



В. О. Мілейковський,
Л. М. Котелков

ВЕНТИЛЯЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Навчальний
посібник

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ

ПрАТ «ВЕНТИЛЯЦІЙНІ
СИСТЕМИ»



9 786177 599615

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ПрАТ «ВЕНТИЛЯЦІЙНІ СИСТЕМИ»

В. О. Мілейковський, Л. М. Котелков

ВЕНТИЛЯЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

*Рекомендовано Науково-методичною радою
Київського національного університету будівництва і архітектури
як навчальний посібник для студентів базових напрямів 6.060101 «Будівництво»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»*

Дніпро
«Середняк Т.К.»
2018

УДК 697.92
ББК 38.762
М 60

Рецензенти: **Морозов Юрій Петрович**,
докт. техн. наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу
геотермальної енергетики Інституту відновлюваної енергетики НАН України
Ляшенко Андрій Володимирович,
канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу інтенсифікації
тепломасообмінних процесів з використанням вторинних ресурсів Інституту
технічної теплофізики НАНУ
Довгалюк Володимир Борисович,
канд. техн. наук, завідувач кафедри теплогазопостачання і вентиляції
Київського національного університету будівництва і архітектури

Затверджено на засіданні Вченої ради Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 8 від 24 листопада 2017 р.

Мілейковський В. О., Котелков Л.М.

М 60 Вентиляція індивідуального житлового будинку – Дніпро: Середняк Т. К., 2018,
— 156 с.

ISBN 978-617-7599-61-5

Наведено теоретичні основи системи вентиляції, подано практичні рекомендації з розрахунку системи вентиляції під час будівництва індивідуальних житлових будинків.

Велика увага приділяється розрахунку та підбору основного обладнання систем вентиляції, вибору оптимальних схем організації повітрообміну в процесі реалізації монтажу та налагодження різноманітних систем вентиляції.

Практичні рекомендації щодо застосування різноманітного кліматичного обладнання компанії «Вентс» базуються на досвіді виконання монтажних робіт систем вентиляції та кондиціонування працівниками будівельно-монтажних компаній та організацій, які багато років тісно співпрацюють із ПрАТ «Вентиляційні системи». Посібник буде корисний для спеціалістів, які займаються будівництвом індивідуальних житлових будинків.

Призначено для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Архітектура та містобудування», «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів», «Товарознавство та комерційна діяльність», «Економіка підприємства», «Міське будівництво і господарство», «Менеджмент організацій і адміністрування», «Облік і аудит», «Промислове і цивільне будівництво».

УДК 697.92

ББК 38.762

© КНУБА, 2018

© ПрАТ «Вентиляційні системи», 2018

ISBN 978-617-7599-61-5



ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 МІСЦЕ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	10
РОЗДІЛ 2 ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	13
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ПІДТРИМАННЯ НОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРИМІЩЕННІ.....	16
3.1 Зонування приміщення за висотою.....	16
3.2 Температура повітря.....	17
3.3 Відносна вологість повітря.....	18
3.4 Швидкість повітряного потоку.....	19
3.5 Ступінь (інтенсивність) турбулентності повітряного потоку.....	20
3.6 Середня температура поверхонь приміщення (радіаційна температура).....	20
3.7 Забруднення повітря.....	21
РОЗДІЛ 4. I-d ДІАГРАМА ВОЛОГОГО ПОВІТРЯ.....	22
4.1 Поняття про елементарні процеси зміни тепло- вологісного стану в I-d діаграмі.....	23
4.2 Процес нагрівання повітря в повіронагрівачі.....	26
4.3 Процеси охолодження повітря в поверхневому повітроохолоджувачі.....	28
4.4 Процес зрошення – процес взаємодії повітря з водою.....	29
4.5 Процес парового зволоження.....	30
4.6 Процес змішування.....	31
4.7 Узагальнений процес тепловологообміну.....	31
4.8 Задача на I-d-діаграмі.....	31
РОЗДІЛ 5. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....	33



5.1	Параметри зовнішнього повітря.....	33
5.2	Параметри внутрішнього повітря.....	34
5.3	Основні способи вентиляції індивідуальних житлових будинків.....	38
5.4	Вентиляційне обладнання «Вентс» для створення централізованої припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти.....	44
5.5	Децентралізована механічна припливно-витяжна вентиляція з утилізацією теплоти.....	49
5.6	Вентиляційне обладнання ВЕНТС для створення децентралізованої припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти.....	50
5.7	Переваги припливно-витяжної установки з тепловим насосом.....	52
5.8	Забір зовнішнього та викид витяжного повітря.....	57
РОЗДІЛ 6.	ЕНЕРГООЩАДНА ВЕНТИЛЯЦІЯ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ.....	61
6.1	Теплоутилізатори.....	61
6.2	Пластинчасті рекуператори.....	63
6.3	Роторні теплоутилізатори.....	66
РОЗДІЛ 7.	ВЕНТИЛЯЦІЯ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....	70
7.1	Вентиляція даху.....	71
7.2	Простір на горищі.....	71
7.3	Вентиляція під підлогою.....	72
7.4	Вентиляція простору під підвісною дерев'яною підлогою.....	73
7.5	Вентиляція для забезпечення горіння.....	74
7.6	Повітряне опалення будівлі за допомогою камінного вентилятора.....	76
РОЗДІЛ 8.	ВИТЯЖНА ВЕНТИЛЯЦІЯ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ.....	78

8.1	Розташування витяжної вентиляції в приміщенні.....	78
8.2	Типи вентиляторів.....	80
8.3	Монтаж побутового вентилятора.....	82
РОЗДІЛ 9.	ОБЛАШТУВАННЯ ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА КУХНІ. РОЗТАШУВАННЯ КУХОННОЇ ВИТЯЖКИ.....	84
9.1	Встановлення вентиляційного короба витяжки.....	85
9.2	Головні переваги системи «Пластивент».....	85
РОЗДІЛ 10.	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ В БУДИНКУ.....	86
РОЗДІЛ 11.	РОЗПОДІЛ ПОВІТРЯ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ.....	89
РОЗДІЛ 12.	ОРГАНІЗАЦІЯ ПОВІТРООБМІНУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....	93
12.1	Типи повітряних струмин.....	93
12.2	Основні залежності для розрахунку струмин.....	94
12.3	Повітророзподільне обладнання компанії «Вентиляційні системи».....	97
12.4	Схеми організації повітрообміну в приміщеннях.....	98
РОЗДІЛ 13.	АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ПОВІТРОВОДІВ.....	101
РОЗДІЛ 14.	ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ З ВИЗНАЧЕННЯМ ОРІЄНТОВНОГО БЮДЖЕТУ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ.....	114
РОЗДІЛ 15.	НАЛАШТУВАННЯ МЕРЕЖ ПОВІТРОВОДІВ.....	128
	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	133
	ДОДАТОК А. ТАБЛИЦІ АЕРОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ МЕРЕЖ ПОВІТРОВОДІВ.....	134
	ДОДАТОК Б. ПРИКЛАД РОБОЧОГО ПРОЕКТУ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....	146



ВСТУП

На сьогодні індивідуальні житлові будинки займають велику частку житлового фонду, особливо, у приміській зоні та сільській місцевості з покращеними екологічними умовами. Разом з тим, стан здоров'я людей та якість конструкцій може погіршуватися через підвищений рівень вуглекислого газу, вологи та шкідливих речовин, зростання грибків і плісняви. Найбільш розповсюдженою причиною є недостатня вентиляція.

Посібник «Вентиляція індивідуального будинку» дає можливість набувати базових знань щодо призначення, основних принципів та технічних рішень вентиляції індивідуальних житлових будинків.

У посібнику максимально реалізовані зв'язок теоретичних основ та принципів улаштування вентиляції в індивідуальних житлових будинках для забезпечення комфортного повітряного середовища та належного стану конструкцій.

Посібник дозволяє студентам вищих навчальних закладів вивчити призначення вентиляції, види вентиляції, їхні переваги та недоліки, основні енергоефективні рішення вентиляції, принципи організації повітрообміну в приміщеннях, закономірності розвитку припливних струмин, основні вимоги і принципи вентиляції технічних просторів і для забезпечення горіння, принципи і методи аеродинамічного розрахунку мереж повітроводів, способи налаштування цих мереж.

Сучасний розвиток житлового будівництва потребує від спеціалістів вентиляційної галузі вміння вибирати найбільш енергоефективні рішення вентиляції, приймати рішення щодо організації повітрообміну в приміщеннях, трасувати мережі повітроводів, виконувати їхній аеродинамічний розрахунок, приймати рішення щодо вентиляції технічних просторів та оцінювати вартість прийнятих рішень.

Ці базові знання та вміння потрібні на всіх етапах проектування і побудови будинку, від архітектурно-планувальних рішень до дизайну приміщень. У посібнику наведено практичні приклади, які допоможуть правильно застосувати теоретичні знання в практиці монтажу систем вентиляції індивідуального будинку.

Цей посібник підготований за участю української компанії «Вентиляційні системи», яка є одним із світових лідерів у вентиляційній галузі.

Сучасне енергоощадне обладнання під торговою маркою ВЕНТС сьогодні добре відоме в понад 100 країнах світу, де воно працює задля покращення якості життя та здоров'я своїх користувачів.

Компанія «Вентиляційні системи», спираючись на свій багаторічний досвід та професійні знання у виробництві вентиляційного обладнання, спільно зі спеціалістами монтажних організацій постійно впроваджує нові інноваційні рішення в різноманітні проекти вентиляції об'єктів житлового будівництва.



1. МІСЦЕ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

Коли починається будівництво індивідуального житлового будинку, то разом із прийняттям архітектурно-планувальних та конструктивних рішень і вибором будівельних матеріалів розглядається не менш важливе питання інженерних мереж, серед яких вентиляція, охолодження та кондиціювання повітря будинку.

За даними різних досліджень, яким би активним не був ритм людського життя, як мінімум половину доби люди проводять удома: людина, яка працює, перебуває вдома 56 % від тривалості доби, а домогосподарка – близько 87 %. Отже, від мікроклімату житлового приміщення залежить самопочуття людини. Санітарне законодавство визначає головні параметри внутрішнього середовища:

- параметри мікроклімату, тобто ті, що впливають на теплообмін людини з середовищем: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, середня температура поверхонь приміщення (радіаційна температура) та інтенсивність теплового опромінювання;
- мінімальна кількість зовнішнього повітря, що подається до приміщення;
- концентрація вуглекислого газу в повітрі;
- запиленість повітря;
- наявність спор грибків та плісняви, що активно розвиваються при підвищеній відносній вологості;
- електромагнітні випромінювання та радіаційний фон.

Тому якість внутрішнього повітря – одна з головних характеристик житлового будинку, для регулювання якого сьогодні існують різноманітні засоби та прийоми.

Нормативні умови мікроклімату:

- **підвищені оптимальні** – оптимальні мікрокліматичні умови у приміщеннях з дуже чутливими та слабкими людьми з особливими потребами, такими як: інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку;
- **оптимальні** – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання

нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції; вони створюють відчуття теплового комфорту та забезпечують передумови для високого рівня працездатності (обов'язкові для житлових приміщень у холодний період року та в теплий період року за наявності кондиціонування повітря або охолодження);

- **допустимі** – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються, але супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації; при цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності;
- **обмежено допустимі** – допустимі мікрокліматичні умови у приміщеннях будівель з обмеженим використанням упродовж року (менше чотирьох місяців підряд упродовж року).

Вентиляція виконує два основних завдання: забезпечення комфортних умов у будинку та утримання його конструкцій у належному стані. При сучасному центральному опаленні, якісній теплоізоляції та герметичних віконних конструкціях вентиляція має величезне значення.

У будівництві, як правило, основний постулат будь-якого проектувальника чи архітектора зводиться до найпростішого: чим менше будівля втрачає теплоти, тим менша кількість енергії необхідна для поповнення теплових втрат. Тому, на перший погляд, найбільш простим та раціональним способом заощадження енергії на опалення є спосіб підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій. (рис. 1).

Прагнення до створення будівель із малими тепловтратами викликало збільшення вимог до теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій (у Європі – в 70-х роках минулого століття, в Україні – з 1996 року). Стосовно стін та покриття, вимоги до опору теплопередачі зросли на 150...200 %, до вікон – на 20...30 %. На вентиляцію у звичайних будівлях витрачається орієнтовно близько 40...50 % усієї теплоти, яка віддається системою опалення. При покращенні теплоізоляції будівлі частка теплоти, яка втрачається разом із вентиляційним повітрям, зростає.

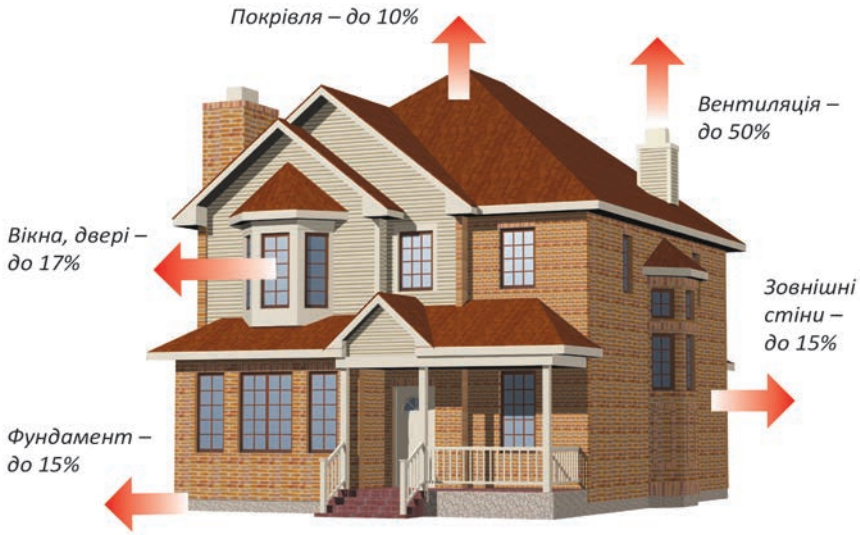


Рис. 1. Основні втрати теплоти в будинку

Коли планується модернізація чи будівництво індивідуального житлового будинку, що передбачає його теплоізоляцію та герметизацію, необхідно розуміти, як модернізація вплине на існуючу або заново змонтовану систему вентиляції. Вона здатна значно змінити ситуацію та створити проблеми в нежитлових приміщеннях, коли сирість та її побічні ефекти непомітно виникають під дошками підлоги або на горищі. При цьому активно розвиваються грибки та пліснява, які виділяють токсичні канцерогенні речовини і спори, що крім провокування появи ракових пухлин або захворювання на мікози можуть викликати раптові гострі алергічні реакції (анафілактичний шок, набряк Квінке, напад бронхіальної астми) з летальними наслідками. Якщо існує ризик виникнення сирості, необхідно забезпечити додаткову вентиляцію.

Як зробити вентиляцію в будинку якісною, енергоефективною і при цьому зручною та зрозумілою всім користувачам? Що необхідно передбачити під час проектування вентиляції в індивідуальному житловому будинку і при цьому зробити її експлуатаційно надійною та простою в обслуговуванні?

2. ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Згідно з ДБН В.2.5-67:2013, що є основним нормативним документом в Україні з вентиляції,

вентиляція – це обмін повітря у приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших забруднювальних речовин з метою забезпечення допустимого мікроклімату та чистоти повітря в робочій зоні або зоні обслуговування при середній незабезпеченості 400 год/рік – при цілодобовій роботі та 300 год/рік – при однозмінній роботі у денний час.

Зона обслуговування – простір приміщення, в якому постійно або непостійно (тимчасово) перебувають люди, і параметри мікроклімату якого забезпечуються системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Робоча зона – простір, у якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників у процесі трудової діяльності.

Доросла людина щодоби споживає близько 8 кг, або 6,7 тис. літрів повітря. У повітряному середовищі приміщення містяться сотні сторонніх домішок, найбільш отруйними з яких є озон, радон та ароматичні вуглеводні.

Відсутня або недостатня вентиляція призводить до щоденної небезпеки від:

- плісняви, грибків, які розвиваються та розмножуються в насиченому вологою повітрі приміщення з виділенням спор, сильних канцерогенних токсинів та алергенів;
- виділення шкідливих речовин від будівельних, оздоблювальних матеріалів, меблів, побутової техніки (особливо лазерні та струминні принтери, копіювальні апарати) та іншого обладнання, їжі, парфумерії, куріння;
- надлишку вуглекислого газу, що призводить до збудження нервової системи, підвищення артеріального тиску, головного болю, запам'ятовування, нудоти тощо.

Одним із порушень фізичного стану людини, які мало вивчені та важко усуваються, є так званий синдром «хворих приміщень» або SBS (Sick Building Syndrome), який виникає через перебування людини у приміщенні з низькою якістю внутрішнього середовища. SBS проявляється у



вигляді таких симптомів як нудота, головний біль, подразнення шкіри, нежить тощо. Виявлені найпоширеніші причини SBS – недостатня вентиляція та неякісне прибирання приміщень, висока вологість повітря, яка сприяє утворенню плісняви, присутність копіювальних машин та зволожувачів повітря.

Під час облаштування приміщень часто використовують дизайнерські рішення, для яких вимагаються нові оздоблювальні матеріали. У багатьох будівлях встановлюється велика кількість побутової та комп'ютерної техніки, які, як відомо, є джерелами забруднення повітря. У зв'язку з цим до вентиляційних пристроїв висуваються нові вимоги. Для класифікації матеріалів за ступенем забруднення навколишнього середовища спеціалісти використовують терміни «сильно забруднювальний» та «слабко забруднювальний». Згідно з ДБН В.2.5-67:2013 рівень забруднення повітря будівлі класифікується як «дуже низький», «низький» та «високий». Більшість будівельних матеріалів виділяють найбільшу кількість забруднювальних речовин у перший час після виготовлення. Скорочення термінів здачі об'єктів замовникові часто призводить до того, що в процесі будівництва нові будівлі забруднюються більше, ніж за весь інший час їхньої експлуатації.

У приміщеннях за ДБН В.2.5-67:2013 нормується мінімальна питома витрата вентиляційного повітря (табл. 1). Для визначення повітрообміну L , м³/год, у приміщенні, площа та об'єм якого за внутрішніми обмірами становлять, відповідно, S , м², та V , м³, використовується або питома витрата повітря $q = L/S$, м³/(год·м²) або кратність повітрообміну $K_p = L/V$, год⁻¹:

$$L = q S \quad S = K_p V, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (1)$$

Для визначення мінімальної витрати зовнішнього повітря додають потребу в зовнішньому повітрі на людей (кількістю n) та на розбавлення забруднень (на площу):

$$L_{\text{tot}} = n q_p + S q_v, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2)$$

де q_p – питома витрата зовнішнього повітря на людину, дм³/(с·люд.), q_v – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень, дм³/(с·м²).

Таблиця 1

Мінімальні питомі витрати вентиляційного повітря

Умови мікроклімату	Повітрообмін ¹⁾		Житлові та спальні кімнати, витрата зовнішнього повітря		Витрата повітря, яке видаляється, $\frac{\text{дм}^3/\text{с}}{\text{м}^3/\text{год}}$		
	$\frac{\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)}{\text{м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)}$	год ⁻¹	$\frac{\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{люд})}{\text{м}^3/(\text{год}\cdot\text{люд})}$	$\frac{\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)}{\text{м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)}$	кухня	ванна	туалет
Підвищені оптимальні	$\frac{0,49}{1,764}$	0,7	$\frac{10}{36}$	$\frac{1,4}{5,04}$	$\frac{28}{100,8}$	$\frac{20}{72}$	$\frac{14}{50,4}$
Оптимальні	$\frac{0,42}{1,512}$	0,6	$\frac{7}{25,2}$	$\frac{1,0}{3,6}$	$\frac{20}{72}$	$\frac{15}{54}$	$\frac{10}{36}$
Допустимі	$\frac{0,35}{1,26}$	0,5	$\frac{4}{14,4}$	$\frac{0,6}{2,16}$	$\frac{14}{50,4}$	$\frac{10}{36}$	$\frac{7}{25,2}$

¹⁾ Питомі витрати вентиляційного повітря, що надані в одиницях вимірювання $[\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)]$ і $[\text{год}^{-1}]$, відповідають одна одній при висоті стелі 2,5 м.
²⁾ Кількість мешканців у місці проживання може бути розрахована за кількістю спальних кімнат.

Примітка. За наявності в приміщенні обладнання, в якому відбувається горіння з використанням внутрішнього повітря, слід забезпечити достатній приплив повітря для підтримання горіння згідно з паспортними даними. За наявності газового обладнання потужність понад 30 кВт (наприклад, котли) у приміщенні мінімальна витрата витяжного повітря з нього за ДБН В.2.5-20-2001 становить 3 год⁻¹.

У ДБН В.2.2-15:2005 зі змінами 1-3 (чинний на момент видання) наведені більші значення кратності повітрообміну (табл. 2), якими можна користуватися до набуття чинності наступних змін (табл. 2).

Таблиця 2

Кратність повітрообміну деяких приміщень житлового будинку

Приміщення	Вимоги до повітрообміну		
	Приплив	Витяжка	
Загальна кімната, спальня, кабінет	0,8 год ⁻¹ *	–	
Кухня	–	за повітряним балансом квартири, але не менше м ³ /год:	
Кухня-їдальня	0,8 год ⁻¹ *		90
Ванна	–		90
Туалет	–		25
Суміщений санвузол	–		25
Гардеробна	–	50	
Пральня	–	1,5 год ⁻¹	
Гараж	–	0,5 год ⁻¹	
Басейн	–	За розрахунком	

Припливне повітря повинно подаватися через вікна. При встановленні вікон без кватирок і з герметичним прищупом слід застосовувати модифікації вікон із вбудованими провітрювачами. При проектуванні житла II категорії (соціального) має забезпечуватися однократний повітрообмін.



3. ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ПІДТРИМАННЯ НОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА У ПРИМІЩЕННІ

Комфорт людини визначається можливістю розсіяти до навколишнього середовища вироблену в результаті метаболізму Q_{met} та отриману іншими шляхами (теплове випромінення від гарячих поверхонь, гарячі страви та напої) теплоту без додаткового напруження системи терморегуляції (перша умова комфорності). Тепловий баланс організму

$$Q_{met} \pm Q_R \pm Q_C - Q_{Ev} - Q_{MP} \pm Q_{FD} \pm \Delta Q = 0, \quad (3)$$

де Q_R – надходження (плюс) або втрата (мінус) радіаційної теплоти, що залежить від середньої температури навколишніх поверхонь (радіаційної температури); Q_C – надходження (плюс) або втрата (мінус) теплоти безпосередньо від/до навколишнього повітря (конвективної теплоти), що залежить від температури навколишнього повітря, його усередненої в часі швидкості та турбулентних пульсацій швидкості, а також від відносної вологості повітря та термічного опору одягу людини; Q_{Ev} – втрата теплоти випаровуванням води людиною, залежить від відносної вологості повітря; Q_{MP} – корисні витрати енергії на механічну роботу та на фізіологічні процеси; Q_{FD} – теплота, що набута (плюс) або втрачена (мінус) з гарячими або холодними стравами та напоями; ΔQ – нестача (плюс) або надлишок (мінус) теплоти в організмі, що має бути якомога меншою(-им).

З рівняння (3) випливає, що для теплового комфорту важливо підтримувати сукупність зазначених параметрів повітряного середовища, за якої $\Delta Q \approx 0$.

3.1 Зонування приміщення за висотою

Параметри повітря розподіляються у приміщенні нерівномірно. Найважливішою є зона обслуговування, де перебувають люди. Висота такої зони приймається $h_{wz} = 2$ м від підлоги (якщо люди лише сидять – 1,5 м). Параметри повітря зони обслуговування позначені індексом wz : t_{wz} , ϕ_{wz} тощо. Температура витяжного повітря на рівні стелі розраховується за

відомою температурою повітря в робочій зоні t_{wz} , °C, та за градієнтом температури Δt , °C/м:

$$t_{\ell} = t_{wz} + \Delta t (H - h_{wz}) = t_{wz} + \Delta t (H - 2), \text{°C}. \quad (4)$$

У теплий період року його орієнтовно приймають $\Delta t \approx 0,7$ °C/м для гарячих приміщень (кухні) під час роботи обладнання та $\Delta t \approx 0,5$ °C/м – для інших приміщень або гарячих приміщень, коли обладнання не працює. Для холодного періоду року, відповідно, $\Delta t \approx 0,5$ °C/м та $\Delta t \approx 0,3$ °C/м.

Середня температура верхньої зони приймається як середня температура між робочою зоною та витяжним повітрям:

$$t_{uz} = (t_{wz} + t_{\ell})/2 = t_{wz} + (\Delta t/2) (H - h_{wz}). \quad (5)$$

Середня температура повітря приміщення для орієнтовних розрахунків низьких приміщень приймається як така, що дорівнює температурі робочої зони $t_{int} = t_{wz}$, іноді – за формулою (5), що справедливо лише якщо висота значно перевищує висоту робочої зони. Найбільш правильно підраховувати її як середньозважену за висотою зон:

$$t_{int} = (t_{wz} h_{wz} + t_{\ell} (H - h_{wz}))/H = (2 t_{wz} + t_{\ell} (H - 2))/H. \quad (6)$$

Розподіл інших параметрів за висотою в житлових приміщеннях розглядається рідко.

3.2 Температура повітря

Температура повітря t_{wz} , °C, безпосередньо впливає на конвективну складову тепловіддачі від поверхні людини площею s , м², з середньою температурою τ , °C, та середнім коефіцієнтом тепловіддачі α , Вт/(м² К):

$$Q_C = \alpha A (\tau - t_{wz}), \text{Вт}. \quad (7)$$

Крім цього, температура повітря впливає на термічний опір шкіри, оскільки залежно від неї (та від інтенсивності метаболічних процесів)



організмом регулюється витрата крові в поверхневих судинах. При зменшенні температури та/або інтенсивності метаболізму судини звужуються, що зменшує тепловіддачу людини. При занадто низькій температурі за рахунок піломоторного рефлексу (ефекту гусячої шкіри) теплозахисні властивості шкіри значно підвищуються. Також виникає озноб (тремтіння м'язів) для посилення метаболізму і компенсації тепловтрат. Переохолодження знижує імунітет і призводить до застудних захворювань.

Висока температура призводить до посилення випаровування та втрати рідини. Значне перевищення допустимої температури призводить до теплового удару, наслідки якого можуть бути важкими або летальними, особливо для людей з серцево-судинними захворюваннями.

Результати багатьох досліджень показують, що відхилення температури на 1–2 °С вгору або вниз може суттєво знизити працездатність.

Для регулювання оптимальної температури повітря в приміщенні рекомендовані такі заходи:

- відрегулювати систему опалення;
- використовувати для освітлення сучасні лампи з низьким енергоспоживанням та низьким тепловиділенням;
- не залишати вікна відчиненими на ніч, оскільки це зменшить ефективність системи;
- застосовувати кондиціонування повітря;
- для охолодження приміщення використовувати більш холодне нічне повітря. Для цього вночі вмикати витяжні вентилятори.

3.3 Відносна вологість повітря

Відносна вологість повітря – це відношення парціального тиску водяної пари $p_{\text{H}_2\text{O}}$, Па, в ньому (тобто тиску, який утвориться, якщо без зміни об'єму вилучити з повітря всі інші компоненти, крім водяної пари) до тиску насиченої водяної пари $p^*_{\text{H}_2\text{O}}$, Па, (у рівновазі з водою в рідкому стані) за тієї самої температури, що і розглянуте повітря. Зазвичай вона виражається у відсотках:

$$\varphi = 100 p_{\text{H}_2\text{O}} / p^*_{\text{H}_2\text{O}}, \%$$
 (8)

Відносна вологість повітря в приміщенні – суттєвий параметр, який впливає на стан людини та інших живих істот (грибки, пліснява тощо), а також оздоблення, меблів і обладнання. Підвищення відносної вологості повітря, особливо понад 60 %, призводить до відчуття сирості, швидкого розмноження грибків та плісняви. Висока відносна вологість повітря може пошкодити механізми, побутову та комп'ютерну техніку з причини зниження електроізоляційних властивостей повітря та активації корозії. Недостатня відносна вологість призводить до пересушування слизових оболонок та шкіри і до гальмування роботи ворсистого епітелію бронхів. Останнє погіршує природну фільтрацію людиною повітря, яке вдихається, тобто знижує рівень захисту від гострих респіраторних вірусних інфекцій, призводить до застою секрету в бронхах і появи кашлю. Суттєві коливання відносної вологості призводять до деформації достатньо гігроскопічних дерев'яних конструкцій та меблів. До 2013 р. оптимальним вважався діапазон 40...60 %. Однак задля можливості системами опалення підтримувати оптимальні умови мінімальна відносна вологість повітря для житлових і громадських будівель була знижена до 25 %. Для забезпечення максимального рівня комфорту та захисту від ГРВІ рекомендується, за можливості, не знижувати відносну вологість нижче 40 %.

