунтовані вказівки, дотримання яких дозволить створити якісні системи вентиляції.

1. Необхідно прагнути до застосування більш простих за складом і не дуже розгалужених систем, які мають мінімально можливий аеродинамічний опір. Це дозволить застосувати вентиляційні агрегати з невисокими тисками, які є менш гучними.

2. Приміщення, для яких рівень звукового тиску строго регламент- тований, варто розташовувати вдалині від припливних і витяжних камер. Рівень звукового тиску зменшується на 1 дб через 1 м шляху від камери до приміщення. Поблизу вентиляційних камер не повинно бути приміщень із малим рівнем власного шуму.

3. Ефективне застосування радіальних вентиляторів з лопатками, загнутими назад, а також осьових вентиляторів .

4. Необхідна заміна підшипників кочення підшипниками ковзання.

5. Витяжні камери варто розташовувати над допоміжними приміщеннями (сходовими клітками, санвузлами й т.п.).

6. Внутрішні поверхні вентиляційних камер необхідно покривати

звукопоглинаючою штукатуркою або оббивати матеріалами, що добре поглинають звуки різної висоти.

7. Для підвищення звукоізолюючої здатності дверей камер можливе обважнення їхніх конструкцій з використанням дошок товщиною 40–50 мм, пристроювання подвійних дверей і забезпечення максимальної щільності притворів.

8. Не можна кріпити безпосередньо до каркаса й огороджувальних конструкцій будинків електродвигуни, вентилятори й інше устаткування, яке викликає вібрацію.

9. У повітроводів варто встановлювати спеціальні шумоглушники.

10. Вентилятори рекомендується з'єднувати з електродвигуном за допомогою еластичної муфти або застосовувати клиноподібну передачу.

11. Необхідне приєднання вентилятора до повітроводів через м'які вставки із прогумованої тканини.

12. Вхідний отвір у вентилятор необхідно робити плавним.

13. Ефективним є застосування віброзвукоізолюючих основ.

14. Металеві поверхні для зменшення виробленого шуму варто покривати вібродемпфувальною мастикою (суміш синтетичних смол і наповнювачів).

15. Необхідно ретельно балансувати робоче колесо вентилятора.

У деяких випадках, коли потрібно максимально зменшити шум вентиляторних установок (рис. 8.16), розташованих у першому поверсі або в підвалі, фундамент зводять із використанням декількох видів віброзвукоізолюючих засобів (рис. 8.17).

Глушники шуму варто застосовувати в тих випадках, коли раціональним вибором параметрів установки, її відповідним компонуванням або установкою малошумного вентилятора не можна домогтися рівня звукового тиску, який є припустимим для даного приміщення. Глушники розділяються на дисипативні (активні) з поглинаючим матеріалом та відбивні (реактивні) – без поглинаючого матеріалу. У вентиляційних установках використовують переважно дисипативні глушники.

Для глушіння шуму, який створюється повітроводом, застосовують трубчасті, пластинчасті й стільникові шумоглушники (рис. 8.18).

Як звуковбирний матеріал у шумоглушниках для припливних систем вентиляції рекомендується застосовувати м'які мати (полотна) густиною 15 кг/м^3 із супертонкого скловолокна (СТВ), базальтове волокно. Як

виняток можна застосовувати капронове волокно, але обов'язково, відповідно до протипожежних вимог, зі склотканиною. Для витяжних систем варто використовувати також ефективні за звуковбирними якостями, але більш дешеві матеріали: плити зі скловолокна марки ЦФД густиною 30–40 кг/м^3, мінераловатні плити марки ПМ густиною 60–70 кг/м^3, дрібнофракційний керамзит.