При зниженні температури відносна вологість зростає. Таким чином, найперше, що необхідно зробити, коли повітря у приміщенні надто сухе – це знизити його температуру, але в межах оптимальних значень.

3.4 Швидкість повітряного потоку

Для того, щоб повітря в приміщенні зберігало високу якість, воно не повинно застоюватися. Застійне повітря накопичує забруднювачі та погіршує тепловіддачу людини. Загальне призначення вентиляції – видалення відпрацьованого повітря з приміщення і заміна його на свіже зовнішнє повітря.

Однак, якщо швидкість повітряного потоку висока, люди відчувають дискомфорт. При цьому інтенсифікується тепловіддача від людини та звужуються судини. Найчутливішими є потилиця та щиколотки. Протяг для багатьох так само неприємний, як і задуха. Більшість людей переживають неприємні відчуття при швидкості повітряного потоку 0,25 м/с і більше, а



найбільш чутливі до протягів – при 0,15 м/с. Орієнтовно можна вважати, що зростання швидкості на 0,15 м/с еквівалентне зниженню температури на 1 °С. Підлогові, настільні, настінні та стельові вентилятори у приміщенні саме таким способом зменшують перегрівання людей під час спекотної погоди, хоча вони не охолоджують (навпаки, нагрівають за рахунок енергії двигуна) повітря. Таким чином, для забезпечення якісної вентиляції приміщень повинно бути передбачене регулювання швидкості повітряного потоку.

3.5. Ступінь (інтенсивність) турбулентності повітряного потоку

У приміщенні повітряні потоки є турбулентними, тобто їхня швидкість змінюється (пульсує) в часі. Пульсації швидкості інтенсифікують тепловіддачу і впливають на тепловий комфорт людини. Тому останнім часом до параметрів мікроклімату долучено ступінь або інтенсивність турбулентності. Ступінь турбулентності Tu повітряного потоку – це відношення пульсаційної швидкості до усередненої в часі. У ДБН В.2.5-67:2013 вона виражена у відсотках. Розподіл повітря у приміщенні впливає на інтенсивність турбулентності в робочій зоні.

3.6. Середня температура поверхонь приміщення (радіаційна температура)

Середня температура поверхонь приміщення (радіаційна температура) визначає теплообмін випромінюванням:

$$t_R = \frac{\sum \tau_i S_i}{\sum S_i}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (9)$$

де τ_i та S_i – температура, °С, та площа, м², кожної поверхні.

Системи вентиляції житлових будівель не можуть ефективно впливати на радіаційну температуру, але вона є одним із факторів вибору оптимальної температури повітря робочої зони. У більшості житлових приміщень середня температура поверхонь мало відрізняється від температури повітря. Якщо використовується підлогова або стінова система опалення, то температуру повітря можна знизити. Значення температури у п. 1 (ДБН В.2.5-67:2013 на рис. Д.3 додатку Д) стосуватимуться не темпе-

ратури повітря, а результуючої температури, тобто середньої між температурою повітря та радіаційною температурою. З урахуванням формули (8) результуюча температура становить

$$t_{res} = (t_R + t_{wz}) / 2 = ((\sum \tau_i S_i / \sum S_i) + t_{wz}) / 2, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (10)$$

3.7. Забруднення повітря

Забруднення повітря мало впливає на теплообмін людини, тому його концентрацію не вважають параметром мікроклімату. Основний забруднювач повітря житлових будинків – вуглекислий газ, що продукується людиною. Зазвичай у приміщенні є декілька джерел забруднення повітря. Через вентиляційну систему, а також через різноманітні отвори всередину будівлі надходить неочищене зовнішнє повітря. Сучасні вентиляційні системи оснащені фільтрами, які очищують повітря від пилу, газів та пилку залежно від типу та класу фільтрації. Для забезпечення правильного функціонування фільтра необхідне проведення відповідного обслуговування, а також своєчасна заміна фільтрувального елемента при зменшенні ефективності фільтрації. Внутрішні джерела забруднень – сама людина, домашні тварини, будівельні та оздоблювальні матеріали, меблі, побутова та комп'ютерна техніка, водопровідна вода (вивільнюється хлор), страви тощо.

Вміст шкідливих речовин у повітрі обмежується гранично допустимою концентрацією q_{wz} , мг/м³. Для вуглекислого газу в житлових приміщеннях – $q_{wz} = 1830$ мг/м³. При постійному перебуванні дітей та хворих – $q_{wz} = 1280$ мг/м³. Для більшості житлових приміщень дані табл. 1 і 2 враховують потребу в зовнішньому повітрі для розбавлення оксиду вуглецю до ГДК.

З цього випливає, що вирішувати проблеми формування мікроклімату приміщень необхідно на початку будівництва, ремонту чи реконструкції. Вимоги до вентиляційної системи повинні бути сформульовані перш ніж буде визначено тип, характеристики та архітектуру системи.



4. I-d ДІАГРАМА ВОЛОГОГО ПОВІТРЯ

При вентиляції приміщень спеціального призначення (басейни, зимові сади тощо), а також при розрахунках центральних систем кондиціонування повітря або сумісної роботи систем вентиляції та охолодження необхідно розраховувати процеси зміни стану вологого повітря.

У 1918 році відомий теплотехнік Л. К. Рамзін склав діаграму стану вологого повітря, яка відома на сьогодні (рис. 2) як I-d діаграма, I-d діаграма, діаграма Рамзіна, діаграма Рамзіна-Мольє або діаграма Мольє (за іменем німецького теплотехніка Р. Мольє, який побудував її незалежно від Л. К. Рамзіна в 1923 р.).

Кожна I-d діаграма будується для конкретного атмосферного тиску, що має обов'язково відповідати розрахунковому атмосферному тиску міста будівництва або найближчого великого міста до місця будівництва. Діаграма побудована в косокутних координатах ентальпія I , кДж/кг – вологовміст d , г/кг.

Вологовміст d , г/кг – це маса водяної пари, г, на одиницю маси сухого повітря (кг). Якщо процес над певною масою повітря йде зі зміною вологовмісту, то при цьому маса випарованої або конденсованої вологи дорівнює масі повітря у процесі, помноженій на різницю вологовмісту наприкінці та на початку процесу.

Ентальпія I , кДж/кг – це тепловміст вологого повітря, тобто теплота, кДж, на одиницю маси сухого повітря (кг), що виділяється або споживається при переході вологого повітря від даного стану до певного нульового стану, який прийнятий при нульовій температурі та вологовмісті. Кількість теплоти у процесі дорівнює добутку маси повітря у процесі та різниці ентальпій на початку та наприкінці процесу.

Лінії постійного вологовмісту $d = \text{const}$ побудовані вертикально. Лінії постійної ентальпії $I = \text{const}$ спрямовані зліва-згори праворуч-донизу. Лінії постійної температури спрямовані під незначним кутом до горизонталі. Вони не паралельні. Лінії постійної відносної вологості криволінійні. Під лінією $\varphi = 100\%$ точки стану вологого повітря не можуть існувати. Отже, для кожної точки I-d діаграми можна визначити значення температури t , °С, відносної вологості φ , %, ентальпії I , кДж/кг та вологовмісту d , г/кг.

Для побудови точки достатньо мати будь-які два параметри з перелічених.

На окремих I-d діаграмах наносять додаткові параметри, які рідше використовуються у вентиляції. Наприклад, на рис. 2. пунктирними похилими лініями показано лінії постійної густини ρ , кг/м³ (яка в більшості розрахунків вентиляції приймається 1,2 кг/м³), а в нижній частині наведено лінію (або криву) парціального тиску водяної пари.

Щоб знайти цей тиск для довільної точки необхідно опуститися від неї до лінії парціального тиску водяної пари, а далі рухатися праворуч до шкали парціального тиску водяної пари P_{H_2O} , кПа. Оскільки цей тиск залежить лише від вологовмісту, то на деяких I-d діаграмах парціальний тиск водяної пари наводять на горизонтальній шкалі під шкалою вологовмісту, над шкалою вологовмісту або згори. За потребою густина повітря розраховується за спрощеною формулою з достатньою для вентиляції точністю:

$$\rho = 353 / (273 + t), \text{ кг/м}^3. \quad (11)$$

Для зручності та точності отриманих результатів рекомендується використовувати I-d діаграми формату не менше А3 або електронні версії. Схематично процеси зображують на схемі I-d діаграми, що містить лише вертикальну вісь та криву $\phi = 100 \%$.

4.1 Поняття про елементарні процеси зміни тепловологісного стану в I-d діаграмі

Сукупність станів вологого повітря, що послідовно змінюються, називається процесом. Початковий і кінцевий стан повітря можуть позначатись цифрами або буквами.

Елементарним є процес в одному окремому тепло(масо)обмінному апараті або приладі – повітрянагрівачі, повітроохолоджувачі, зволожувачі, осушувачі тощо. Найбільш часто складні елементарні процеси спрощують до прямої лінії, яка сполучає початкову та кінцеву точки процесу. Процес, який відбувається в приміщенні, називають **процесом асиміляції тепловологонадлишків** у приміщенні і в більшості випадків розглядають як елементарний процес.

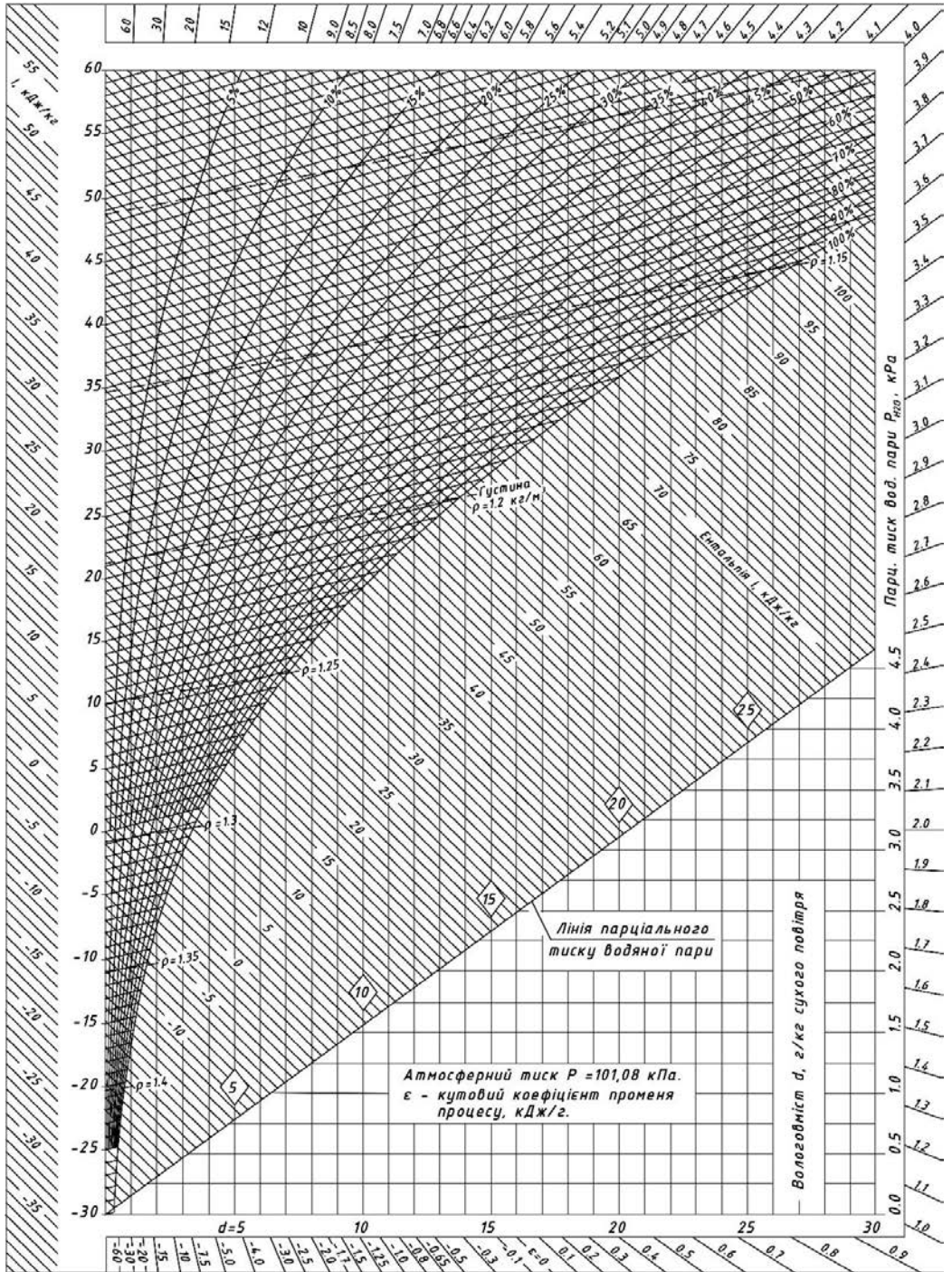


Рис. 2. I-d діаграма вологого повітря для атмосферного тиску 101,08 кПа

Комплексним є процес обробки вологого повітря, що складається з кількох елементарних процесів, що здійснюються послідовно в окремих апаратах або приладах. Такий процес найчастіше зображається на I-d діаграмі ламаною лінією.

У вентиляції обробка повітря відбувається в потоці масовою витратою G , кг/с або кг/год. Для переведу з інших одиниць слід використовувати табл. 3.

Таблиця 3

Перевід одиниць вимірювання витрати

Дана витрата в	Потрібна витрата в					
	дм ³ /с (л/с)	дм ³ /год (л/год)	м ³ /с	м ³ /год	кг/с	кг/год
	Потрібна(і) операція(і)					
дм ³ /с (л/с)	–	× 3600	÷ 1000	× 3,6	× 0,001ρ	× 3,6 ρ
дм ³ /год (л/год)	÷ 3600	–	÷ 3600000	÷ 1000	× ρ / 3600000	× 0,001 ρ
м ³ /с	× 1000	× 3600000	–	× 3600	× ρ	× 3600ρ
м ³ /год	÷ 3,6	× 1000	÷ 3600	–	× ρ / 3600	× ρ
кг/с	÷ (0,001 ρ)	× 3600000 / ρ	÷ ρ	× 3600 / ρ	–	× 3600
кг/год	÷ (3,6 ρ)	× 1000 / ρ	÷ (3600 ρ)	÷ ρ	÷ 3600	–

Приклади:

2 м³/с відповідає $2 \cdot 1000 = 2000$ дм³/с або $2 \cdot 3600000 = 7200000$ дм³/год або $2 \cdot 3600 = 7200$ м³/год або $2 \cdot 1,2 = 2,4$ кг/с або $2 \cdot 3600 \cdot 1,2 = 8640$ кг/год;

4320 кг/год відповідає $4320 / (3,6 \cdot 1,2) = 1000$ дм³/с (л/с) або $4320 \cdot 1000 / 1,2 = 3600000$ дм³/год або $4320 / (3600 \cdot 1,2) = 1$ м³/с або $4320 / 1,2 = 3600$ м³/год або $4320 / 3600 = 1,2$ кг/с.

У кожному процесі відбувається обмін теплоти та вологи. Процеси можуть перебігати з випаровуванням та конденсацією вологи. При цьому розрізняють три види теплоти:

- явна – це енергія хаотичного руху молекул. За нею можна розраховувати процеси без випаровування та конденсації вологи. При



витраті потоку повітря G , кг/с, зміні температури на Δt , °С, та середній питомій теплоємності повітря $c = 1,006$ кДж/(кг·°С)

$$Q = c G \Delta t \cdot 10^3 = 1006 G \Delta t, \text{ Вт}, \quad (12)$$

при витраті потоку повітря G в кг/год

$$Q = c G \Delta t / 3,6 = 0,2794 G \Delta t, \text{ Вт}; \quad (13)$$

- прихована – це теплота випаровування водяної пари в повітрі;
- повна – це сума явної та прихованої теплоти, що використовується для будь-яких процесів. При зміні ентальпії повітря на ΔI , кДж/кг, при витраті повітря в кг/с

$$Q_{hf} = G \Delta I \cdot 10^3, \text{ Вт}, \quad (14)$$

при витраті потоку повітря G в кг/год

$$Q = G \Delta I / 3,6, \text{ Вт}. \quad (15)$$

4.2 Процес нагрівання повітря в повітрянагрівачі

Нагрівання повітря в повітрянагрівачі здійснюється без вологообміну, тому він перебігає вертикально вгору (рис.3, процес 1-2). Цей процес найчастіше здійснюється в холодний період року для підігрівання зовнішнього повітря. При цьому

- температура зростає від t_1 до t_2 , °С;
- ентальпія збільшується від I_1 до I_2 , кДж/кг;
- вологовміст залишається незмінним ($d_1 = d_2$, г/кг);
- відносна вологість зменшується від ϕ_1 до ϕ_2 , %;
- споживається теплота у кількості:

при витраті G у кг/с

$$Q = c G (t_2 - t_1) \cdot 10^3 = 1006 G (t_2 - t_1) = G (I_2 - I_1) \cdot 10^3, \text{ Вт}; \quad (16)$$

при витраті G у кг/год

$$Q = c G (t_2 - t_1) / 3,6 = 0,278 c G (t_2 - t_1) = 0,2794 G (t_2 - t_1) = G (I_2 - I_1) / 3,6 = 0,278 G (I_2 - I_1), \text{ Вт.} \quad (17)$$

Для стандартної густини повітря $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$
при витраті L у $\text{м}^3/\text{с}$

$$Q = 1207 L (t_2 - t_1), \text{ Вт;} \quad (18)$$

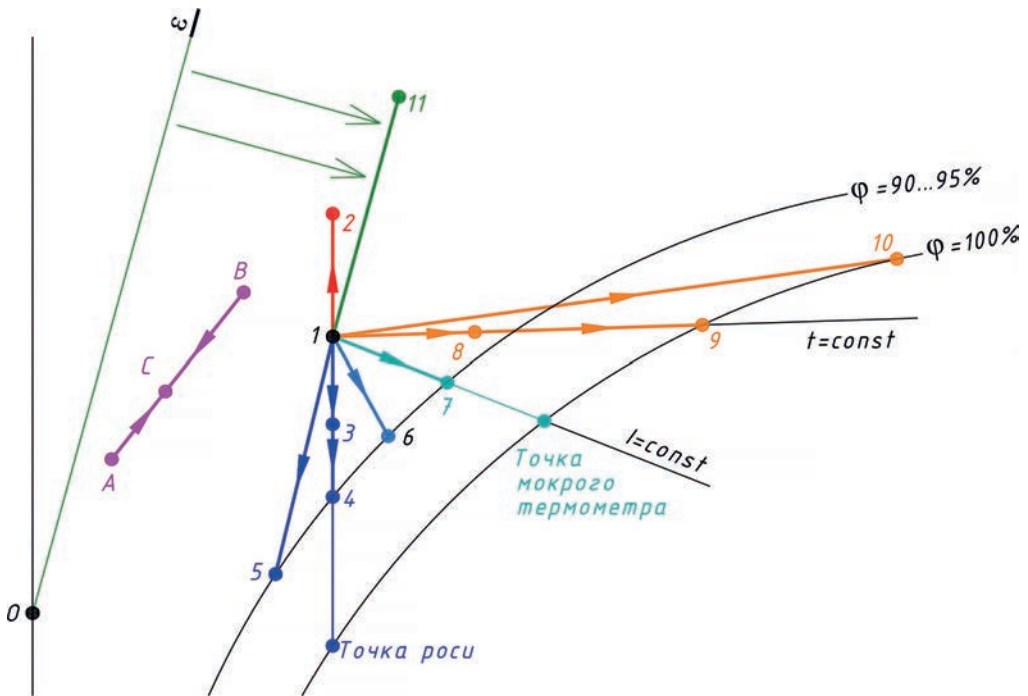


Рис. 3 Елементарні процеси на I-d діаграмі

при витраті L у $\text{м}^3/\text{год}$

$$Q = 0,3353 L (t_2 - t_1), \text{ Вт.} \quad (19)$$

Аналогічний процес перебігає у вентиляторі та повітроводах за рахунок перетворення механічної енергії потоку на теплову (втрат тиску). При цьому різниця температури приймається $t_2 - t_1 = 1 \dots 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$.



4.3 Процеси охолодження повітря в поверхневому повітроохолоджувачі

Процес зволоження перебігає залежно від параметрів повітря. Найпростішим є процес без вологообміну, коли відносна вологість повітря наприкінці процесу не перевищує $\varphi_4 = 90...95\%$ (рис. 3, процеси 1-3 та 1-4). При цьому:

- температура знижується від t_1 до t_3 або до t_4 , °С;
- ентальпія зменшується від I_1 до I_3 або до I_4 , кДж/кг;
- вологовміст залишається незмінним ($d_1 = d_3 = d_4$, г/кг);
- відносна вологість зростає від φ_1 до φ_2 або до φ_4 , %;
- відбирається теплота (т.з. кількість холоду) у кількості:

при витраті G у кг/с

$$Q = c G (t_1 - t_{3,4}) \cdot 10^3 = G (I_1 - I_{3,4}) \cdot 10^3, \text{ Вт}; \quad (20)$$

при витраті G у кг/год

$$Q = c G (t_1 - t_{3,4}) / 3,6 = 0,278 c G (t_1 - t_{3,4}) / 3,6 = G (I_1 - I_{3,4}) / 3,6 = 0,278 G (I_1 - I_{3,4}), \text{ Вт}. \quad (21)$$

Процес подальшого зволоження нижче точки 4 перебігає з виділенням конденсату (рис. 3, процес 1-5). Теоретично точка 4 має лежати на кривій $\varphi = 100\%$. Однак з причини нерівномірного розподілу температури між теплообмінними поверхнями досягти цього в потоку технічно неможливо. При цьому процесі:

- температура знижується від t_1 до t_5 , °С;
- ентальпія зменшується від I_1 до I_5 , кДж/кг;
- вологовміст зменшується від d_1 до d_5 , г/кг);
- відносна вологість зростає від φ_1 до $\varphi_5 = \varphi_4 = 90...95\%$;
- кількість відібраної теплоти (т.з. кількість холоду) при конденсації вологи може бути розрахована тільки за різницею ентальпії, а розрахунок за різницею температури дає значну похибку, що відповідає теплоті конденсації:

при витраті G у кг/с

$$Q = G (I_1 - I_5) \cdot 10^3, \text{ Вт}, \quad (22)$$

при витраті G у кг/год

$$Q = G (I_1 - I_5) / 3,6 = 0,278 G (I_1 - I_5) , \text{ Вт}; \quad (23)$$

- витрата конденсату в г/с, якщо витрата повітря G у кг/с, або в г/год, якщо витрата повітря G у кг/год:

$$G_w = G (d_1 - d_5), \text{ г/с або г/год}. \quad (24)$$

Повітроохолоджувачі, які працюють у такому режимі, обладнуються піддоном для відбору конденсату та відводом конденсату з нього. При близькій до нуля або від'ємній кінцевій температурі t_5 , °С, виникає обмерзання теплообмінника, що вимагає спеціальних заходів для його розморожування (наприклад, прогрівання).

4.4 Процес зрошення – процес взаємодії повітря з водою

Перебіг процесу зрошення залежить від температури води. Якщо температура води близька до точки роси (тобто точки перетину лінії постійного вологовмісту, що проходить через дану точку, з лінією $\phi = 100 \%$), то процес відповідає лінії 1-4 на рис. 3. Якщо температура води нижча, на її поверхні відбувається конденсація водяної пари і процес відповідає лінії 1-5. Якщо температура води вища за температуру точки роси, відбувається охолодження та зволоження повітря (процес 1-6 на рис. 4). При цьому:

- температура знижується від t_1 до t_6 , °С;
- ентальпія зменшується від I_1 до I_6 , кДж/кг;
- вологовміст зростає від d_1 до d_6 , г/кг;
- відносна вологість зростає від ϕ_1 до $\phi_6 = 90...95 \%$;
- кількість відібраної теплоти (т.з. кількість холоду) визначається за формулою (22) або (23) після заміни індексу «5» на індекс «6»;
- витрата води, що випаровується, у г/с, якщо витрата повітря G у кг/с, або в г/год, якщо витрата повітря G у кг/год:

$$G_w = G (d_6 - d_1), \text{ г/с або г/год}. \quad (25)$$



Окремо розглядається процес зрошення не охолодженою водою (процес 1-7 на рис. 3), якій перебігає при приблизно постійній ентальпії (практично адіабатно). Теоретично він має досягати точки мокрого термометра (перетину лінії постійної ентальпії з кривою $\varphi = 100\%$, однак на практиці досягають $\varphi_7 = 90\dots 95\%$. Цей процес має назву «пряме випарне охолодження» і використовується для зниження температури повітря без холодильної машини. Цей процес відбувається у струминах водограїв і є причиною прохолоди біля них. При цьому, на відміну від попереднього випадку, ентальпія залишається практично незмінною, тобто $I_1 \approx I_7$, кДж/кг, а інші положення залишаються справедливими після заміни індексу «б» на індекс «7» для відбору конденсату та відводом конденсату з нього.

Процес зрошення теплою водою проходить аналогічно, але зі зростанням ентальпії. Цей процес використовується вкрай рідко і з урахуванням аналогії з попередніми процесами не розглядається.

4.5 Процес парового зволоження

При подачі водяної пари до потоку повітря процес (1-8 та 1-9 на рис. 3) зазвичай іде при постійній температурі:

- температура залишається незмінною, тобто $t_1 = t_8 = t_9$, °С;
- ентальпія зростає від I_1 до I_8 або до I_9 , кДж/кг;
- вологовміст зростає від d_1 до d_8 або d_9 , г/кг;
- відносна вологість зростає від φ_1 до φ_8 або до $\varphi_9 \approx 100\%$;
- витрата пари визначається за формулою (25) з заміною індексу «б» на індекс «8» або «9».

При подальшому збільшенні витрати пари процес продовжується вздовж кривої $\varphi \approx 100\%$ (процес 1-10 на рис. 4). При цьому:

- температура зростає від t_1 до t_{10} , °С;
- ентальпія зростає від I_1 до I_{10} , кДж/кг;
- вологовміст зростає від d_1 до d_{10} , г/кг;
- відносна вологість зростає від φ_1 до $\varphi_{10} \approx 100\%$;
- витрата пари визначається за формулою 25 з заміною індексу «б» на індекс «10».

4.6 Процес змішування

Розглянемо процес змішування потоків повітря A і B . Витрата потоків, кг/с або кг/год, становить, відповідно, G_A і G_B . Витрата суміші становить

$$G_C = G_A + G_B. \quad (26)$$

Початкові параметри повітря потоків відповідають точкам A і B (рис. 3). Тоді процес перебігає вздовж відрізка AB . Точка суміші (C) може бути знайдена з балансу вологи або теплоти. Вона ділить відрізок AB зворотно пропорційно витраті потоків:

$$|AC|/|BC| = G_B/G_A; \quad |AC| = |AB| G_B / G_C; \quad |BC| = |AB| G_A / G_C. \quad (27)$$

4.7 Узагальнений процес тепловологообміну

Найбільш узагальнений процес тепловологообміну відбувається, якщо повітрю передавати певну кількість повної теплоти ΔQ_{hf} , Вт, та вологи W , г/год. Такий процес відбувається у приміщеннях, і тоді він називається процесом **асиміляції тепловологонадлишків приміщення**. Для його побудови (рис. 3. процес 1-10) використовують пропорцію між переданою теплотою (теплонадлишками), вологою (вологонадлишками), приростом ентальпії $\Delta I = I_{10} - I_1$, кДж/кг, та приростом вологовмісту $\Delta d = d_{10} - d_1$, г/кг:

$$3,6 \Delta Q_{hf} / W = \Delta I / \Delta d = (I_{10} - I_1) / (d_{10} - d_1) = \varepsilon, \text{ кДж/г}, \quad (28)$$

де ε – (кутовий) коефіцієнт променя процесу, кДж/г. Він може змінюватися від мінус нескінченності до нескінченності. Якщо сполучити точку $I = 0$, $t = 0$ з позначкою кутового коефіцієнта променя процесу (розташовані вздовж периметра діаграми), буде отримано напрямок процесу. Далі через відому точку (початкову, кінцеву, проміжну) проводять лінію, паралельну попередній. За відомим одним параметром повітря на цій лінії можна знайти початкову або кінцеву точку.

4.8 Задача на I-d діаграмі

У приміщенні термометр показує температуру $t_1 = 25$ °С, а гігрометр – $\phi_1 = 15$ %. У людей, які перебувають у приміщенні, виникло відчут-



тя сухості повітря. Чи можна створити оптимальну відносну вологість повітря шляхом зниження температури? Оптимальна температура повітря $t = 22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, оптимальна відносна вологість повітря $\varphi = 25 \dots 60 \%$.

Одразу ж відзначимо перегрівання приміщення понад максимальну оптимальну температуру повітря $22 + 2 = 24 \text{ }^\circ\text{C}$. Точне розв'язання цієї задачі вимагає додаткової інформації щодо тепловологонадлишків, роботи вентиляції тощо. Спробуємо надати орієнтовний розв'язок, якщо припустити, що зниження температури відбуватиметься без зміни вологовмісту. Побудуємо точку 1 за температурою $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ та відносною вологістю повітря $\varphi_1 = 15 \%$. (рис. 4). Проведемо вертикальну лінію вниз від неї. Оскільки мінімальна оптимальна температура становить $22 - 2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, точку 2 побудуємо на перетині цієї вертикальної лінії з ізотермою $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Відповідна відносна вологість повітря становить $\varphi_2 = 20 \%$. Це значення не досягає мінімального оптимального значення $\varphi = 25 \%$. Щоб його досягти, необхідно знизити температуру до $16,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Таким чином, досягти оптимальних умов мікроклімату зниженням температури неможливо. Слід або надягти тепліший одяг (для зниження оптимального діапазону температури) та знизити температуру до $16 \text{ }^\circ\text{C}$, або дозволити повітря в приміщенні (вологе прибирання, зволожена тканина на опалювальні прилади, встановлення зволожувачів тощо).

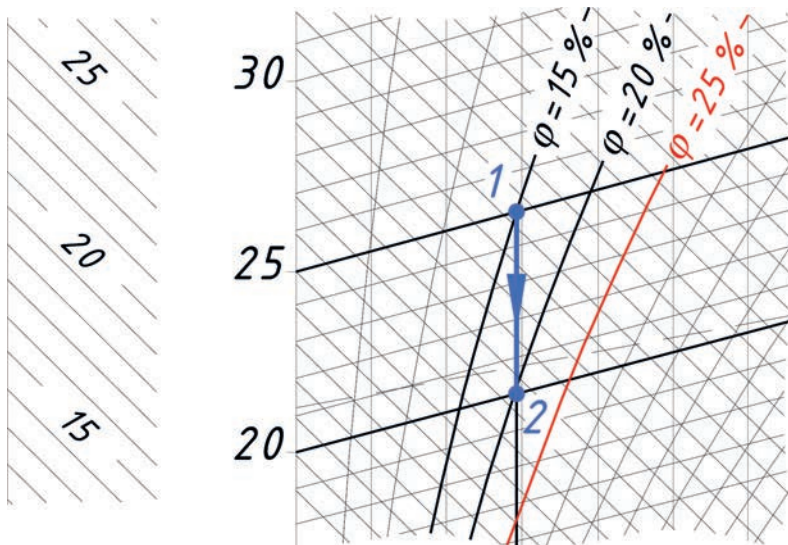


Рис. 4. Розв'язання задачі на I-d діаграмі

5. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

5.1 Параметри зовнішнього повітря

Неправильний вибір параметрів зовнішнього повітря призводить або до неспроможності системи вентиляції створити оптимальні умови мікроклімату протягом певного періоду, або до вибору обладнання більшого типорозміру, ніж потрібно, тобто до підвищених капітальних вкладень. При виборі параметрів зовнішнього повітря слід враховувати теплову інерцію огорожувальних конструкцій. Ця властивість конструкцій призводить до затухання коливань температури. Якщо температура зовнішнього повітря коливається протягом 5 діб, це несуттєво позначається на температурі внутрішнього повітря. Тому на сьогодні параметри зовнішнього повітря приймаються усередненими за п'ять днів, що йдуть один за одним (найжаркіша п'ятиденка та найхолодніша п'ятиденка).

За теорією імовірності, які б ми параметри не прийняли, завжди існує імовірність, що в певний рік вони будуть перевищені. Тому вводиться поняття забезпеченості. Нехай за 100 років 92 роки прийняті параметри зовнішнього повітря були дотримані, а 8 років – ні. Тоді забезпеченість параметрів становить 0,92. Неможливо визначити параметри зовнішнього повітря з забезпеченістю 1,00 через неспроможність точного прогнозування майбутніх змін клімату.

У холодний період року температура зовнішнього повітря t_{ext} , °С, приймається як температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 за табл. 2. ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 (стовпчик 18) для міста будівництва або найближчого великого міста з табл. Якщо замовника не задовольняє забезпеченість 0,92, і він має відповідні фінансові можливості, то він може замовити розрахунок на забезпеченість 0,98 (стовпчик 17). Відповідний другий параметр для побудови точки зовнішнього повітря у зазначеному ДСТУ відсутній. Оскільки вищезазначені дані мало відрізняються від параметрів «Б» у СНиП 2.04.05-91 (втратив чинність, але залишається у відкритому доступі), то інженери використовують дані ентальпії I_{ext} , кДж/кг, з таблиці додатку 8, стовпчик 9 (рекомендується неофіційне українське видання СНиП 2.04.05-91У зі змінами 1-3,



прийнятими в Україні, а не в РФ). У крайньому разі, щоб не використовувати нечинний нормативний документ, можна скористатися найменшою середньомісячною відносною вологістю за місяці опалювального періоду φ_{ext} , %, за табл. 24 ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010. Хоча ці дані не зовсім відповідають температурі, однак лінії відносної вологості при від'ємній температурі знаходяться достатньо близько (рис. 2) і похибка буде допустимою.

У теплий період року ситуація на момент створення книги залишається менш сприятливою. Температуру зовнішнього повітря t_{ext} , °С, слід приймати як температуру найжаркішої п'ятиденки t_{ext} , °С, з забезпеченістю 0,99 (у табл. 2. ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010, стовпчик 20). Однак ці дані суттєво занижені. Наприклад, для Києва $t_{ext} = 23$ °С, а у СНиП 2.04.05-91 за параметрами Б $t_{ext} = 28,7$ °С. До часу виходу змін до ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 допускається приймати більшу температуру зовнішнього повітря за завданням замовника. Однак більшість замовників не ведуть постійної фіксації погоди і не повинні бути спроможними самі визначити розрахункову температуру зовнішнього повітря. Інженери пропонують використовувати дані для параметрів «Б» СНиП 2.04.05-91 (таблиця додатку 8, стовпчики 8-9).

Іншим, але значно складнішим виходом зі значними витратами часу є використання сервісів архівів погоди в Internet. Ці сервіси дозволяють завантажити інформацію про погоду щодня за останні роки. Далі за допомогою електронних таблиць слід проаналізувати ці дані й визначити розрахункову температуру найжаркішої п'ятиденки. Можна прийняти запас на недостатню достовірність даних за короткий період аналізу.

5.2 Параметри внутрішнього повітря

Температура повітря в зоні обслуговування приймається з таких умов. У житлових приміщеннях людина перебуває у стані від розслабленого з рівнем метаболізму 58 Вт (1 умовна одиниця «мет») до стоячої легкої роботи з рівнем метаболізму 93 Вт ($93/58 = 1,6$ мет). ДСТУ Б EN 15251:2001 рекомендує (додаток А табл. а.2) приймати для спалень, віталень, кухонь 1,2 мет як для сидячої діяльності, а в коморах і холах – 1,6 мет як для стояння або ходьби. Термічний опір одягу

(визначається в умовних одиницях кло) є другим визначальним фактором вибору розрахункової температури повітря. Та сама таблиця рекомендує приймати в холодний період року 1,0 кло, а в теплий період року – 0,5 кло. За ДБН В.2.5-67:2013 додаток Д рис. Д.2. результуюча температура для спалень, віталень, кухонь становить у холодний період року 22 ± 2 °С, а у теплий період року – $24,5 \pm 1,5$ °С. Зазвичай у холодний період року приймають **20...22** °С, а у теплий період року – **24...26** °С (жирним курсивом виділено найбільш енергоощадні значення). У ДБН В.2.5-67:2013 на рис. Д.3 додатку Д наведено графік оптимальної температури, а в табл. Д2-Д5 наведено рівні метаболізму при різній діяльності людини та термічний опір типових комбінацій одягу, що дозволяє визначити для себе оптимальні параметри повітря залежно від способу життя. За відсутності обігріву поверхонь конструкцій приміщення результуюча температура і є температурою повітря в зоні обслуговування.

За наявності підлогового або стінового опалення температуру повітря в холодний період року потрібно зменшити. Температура підлоги за ДБН В.2.5-67:2013 (табл. Д.6 додатку Д) не повинна перевищувати 29 °С. Припустимо, що площа поверхонь приміщень, нагрітих системою опалення до температури τ_h , °С, становить S_h , м². Площа поверхонь у зоні обслуговування приміщення з температурою t_{wz} , °С, становить S_{wz} , м². Площа поверхонь у верхній зоні приміщення з температурою t_{uz} , °С, становить S_{uz} , м². Площа поверхонь з температурою t_ℓ , °С, (стелі) становить S_ℓ , м². Тоді за формулою (9) з урахуванням (4) і (5)

$$t_{wz} = \frac{2S_h(2t_{res} - \tau_h) + 2S_{uz}t_{res} + (S_{uz} + 2S_\ell)[2t_{res} - (H - h_{wz})\Delta t]}{2(S_h + 2(S_{uz} + S_\ell))} = \frac{4(\sum S_i)t_{res} - 2S_h\tau_h - (S_{uz} + 2S_\ell)(H - h_{wz})\Delta t}{4(\sum S_i) - 2S_h}, \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (29)$$

З формули (29) видно (множник у квадратних дужках), що врахування градієнта доцільне лише для високих приміщень (наприклад, атріуми, зали елітних будинків). Для більшості приміщень житлових будинків $(H - h_{wz}) \Delta t \ll 2 t_{res}$, тобто градієнт температури не має суттєвого впливу на потрібну температуру в робочій зоні (рис. 5):

$$t_{wz} \approx (2t_{res} (\sum S_i) - S_h \tau_h) / (2(\sum S_i) - S_h), \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (30)$$

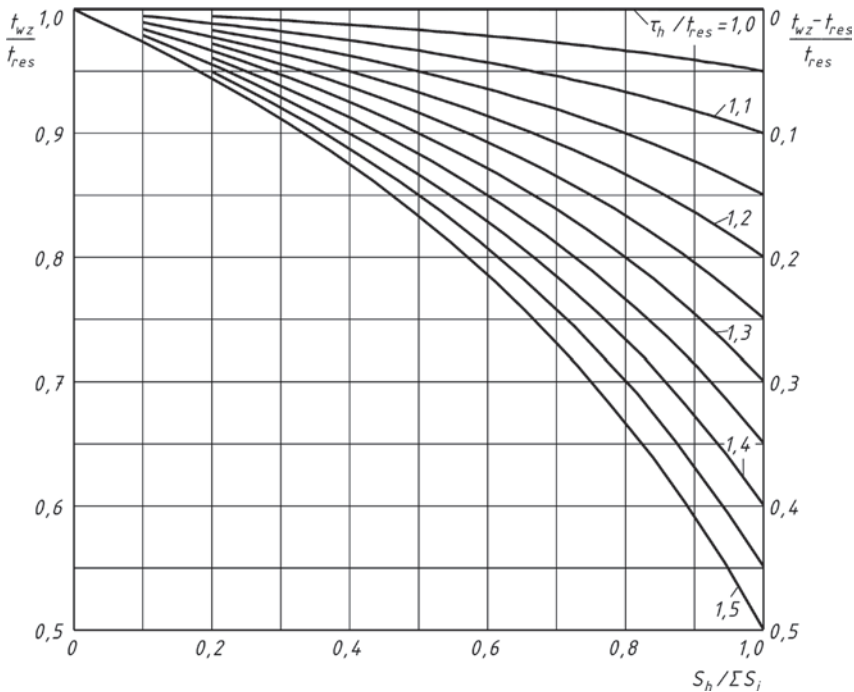


Рис. 5. Графік для визначення температури повітря зони обслуговування за наявності підлогового, стінового або стельового опалення

Приклад 1. Дано кімнату розмірами $4 \times 4 \times 3$ м з підлоговим опаленням практично в усій підлозі, яка гріється до $\tau_h = 26$ °С. Результуюча температура приміщення має бути $t_{res} = 20$ °С. Визначити потрібну температуру робочої зони t_{wz} , °С.

Кімната має відносно невелику висоту, тому градієнт температури не буде враховуватися. Площа підлоги $S_h = 4 \cdot 4 = 16$ м². Площа стелі така сама, як площа підлоги, тобто 16 м². Площа стін дорівнює периметру підлоги $2 \cdot (4 + 4) = 16$ м, помноженому на висоту 3 м, тобто $16 \cdot 3 = 48$ м². Загальна площа поверхонь приміщення становить $\Sigma S_i = 16 + 16 + 48 = 80$ кв. м. Частка площі підлоги, що обігривається, в загальній площі поверхонь становить $S_h/\Sigma S_i = 16/80 = 0,2$. Відношення температури поверхні до результуючої температури становить $\tau_h/t_{res} = 26/20 = 1,3$. За рис. 5 отримуємо $t_{wz}/t_{res} = 0,965$. Тобто потрібна температура повітря робочої зони $t_{wz} = 20 \cdot 0,965 = 19,3$ °С.

За формулою (11) отриманий результат становить $t_{wz} = 19,33 \text{ }^\circ\text{C}$, а $t_{wz}/t_{res} = 0,9667$, тобто рис. 5 забезпечує достатню точність.

Приклад 2. До кімнати з прикладу 1 долучено стінове опалення вздовж периметра заввишки 1 м. Визначити температуру повітря робочої зони.

Площа стінового опалення становить $16 \cdot 1 = 16 \text{ м}^2$. Площа поверхні, що обігривається, становить $S_h = 16 + 16 = 32 \text{ м}^2$. Частка площі підлоги, що обігривається, в загальній площі поверхонь становить $S_h/\Sigma S_i = 32/80 = 0,4$. За рис. 5 $t_{wz}/t_{res} = 0,924$. Тобто потрібна температура повітря робочої зони $t_{wz} = 20 \cdot 0,925 = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Приклад 3. У кімнаті з прикладу 1 замість підлогового опалення встановлено плоский радіатор розмірами $0,5 \cdot 1 \text{ м}$ з температурою поверхні $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити необхідну температуру повітря в робочій зоні.

Площа поверхні радіатора, обернена до внутрішнього простору кімнати, становить $S_h = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ м}^2$. За формулою (11)

$$t_{wz} \approx (2 \cdot 20 \cdot 80 - 0,5 \cdot 80) / (2 \cdot 80 - 0,5) = 19,81 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тобто температура повітря в робочій зоні має бути лише на $0,19 \text{ }^\circ\text{C}$ нижчою за результуючу температуру. Таким чином, сучасне радіаторне опалення у приміщеннях суттєво не впливає на температуру в робочій зоні, яку можна приймати за таку, що дорівнює результуючій температурі.

Висновок: підлогове, стінове та стельове опалення дозволяє знизити температуру повітря в робочій зоні. Збільшення площі поверхонь обігріву корисно впливає на зниження температури в робочій зоні, що дозволяє, відповідно, подавати повітря з нижчою температурою і заощадити теплову енергію на вентиляцію. Опалювальні радіатори, тим паче конвектори, не слід враховувати при розрахунку температури повітря в робочій зоні. При цьому приймається температура в робочій зоні, що дорівнює результуючій.

Максимальна швидкість повітря приймається залежно від ступеня турбулентності Tu за рис. Д.4. додатку Д ДБН В.2.5-67:2013. Максимальна допустима швидкість повітря для найбільш розповсюдженого ступеня турбулентності $Tu = 40 \text{ \%}$ наведені у табл. 4.



Таблиця 4

**Максимальна швидкість (оптимальні умови)
залежно від температури**

Результуюча температура t_{res} , °C	20	21	22	23	23,6	24	25	25,3	25,7	26
Макс. швидкість v_{max} , м/с	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25

Примітка. При проміжному значенні температури приймати за найближчим значенням.

Оптимальна відносна вологість повітря за ДБН В.2.5-67:2013 становить 25...60 %, але задля мінімізації ризику застудних захворювань рекомендується підтримувати її не менше 40 %.

5.3 Основні способи вентиляції індивідуальних житлових будинків

У більшості індивідуальних житлових будинків використовується **найпростіша система вентиляції з природним спонуканням** – так звана природна вентиляція (рис. 6). Такий тип вентиляції використовує природну тягу, в результаті якої відносно тепле повітря з приміщень будинку повітропроводами або каналами проходить до даху і виходить назовні через коникові або покрівельні викиди повітря.

Приплив повітря забезпечується за рахунок встановлення припливних каналів у вікна або стіни будівлі.

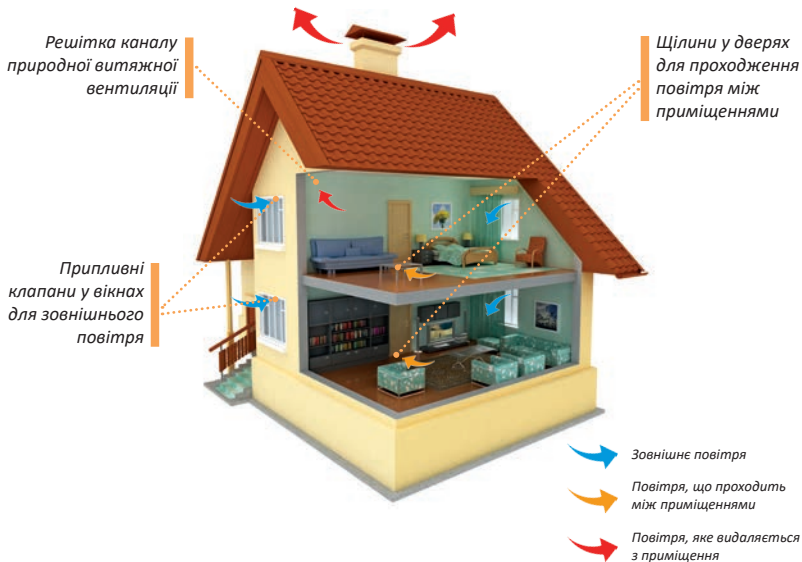


Рис. 6. Вентиляція будинку з природним спонуканням

Рух повітря здійснюється під дією сил (тяги), спричинених різницею температури повітря на виході та вході каналу (тепле повітря в приміщенні легше за холодне зовнішнє повітря). Природний гравітаційний тиск, що спонукає рух повітря

$$\Delta p_g = (\rho_{ext} - \rho_{int}) g H, \text{ Па}, \quad (31)$$

де ρ_{ext} – густина холодного зовнішнього повітря, кг/м^3 , що приймається за температури зовнішнього повітря $+5\text{ }^\circ\text{C}$ (тобто за вищої температури виникає нестача повітрообміну); ρ_{int} – густина теплого повітря в приміщенні; $g = 9,80665\text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння, H – висота між входом та виходом витяжного каналу, м.

Під дією вітру, швидкість якого становить v_w , на поверхнях будівель виникає надлишковий статичний тиск

$$\Delta p = c_e \rho_{ext} v_w^2/2, \text{ Па}, \quad (32)$$

де c_e – аеродинамічний коефіцієнт, що є часткою динамічного тиску вітру $p_d = \rho_{ext} v_w^2/2$, Па, яка переходить у статичний тиск на поверхні Δp . Цей коефіцієнт може бути додатним, від’ємним або нульовим. Він залежить від напрямку вітру. Визначити його розподіл поверхнею будівлі з достатньою точністю можна експериментально в спеціальній установці – аеродинамічній трубі. Інший спосіб – використовувати програмне забезпечення обчислювальної гідромеханіки, що дозволяє отримати наближені результати. Якщо приплив повітря виконується через один припливний отвір, біля якого аеродинамічний коефіцієнт становить $c_{e,in}$, і витяжка – однією системою вентиляції, біля викиду повітря якої аеродинамічний коефіцієнт становить $c_{e,out}$, – то вітровий наявний тиск

$$\Delta p_w = (c_{e,in} - c_{e,out}) \rho_{ext} v_w^2/2, \text{ Па}. \quad (33)$$

Якщо навколо будинку ведеться будівництво більш високих об’єктів, будинок надбудовується або виростають високі дерева, то вітровий потік сильно збурюється, і аеродинамічні коефіцієнти можуть змінити знак.



Відбувається задування системи вентиляції. Вона може припинити роботу або замість видалення почати подавати повітря. Оскільки витяжні решітки не призначені для подачі повітря, виникає висока ймовірність перевищення допустимої швидкості повітря в зоні обслуговування, появи протягів такої швидкості, що легкі предмети будуть скидатися зі столів.

Для стабілізації та посилення тяги встановлюють дефлектори, які перетворюють енергію вітру на додаткову тягу. У нашій країні в теплий період року (за потреби в більшому повітрообміні) швидкість вітру менша за її значення в холодний період року (за потреби у мінімальному повітрообміні). Тому виникає вихолодження приміщень. Таким чином, дефлектори не можуть покращити роботу вентиляції опалюваних приміщень і застосовуються лише для провітрювання неопалюваних приміщень, наприклад, льохів та комор.

Недоліки такого типу вентиляції:

- неконтрольований повітрообмін у приміщеннях – надлишковий у холодний період року, практично відсутній у теплий період року;
- можливість перекидання напрямку роботи системи вентиляції з утворенням неприпустимо високої швидкості повітря;
- відсутність фільтрації припливного повітря;
- можливий дискомфорт від холодного припливного повітря;
- обмежений радіус дії у плані та обмежена кількість відводів (поворотів), оскільки наявний тиск є незначним;
- завищені експлуатаційні витрати: збільшене навантаження на систему опалення у зв'язку з необхідністю підігрівання холодного припливного повітря.

Були виконані дослідження коефіцієнта ефективності $\eta_{v,g}$ природної вентиляції, тобто відношення витрат енергії на переміщення повітря до наявного енергетичного потенціалу цього повітря. Отримано значення (рис. 7) $\eta_{v,g} < 0,0044$ або 0,44 % при висоті каналу до 100 м (до 33 поверхів). Для індивідуальних житлових будинків до трьох поверхів $\eta_{v,g} < 0,00044$ або 0,044 %. Маємо практично нульову ефективність використання енергетичного потенціалу витяжного повітря.

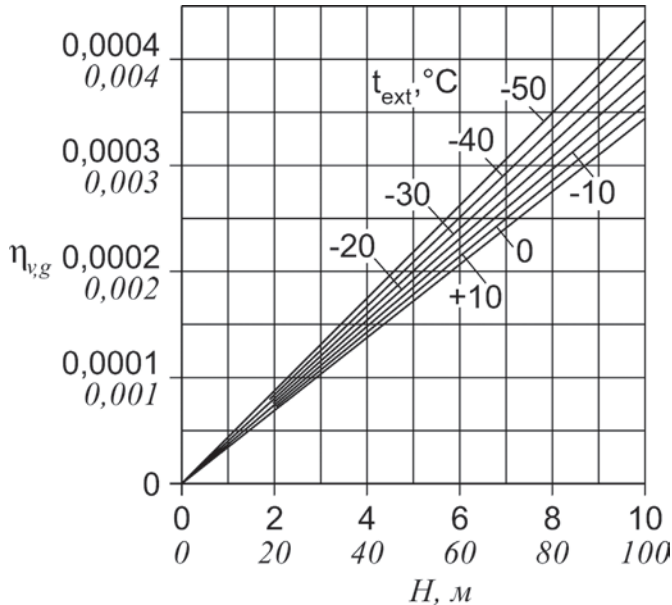


Рис. 7. Коефіцієнт ефективності природної вентиляції

Значно кращим варіантом вентиляції будинку є **механічна витяжна вентиляція з побутовими каналними вентиляторами** (рис. 8). Конструкція такої системи вентиляції аналогічна до системи вентиляції з природним спонуканням, але при цьому можливі горизонтальні ділянки різної протяжності з будь-якою кількістю відводів (поворотів). Рух повітря каналами здійснюється під дією вентилятора.

Вентилятори обираються за таким принципом:

- санвузли – витяжні вентилятори, заблоковані з освітленням, зі зворотним клапаном та автоматикою на основі таймера затримки вимкнення;
- ванни та душові – витяжні вентилятори зі зворотним клапаном та автоматикою на основі датчика вологості;
- кухні – витяжні вентилятори зі зворотним клапаном та автоматикою на основі датчика вологості з можливістю примусового запуску. Приплив повітря забезпечується за рахунок встановлення припливних клапанів у вікна або стіни будівлі.

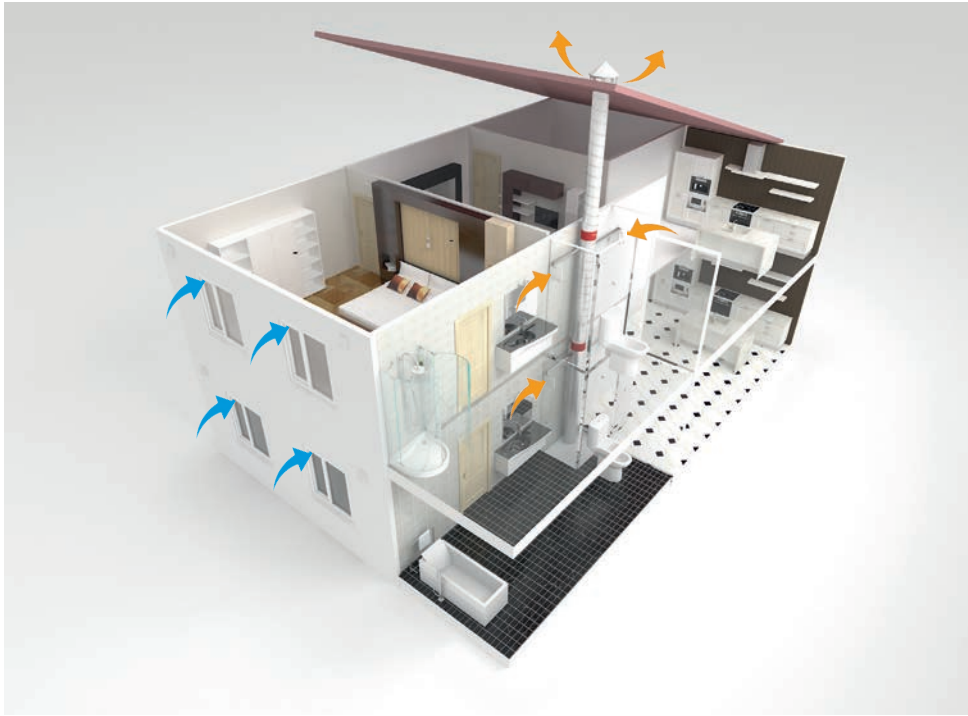


Рис. 8. Витяжна вентиляція з побутовими каналними вентиляторами

Недоліки такого типу вентиляції:

- відсутність фільтрації припливного повітря;
- можливий дискомфорт від холодного припливного повітря;
- завищені експлуатаційні витрати: збільшене навантаження на систему опалення у зв'язку з необхідністю підігрівання холодного припливного повітря.

Використання енергетичного потенціалу припливного повітря взагалі відсутнє. Однак повітрообмін у системі підтримується відповідно до потреб у повітрі, що зменшує витрати енергії на підігрівання хоча б непотрібного зовнішнього повітря.

Найсучаснішим та найпрактичнішим способом створення комфортного мікроклімату та необхідного повітрообміну в індивідуальних житлових будинках є **центральна механічна припливно-витяжна вентиляція з утилізацією теплоти** (рис. 9).