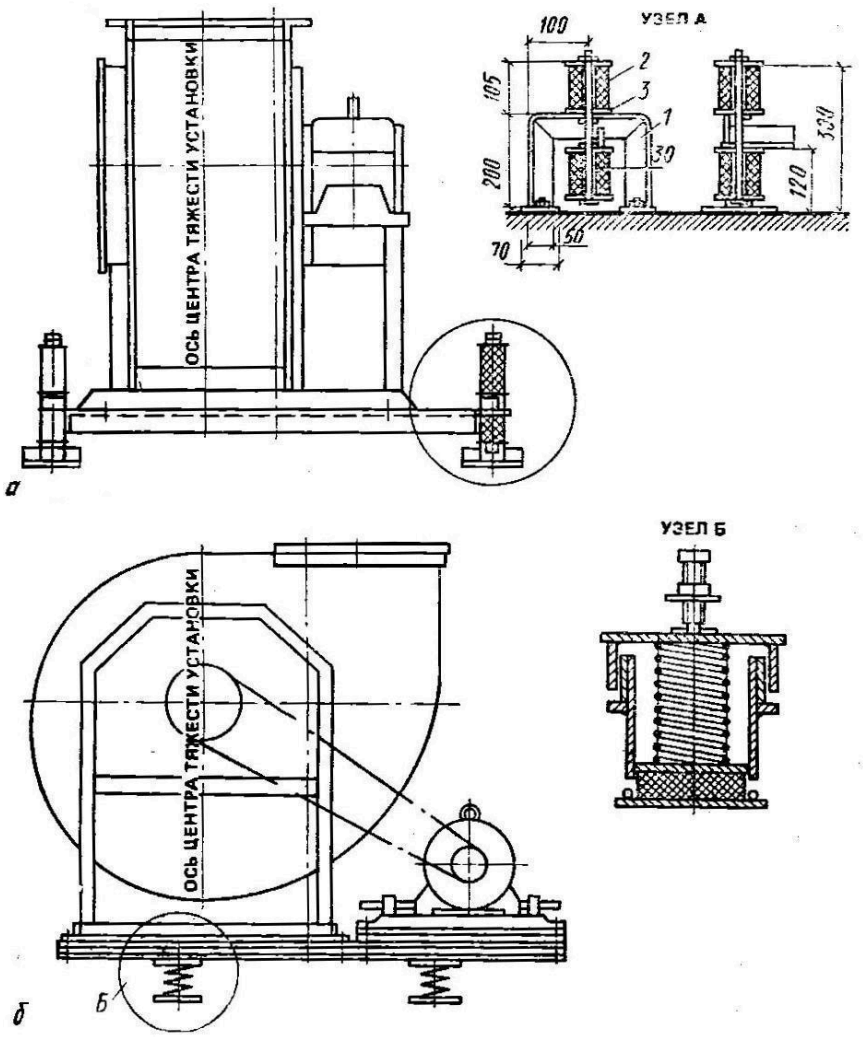

Рис. 8.16. Установка вентиляторів на віброізолюючих основах з гумовими (*а*) і пружинними (*б*) віброізоляторами: *1* – опорна конструкція; *2* – гумовий циліндр; *3* – металеві шайби

При набиванні шумоглушників іншими, менш ефективними матеріалами необхідно збільшувати довжину глушника. Для трубчастих глушителів усіх типорозмірів звуковбирне облицювання роблять товщиною 100 мм і довжиною не менш 1 м. У пластинчастих звукоглушниках товщину крайніх звуковбирних пластин приймають рівною 100 й 200 мм, а товщину середніх – у два рази більшою.

Пластинчасті звукоглушники виготовляють одно-, двох- і трьохканальними з різними розмірами прохідного перерізу. При виборі матеріалу для облицювання камер і повітроводів варто віддавати перевагу пористому матеріалу з наскрізними порами: матеріали із замкнутими порами (губки, пінопласт) мають низький коефіцієнт звукопоглинання.

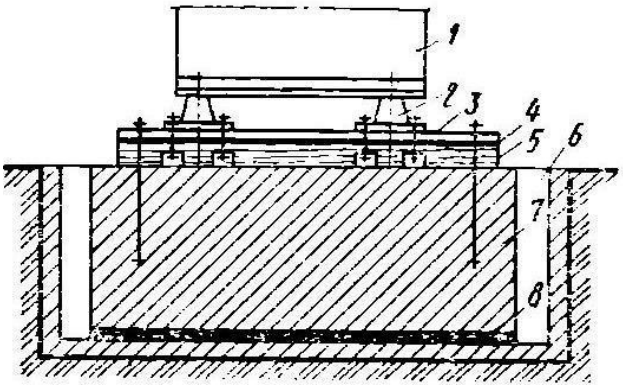

Рис. 8.17. Установка вентилятора на віброізолюючому фундаменті:
1 – станина вентилятора; *2* – пружинний амортизатор; *3* – дошка; *4* – гумка; *5* – брус; *6* – приямок; *7* – фундамент; *8* – звукоізолююча прокладка

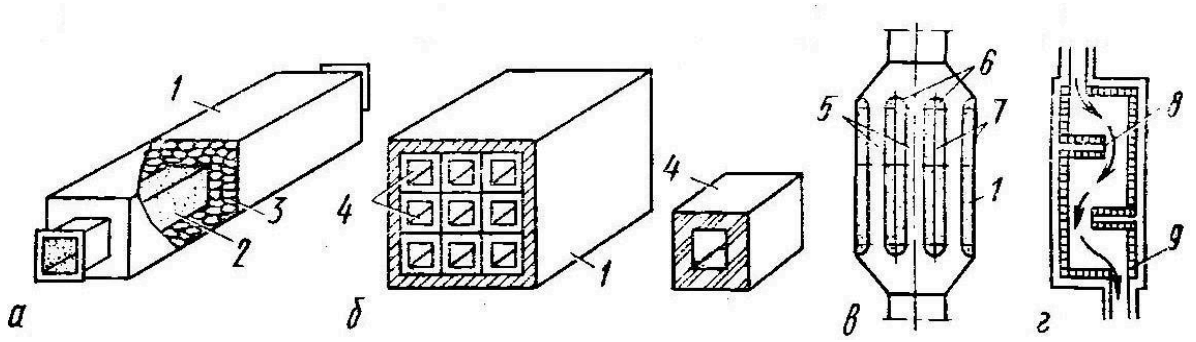

Рис. 8.18. Вентиляційні шумоглушники:
а – трубчастий; *б* – стільниковий; *в* – пластинчастий; *г* – камерний: *1* – зовнішній кожух; *2* – перфорований повітровід; *3* – звуковбирний матеріал; *4* – звуковбирні елементи; *5* – клапан для повітря; *6* – обтічник; *7* – звуковбирні пластини; *8* – поперечні перегородки; *9* – облицювання

Держстандарт 12.1.003-83 визначає припустимі рівні звукового тиску в децибелах (дб), який мають створювати в приміщеннях установки кондиціювання повітря й механічної вентиляції.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні конструктивні елементи припливних і витяжних вентиляцій?

2. Які типи вентиляторів застосовуються в системах вентиляції?

3. Укажіть порядок розрахунку й підбору калориферів.

4. Які вам відомі пристрої для очищення зовнішнього повітря від пилу і який їхній принцип роботи?

5. Які функції виконують припливні й витяжні камери?

6. Що мають на увазі, говорячи про місцеву припливну вентиляцію?

7. Які існують методи боротьби із шумом і вібрацією в системах механічної вентиляції?