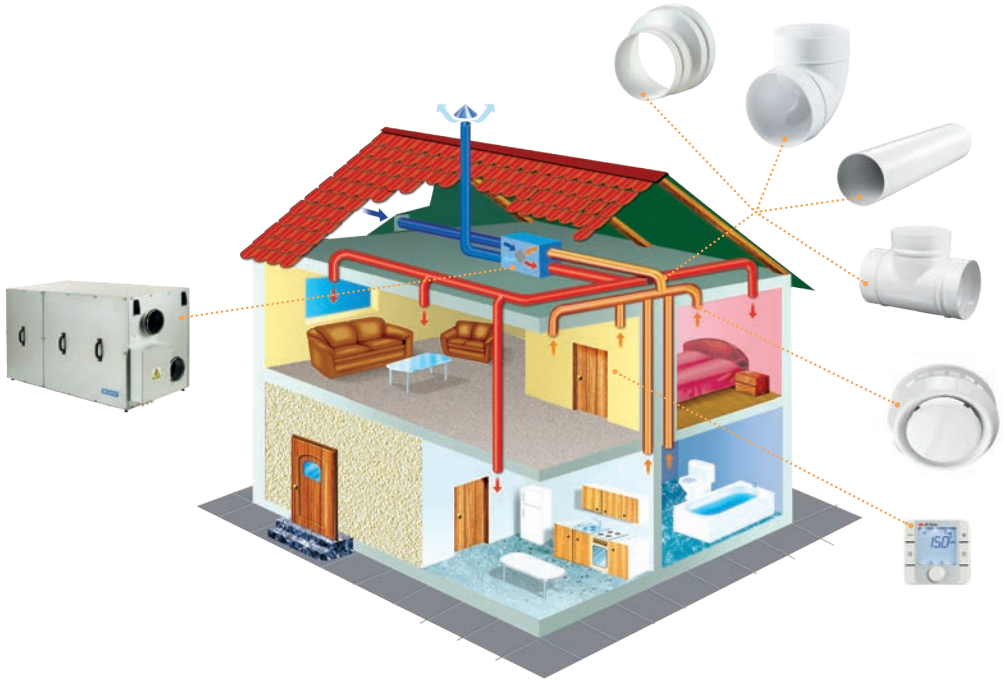


Рис. 9. Центральна механічна припливно-витяжна вентиляція з утилізацією теплоти

Такий тип вентиляції передбачає використання припливно-витяжної установки з утилізацією теплоти, припливних та витяжних повітроводів, повітрозабірних пристроїв. Ці елементи системи забезпечують вентиляцію житлових приміщень. У санвузлах, ванних кімнатах та на кухні встановлюються витяжні вентилятори зі зворотним клапаном та автоматикою на основі датчика вологості з можливістю примусового запуску.

Переваги такої системи вентиляції:

- свіже, чисте повітря з допустимою концентрацією шкідливих речовин і пилу та без підвищеної вологості;
- автоматичне забезпечення необхідного повітрообміну;
- догрівання припливного повітря до температури приміщення;
- скорочення витрат теплоти в приміщеннях завдяки утилізації теплоти витяжного повітря;
- захист від шуму та підвищена безпека завдяки зачиненим вікнам.



Під час тривалої експлуатації будинку з використанням припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти забезпечується висока економія теплоти порівняно з механічною та природною вентиляцією (рис. 10). Звісно, витрати на придбання та монтаж припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти дещо перевищують витрати на монтаж та придбання обладнання для вентиляції без такої утилізації.

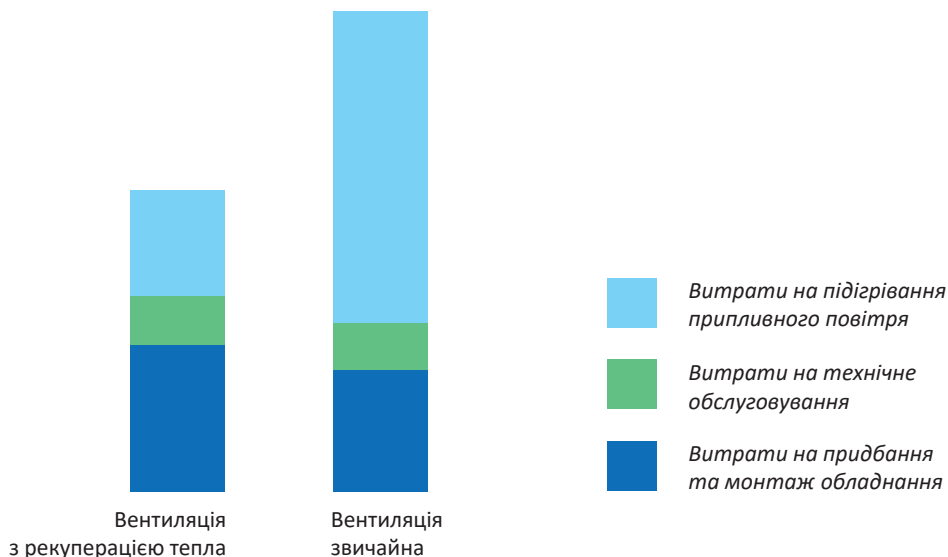


Рис. 10. Середні загальні витрати на вентиляцію за 5 років

5.4 Вентиляційне обладнання ВЕНТС для створення централізованої припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти

Установки серії ВУТ (рис. 11, 12, табл. 5):

- продуктивність від 100 до 3500 м³/год;
- поставляються як із нагрівачем, так і без нього;
- різноманітні варіанти монтажу (підлоговий, настінний, підвісний);
- алюмінієвий, полістирольний рекуператор;
- 20 різноманітних модифікацій.



Припливно-втяжна установка ВУТ 300 Е2В ЕС

Витрата повітря: 50–270 м³/год.
Розмір: 700х373х650 мм.
Нагрівання: електричне, 2 ланки.
Пульт керування: виносний, РК.

Припливно-втяжна установка ВУТ2 250 П ЕС (2 рекуператори)

Витрата повітря: 200 м³/год.
Розмір: 580х770х220 мм.
Нагрівання: відсутнє.
Пульт керування: виносний, індикаторний.
Нагрівання: водяне/електричне.
Пульт керування: виносний, РК.



Рис. 11. Припливно-втяжні установки ВУТ 300 Е2В ЕС та ВУТ2 250 П ЕС



Припливно-втяжна установка ВУТ 300 В, Г міні ЕС комфо

Витрата повітря: 300 м³/год.
Розмір: 660х402х250 мм.
Рекуператор: алюміній.
Панель керування зі світлодіодною індикацією.

Припливно-втяжні установки ВУТ ВБ ЕС
Технічні дані наведені в таблиці.



Рис. 12. Припливно-втяжні установки ВУТ 300В, Г міні ЕС та ВУТ ВБ ЕС



Таблиця 5

**Технічні дані припливно-витяжних установок
ВУТ 150 ВБ ЕС, 350 ВБ ЕС, 550 ВБ ЕС**

Технічні характеристики	ВУТ150ВБ ЕС	ВУТ 350 ВБ ЕС	ВУТ 550ВБ ЕС
Напруга живлення установки, В/Гц	220/50	220/50	220/50
Максимальна витрата повітря, м ³ /год	180	415	700
Рівень звукового тиску на відстані 3 м, дБ (А)	24	28	28
Температура переміщуваного повітря, °С	від -25 до +60	від -25 до +60	від -25 до +60
Ізоляція корпусу	20 мм мін. вата	20 мм мін. вата	20 мм мін. вата
Фільтр: витяжка/приплив	G4/G7	G4/G7	G4/G7
Діаметр повітроводу, що підключається, мм	125	160	200
Маса, кг	34	56	65
Ефективність рекуперації, %	від 88 до 98	від 85 до 98	від 81 до 97
Тип рекуператора	протипотік	протипотік	протипотік
Матеріал рекуператора	полістирол	полістирол	полістирол

Застосування напівжорстких пластикових повітроводів FlexiVent, які виробляються компанією «Вентс», у поєднанні з припливно-витяжними установками з утилізацією теплоти дозволить значно зекономити час для монтажних робіт, а також зменшити капітальні вкладення під час будівництва чи реконструкції індивідуального житлового будинку.

Модульна система розподілу повітря FlexiVent (рис. 13) базується на використанні компактних гофрованих повітроводів круглого перерізу діаметром 75 мм з ударостійкого пластику. На відміну від стандартної системи повітроводів, яка монтується лише під стелею, система FlexiVent має у своєму розпорядженні ширші можливості. Повітроводи можуть встановлюватися у стелі, стінах та підлозі.

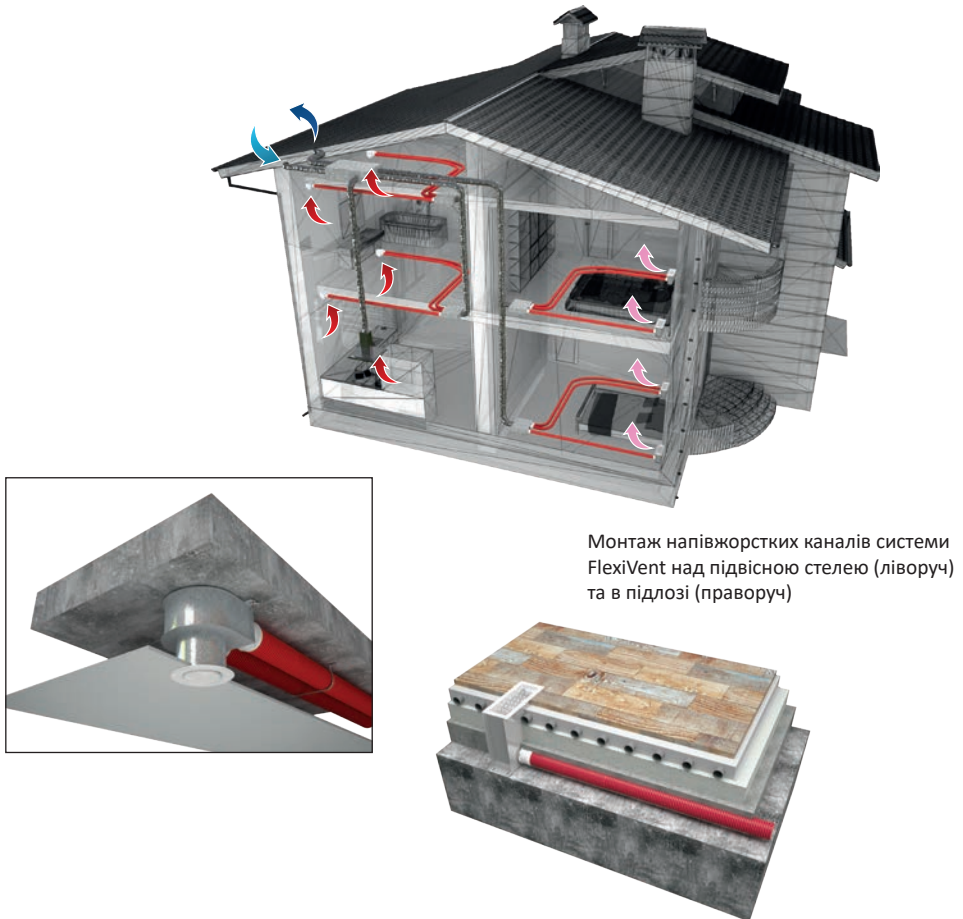


Рис. 13. Застосування напівжорстких пластикових повітроводів FlexiVent

Переваги та особливості системи FlexiVent:

- компактність, сумісність із нестандартними стелями зі складним дизайном, а також підлогами з підігріванням (рис. 14);
- матеріал та форма напівжорстких каналів дозволяють їм витримувати високе зовнішнє навантаження (наприклад, тиск бетонної стяжки підлоги);
- естетичний дизайн інтер'єру (вентиляційні комунікації ховаються під підлогою, єдиний видимий елемент – підлогові вентиляційні решітки, через які здійснюється приплив та витяжка повітря);



- низький рівень шуму;
- сумісність із системою повітроводів Пластивент;
- швидке та зручне складання за рахунок гнучкості каналів та універсальних з'єднувально-монтажних елементів. Не вимагається спеціального інструмента і підготовки.

Повітроводи FlexiVent виготовлені з високоякісного пластику методом коекструзії (поєднання двох видів сировини). Коекструдований пластиковий профіль має низку переваг: стійкий до температурних змін, ударостійкий, простий у догляді. Гофрована форма напівжорстких повітроводів надає їм високої гнучкості. Це дає можливість виконувати повороти в будь-якому місці без додаткового обладнання.

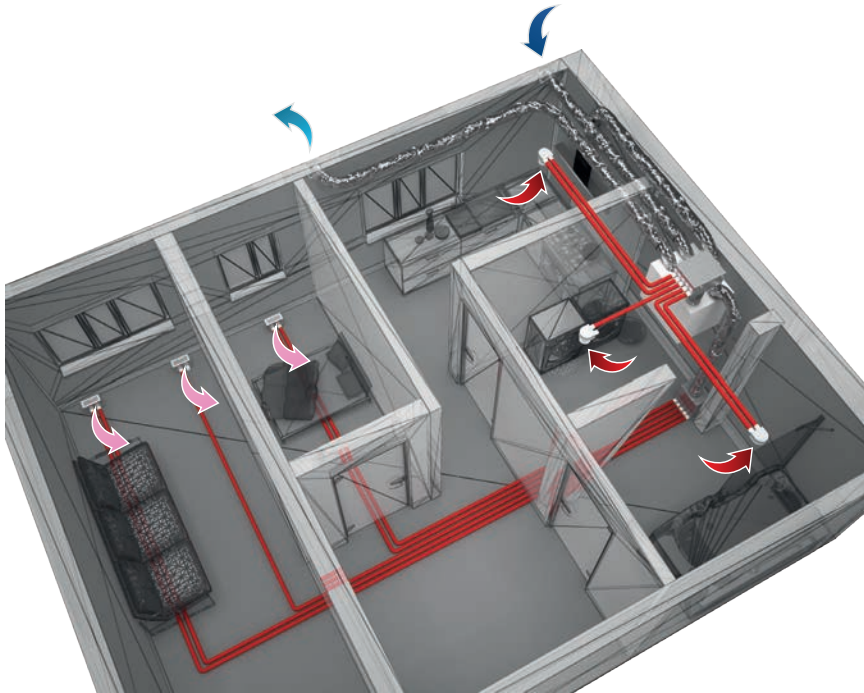


Рис. 14. Варіант розташування каналів системи FlexiVent у будинку

У багатьох випадках застосування припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти вимагає внесення будівельних чи архітектурних змін до вже готового інтер'єру будинку (котеджу), але при цьому необхідно забезпечити ефективне рішення для вентиляції.

5.5 Децентралізована механічна припливно-витяжна вентиляція з утилізацією теплоти

Оснoву такої системи становлять компактні децентралізовані провітрювачі (модель ВЕНТС ТвінФреш Комфо РА1-50 або інші з цієї серії, рис. 15).

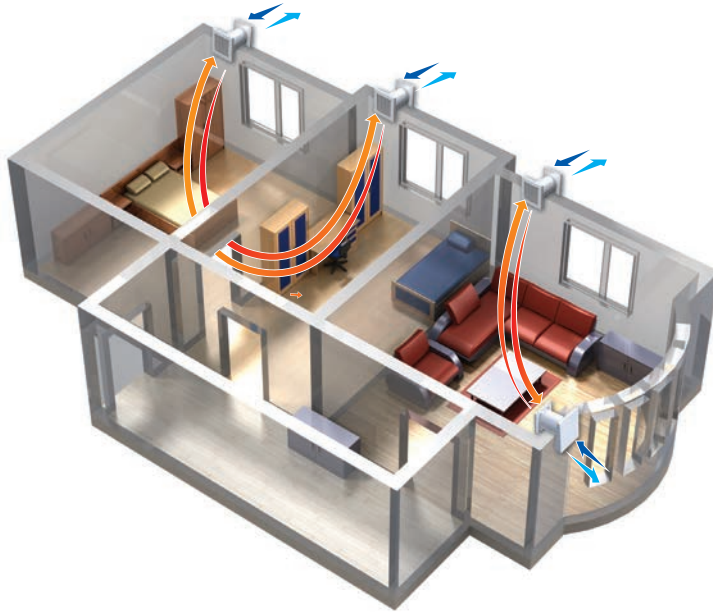


Рис. 15. Системи вентиляції з використанням децентралізованих провітрювачів з утилізацією теплоти ВЕНТС ТвінФреш

Встановлення таких провітрювачів – чудовий спосіб створення якісної вентиляції в окремих кімнатах та житлових приміщеннях малоповерхового будинку. Децентралізовані реверсивні провітрювачі з утилізацією теплоти здатні забезпечити подачу свіжого теплого повітря до приміщення, його фільтрацію та видалення забрудненого повітря назовні. При цьому немає необхідності купувати додаткове вентиляційне обладнання чи його елементи. У санвузлах, ванних кімнатах і на кухні встановлюються витяжні вентилятори зі зворотним клапаном та автоматикою на основі датчика вологи з можливістю примусового запуску. Система монтується на етапі чистового оздоблення будинку або в процесі експлуатації при виникненні необхідності додаткової механічної вентиляції будинку.



Переваги такої системи вентиляції:

- фільтрація припливного повітря;
- стабільний повітрообмін;
- утилізація теплоти витяжного повітря, що дозволяє економити до 75 % теплоти порівняно з природною вентиляцією.

5.6 Вентиляційне обладнання ВЕНТС для створення децентралізованої припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти

Вентиляційне обладнання компанії «Вентс» для створення децентралізованої припливно-витяжної вентиляції з утилізацією теплоти наведено на рис. 16, 17, табл. 6.



Рис. 16. Установка серії Мікра 150 (настінний варіант монтажу) продуктивністю 20–150 м³/год з пластинчастим рекуператором (ефективність до 75 %) та позисторним нагрівачем 350 Вт.



Рис. 17. Установка серії ТвінФреш Комфо РА 1-50

Таблиця 6

**Технічні дані установок ТвінФреш Комфо РА 1-25,
РА 1-35, РА 1-50**

Технічні характеристики	ТвінФреш Комфо РА1-25			ТвінФреш Комфо РА1-35			ТвінФреш Комфо РА1-50		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Швидкість	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Напруга, В, 50 Гц	220								
Споживана потужність, Вт	3,5	3,95	5,32	3,93	4,39	5,1	3,8	3,96	5,61
Максимальний споживаний струм, А	0,023	0,026	0,036	0,023	0,026	0,032	0,024	0,026	0,039
Максимальна витрата повітря, м ³ /год	7	15	24	10	20	30	14	28	54
Рівень звукового тиску на відстані 1 м, дБ (А)	31	35	43	27	32	38	22	29	32
Рівень звукового тиску на відстані 3 м, дБ (А)	22	25	33	18	23	28	13	20	23
Поглинання РЗТ вуличного шуму, дБ(А)	16			17			18		
Максимальна температура переміщуваного повітря, °С	від -20 до +50								
Ефективність рекуперації	≤ 85%			≤ 90%			90%		
Тип рекуператора	Керамічний								
Розмір повітроводу, мм	100			125			150		
Захист	IP24								



Інноваційним рішенням системи вентиляції для індивідуального житлового будинку є **використання припливно-витяжних установок зі вбудованим тепловим насосом для нагрівання, охолодження та вентиляції приміщень** (рис. 18).



*Рис. 18. Припливно-витяжна установка з тепловим насосом
VENTA ВУТ Р 900 ТН ЕГ ЕС*

5.7 Переваги припливно-витяжної установки з тепловим насосом:

- комфортні параметри повітря цілий рік (робота реверсивного теплового насоса в режимі «нагрівання» або «охолодження» забезпечує комфортні параметри повітря в приміщенні);
- високий коефіцієнт енергоефективності та економія ресурсів (дво-ступенева система енергозаощадження: ступінь I – повернення теплової енергії в роторному регенераторі, ступінь II – догрівання/доохолодження в тепловому насосі);
- додаткові переваги для клімату в приміщенні (нагрівання та повернення вологи в холодний період року, охолодження та осушення в теплий період року);
- рішення «все разом» (не вимагається приєднання компресорно-конденсаторного блоку (ККБ), холодильної машини (чилера), трубопроводів, допоміжного обладнання);
- зручність та безпека (заводське запровадження холодильним агентом,

не вимагається залучення спеціалістів із холодопостачання під час проведення монтажних робіт);

- інтелектуальне керування («розумні» алгоритми автоматичного керування та використання надійних компонентів гарантують безпеку та ефективну експлуатацію обладнання);
- екологічна безпека та захист (використовується безпечний для озонного шару планети холодинний агент R410A, заправлення одного контуру не перевищує 10 кг);
- установка випробувана на заводі (надійний та зручний монтаж, введення в експлуатацію та експлуатація за принципом Plug & Play).

Система вентиляції з роторним регенератором і тепловим насосом дозволяє забезпечити приміщення чистим повітрям із комфортною температурою, суттєво зменшуючи таким чином навантаження на системи опалення чи охолодження.

Під час спільної роботи теплового насоса і роторного регенератора співвідношення виробленої та споживаної енергії становить 1:8, тобто для досягнення 8 кВт теплової потужності необхідно витратити 1 кВт теплової енергії.

Компанія «Вентиляційні системи» випускає сучасні припливно-витяжні установки з тепловим насосом серій ВУТР, ТН, ЕГ, ЕС продуктивністю до 955 м³ / год з ефективністю рекуперації до 85 %. Установки конструктивно та функціонально відповідають найсучаснішим вимогам із кліматизації житлових приміщень. Установки оснащуються реверсивним тепловим насосом для нагрівання або охолодження повітря. Застосовується вискоелективний ротаційний компресор з малим рівнем шуму. Робочою речовиною в тепловому насосі є високотехнологічний холодинний агент R410A, що має високі термодинамічні властивості, а також не руйнує озонного шару планети.

Особливістю автоматики припливно-витяжних установок з тепловим насосом серії ВЕНТС ВУТР ТН є наявність додаткових систем інтелектуального керування, які дозволяють забезпечити високу функціональність роботи установки в період її експлуатації.



Системи інтелектуального керування використовують такі технології:

1. Limit Function

Автоматичне зменшення витрати повітря для забезпечення заданої користувачем температури. Якщо установка в режимі роботи «Auto» або «Нагрівання» впродовж 20 хвилин не забезпечує заданої температури повітря в приміщенні, відбувається автоматичне зменшення витрати повітря.

Warming-up

Захист від подачі до приміщення холодного повітря в режимі роботи «Auto» або «Нагрівання». Здійснюється за рахунок прогрівання теплообмінника теплового насоса у припливному каналі установки при вимкненому припливному вентиляторі.

3. Higher Speed

Автоматичне збільшення витрати витяжного повітря під час роботи установки в режимі «Охолодження» для захисту теплового насоса за тиском.

4. Smart Safe

Автоматичний захист установки від роботи за межами експлуатаційних характеристик. Установка оснащена інтелектуальною системою захисту обладнання, яка гарантує безпечну та надійну роботу обладнання в межах допустимих температурних умов навколишнього середовища.

Heat Pump Protection

Автоматичний захист теплового насоса від аварій: захист від підвищеного та зниженого тиску; тепловий захист компресора від перегрівання; технологія «відкладений старт».

6. Serviceability

Завдяки реалізованим конструктивним рішенням забезпечено легкий доступ до вузлів та деталей установки, простоту обслуговування, заміну витратних матеріалів та комплектувальних.

7. Fresh Air

Технологія, що забезпечує подачу до будинку чистого повітря. Установка обладнана фільтрами класу очищення G4.

8. Ozone Protection

Робочою речовиною в тепловому насосі є високотехнологічний двокомпонентний холодинний агент R410A, який не руйнує озонового шару планети.

9. Save Energy

Комплекс інженерно-технічних рішень, спрямованих на зменшення енергоспоживання установки:

- позисторний електронагрівач для попереднього нагрівання з двома активними елементами;
- підсилена теплоізоляція припливної камери;
- регульована швидкість вентиляторів;
- автоматичне вмикання/вимикання регенератора і теплового насоса;
- програмне забезпечення керування роботою установки, яке дозволяє забезпечити оптимальні робочі характеристики при низькому енергоспоживанні.

10. Low noise

Комплекс інженерно-технічних рішень, спрямованих на зменшення шуму під час роботи установки:

- тепловий насос вбудовано в ізований корпус установки;
- вентилятори з регульованою швидкістю;
- ротаційний компресор з низьким рівнем шуму.

11. Autorestart

Установка зберігає заданий режим роботи в разі перебоїв у енергопостачанні.

12. Simple Use

Установка поставляється із заводу як комплектний заводський виріб, що готовий до експлуатації. Витрати на монтаж та обслуговування зведені до мінімуму.



Аналіз застосування припливно-витяжних установок із тепловим насосом у системі вентиляції індивідуальних житлових будинків показує, що вартість початкової інвестиції становить близько 15 % від загальної вартості повного експлуатаційного циклу установки, тому решта 85 % значною мірою залежать від споживання енергії, що базується на умовах експлуатації установки, і значно менше – від витрат на її обслуговування (рис. 19, 20).

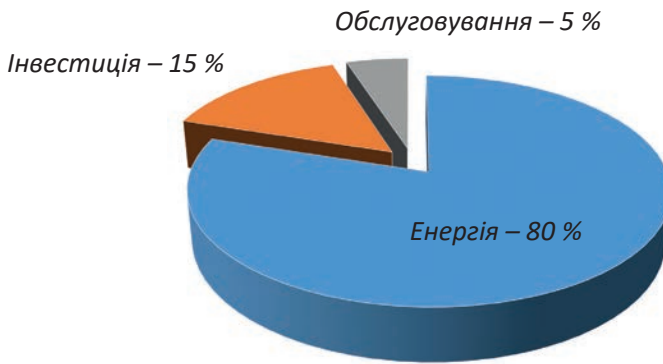


Рис. 19. Розподіл витрат коштів на вентиляцію

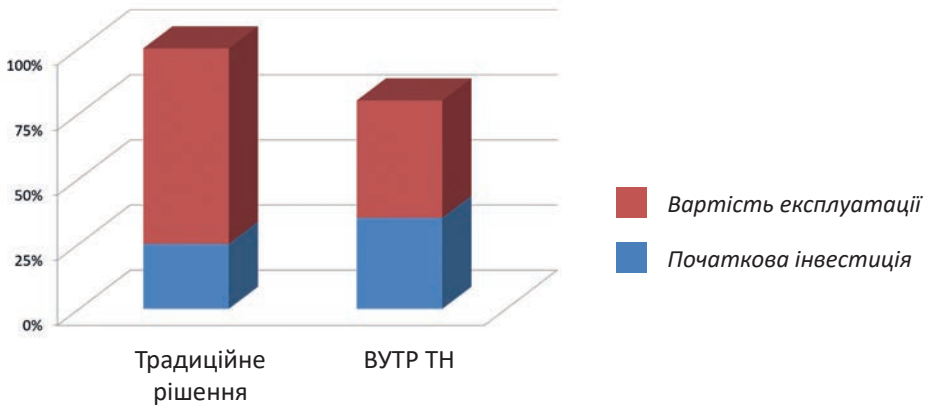


Рис. 20. Відносна витрата коштів на вентиляцію без теплового насоса та з ним

Тому дуже важливо обирати установки з низьким споживанням електроенергії, щоб забезпечити ефективну економію енергії протягом усього періоду їхньої експлуатації.

Сьогодні установки з тепловими насосами (опалення, водопідготовка, кліматичні вентиляційні системи) разом із системами сонячних батарей, сонячних колекторів, технологією LED-освітлення і системами акумулювання електричної та теплової енергії є невід'ємною частиною комплексу інженерних систем будинків із низьким або нульовим енергоспоживанням.

5.8 Забір зовнішнього та викид витяжного повітря

За вимогами ДБН В.2.5-67:2013 забір зовнішнього повітря слід виконувати з якомога більш чистим і менш вологим повітрям, а крім цього, у теплий період року воно повинно мати якомога нижчу температуру. Для цього не допускається забирати повітря ближче 8 м по горизонталі від сміттєзбірника, зони паркування автомобіля на три або більше паркомісця, проїздів, зон вантаження, вентиляційних отворів каналізації, верхівок димових труб та інших джерел забруднення і запахів. Заборонено забирати повітря з фасаду, який виходить на вулицю з активним рухом. Ці вимоги можна виконати за достатньої площі земельної ділянки. Якщо ці вимоги виконати неможливо, вимагається виконати повітрязабір якомога вище від землі.

При виборі місця повітрязабору слід унеможливити захоплення витяжного повітря або диму від котлів і печей. За однакових умов на покрівлі або на різних стінах перевагу слід віддавати навітряному боку. Якщо навколо забудови немає значних перешкод вітру, то цей напрямок відповідатиме напрямку найбільш швидкого і повторюваного вітру за ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010.

Припливний пристрій рекомендується захищати від сонячно світла. За неможливості цього слід уникати забору нагрітого повітря. При заборі повітря з покрівлі її бажано виконувати з матеріалу, що якомога більше розсіює сонячне проміння. Таким матеріалом може бути оцинкована сталь. Використання матеріалів для покрівлі з умістом азбесту в Україні заборонені через сильну канцерогенну активність. Однак покрівлі з азбошиферу залишаються у старих будівлях навіть після модернізації через брак коштів. Це взагалі унеможливує забір повітря з покрівлі або верхньої частини стін.



Низ повітрязабірного пристрою має бути не нижче 2 м від рівня землі та не нижче 1 метра від рівня стійкого снігового покриву. Якщо є можливість інтенсивного перенесення пилу і піску, то після повітрязабору слід передбачити камеру для осадження великих часток. Низ забору або викиду повітря на покрівлі має бути в 1,5 рази вищим за максимально можливу висоту снігового покриву. Допускається менша висота за умови застосування засобів від снігового покриву (наприклад, заслін від снігу).

Викид витяжного повітря слід здійснювати з виконанням умови унеможливлення загрози здоров'ю людини чи шкоди для будівлі і навколишнього середовища.

Для природної вентиляції викид повітря має бути виконаний таким чином, щоб унеможливити перекидання циркуляції (задування). Над плоскою покрівлею без парапету викид повітря має здійснюватися не нижче 0,5 м (рис. 21). Над плоскою покрівлею з парапетом або над скатною покрівлею заборонені зони для викиду повітря показані червоним кольором на рис. 22 і 23. У будь-якому разі, якщо будинок прибудований, то викид природної вентиляції має бути виведений вище найвищої будівлі, до якої прибудований такий будинок. Якщо викид витяжного повітря улаштований біля димової труби, то викид повітря має бути на тому самому рівні, що і викид диму.

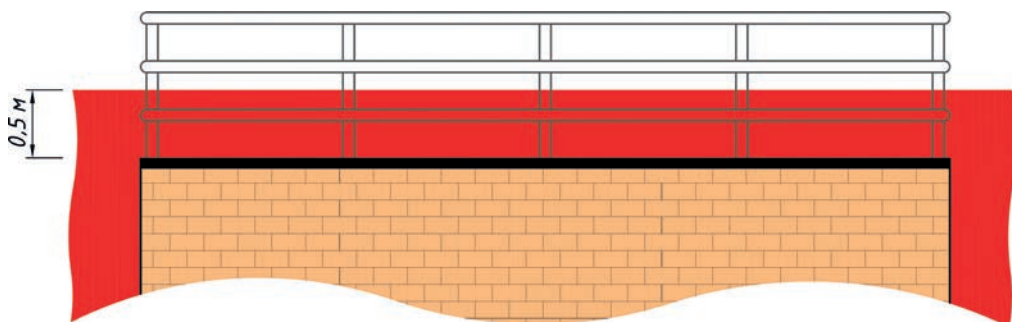


Рис. 21. Заборонена зона для викидів повітря природної вентиляції над плоскою покрівлею без парапету

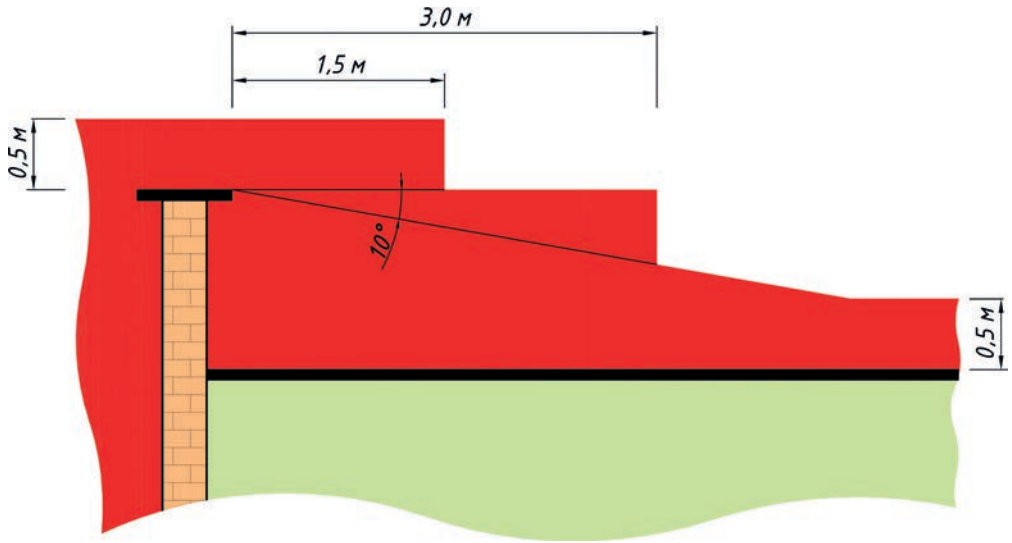


Рис. 22. Заборонена зона для викидів повітря природної вентиляції над плоскою покрівлею з парапетом

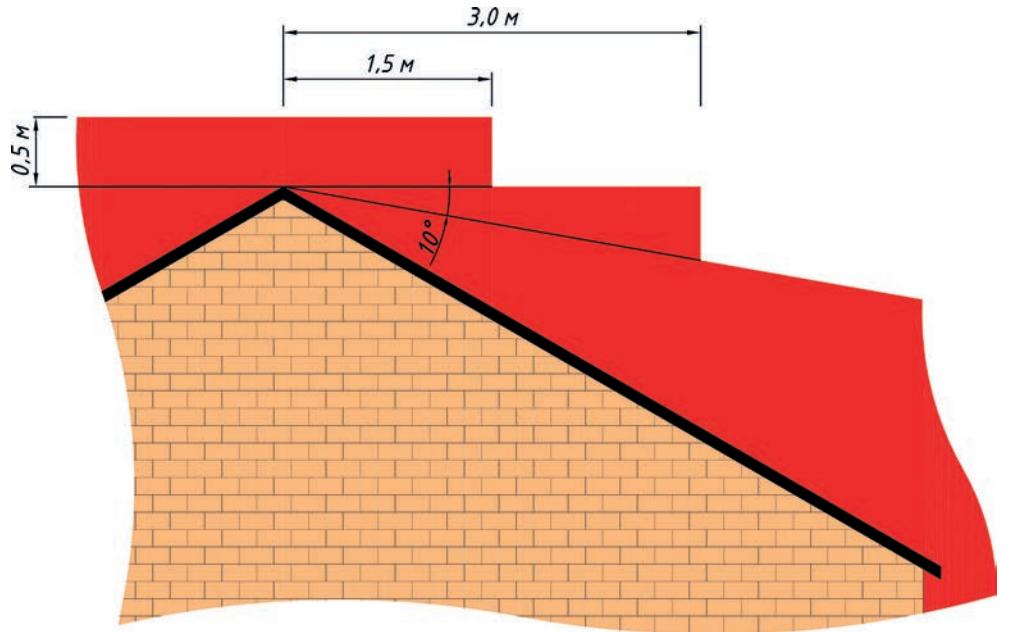


Рис. 23. Заборонена зона для викидів повітря природної вентиляції над скатною покрівлею



Якщо навколо будинку є інші більш високі будівлі, то викид вентиляції слід виводити вище лінії, проведеної під 10° до горизонту за дотичною до найвищої сусідньої будівлі. Тому, якщо навколо ділянки з'явиться висотна новобудова, то виникне необхідність переробки природної вентиляції або переведення її на механічне спонукання. Якщо одразу влаштувати механічну вентиляцію, то будинок буде незалежним від майбутніх новобудов.

Викид повітря механічної витяжної вентиляції з приміщень індивідуального житлового будинку виконується на даху. Допускається виконувати викид у стінах, якщо виконані всі наступні умови:

- повітря видаляється не з санвузла;
- відстань від викиду витяжного повітря до найближчої сусідньої будівлі не менше ніж 8 м;
- відстань між викидом витяжного повітря та забором зовнішнього повітря на одній стіні не менше ніж 2 м (як правило, викид витяжного повітря слід розташовувати вище забору повітря);
- витрата витяжного повітря не більше ніж $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ або $1800 \text{ м}^3/\text{год}$ (в індивідуальних житлових будинках виконується практично завжди);
- швидкість повітря в пристрої для викиду витяжного повітря не менше ніж 5 м/с .

6. ЕНЕРГООЩАДНА ВЕНТИЛЯЦІЯ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ

6.1 Теплоутилізатори

Під час будівництва індивідуального житлового будинку або капітального ремонту квартир бюджет на правильну механічну вентиляцію, як правило, є значним. Такі рішення доступні лише громадянам з високим рівнем доходів та призводять до зменшення висоти підвісних стель над рівнем підлоги.

Природна вентиляція (вентиляційні канали з виходом на дах) спричиняє проблеми, серед яких:

- зворотна тяга, що найчастіше виникає під дією вітру після надбудови частини будинку або побудови більш високих будівель і споруд навколо нього;
- залежність від швидкості вітру;
- нерегульована продуктивність;
- можливе випадання конденсату;
- складність прочищення;
- неорганізований приплив повітря крізь доступні нещільності.

Така система виносить більшу частину теплоти з будинку в холодний період, що призводить до переплати за опалення. Навіть добре утеплений будинок не може бути економним без утилізації теплоти витяжного повітря. За існуючими оцінками, лише половина енергії, що отримується за рахунок спалювання палива, корисно використовується на обігрівання будинку. Хоча облаштування ефективної теплоізоляції зменшує теплові втрати, багато енергії втрачається з витяжним повітрям (тепловтрати на вентиляцію або інфільтрацію).

Явні тепловтрати на вентиляцію:

- при витраті витяжного повітря G_ℓ , кг/с

$$Q_{inf} = 10^3 c G_\ell (t_{int} - t_{ext}), \text{ Вт}; \quad (34)$$



- при витраті витяжного повітря G_ℓ , кг/год

$$Q_{inf} = c G_\ell (t_{int} - t_{ext}) / 3,6, \text{ Вт}, \quad (35)$$

де t_{int} і t_{ext} – температура внутрішнього і зовнішнього повітря, °С.

Приклад. Спальня площею $S = 20 \text{ м}^2$ має розрахункову температуру внутрішнього повітря $t_{int} = 20 \text{ °С}$. Температура зовнішнього повітря $t_{ext} = -22 \text{ °С}$. Ця спальня вимагає (табл. 1) $q_{p\lambda} = 25,2 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{люд})$ та $q_B = 3,6 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ зовнішнього повітря. Загальна витрата зовнішнього повітря

$$L_{tot} = n q_p + S q_B = 1 \cdot 25,2 + 20 \cdot 3,6 = 97 \approx 100 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Масова витрата повітря за табл. 3 становить:

$$G = 100 \rho = 100 \cdot 1,2 = 120 \text{ кг/год}.$$

Відповідні тепловтрати на вентиляцію

$$Q_{inf} = 1,006 \cdot 120 \cdot (20 - (-22)) / 3,6 = 1408 \text{ Вт} \approx 1410 \text{ Вт}.$$

Примітка. Витрату повітря у $\text{м}^3/\text{год}$ і $\text{кг}/\text{год}$ та теплоту у Вт і $\text{кДж}/\text{год}$ прийнято заокруглювати до десяти, зазвичай, у більший бік.

При хорошій теплоізоляції приміщення площею 20 м^2 може мати тепловтрати не більше 500 Вт , тому тепловтрати на інфільтрацію перевищують тепловтрати крізь огорожувальні конструкції практично втричі.

Застосування припливно-витяжної системи вентиляції з утилізацією теплоти є на сьогодні одним із основних методів енергозаощадження в індивідуальному житловому будинку.

Саме ці системи (рис. 24) найчастіше розглядаються як метод енергозаощадження, при якому повітря, що видаляється з будівлі, використовується теплої пори року для попереднього охолодження, а в холодний період – для підігрівання припливного повітря зі зменшенням на

це витрат енергії. Щоб відібрати теплоту з повітря, що видаляється, його потрібно пропустити крізь припливно-витяжну установку. Основною відмінною особливістю установок є наявність секції утилізації тепла – пластинчастого або роторного теплоутилізатора. Перед тим, як видалити витяжне повітря назовні, в теплоутилізаторі від нього забирається теплота, яка згодом використовується для нагрівання припливного повітря в холодний період року. Такі системи дозволяють економити до 90 % енергії, що витрачається на нагрівання зовнішнього холодного повітря.

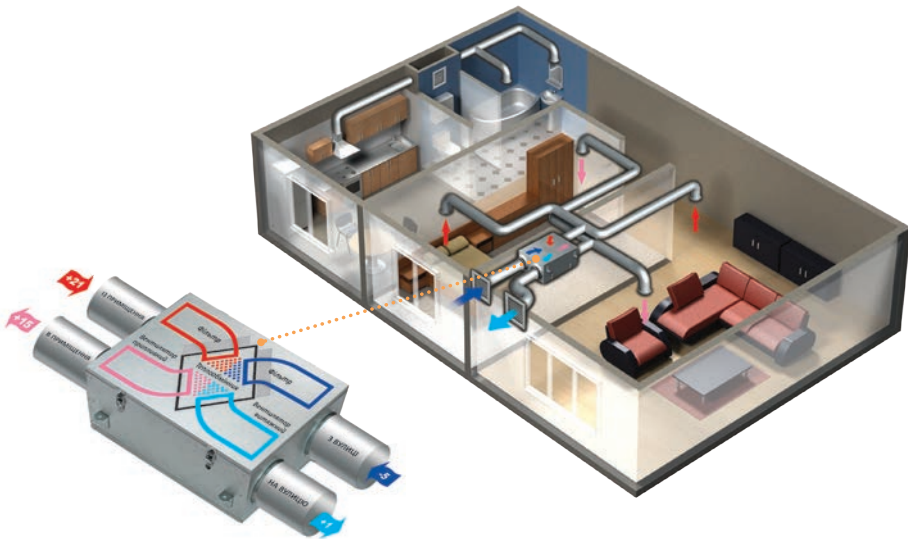


Рис. 24. Припливно-витяжна установка зі вбудованим рекуператором

6.2 Пластинчасті рекуператори (рис. 25). Припливне повітря та повітря, що видаляється, проходять по обидва боки ряду пластин. Тут практично унеможлиблюється контакт припливного повітря з повітрям, яке видаляється. Такі рекуператори повинні бути оснащені відводами конденсату, оскільки існує ймовірність його утворення на пластинах. Випадання конденсату може призвести до утворення льоду, тому необхідна система розморожування. Утилізація теплоти може регулюватися за допомогою перепускового клапана, який контролює витрату повітря, яке проходить крізь рекуператор. Пластинчастий рекуператор не має рухомих частин.

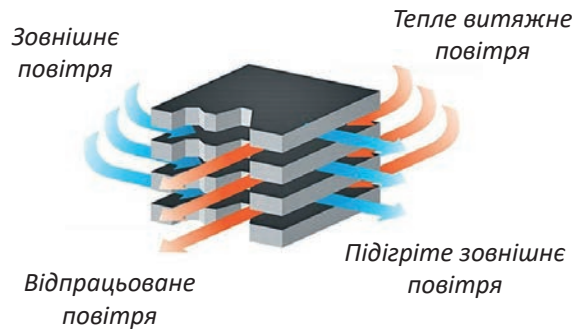


Рис. 25. Пластинчастий рекуператор

Припливно-витяжні установки з пластинчастими рекуператорами дозволяють зменшити витрати на підігрівання припливного повітря на 10...70 %. В основі таких пристроїв лежить пластинчастий перехресно-потоківий рекуператор – пакет тонких металевих пластин, листів пластику або спеціально обробленої целюлози, між якими залишені проміжки. Повітря, що видаляється з приміщення, протікає в кожному другому проміжку між пластинами, а зовнішнє повітря, що надходить до приміщення, проходить крізь решту каналів. Рекуператори з пластинами із целюлози мають ще й властивість вирівнювати концентрацію водяної пари у припливному та витяжному повітрі (здатність осушувати або зволожувати припливне повітря). Завдяки цьому влітку можна помітно скорочувати тривалість роботи системи кондиціонування повітря. Окрім рекуператора, в корпусі припливно-витяжної установки є припливний та витяжний вентилятори, фільтри, які забезпечують очищення повітря від пилу, електронагрівач та інші елементи (рис. 26). Контроль температури здійснюється за допомогою системи автоматичного регулювання потужності за показниками датчика температури, встановленого в потоці повітря, що подається до приміщення.



Рис. 26. Установки з пластинчастими рекуператорами

Найбільше енергозощадження при використанні припливно-витяжних установок із перехресно-потоким рекуператором досягається при додатній та незначній від'ємній температурі зовнішнього повітря. При температурі, нижчій ніж $-3 \dots -8 \text{ }^\circ\text{C}$ (це приблизна температура, яка залежить від відносної вологості потоків повітря), між пластинами рекуператора може утворитися лід, що призведе до зменшення ефективності роботи системи.

Використовують кілька способів боротьби з обмерзанням рекуператора. Найрадикальнішим є попереднє підігрівання припливного повітря. В каналі перед входом в установку монтується електронагрівач, який доводить припливний потік до «безпечної» температури. Цей спосіб попередження обмерзання рекуператора найбільш витратний. Він суттєво зменшує ефективність використання рекуператора й дещо підвищує вартість системи механічної вентиляції.



Є й інший спосіб. Для цього припливно-витяжна установка повинна бути обладнана керованою заслінкою та обвідним каналом (байпасом). Під час розморожування 5-10 хвилин на годину через рекуператор проходить лише тепле повітря з приміщень. Заслінка на вході в установку в цей період закрита, і припливне повітря надходить до приміщення обвідним повітряним каналом. Конденсат відводиться в каналізацію. Обвідний повітряний канал використовується також і в теплий період року, коли температура зовнішнього повітря є оптимальною і потреба в рекуперації відпадає.

6.3 Роторні теплоутилізатори (рис. 27). Теплообмін відбувається за допомогою ротора, який безперервно обертається між припливним та витяжним каналами. Ротор – це короткий циліндр, заповнений почергово навитими плоскими та гофрованими стрічками, між якими утворені дрібні повітропроникні канали (комірки). При обертанні ці комірки почергово опиняються в гарячому та холодному потоці. У гарячому потоці комірки відбирають теплоту і нагріваються. У холодному потоці вони віддають теплоту й охолоджуються. Теплообмінники, в яких теплообмінна поверхня по черзі контактує з потоками, називаються регенеративними теплообмінниками або регенераторами теплоти.

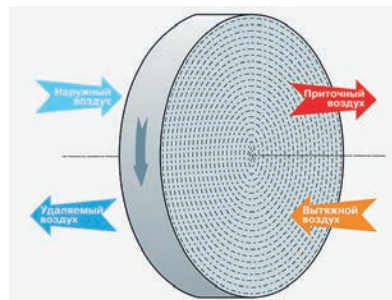


Рис. 27. Роторний теплоутилізатор

Такі теплоутилізатори мають суттєвий недолік – існує ймовірність того, що запахи й забруднювачі, які виділяються людьми, меблями, буді-

вельними матеріалами можуть переміщуватися з повітря, що видаляється, до припливного. Правильне розташування вентиляторів зменшує цей недолік. Рівень утилізації теплоти регулюється швидкістю обертання ротора. В роторних теплоутилізаторах присутні рухомі частини.

Припливно-витяжні установки з роторними теплоутилізаторами краще, ніж агрегати з перехресно-потоким рекуператором адаптовані до українського клімату, у тому числі до найлютіших морозів. Це обладнання дещо дорожче (у 1,5–2 рази), ніж аналогічне за продуктивністю та потужністю з перехресно-потоким рекуператором. Але наведена вартість системи механічної вентиляції, що враховує витрати на її експлуатацію, в разі застосування роторного агрегата часто виявляється нижчою.

Найважливіша характеристика такого обладнання – коефіцієнт використання теплоти, що відводиться, або ефективність теплоутилізатора. Це відношення фактичної кількості переданої теплоти до максимально можливої кількості теплоти, яку передає ідеальний протипотоковий теплообмінник за тих самих умов. Якщо не враховувати зміну питомої теплоємності повітря, ефективність теплоутилізатора

$$\begin{aligned} E &= 100 G_z (t_{z,1} - t_{z,2}) / (\min(G_z, G_x) (t_{z,1} - t_{x,1})) = \\ &= 100 G_x (t_{x,2} - t_{x,1}) / (\min(G_z, G_x) (t_{z,1} - t_{x,1})), \% \end{aligned} \quad (36)$$

де G_z і G_x – масова витрата гарячого і холодного потоків, кг/с або кг/год; $t_{z,1}$ і $t_{z,2}$ – початкова й кінцева температура гарячого потоку, °C; $t_{x,1}$ і $t_{x,2}$ – початкова й кінцева температура холодного потоку, °C; $\min(G_z, G_x)$ означає скористатися меншим значенням витрати потоку.

Якщо витрата потоків однакова, то

$$E = 100 (t_{z,1} - t_{z,2}) / (t_{z,1} - t_{x,1}) = 100 (t_{x,2} - t_{x,1}) / (t_{z,1} - t_{x,1}), \% \quad (37)$$

При однаковій витраті припливного та витяжного повітря ефективність роторного теплоутилізатора може сягати 85 %. В індивідуальних житлових будинках можливо застосовувати припливно-витяжні установки з так званим ентальпійним ротором. За рахунок витяжного потоку вони в теплий період року дозволяють осушувати, а в холодний період року –



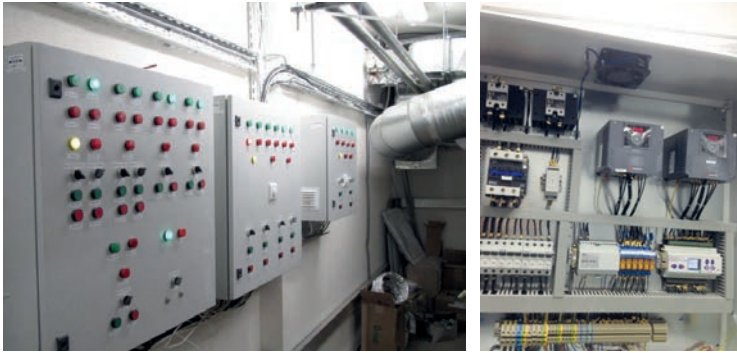
зволожувати зовнішнє повітря, яке подається до приміщення (аналог целюлозного рекуператора).

Припливно-витяжні установки з роторним теплоутилізатором можуть застосовуватися без попереднього підігрівання повітря. Крім цього, завдяки високому коефіцієнту використання теплоти, що відводиться, в припливно-витяжній установці з роторним теплоутилізатором часто можна не використовувати навіть штатний повітрянагрівач. На півдні України, а також у середній смузі країни, в індивідуальних житлових будинках із власною системою опалення, яка забезпечує надлишок теплоти, додаткове підігрівання припливного повітря може не вимагатися протягом усього року. Коли температура зовнішнього повітря зменшується настільки, що ефективності обертового теплообмінника стає недостатньо (повітря, що надходить до приміщення, не прогрівається до потрібної температури), автоматика незначно зменшує витрату припливного повітря. У результаті ротор забезпечує задану температуру припливного повітря.

Небезпека появи льоду в комірках роторного теплообмінника виникає лише за температури зовнішнього повітря нижче -20°C . Розморожування пристрою здійснюється двома способами. У найдосконаліших апаратах за допомогою регулятора частоти зменшується швидкість обертання ротора. Якщо теплообмінник не обладнаний регулятором швидкості, то при розморожуванні зупиняється припливний вентилятор і закривається заслінка всмоктування зовнішнього повітря. Зрештою, як і у випадку з пластинчастим рекуператором, повне блокування припливу має суттєвий недолік: у вентилятованих приміщеннях утворюється відчутний вакуум. Тому для уникнення дискомфорту застосовувати цей спосіб не рекомендується.

Під час вибору припливно-витяжної установки з роторним теплоутилізатором важливо звернути увагу на можливості та функціональність автоматики. Системи автоматичного керування (САК) припливно-витяжних установок останнього покоління керують роботою роторного теплообмінника й дозволяють з високою точністю регулювати температуру повітря в припливних та витяжних повітроводах, а також у приміщеннях, регулювати витрату повітря, реагувати на підвищення кон-

центрації в приміщенні вуглекислого газу та шкідливих речовин (рис. 28). Тривалість роботи обладнання може бути розписана по хвилинах за допомогою сучасних контролерів. Деякими установками з роторним теплоутилізатором можна керувати з мобільного телефону за допомогою технології Wi-Fi.



*Рис. 28. Система автоматичного керування (САК)
припливно-витяжних установок*

Характерно, що функція керування припливно-витяжною вентиляційною системою за допомогою мобільного телефону надає користувачеві можливість вмикати та вимикати установку, задавати той чи інший режим. Наприклад, дорогою з роботи до дому можна увімкнути провітрювання приміщень з підігріванням припливного повітря, наприклад, до 28 °С, і установка буде переведена в економічний режим. Якщо забути вимкнути вентиляційну установку, то за наявності зв'язку ця проблема вирішується з будь-якої точки земної кулі. Більше того, за необхідності система сама зв'яжеться із сервісною службою та передасть інформацію про несправності в роботі обладнання, необхідність заміни фільтрів тощо.

Саме ці системи найчастіше розглядаються як метод енергозаощадження, при якому повітря, що видаляється з будівлі, використовується теплої пори року для попереднього охолодження, а в холодний період – для підігрівання припливного повітря зі зменшенням на це витрат енергії. Щоб відібрати теплоту з повітря, що видаляється, його потрібно пропустити крізь припливно-витяжну установку. Основною відмінною особливістю установок є наявність секції утилізації.



7. ВЕНТИЛЯЦІЯ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Основна функція вентиляції – створювати сприятливі умови для життєдіяльності людини. Але часто будинки потребують вентиляції, яка сприяє збереженню архітектурних конструкцій, зберігає функціональність елементів будівлі. Це вентиляція даху, вентиляція під підлогою, вентиляція для забезпечення горіння тощо.

Вентиляція під дахом

В індивідуальному житловому будівництві набула популярності дахова теплоізоляція (рис. 29). Її суть полягала у встановленні ізоляційного матеріалу безпосередньо в карнизних звисах, щоб боротися з протягами. Але це призвело до проблеми конденсації вологи на дерев'яних конструкціях у піддаховому просторі. На конструкціях даху розвивається мокра гниль, вода крапає на ізоляційний матеріал, що зменшує його теплоізоляційні властивості. Якщо вода накопичується в калюжі, то на стелі знизу з'являються плями і виникає ризик короткого замикання електропроводки на даху. Для уникнення цих проблем необхідно створити достатню циркуляцію повітря. Тому необхідна ефективна вентиляція у просторі під дахом.

Сучасні будівельні норми вимагають, щоб у даху з ухилом схилів 15° і більше робилися вентиляційні зазори завширшки 200 мм уздовж двох протилежних країв даху. Якщо ухил менше 15° або приміщення на горищі житлове, вентиляція здійснюється через вентиляційні отвори завширшки 50 мм. Найпростіший спосіб вентиляції – встановлення карнизних вентиляційних решіток зі вбудованою сіткою від комарів МВ 150 БВс, які виготовляються компанією «Вентиляційні системи». Щоб підрахувати кількість решіток, необхідно розділити пропускну здатність решітки на ширину зазначеного вентиляційного зазору. Решітки необхідно розташувати рівномірно вздовж даху. Якщо отвори в карнизних звисах закриваються теплоізоляцією, необхідно встановити між парою балок вентиляційні пластмасові жолоби.

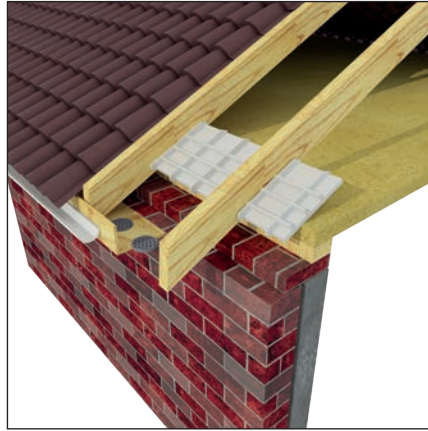


Рис. 29. Конструкція даху з теплоізоляцією

7.1 Вентиляція даху

Існують окремі типи конструкції даху, які передбачають вентиляцію не лише через карнизи, але й за допомогою заміни деяких плиток спеціальними вентиляційними плитками. Міжкаркасна вентиляція зазвичай забезпечує сухість піддахового простору, але часто доводиться використовувати вентиляційні решітки (рис. 30).

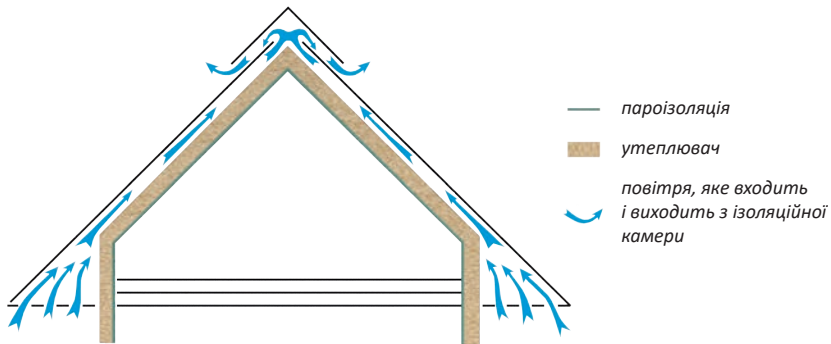


Рис. 30. Міжкаркасна вентиляція даху

7.2 Простір на горищі

Між теплоізоляцією та покрівельним покриттям необхідно забезпечити повітряний зазор не менше 50 мм (рис. 31). Для вентиляції простору на горищі необхідно встановити карнизні вентиляційні решітки, а також кониковий вентиляційний жолоб.

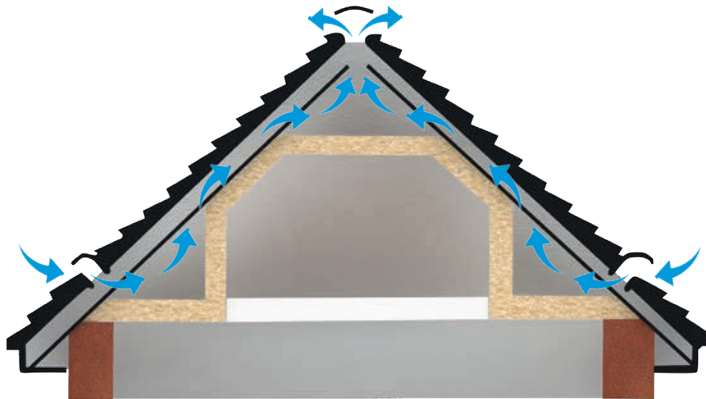


Рис. 31. Вентиляція простору на горіщі

7.3 Вентиляція під підлогою

Для вентиляції простору під підвісною дерев'яною підлогою індивідуального житлового будинку можливо використовувати решітки металеві серії МВМ або стіновий провітрювач серії ПС виробництва компанії «Вентс» (рис. 32). Ідеально, щоб вентиляційні решітки серії МВМ встановлювалися через кожних 2 м зовнішньої стіни, але в багатьох будівлях менша забезпеченість вентиляційними пристроями не погіршує ситуації, адже фактична величина повітряного потоку має набагато більший вплив, аніж кількість отворів у стіні.

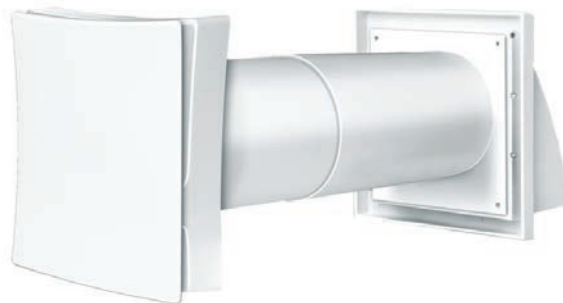


Рис. 32. Стіновий провітрювач ПС 102

Лаги (балки підлоги) широких приміщень через певні інтервали спираються на проміжні стінки з цегли. Інколи вони мають отвори для забезпечення достатнього повітряного потоку в підпідлоговому просторі,

але в інших випадках будівельники залишають прорізи між секціями монолітної стіни. Використання проміжних стінок може призвести до утворення ділянок застійного повітря в кутах, куди протяги інколи не доходять. За відсутності достатньої циркуляції повітря під підлогою з'являються так звані «мертві зони», першою ознакою яких є сирість та пліснява. Для їх усунення в стіні робляться додаткові отвори. Важливо також систематично провітрювати вентиляційні решітки для попередження їхнього засмічення пилом чи брудом. Як правило, після завершення зимової пори року проводиться ревзія та чищення вентиляційних пристроїв.

7.4 Вентиляція простору під підвісною дерев'яною підлогою

Конструкція простору під підвісною дерев'яною підлогою наведена на рис. 33. Для забезпечення вентиляції цього простору необхідно зробити вентиляційний канал у стіні.



- 1 Цегляна стіна з провітрювачем серії ПС
- 2 Проміжна стіна з цегли, викладеної в шаховому порядку для забезпечення циркуляції повітря
- 3 Дошки підлоги та лаги чутливі до сухої гнилі, викликані недостатньою вентиляцією

Рис. 33. Конструкція простору під підвісною дерев'яною підлогою

Щоб облаштувати вентиляційний канал у пустотілій стіні, необхідно просвердлити отвір діаметром 120 мм і встановити стіновий провітрювач серії ПС (рис. 34). Телескопічний канал провітрювача можна відрегулювати відповідно до товщини стіни. Це прискорить та полегшить монтаж.

Для запобігання утворенню конденсату необхідно під час монтажу телескопічного каналу утеплити його мінеральною ватою. Облаштування вентиляційного каналу в монолітній стіні виконується аналогічним чином.



Для збільшення живого перерізу стінового провітрювача ПС рекомендується внутрішню панель замінити на решітку МВ 100 бВс виробництва «Вентс».



Рис. 34. Встановлення стінового провітрювача серії ПС

7.5 Вентиляція для забезпечення горіння

У індивідуальних житлових будинках використовують пристрої з відкритим вогнем. Це каміни, газові плити тощо. Для підтримання вогню необхідний кисень. Якщо приплив повітря зменшується, наприклад, щільно зачинені вікна та двері, відсутні припливні решітки або система припливної вентиляції, то відбувається неповне згоряння палива та погіршується тяга в димоході. Дим з високим вмістом продуктів неповного згоряння надходитиме до приміщення.

Одним із небезпечних продуктів неповного згоряння є чадний газ СО. Цей газ не має кольору та запаху, дуже токсичний. Отруєння чадним газом відбувається шляхом його зв'язування з гемоглобіном крові з утворенням карбоксигемоглобіну, нездатного транспортувати кисень. Розвивається нестача кисню в організмі (гіпоксія), що може призвести до смерті. Також він порушує біохімічну рівновагу в тканинах.

При незначному вмісті чадного газу – менше 100 мг/м^3 або $0,009 \%$ за об'ємом – знижується швидкість психомоторних реакцій через $3,5...5$

годин. У осіб з серцево-судинною недостатністю можуть з'явитися біль у грудях та задишка. Вміст чадного газу 0,019 % за об'ємом чи 220 мг/м³ протягом шести годин або 0,052 % чи 600 мг/м³ протягом лише години може бути смертельним для плоду вагітної жінки або осіб, що страждають на важку серцеву недостатність.

Крім недостатньої вентиляції можуть бути й інші причини поганого горіння – наприклад, заблокований димохід. Але якщо виявиться, що вогонь відновлюється за лічені хвилини після того, як відчинити двері до кімнати, значить причина проблеми полягає в неадекватній вентиляції. Одним із найпростіших рішень з організації припливу повітря для забезпечення горіння є встановлення припливної решітки серії ПО 400 виробництва компанії «Вентс» в конструкцію вікна.

Максимальний приплив повітря, який забезпечує встановлення одного провітрювача ПО 400, становить 20–40 м³/год (рис. 35, 36). Провітрювач має фільтр для захисту від пилу та бруду, а також можливість регулювати витрату і напрямок руху припливного повітря.

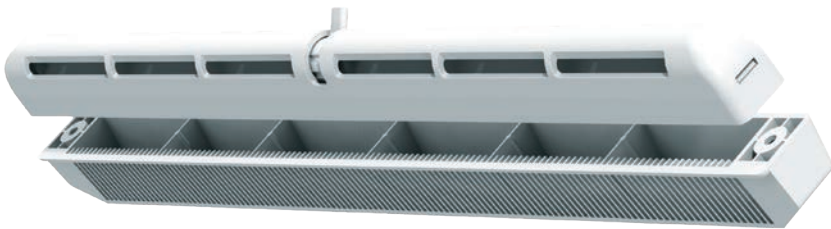


Рис. 35. Провітрювач ПО 400

Провітрювач ПО 400 вирізняється керованою основою, що дозволяє йому спрямовувати потік повітря залежно від положення вікна щодо відкосу для максимального комфорту.

За ДБН В.2.5-20-2001 для кухонь із газовим обладнанням сумарною потужністю до 30 кВт сумарна площа живого перерізу припливних пристроїв повинна бути не менше 0,02 м². Для відокремлених приміщень з газовим обладнанням потужністю 30...200 кВт сумарна площа живого перерізу припливних пристроїв повинна бути не менше 0,025 м².

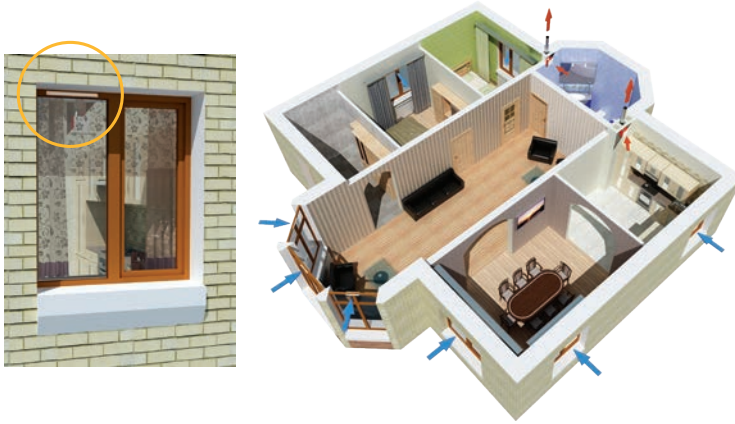


Рис. 36. Провітрювач ПО 400, вмонтований у конструкцію вікна

7.6 Повітряне опалення будівлі за допомогою камінного вентилятора

Подавати та розподіляти теплоту в будівлі можливо не лише з використанням стаціонарної системи опалення. Створювати повноцінну повітряну опалювальну систему в будинку можливо із застосуванням систем повітряного опалення з камінними відцентровими вентиляторами. Така система є оптимальною для обігрівання приміщень будівлі (індивідуального житлового будинку), як правило, із сезонним проживанням. Створення системи нагнітання повітря допомагає швидко й раціонально розподілити первинну теплоту від каміна до інших приміщень (рис. 37).

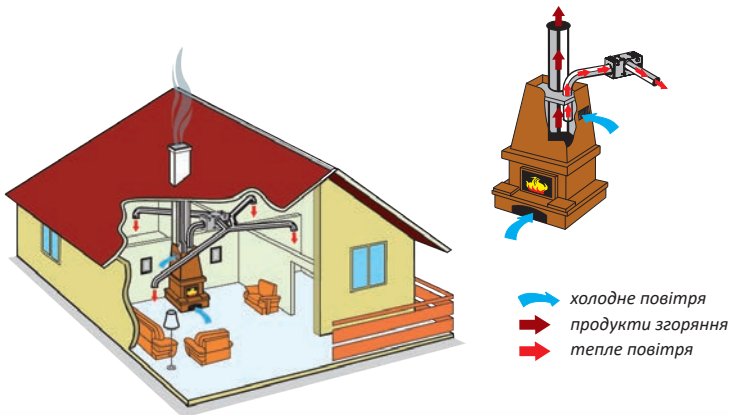


Рис. 37. Повітряна опалювальна система в будинку із застосуванням систем повітряного опалення з камінним відцентровим вентилятором

Камінні радіальні вентилятори серії ВЕНТС КАМ (рис. 38) призначені для організації системи повітряного опалення будинку за допомогою каміна або створення на базі каміна резервного джерела опалення. Продуктивність – до 810 м³/год.



Рис. 38. Камінний радіальний вентилятор серії ВЕНТС КАМ

Коли температура повітря в навіколокамінному просторі досягає заданого значення, вентилятор автоматично вмикається й розподіляє тепле повітря від каміна до приміщень і вмикається, якщо температура опускається нижче встановленого значення.



8. ВИТЯЖНА ВЕНТИЛЯЦІЯ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ

Застосування в індивідуальному житловому будинку будь-якої з можливих типів вентиляції (природної, механічної, припливно-витяжної з утилізацією теплоти, децентралізованої механічної з утилізацією теплоти) передбачає витяжну вентиляцію на кухні, санвузлі та ванній кімнаті. Для видалення вологого повітря та неприємних запахів використовують електричні витяжні вентилятори. При використанні витяжної вентиляції без організованого припливу зовнішнє повітря надходить через нещільності огорожувальних конструкцій (рис. 39). Якщо огорожувальні конструкції герметичні, необхідно передбачити припливні пристрої, як правило, у вікнах. В іншому разі витяжна вентиляція функціонувати не буде.

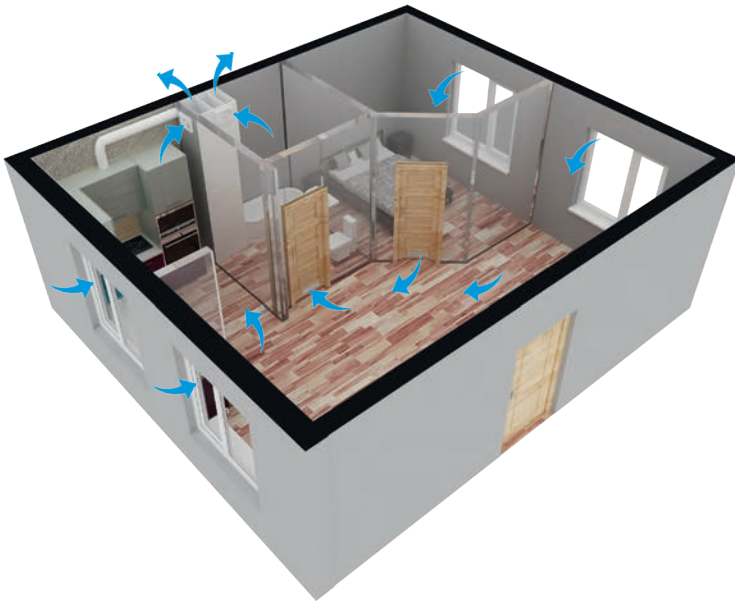


Рис. 39. Схема циркуляції повітря в приміщеннях при використанні витяжної вентиляції без організованого припливу

8.1 Розташування витяжної вентиляції в приміщенні

Найкраще місце для витяжного вентилятора – на вентиляційній шахті чи зовнішній стіні (рис. 40). Часто використовують побутові витяжні

решітки, які не забезпечують належної та якісної циркуляції повітря у приміщенні. При цьому в приміщенні виникають додаткові неприємні запахи, відчуття дискомфорту, порушуються параметри мікроклімату.

Щоб мінімізувати ці проблеми, рекомендується використання малошумних вентиляторів (типу ВЕНТС Квайт або ВЕНТС Силента).

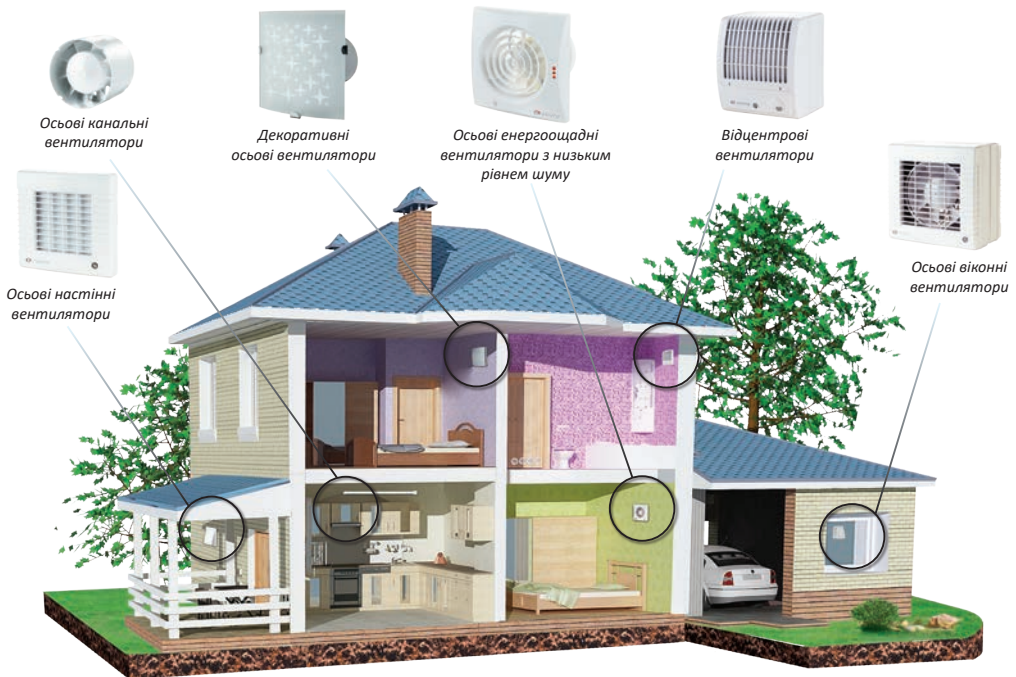


Рис. 40. Схема розміщення витяжних вентиляторів у будинку

Для забезпечення правильної циркуляції повітря в приміщенні слід передбачити правильне розташування витяжних вентиляторів, щоб уникнути утворення застійних зон. Відпрацьоване повітря повинно замінюватися свіжим, як правило, крізь дверний проріз до суміжного приміщення. Але якщо витяжний вентилятор знаходиться поруч із джерелом свіжого повітря (вентиляційна шахта розташована поруч із дверним прорізом), забезпечується лише місцева циркуляція, а у більшості об'єму приміщення відбувається застій повітря.

Витяжні вентилятори необхідно встановлювати якомога вище і навпроти джерела припливного повітря.



На кухні витяжний вентилятор встановлюється поруч із плитою, щоб запахи та пара не проходили через усе приміщення. Якщо в кімнаті є камін, необхідно забезпечити достатній приплив повітря, щоб при увімкненому витяжному вентиляторі дим проходив через димохід.

Особливо слід приділяти увагу такому явищу як застій повітря. Часто зустрічається ситуація, коли все зроблено правильно в будинку стосовно організації вентиляції, а повітря «стоїть». Причина одна – відсутня циркуляція припливного повітря, що викликає відчуття локального дискомфорту. Особливо це стосується тих приміщень, де встановлені міжкімнатні двері з герметичними притворами, а також металопластикові вікна.

Для забезпечення перетікання повітря з суміжних приміщень необхідно розгерметизувати двері. Для цього врізаються дверні вентиляційні решітки (перетічні) у дверне полотно. Розмір та колір решітки добирається залежно від розмірів дверного полотна. Для регулювання циркуляції повітря рекомендується встановлювати регульовані дверні решітки (МВ 350Р, МВ 450Р та інші), які виготовляються компанією «Вентс». Важливо також, щоб і щілина під дверима, між підлогою та дверним полотном становила не менше 5–7 мм, щоб повітря могло перетікати по будинку і складався певний єдиний повітряний простір будинку.

Удвічі небезпечнішою є герметичність дверей для ванної кімнати – вологе повітря з неї не виходить (відсутній приплив), а витяжний вентилятор «шумить» і не виконує покладене на нього завдання.

Компанія «Вентиляційні системи» пропонує широкий модельний ряд побутових вентиляторів, які вирізняються поєднанням високої продуктивності та надійності при малій споживаній потужності та низькому рівні шуму. Вони ідеально підходять для організації вентиляції ванних кімнат, санвузлів, кухонь та інших приміщень площею до 30 м².

Вентилятори ВЕНТС представлені моделями з різноманітною продуктивністю, дизайном та функціональним наповненням.

8.2 Типи вентиляторів

Вентилятори обираються за місцем використання.

• **Санвузли** – витяжні вентилятори, зблоковані з освітленням, зі зворотним клапаном і автоматикою на основі таймера затримки вимкнення (рис. 41).

Завдяки таймеру вентилятор продовжує працювати після вимкнення освітлення протягом заданого часу – від 2 до 30 хвилин.



*Рис. 41. Витяжні вентилятори ВЕНТС для санвузлів.
Серії: ВЕНТС Силента, ВЕНТС К1 турбо, ВЕНТС М1 турбо*

• **Ванни та душові кімнати** – витяжні вентилятори зі зворотним клапаном та автоматикою на основі датчика відносної вологості (рис. 42).

Вентилятор із датчиком відносної вологості обладнаний електронним контролером, який здійснює постійний моніторинг відносної вологості повітря приміщення та дозволяє уникати появи конденсату. Вентилятор автоматично вмикається при досягненні в приміщенні рівня відносної вологості, заданої датчиком (від 60 до 90 %), і циклічно працює протягом часу, заданого таймером (від 2 до 30 хвилин).



*Рис. 42. Витяжні вентилятори ВЕНТС для ванних та душових кімнат.
Серії: ВЕНТС Д, ВЕНТС ЛД, ВЕНТС Х*



• **Кухні** – витяжні вентилятори зі зворотним клапаном та автоматикою на основі датчика вологості з можливістю примусового запуску (рис. 43).

Вентилятор обладнаний зворотним клапаном для запобігання зворотному потоку повітря.

Продуктивність вентилятора повинна визначатися типом приміщення, де він встановлюється, та відповідним мінімальним повітрообміном за табл. 1 і 2.



*Рис. 43. Витяжні вентилятори ВЕНТС для кухні.
Серії: ВЕНТС Доміно, ВЕНТС Квайт, ВЕНТС Вітро*

8.3. Монтаж побутового вентилятора

Монтаж побутових вентиляторів проводиться відповідно до рекомендацій, викладених у паспортах на вентилятори. За накопиченим досвідом роботи в компанії «Вентс» надано кілька загальних рекомендацій стосовно монтажу побутових вентиляторів:

- корпус вентилятора повинен щільно прилягати до поверхні стіни або гіпсокартону (якщо корпус вентилятора нещільно прилягає до поверхні кріплення, виникає вібрація);
- при встановленні вентилятора до вентиляційної шахти необхідно, щоб корпус двигуна не впирався у стінку шахти, тобто має бути пряма ділянка – 1,5 довжини корпусу вентилятора;
- повітрообмін (кількість повітря) необхідно визначати без зайвих запасів, оскільки зі збільшенням кількості повітря зростає швидкість повітря в повітроводах або шахтах, а також їхній аеродинамічний

опір чи поперечні розміри (це призводить до збільшення потоку звукової енергії, що надходить до приміщення);

- необхідно переконаватися, чи існує природний приплив повітря до приміщення, де встановлений вентилятор. Якщо приплив повітря недостатній, використовують припливні решітки у дверному полотні;
- рекомендується передбачити пряму ділянку повітроводу одразу ж після місця його приєднання до вентилятора. Довжина повітроводу повинна бути в 1,5 рази більшою за максимальний вихідний діаметр патрубку вентилятора (ці дії стосуються зменшення шуму, який передається повітrowодами);
- у приміщеннях, де є підвісна стеля, а вентилятор приєднується до жорсткого повітроводу, необхідно використовувати шумопоглинальний матеріал, як це показано на рис. 44.

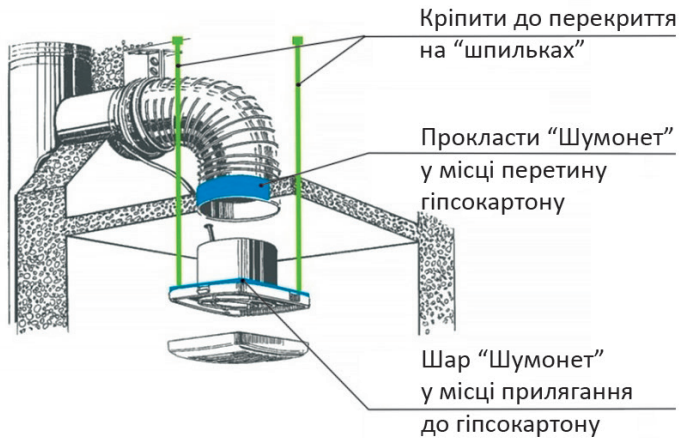


Рис. 44. Схема приєднання вентилятора до жорсткого повітроводу



9. ОБЛАШТУВАННЯ ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА КУХНІ. РОЗТАШУВАННЯ КУХОННОЇ ВИТЯЖКИ

Розташовувати витяжний зонт необхідно на висоті 600–900 мм над конфорками плити або 400–600 мм над грилем (рис. 45). Продуктивність витяжки добирається залежно від місця її встановлення. Коли витяжка встановлюється на зовнішній стіні й повітря видалятиметься через задню стінку пристрою прямим повітроводом, то номінальна продуктивність повинна бути 500–700 м³/год. Але якщо плита стоїть біля внутрішньої стіни й видалення повітря буде організоване за допомогою вентиляційних пластикових каналів, то продуктивність витяжки повинна бути на рівні 700–1000 м³/год.



Рис. 45. Розташування витяжного зонта над плитою

При облаштуванні витяжної вентиляції на кухні не можна обмежуватися лише встановленням витяжки над плитою. Як правило, при вимкненні витяжки не буде жодної тяги. Упродовж більшої частини доби, коли витяжка не увімкнена, через кухонний вентиляційний отвір повітря взагалі не буде виходити. Пояснюється це великим аеродинамічним опором витяжки. Його створює сам вентилятор, а також вугільний та жировий фільтри, без яких не обходиться жодна сучасна витяжна установка. Цей опір природна тяга може просто не подолати. Необхідно встановити витяжний вентилятор зі зворотним клапаном і автоматикою на основі датчика вологості з можливістю примусового запуску.

9.1 Встановлення вентиляційного короба витяжки

Для під'єднання витяжного зонта до магістрального вентиляційного каналу, який виходить назовні, використовується система пластикових каналів «Пластивент», які виробляються компанією «Вентиляційні системи» (рис. 46).

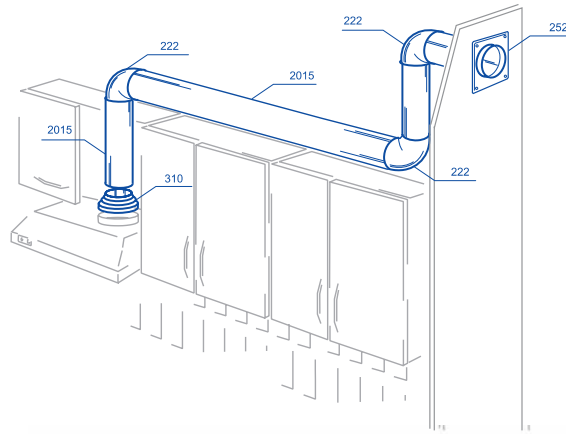


Рис. 46. Під'єднання витяжного зонта до магістрального вентиляційного каналу системою пластикових каналів «Пластивент»

9.2 Головні переваги системи «Пластивент»:

- великий асортимент з'єднувально-монтажних елементів, які дозволяють зібрати систему повітроводів будь-якої складності та конфігурації;
- низький аеродинамічний опір системи завдяки гладкій внутрішній поверхні каналів;
- не піддаються корозії, що гарантує багаторічну експлуатацію;
- рівень шуму в процесі роботи системи, побудованої на основі каналів «Пластивент», значно нижчий, ніж у систем, побудованих на основі гофрованих чи металевих повітроводів;
- низька теплопровідність;
- екологічно чистий пластик, який застосовується для виготовлення системи «Пластивент», не підтримує горіння;
- простота монтажу, зумовлена відсутністю необхідності серйозних складальних операцій та спеціальних інструментів.



10. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ В БУДИНКУ

Припливно-втяжна установка з утилізацією теплоти дозволяє забезпечити подачу зовнішнього повітря до приміщення, його фільтрацію та видалення забрудненого повітря на вулицю. Оскільки приміщення постійно втрачає теплоту природним шляхом, установка з утилізацією теплоти є найактуальнішим рішенням для економії коштів на енергоносії.

Для розрахунку економічної ефективності утилізації теплоти, що застосовується в індивідуальному житловому будинку, необхідно мати розрахункову витрату повітря для забезпечення необхідного повітрообміну.

Приклад: в індивідуальному житловому будинку спроектовано систему вентиляції із застосуванням припливно-втяжної установки ВЕНТС ВУЕ2 250 П ЕС (рис. 47).

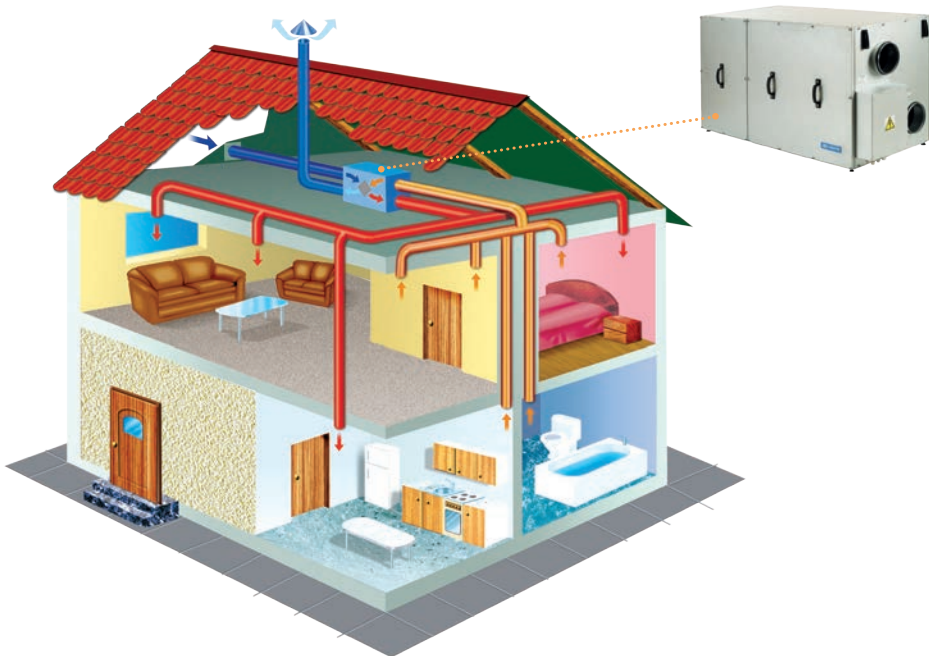


Рис. 47. Система вентиляції будинку із застосуванням припливно-втяжної установки ВЕНТС ВУЕ2 250 П ЕС

Розрахункова витрата повітря – $L = 160 \text{ м}^3/\text{год}$. Максимальна ефективність теплоутилізатора установки ВЕНТС ВУЕ2 250 П ЕС становить 89 %. Розрахункова середня ефективність рекуперації цієї установки $E = 70 \%$. Розрахункова середня температура зовнішнього повітря (м. Київ) в опалювальний період $t_{ext} = -0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Тривалість опалювального періоду $N_{оп} = 176$ днів (ДСТУ–Н Б В.1.1-27-2010, табл. 2). Висота поверху від підлоги до стелі $H = 4,0$ м. Температура повітря в зоні обслуговування прийнята $t_{wz} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура витяжного повітря розраховується за градієнтом температури (4):

$$t_{\ell} = 22 + 0,3 (4,0 - 2,0) = 22,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура повітря після теплоутилізатора визначається за формулою (37)

$$\begin{aligned} t_y &= t_{x,2} = t_{x,1} + (E/100) (t_{z,1} - t_{x,1}) = t_{ext} + (E/100) (t_{\ell} - t_{ext}) = \\ &= -0,1 + 0,7(22,6 - (-0,1)) = 15,79 \text{ }^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

З урахуванням нагрівання повітря у вентиляторі та повітроводах на $\Delta t_{en} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ температура припливного повітря становить $t_{in} = t_y + \Delta t_{en} = 15,79 + 1,5 = 17,29 \text{ }^\circ\text{C}$. Робочий перепад температури, тобто різниця між температурою повітря зони обслуговування і температурою припливного повітря становить $\Delta t_p = t_{wz} - t_{in} = 22 - 17,29 = 4,71 \text{ }^\circ\text{C}$. Такий робочий перепад температури при правильному спрямуванні потоку припливного повітря є допустимим. Тому додаткове підігрівання повітря не потрібне.

Якщо б теплоутилізатора не було, то на аналогічне нагрівання припливного повітря була б витрачена електрична потужність, що дорівнює витраті теплоти за формулою (19)

$$P = 0,3353 L (t_y - t_{ext}) = 0,3353 \cdot 160 \cdot (15,79 - (-0,1)) = 860 \text{ Вт}.$$

Загальні витрати електроенергії за опалювальний період становлять:

$$A_{оп} = 24 N_{оп} P / 1000 = 24 \cdot 176 \cdot 900 / 1000 = 3801 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$



Тариф на електроенергію станом на липень 2017 року становить $T = 1,68$ грн/(кВт·год) понад 100 спожитих кВт·год на місяць. Тобто за відсутності теплоутилізатора споживач мав би сплатити за опалювальний період

$$T_{A_{оп}} = 1,68 \cdot 3801 = 6386 \text{ грн.}$$

Висновок: припливно-витяжна установка з утилізацією теплоти ВЕНТС ВУЕ2 250 П ЕС (рис.48.) нагріває холодне повітря без витрат електроенергії. При цьому заощаджується 3801 кВт·год електроенергії або (за тарифами станом на липень 2017 р.) 6386 грн за опалювальний період.



Рис. 48. Припливно-витяжна установка ВЕНТС ВУЕ2 250 П ЕС

11. РОЗПОДІЛ ПОВІТРЯ В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ

Повітророзподільні та витяжні пристрої призначені для подачі припливного повітря до приміщення, забору відпрацьованого повітря з приміщення, а також для розподілу повітряних потоків (рис. 49, 50).

Класифікація повітророзподільних та витяжних пристроїв:

– за напрямком руху повітря:

- припливні – призначені для розподілу припливного повітря у приміщенні;
- витяжні – призначені для видалення відпрацьованого повітря з приміщення;

– за можливістю регулювання:

- регульовані, тобто можуть регулювати витрату повітря, тип та напрямки повітряного струменя;
- нерегульовані;

– за формою:

- круглі;
- квадратні;
- прямокутні;
- складної форми;

– за матеріалом:

- металеві (більш міцні, довговічні, витримують високу температуру, різний колір);
- пластикові (не кородують; мають більше варіантів кольору, форми та розмірів; мають малу вагу);
- гіпсові (декоративні нестандартні решітки, нерегульовані);
- дерев'яні (застосовуються рідко через пожежну небезпеку);

– за типом струмини (повітророзподільні пристрої):

- які формують компактні струмини;
- які формують плоскі струмини;
- які формують віялові струмини тощо (див. типи повітряних струмин).

Окрім своїх прямих функцій, повітророзподільні та витяжні пристрої впливають на інтер'єри вентильованих кімнат.



Рис. 49. Повітророзподільні та витяжні пристрої ВЕНТС

Найпоширенішими кінцевими пристроями, які застосовуються в системах припливно-витяжної вентиляції індивідуальних житлових будинків, вважаються вентиляційні решітки. Вони використовуються в житлових та нежитлових приміщеннях індивідуального житлового будинку, а також у басейнах та саунах.



Рис. 50. Встановлення припливної решітки ОПГ 150*100 мм

Вимоги до повітророзподільних пристроїв

1. Повітророзподільні пристрої повинні забезпечувати своєю конструкцією та розташуванням рекомендовану швидкість руху повітря в приміщенні. Вентиляційні решітки підбираються таким чином, щоб швидкість повітря відповідала комфортним для людини умовам. Досвід показує, що при сприятливих середніх значеннях температури, вологості та швидкості руху повітря, але неправильно спроектованій формі повітряної струмینی повітророзподільного пристрою створюється дискомфорт.

2. Під час роботи системи вентиляції повітророзподільні пристрої повинні забезпечувати акустичний комфорт. Шум, який виникає під час проходження повітря через ці пристрої, пригнічує нервову систему людини, не дає їй повноцінно відпочивати та знижує продуктивність праці. Рівень шуму, який генерується повітророзподільними та витяжними пристроями, залежить від швидкості потоку повітря, форми та розмірів самих пристроїв, а також характеристик приміщення (об'єму, звукопоглинання тощо). За



можливості решітки повинні перешкоджати проникненню до кімнат шуму від вентилятора або припливно-витяжної установки.

3. Повітророзподільні пристрої вентиляційних систем повинні гармонійно вписуватися в інтер'єр. З точки зору візуального сприйняття мають значення форма повітророзподільних пристроїв, їхній розмір, колір та фактура поверхні. В одних випадках бажано, щоб повітророзподільні пристрої були мініатюрними, практично не відрізнялися кольором та фактурою поверхні від оздоблення поверхонь приміщення. Для інших приміщень, навпаки, підійдуть великі конструкції, що відіграють роль колірних маяків, які контрастують з оздобленням.

4. Конструктивні особливості повітророзподільних пристроїв, матеріал, із якого вони виготовлені, безпосередньо впливають на їхню надійність, довговічність та технічні характеристики. Так, настінні вентиляційні решітки, як правило, складаються з рами, в якій розташовані один або два жалюзі – або жорстко закріплені, або поворотні (для зміни напрямку повітряного потоку). Рама решіток може бути квадратною, прямокутною, круглою або еліптичною. Найчастіше настінні решітки бувають плоскими – їх встановлюють на рівну поверхню. Але виробляються гнуті та опуклі решітки – для «накладного» монтажу на криволінійні стіни та повітроводи круглого перерізу.

Круглі дифузори випускаються у двох варіантах виконання: з рухомим обтікачем (анемостати) та нерухомим. Анемостат складається з корпусу, приєднувального патрубку та рухомого обтікача. У дифузорах із нерухомим обтікачем сам «глухий» обтікач замінено на нерухому віялову вставку з декількох дифузорів, закріплених нерухомо відносно одне одного. При переміщенні обтікача або віялової вставки вздовж осі корпусу змінюються форма та характеристики сформованої припливної струмینی від вертикальної конічної, що зникається, до горизонтальної віялової, що дозволяє реалізувати сезонне регулювання систем вентиляції та кондиціювання повітря. Виробляють дифузори зі сталі, алюмінію або пластику. Пластикові моделі не пофарбовані, стандартний колір – білий (RAL 9016), але можуть виготовлятися з різнокольорового пластику. Алюмінієві або сталеві моделі можуть фарбуватися в тон оздоблення приміщення або в будь-які інші кольори.

12. ОРГАНІЗАЦІЯ ПОВІТРООБМІНУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

12.1 Типи повітряних струмин

Класифікація повітророзподільних та витяжних пристроїв:

– за температурою та дією гравітаційних сил:

- ізотермічні – мають температуру навколишнього середовища;
- неізотермічні – температура відрізняється від температури навколишнього середовища;
 - ↳ слабконеізотермічні – дія гравітаційних сил не призводить до суттєвого викривлення струмин;
 - ↳ сильнонеізотермічні – дія гравітаційних сил суттєво викривлює струмину вгору (гарячу) або вниз (холодну), уповільнює (гарячу, випущену вертикально вниз, холодну, випущену вертикально вгору) або прискорює (гарячу, випущену вертикально вгору, холодну, випущену вертикально вниз);

– за наявністю перешкод та інших струмин:

- вільні, тобто не взаємодіють із поверхнями або іншими струминами;
- напівобмежені, тобто випущені паралельно до поверхні поблизу неї: такі струмини насталяються на поверхні;
- обмежені, тобто взаємодіють із поверхнями або іншими струминами;

– за формою:

- компактні;
- плоскі;
- віялові;
 - ↳ повні віялові – кут розкриття 360° або 2π ;
 - ↳ неповні віялові – кут розкриття менший за 360° або 2π ;
- конічні – аналогічні компактним, але з примусовим збільшенням початкового кута розширення. Може трансформуватися на компактну;
- закручені.

Від форми повітровипускного отвору повітророзподільного пристрою залежить форма повітряної струмини. Наприклад, круглі або прямокутні повітровипускні отвори створюють компактну повітряну струмину конічної форми.



Щоб струмина була плоскою, відношення її товщини до ширини повинно становити не більше 1:20. В іншому разі струмина переформовується на компактну. Повітряні струмини, які виникають при проходженні через кільцеподібні або прямокутні щілинні отвори у стелі або стінах називаються віяловими. Якщо потік на виході закручується, формується закручена струмина, яка швидко згасає.

12.2 Основні залежності для розрахунку струмин

Щоб розрізнити вид неізотермічної струмини, слід знати співвідношення гравітаційних та інерційних сил, яке виражається критерієм Архімеда (названим за першовідкривачем специфічної дії гравітаційних сил, що призводить до витіснення тіла з більш важкого середовища).

Початковий критерій Архімеда

– для плоских струмин зі щілини завширшки b_0 :

$$Ar_0 = \frac{g b_0 \Delta t_0}{v_0^2 (273,15 + t_{int})}; \quad (38)$$

– для інших струмин з повітророзподільного пристрою площею випуску повітря S_0 :

$$Ar_0 = \frac{g S_0^{1/2} \Delta t_0}{v_0^2 (273,15 + t_{int})}, \quad (39)$$

де $\Delta t_0 = \Delta t_p = t_{in} - t_{int}$ – початкова надлишкова температура в струміні, °C;
 v_0 – швидкість виходу повітря з повітророзподільника.

Плинний критерій Архімеда

– для плоских струмин після проходження ними шляху x , м, від випуску:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{b_0} \right)^{3/2}; \quad (40)$$

– для інших струмин після проходження ними шляху x , м, від випуску

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{S_o^{1/2}} \right)^2 = \frac{n}{m^2} Ar_0 \frac{x^2}{S_o}, \quad (41)$$

де $\Delta t_0 = \Delta t_p = t_{in} - t_{int}$ – початкова надлишкова температура в струміні, °С; v_0 – швидкість виходу повітря з повітророзподільника.

Для струмин характерна динамічна початкова ділянка (рис. 51), на якій максимальна швидкість повітря в перерізі v_m , м/с, дорівнює початковій v_0 , м/с. Після її закінчення починається динамічна основна ділянка, на якій відбувається згасання струмини.

Аналогічно до максимальної швидкості змінюється і надлишкова максимальна температура повітря струмини $\Delta t_m = t_m - t_{int}$, °С, тобто різниця між максимальною (нагріта струмина) або мінімальною (холодна струмина) температурою в перерізі струмини t_m , °С та температурою внутрішнього повітря $t_{int} = t_{\infty}$, °С. На тепловій початковій ділянці максимальна надлишкова температура струмини залишається такою, що дорівнює початковій надлишковій температурі або робочому перепаду температури $\Delta t_0 = \Delta t_p$, °С. Після закінчення цієї ділянки починається теплова основна ділянка, на якій відбувається згасання надлишкової температури струмини.

Для визначення швидкості повітря v_m та надлишкової температури струмини на основній ділянці струмини на певній відстані x від початку використовують формулу:

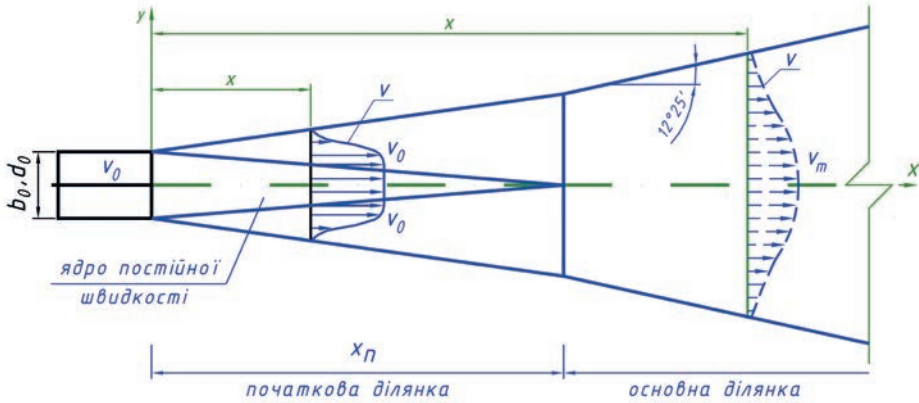
– для плоских струмин зі щілини завширшки b_0 :

$$v_m = v_0 m (b_0 / x)^{1/2} K_{in} K_{con} K_n, \text{ м/с}, \quad (42)$$

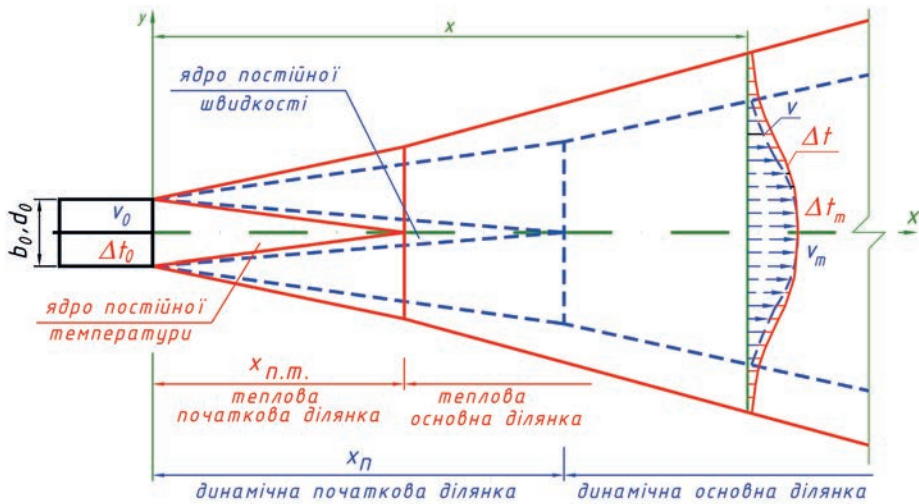
$$\Delta t_m = \Delta t_0 n (b_0 / x)^{1/2} K_{in} / (K_{con} K_n), \text{ °С}; \quad (43)$$

– для інших струмин із повітророзподільного пристрою площею випуску повітря S_0 :

$$v_m = v_0 m (S_0^{1/2} / x) K_{in} K_{con} K_n, \text{ м/с}, \quad (44)$$



а



б

Рис. 51. Схема вільної струмини:

а – ізотермічної, б – слабконеізотермічної: суцільні лінії – динамічні межі, пунктир – теплові межі

$$\Delta t_m = \Delta t_0 n (S_0^{1/2} / x) K_{in} / (K_{con} K_n), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (45)$$

де m і n – коефіцієнти згасання, відповідно, швидкості та надлишкової температури залежать від типу струмини та повітророзподільного пристрою; K_{in} – коефіцієнт, що враховує взаємодію струмин, який залежить від типу, кількості та відстані між струминами; K_{con} – коефіцієнт, що враховує стиснення струмин поверхнями приміщення, який залежить від розмірів

приміщення, типу та розміру струмини; K_{in} – коефіцієнт неізотермічності струмин, який залежить від критерію Архімеда.

Слід наголосити, що струмини, які утворюються при подачі припливного повітря, володіють низкою специфічних особливостей:

- температура припливного повітря відрізняється від температури повітря в приміщенні. За рахунок різниці густини повітря струмини та приміщення виникають гравітаційні сили, які в нагрітих струминах спрямовані вгору, а в холодних струминах – вниз. Якщо струмини, які характеризуються порівняно малою швидкістю витікання, гравітаційні сили сумірні з інерційними і здійснюють суттєвий вплив на поведінку струмини;
- подача припливного повітря до приміщення нерідко відбувається крізь цілу низку випускних пристроїв, які розташовані порівняно близько одне до одного і від огорожень приміщення. У зв'язку з цим у розрахунках необхідно враховувати взаємодію струмини з навколишніми потоками та огороженнями;
- формування вентиляційних струмин часто відбувається в умовах обмеженого простору, коли зона змішування струмини з навколишнім повітрям обмежена, що сприяє виникненню зворотних течій, які здійснюють суттєвий вплив на закономірності поведінки самої струмини.

Урахування впливу зазначених вище особливостей вентиляційних струмин дозволяє значно підвищити точність розрахунку систем розподілу повітря, обрати такі повітророзподільні пристрої для індивідуального житлового будинку, які дозволять забезпечити підвищення ефективності та економічності систем вентиляції, повітряного опалення та кондиціонування повітря.

12.3 Повітророзподільне обладнання компанії «Вентиляційні системи»

Компанія «Вентс» пропонує широкий перелік повітророзподільних пристроїв. У вентильованих приміщеннях повітророзподільні пристрої встановлюються на виходи припливних повітроводів, а повітрозабірні – на входи витяжних. Залежно від схеми прокладання повітряних каналів, роз-



міщуватися ці елементи можуть на підлозі, стелі або стінах. До приміщення очищене припливне повітря подається припливними решітками, а забруднене повітря видаляється витяжними.

При встановленні міжкімнатних дверей з герметичним прикриванням для забезпечення роботи припливно-витяжної вентиляції часто виникає необхідність розгерметизації приміщення. Для цього робляться отвори у дверях та встановлюються з обох боків перетичні решітки (рис. 52). Компанія «Вентс» має у своєму асортименті широкий спектр дверних припливно-витяжних решіток.

Решітки виготовляються з високоякісного пластику, мають різноманітні колірні виконання. Витрата повітря регулюється спеціальним механізмом.



Рис. 52. Встановлення припливно-витяжної решітки MB 450

12.4 Схеми організації повітрообміну в приміщеннях

На сьогодні розроблено значну кількість різних схем організації повітрообміну. Основні з них наведені на рис. 53. Витісняюча вентиляція (рис. 53, а) передбачає подачу повітря до зони обслуговування з параметрами, які відповідають параметрам повітря зони обслуговування. Це забезпечує найбільшу чистоту повітря в робочій зоні та найменші витрати енергії. Недоліком схеми є потреба у великих габаритах повітророзподільного обладнання, оскільки початкова швидкість повітря має дорівнювати

швидкості повітря в зоні обслуговування. Крім стінових тумб (рис. 53, а), застосовують підлогові повітророзподільники. При вентиляції зворотним потоком (рис. 53, б, в) припливні решітки встановлюють на вертикальних стінах у верхній зоні приміщення. При достатній висоті приміщення використовують подачу повітря вертикально вниз зі стельових плафонів (рис. 53, г, д, е). При цьому використовують закручені, конічні, віялові струмини або комбінації різних типів струмин у двострумінних плафонах.

При встановленні витяжних решіток під стелею рекомендована швидкість повітря у живому перерізі за шумом – 1...3 м/с. При встановленні припливних решіток під стелею орієнтовна рекомендована швидкість у живому перерізі – 1...3 м/с. Однак її слід підтверджувати розрахунком струмини. При природній вентиляції швидкість повітря у решітці обмежена малим природним тиском. Рекомендується приймати 0,5...1 м/с, але не більше 1,5 м/с.

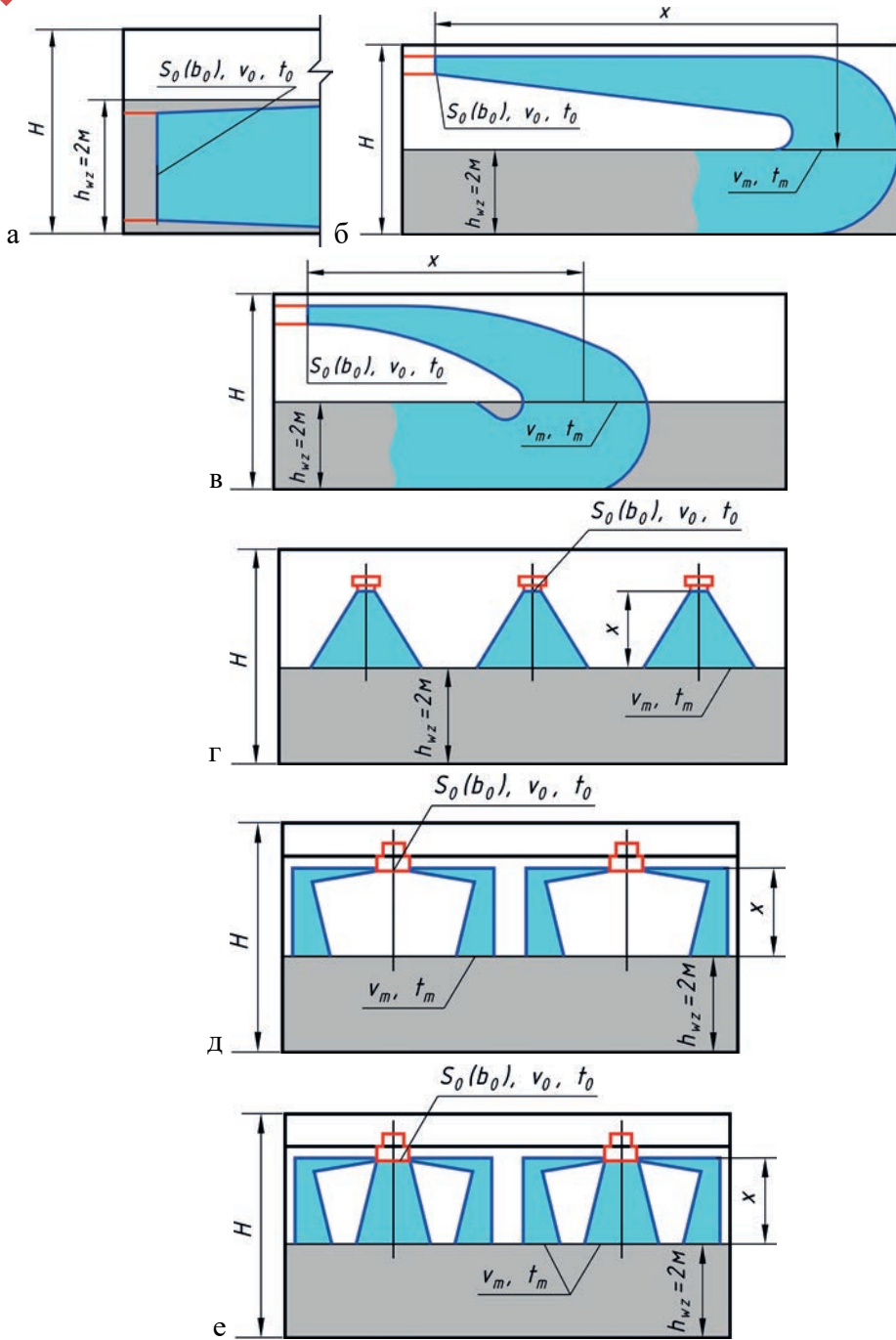


Рис. 53. Основні схеми організації повітрообміну: а – витісняюча вентиляція; б, в – вентиляція зворотним потоком; г – конічними або закрученими струминами; д – віяловими струминами; е – двоструминними плафонами

13. АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ПОВІТРОВODІВ

У системах вентиляції використовують повітроводи:

1. **Сталеві оцинковані** (рис. 54). *Переваги:* не забруднюють повітря у штатному режимі та при пожежі, мають гладку поверхню, мінімальний і стабільний аеродинамічний опір (еквівалентна шорсткість $k_e = 0,1$ мм), негорючість, тривалий термін експлуатації. *Недоліки:* повітроводи та фасонні елементи виготовляються на замовлення, мають підвищену вартість, негнучкі, тому важко виправити помилки трасування мереж, при найменших пошкодженнях захисного шару та у місцях з'єднань можуть кородувати, особливо у вологих приміщеннях (сталь і цинк утворюють гальванічну пару);



Рис. 54. Сталеві оцинковані повітроводи круглого перерізу

2. **Гнучкі гофровані металеві** (рис. 55). *Переваги:* зручні для монтажу, не забруднюють повітря викидами від матеріалу в штатному режимі та при пожежі, нечутливі до похибок трасування мереж, не потребують використання відводів, виготовляються серійно, негорючі, менша вартість. *Недоліки:* велика шорсткість та наявність складок, можливе посилене осідання пилу в складках та вторинне забруднення



повітря, аеродинамічний опір більший приблизно в 4 рази і дуже залежить від кривини їхньої осі, під час експлуатації можуть бути посунуті, що призводить до значної зміни опору та розрегулювання системи, можуть бути механічно пошкоджені;



Рис. 55. Гнучкі гофровані металеві повітроводи.

- 3. Гнучкі пластикові повітроводи (рис. 56).** *Переваги:* зручні для монтажу, нечутливі до похибок трасування мереж, не потребують використання відводів, виготовляються серійно, мають низьку вартість, низький аеродинамічний опір (за умови гладкої поверхні), при достатній жорсткості – стабільний аеродинамічний опір, нечутливість до корозії у вологих приміщеннях, при використанні ударостійкого пластику їх важко пошкодити, поглинають шум. *Недоліки:* втрачають міцність при пожежі, при використанні горючих пластиків можуть горіти. **Напівжорсткі пластикові повітроводи FlexiVent Ø 63 мм і Ø 75 мм** виробництва компанії «Вентс» екологічні, внутрішній шар гладкий, тому аеродинамічний опір не більший за сталеві оцинковані; є зручними для монтажу у стелі, стінах та підлозі, тому рекомендуються для індивідуальних житлових будинків.



Рис. 56. Гнучкі пластикові повітроводи.

Найбільш розповсюдженими є повітроводи круглого та прямокутного перерізу. Повітроводи круглого перерізу оптимальні за витратою матеріалу на одиницю площі перерізу та за профілем швидкості повітря. У них немає застійних зон. Недоліком є фіксований діаметр при заданій площі перерізу. Єдина можливість зменшити висоту підвісної стелі, фальшпідлоги або стінового каналу – це використовувати паралельно з'єднані повітроводи, що призводить до перевитрати матеріалу порівняно з повітроводами прямокутного перерізу. Стандартний типоряд діаметрів повітроводів, мм: 100; 110 (точне значення 112); 125; 140; 160; 180; 200; 225 (точне значення 224); 250; 280; 315; 350 тощо. Діаметр 150 мм виходить за межі стандартного типоряду, однак через велику популярність виробники пропонують саме його замість діаметрів 140 мм та 160 мм.

Повітроводи прямокутного перерізу дозволяють варіювати відношення ширини до висоти від 1:6,3 до 6,3:1. Основним недоліком є застійна зона біля кутів перерізу, де пил та забруднювачі можуть накопичуватися інтенсивніше. Чим ближче переріз до квадрата, тим менше застійних зон. Тому рекомендований діапазон відношення ширини до висоти – від 1:2 до 2:1. Стандартні типорозміри сторін відповідають діаметрам круглих повітроводів. Однак на практиці виробники пропонують свої типоряди. Найбільш характерними розмірами, мм, є: 100×100; 100×160; 100×200; 160×160; 160×180; 200×200; 200×250; 200×400; 250×250; 250×400; 250×500; 400×400.



Витрата повітря в повітроводах L найчастіше приймається у м³/год і виражається через площу перерізу S та середню швидкість v , м/с:

$$L = 3600 S v. \quad (46)$$

При русі повітря у повітроводах виникають втрати енергії і відповідні втрати тиску Δp , Па. Розрізняють два види втрат тиску: втрати тиску за довжиною Δp_ℓ , Па, для прямих повітроводів та на місцеві опори Δp_m , Па, у фасонних елементах (трійники, відводи, кон- та дифузори тощо) та регулювальних пристроях. Загальні втрати тиску визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta p = \Delta p_\ell + \Sigma \Delta p_m. \quad (47)$$

Втрати тиску на ділянці мережі повітроводів з постійною витратою та перерізом визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха, Па:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{\rho v^2}{2} = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \Sigma \zeta \right) p_\delta, \quad (48)$$

де λ – коефіцієнт опору тертя або коефіцієнт Дарсі, ℓ – довжина, м, ділянки повітроводу, $\Sigma \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів; d – діаметр, м, який для прямокутних повітроводів розмірами $a \times b$, м, замінюється на еквівалентний діаметр

$$d_e = 2 a b / (a + b), \text{ м}, \quad (49)$$

ρ – густина повітря, кг/м³, $p_\delta = \rho v^2 / 2$ – динамічний тиск, Па.
Коефіцієнт опору тертя λ визначається за формулою Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (50)$$

де k_e – еквівалентна шорсткість стінок повітроводу, м, тобто така висота штучних рівномірно-зернистих виступів шорсткості, які створюють ефект

опору, що дорівнює дійсному опору; Re – число Рейнольдса, що характеризує відношення сил інерції та в'язкості:

$$Re = v d / \nu, \quad (51)$$

де $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря. Фізичний зміст числа Рейнольдса – відношення сил інерції та в'язкості в потоці.

Якщо повітровід має діаметр, який дорівнює еквівалентному діаметру за формулою (49), то в обох повітроводах при однаковій швидкості повітря будуть однакою втрата тиску, але не витрата повітря. Щоб витрата повітря в умовному повітроводі круглого перерізу дорівнювала витраті повітря у повітроводі прямокутного перерізу, діаметр першого має дорівнювати еквівалентному за площею діаметру:

$$d_s = 2 (a b / \pi)^{1/2} > d_e. \quad (52)$$

Формули (47) і (49) перетворюються для спрощення розрахунків: – за методом питомих втрат тиску за довжиною

$$\Delta P = R \ell + Z + \Delta P_L, \quad (53)$$

де $R = (\lambda/d) P_d$ – питомі втрати тиску за довжиною, Па, $Z = \Sigma \zeta P_d$ – втрати тиску на місцеві опори, Па, ΔP_L – втрати тиску, Па, у місцевих опорах, для яких побудовані діаграми або таблиці залежності втрат тиску від витрати; – за методом характеристик опору

$$\Delta P = S L^2 L, \quad (54)$$

де $S = \zeta' A$ – питома характеристика гідравлічного опору, $\zeta' = \lambda(\ell/d) + \Sigma \zeta + [\Delta P_L / P_d]$ – наведений місцевий опір, а $A = \rho / (2,592 \cdot 10^7 S^2)$ – питомий динамічний тиск; $2,592 \cdot 10^7 = 2 \cdot 3600^2$.

При зміні витрати питома характеристика опору змінюється слабо. На практиці член у квадратних дужках опускають і використовують формулу

$$\Delta P = S L^2 + \Delta P_L. \quad (55)$$



Розрізняють п'ять груп місцевих опорів

Група 1. Зміна напрямку потоку. До цієї групи належать повороти потоку, які називаються відводами.

Група 2. Зміна швидкості повітряного потоку. Пристрої, в яких переріз зменшується, а швидкість зростає, називаються конфузорами. Пристрої, в яких переріз зростає, а швидкість зменшується, називаються дифузорами. Коефіцієнт місцевого опору таких пристроїв віднесений до швидкості потоку з меншим перерізом. До цієї групи належать і діафрагми, тобто встановлені у повітровід пластини з отворами, меншими за переріз повітроводу. Коефіцієнт місцевого опору діафрагм віднесений до швидкості потоку у повітроводі, а не в отворі діафрагми.

Група 3. Вихід повітря з мережі повітроводів. До цієї групи належать: для припливних систем – повітророзподільники, а для витяжних систем – зонти, факельні викиди тощо.

Група 4. Вхід повітря до мережі повітроводів. Для припливних систем вентиляції це повітрязабірні пристрої (шахти, решітки), а для витяжних – витяжні решітки.

Група 5. Розділення та злиття потоків. У цій групі розглядаються трійники та хрестовини. Ця група є найскладнішою, адже режим роботи трійника (хрестовини) залежить від співвідношення витрат та перерізів одразу трьох (чи чотирьох для хрестовини) потоків.

Один і той самий трійник, що працює у припливній системі (на нагнітанні) та у витяжній (на всмоктуванні) має різні коефіцієнти місцевих опорів. Трійник має такі частини: стовбур – частина з максимальною витратою повітря; прохід – частина трійника, що є продовженням стовбура, та відгалуження – частина, що розташована під кутом до стовбура (рис. 57, а).

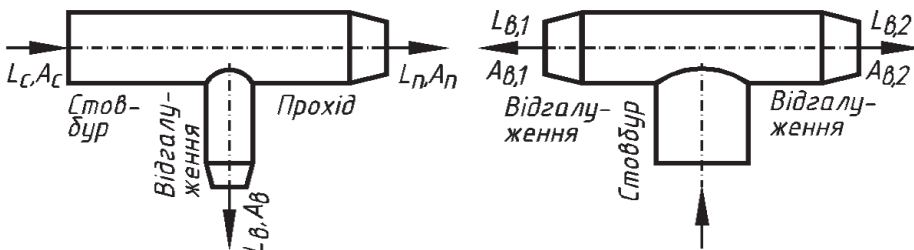


Рис. 57. Трійники:

а – на прохід і відгалуження, б – на розгалуження

Трійник може бути приєднаний так, що повітря входить до частини, яка знаходиться під кутом до двох інших (рис. 57, б). Це трійник на розгалуження. На всмоктуванні такий трійник називається трійником на злиття. Такий трійник має два відгалуження і не має проходу.

Для ділянки на проході трійника останній називається трійником на прохід, а для ділянки на відгалуженні – трійником на відгалуження.

Місцевий опір трійника на стовбурі ніколи не враховується.

У витяжних трійниках можлива ежекція потоку у відгалуженні потоком у проході. Тоді місцевий опір відгалуження є від’ємним.

Значення коефіцієнтів місцевих опорів наведені у довідниках. Якщо порівняти різні джерела, можна знайти значення коефіцієнтів місцевих опорів трійників, що відрізняються на порядок або знаком. На роботу трійника дуже впливають похибки виробництва, що **унеможлиблює високо-точний гідравлічний або аеродинамічний розрахунок санітарно-технічних систем і вимагає обов’язкового налаштування.**

Втрати тиску в мережах повітроводів визначаються при аеродинамічному розрахунку. Є дві задачі аеродинамічного розрахунку. Пряма задача виконується при проектуванні системи вентиляції – за відомими витратами повітря та схемою повітроводів визначити перерізи повітроводів, втрати тиску повітря у системі та окремих її ділянках і ув’язати втрати тиску у відгалуженнях. Зворотна задача розв’язується при реконструкції – за відомими схемою та перерізами повітроводів, а також вентиляційним обладнанням обчислити фактичні витрати повітря.

При аеродинамічних розрахунках мережа повітроводів ділиться на ділянки.

Ділянка – це частина мережі з незмінним перерізом і витратою повітря. Межами ділянок є трійники, хрестовини, повітроділильники чи повітрозабірні пристрої, конфузори чи дифузори, вентилятори. Якщо конфузори чи дифузори розташовані одразу за повітроділильником чи повітрозабірним пристроєм, то окрему ділянку між ними не розглядають, а приєднують його до ділянки з меншим перерізом. Конфузори та дифузори перед вентилятором або після нього долучають до ділянки, відповідно, до чи після вентилятора незалежно від перерізів.



Розрахунок виконується за таблицями з довідників (додаток А).

Спочатку будують схему системи вентиляції. Витрату повітря на магістральних ділянках (без повітророзподільників і витяжних решіток) визначають додаванням витрати повітря на ділянках, на які розгалужується потік із даної ділянки або з яких зливається потік до даної ділянки. Призначають магістраль, тобто маршрут повітря через найбільш віддалений та найбільш навантажений повітророзподільник або витяжну решітку. Якщо найбільш віддалений повітророзподільник або витяжна решітка не є найбільш навантаженою, серед них обирають за досвідом.

Наступним кроком підбирають діаметри ділянок за допустимою за шумом швидкістю:

- на магістральних ділянках (без повітророзподільників і витяжних решіток) – до 8 м/с;
- на ділянках-відгалуженнях – до 5 м/с.

Рекомендується плавно нарощувати швидкість у міру наближення до вентиляційної установки. Для зменшення витрати енергії можна приймати значно меншу швидкість, ніж максимальна рекомендована. Однак це збільшить габарити повітроводів.

Щоб знайти мінімально допустимий діаметр повітроводу, в рядку з максимально допустимою швидкістю табл. А1 шукають найближчу більшу або рівну витрату. Далі піднімаються вгору до найближчої витрати. Безпосередньо під нею буде наведено питому втрату тиску за довжиною, головок відповідного стовпчика містить шуканий діаметр, а боковик відповідного рядка містить фактичну швидкість і динамічний тиск.

Основні правила вибору діаметрів:

- принцип телескопічності – в міру віддалення від вентиляційної установки діаметр не може збільшуватися;
- плавна зміна швидкості за ходом повітря, за винятком дуже стиснутих умов.

У багатьох випадках невеликих систем обмежуються вибором діаметрів, а втрати тиску визначають за приблизними даними. Наприклад, ділянка повітроводу завдовжки 15 м з однією вентиляційною решіткою створює падіння тиску близько 100 Па. Такий крок завжди передбачає ризик не

отримати потрібну продуктивність, хоча більшість вентиляційного устаткування виконується з достатнім запасом.

Щоб визначити втрати тиску на ділянках, виписують перелік місцевих опорів на кожній із них, визначають коефіцієнти місцевого опору та їхню суму. При цьому на відгалуженнях враховують регульовальний пристрій для ув'язки тисків у повністю відкритому положенні (ζ_0). Далі множать цю суму на динамічний тиск, щоб отримати Z , Па. Далі за формулою (53) отримують втрати тиску на кожній ділянці. Сума втрат тиску на всіх ділянках магістралі (разом із ділянкою повітрязабору або викиду повітря) показує, який вільний тиск (різниця повних тисків на патрубках установки) має забезпечувати вентиляційна установка.

Ув'язка тисків передбачає, щоб сума втрат тиску від будь-якого розгалуження до кінцевого пристрою магістралі та до кінцевого пристрою відгалуження були однаковими при проектній витраті повітря. На кожному відгалуженні повинен бути регульовальний пристрій. **Виконати абсолютно точно аеродинамічний розрахунок неможливо в принципі, оскільки втрати тиску в трійниках дуже залежать від похибок виготовлення. Тому навіть якщо виконано розрахункову ув'язку тисків, після монтажу витрати не відповідатимуть проектним.**

Абсолютна нев'язка тисків H , Па, – це різниця між сумою втрати тиску в магістралі від точки приєднання цього відгалуження до кінця $\Sigma\Delta P_M$, Па, і втратами тиску у відгалуженні ΔP_b , Па, при проектній витраті повітря:

$$H = \Sigma\Delta P_M - \Delta p_b, \text{ Па.} \quad (56)$$

Від'ємна абсолютна нев'язка свідчить про недостатню площу перерізу відгалуження.

Відносну нев'язку тиску визначають для перевірки необхідності ув'язки тисків:

$$\varepsilon = 100 H / \Sigma\Delta P_M, \%. \quad (57)$$

Якщо $\varepsilon \leq 10 \%$, то вживання заходів для ув'язки тисків не обов'язкове. Якщо $\varepsilon > 10 \%$, то необхідно продовжити розрахунок і визначити положення регульовального пристрою.



Положення регулювального пристрою підбирають таким чином, щоб збільшити втрати тиску у відгалуженні при проектній витраті на значення абсолютної нев'язки H , Па. Потрібний коефіцієнт місцевого опору регулювального пристрою

$$\zeta_{req} = \zeta_0 + (H / P_d), \quad (58)$$

де ζ_0 – коефіцієнт місцевого опору регулювального пристрою в повністю відкритому положенні (може бути нульовим), а динамічний тиск P_d , Па, приймається для відгалуження у місці встановлення регулювального пристрою.

Якщо до регулювального пристрою наведена діаграма залежності втрати тиску від положення і витрати, а коефіцієнт місцевого опору не наведений, то використовують іншу техніку ув'язки тисків, яка широко застосовується для систем опалення. При розрахунку відгалужень регулювальний пристрій не враховують. Відносну нев'язку не розраховують. Підбирають положення регулювального пристрою на всіх відгалуженнях, щоб втрати тиску дорівнювали абсолютній нев'язці H , Па. Можна використати формулу (58) при $\zeta_0 = 0$ (адже пристрій не враховано).

Основним регулювальним пристроєм для ув'язки тисків є дросель-клапан – пластина, що обертається у перерізі (рис. 58). Для мінімізації шуму, який утворюється в ньому, та для зменшення збурення потоку в повітророзподільному пристрої дросель-клапани встановлюють безпосередньо біля трійника або хрестовини.

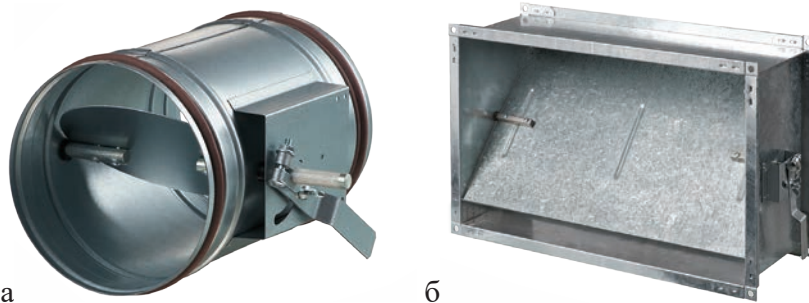


Рис. 58. Дросель-клапан ВЕНТС КР:
а – круглого перерізу; б – прямокутного перерізу

Коефіцієнт місцевого опору залежить від кута повороту α , °, що відлічується від повністю відкритого положення. Для ув'язки тисків практичне значення має коефіцієнт місцевого опору повністю відкритого дросель-клапана (для круглого перерізу $\zeta_0 = 0,6$, для прямокутного перерізу $\zeta_0 = 0,04$) та залежність кута повороту від потрібного коефіцієнта місцевого опору (рис. 59). Якщо кут повороту відлічується від повністю відкритого положення у градусах, то:

- для круглого перерізу при $0,6 \leq \zeta \leq 0,85$

$$\alpha = 40 \zeta - 24, \quad (59)$$

а при $\zeta > 0,85$ з похибкою до $1,18^\circ$

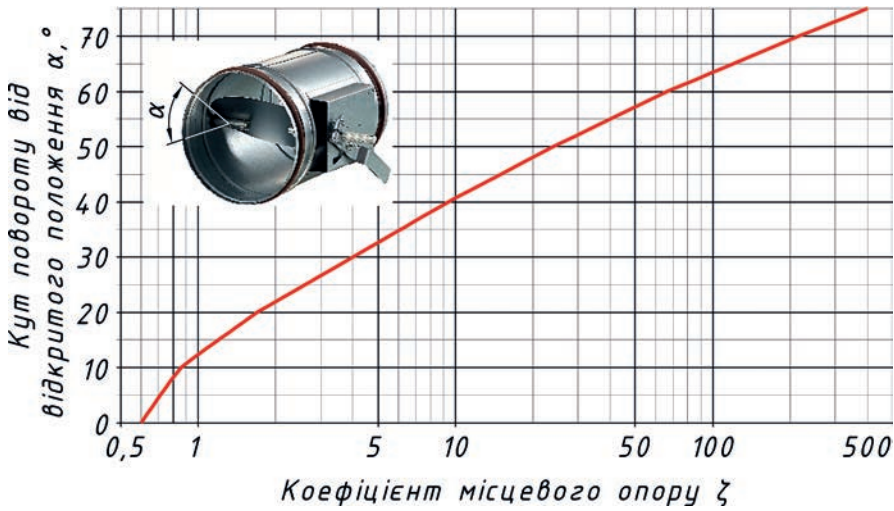
$$\alpha = 0,2448 \zeta - 24,847 \zeta^{1/2} + 68,732 \zeta^{1/3} - 31,23; \quad (60)$$

- для прямокутного перерізу при $\zeta > 0,04899$ з похибкою до $1,07\%$

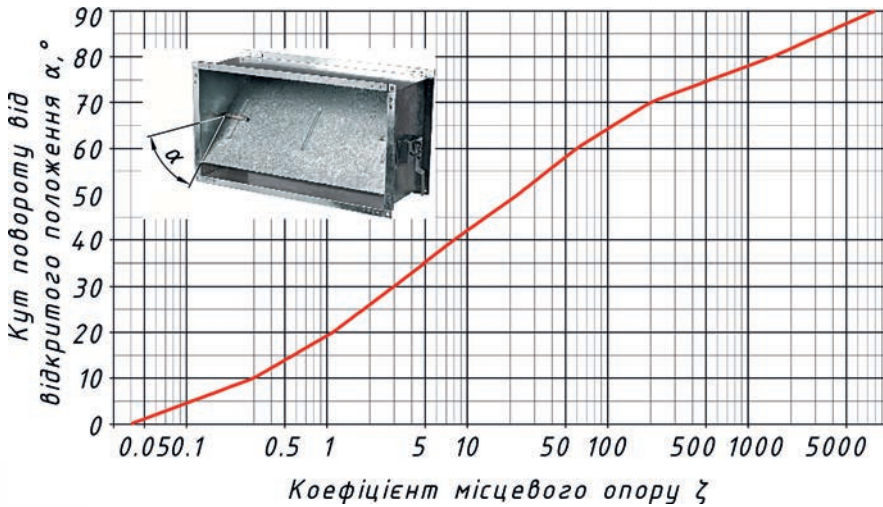
$$\alpha = 0,01 \zeta - 2,28 \zeta^{1/2} + 55,355 \zeta^{1/6} - 32,98. \quad (61)$$

Також виробляються повітророзподільні й витяжні пристрої з можливістю регулювання витрати повітря. Прикладом є анемостати та регульовані решітки. Анемостат – це пристрій, що має зовнішнє кільце та внутрішню частину, яка при повороті висувається і змінює прохід повітря (рис. 60, а).

При роботі на приплив регулювання призведе до зміни швидкості виходу повітря або типу струмини, що порушить схему циркуляції повітря. Збільшення швидкості повітря в повітророзподільному або витяжному пристрої посилює шум. Тому такий спосіб регулювання можна застосовувати для видалення повітря в допоміжних приміщеннях, де вимоги до рівня шуму мінімальні. Також використання такого способу допускається за можливості достатньо точної ув'язки системи діаметрами повітроводів на етапі проектування. У цьому винятковому випадку доведеться компенсувати лише похибки гідравлічного розрахунку, що пов'язано з меншим ризиком появи шуму або порушення циркуляції повітря в приміщенні.



а



б

Рис. 59. Залежність між коефіцієнтом місцевого опору та кутом повороту дросель-клапана від відкритого положення:
а – круглого перерізу; б – прямокутного перерізу

Використання діафрагми (пластина з отвором, що перегороджує переріз) для ув'язки тисків є застарілим рішенням і не рекомендується, оскільки для корекції її втрати тиску при налаштуванні системи необхідно або розточувати її отвір, або виготовляти нову.

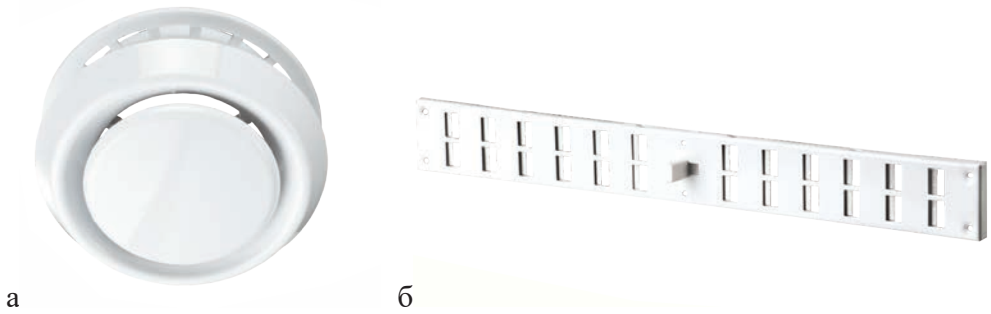


Рис. 60. Регульовані пристрої для подачі або видалення повітря:

а – анемостат ВЕНТС А ВРФ;

б – регульована решітка ВЕНТС МВМПО Р

Щоб не робити розрахункову ув'язку тисків і бути впевненим у можливості налаштування системи, втрати тиску у відгалуженнях, особливо наприкінці магістралі, штучно зменшують шляхом прийняття меншої швидкості повітря порівняно з кінцевою ділянкою магістралі, наприклад, на 1 м/с.



14. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ З ВИЗНАЧЕННЯМ ОРІЄНТОВНОГО БЮДЖЕТУ НА ВЕНТИЛЯЦІЮ

Перед початком будівництва індивідуального житлового будинку першою чергою визначаються з його загальною вартістю. Разом із визначенням та розрахунком бюджету на будівельні роботи, вартості матеріалів та обладнання необхідно розрахувати бюджет на вентиляцію будинку – роботи, матеріали та обладнання для системи вентиляції.

Виконати розрахунок бюджету на вентиляцію індивідуального житлового будинку можна замовником (господарем майбутнього будинку) або звернутися з цим питанням до спеціалізованої монтажної компанії, яка виконує роботи з проектування та монтажу систем вентиляції (будівельно-монтажні організації – БМО). Проектування системи вентиляції дозволяє забезпечити найбільш правильний вибір типу вентиляції, який тісно пов'язаний із архітектурно-планувальними та конструктивними рішеннями індивідуального житлового будинку.

Для розрахунку бюджету на вентиляцію індивідуального житлового будинку необхідно насамперед мати проект (або архітектурні креслення) будинку. У проекті зазначені розміри будинку, розташування всіх житлових приміщень із зазначенням їхнього призначення, а також допоміжних приміщень та вентиляційних шахт, віконних та дверних прорізів, інженерних мереж (водопостачання, каналізація, електропостачання, опалення) та блискавкозахист.

Приклад: задано архітектурні плани одноповерхового індивідуального житлового будинку площею 94 м^2 та висотою стелі 3 м . У будинку передбачені вітальня на $n = 3$ особи площею $20,0 \text{ м}^2$, кухня з електричною плитою площею $14,2 \text{ м}^2$, туалет і ванна кімната площею по $3,0 \text{ м}^2$ та дві спальні на $n = 2$ особи та $n = 1$ особу площею по 15 м^2 (рис. 61).

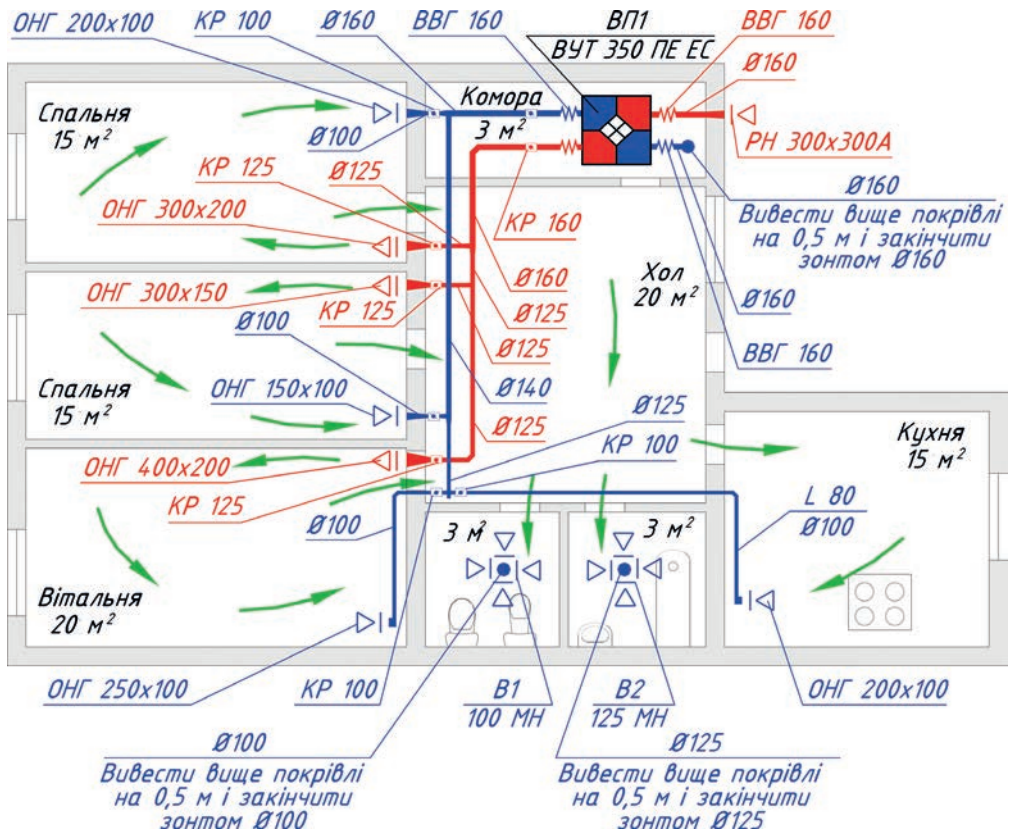


Рис. 61. Система вентиляції будинку для сім'ї з трьох осіб. План

Завдання: необхідно провести розрахунок бюджету для вентиляції індивідуального житлового будинку.

Розраховуючи бюджет для системи вентиляції будинку для сім'ї з трьох осіб, необхідно брати до уваги загальні вимоги до вентиляції індивідуального житлового будинку. Для створення оптимальних умов мікроклімату в сучасному герметичному будинку необхідно з мінімальними енерговитратами забезпечити постійний приплив зовнішнього повітря, очищеного та підігрітого, та видалення забрудненого.

Розрахунок системи вентиляції починається з визначення необхідної продуктивності за повітрям L , $\text{м}^3/\text{год}$.

За ДБН В.2.5-67:2013 для житлових приміщень та спалень мінімальні питомі витрати вентиляційного повітря $q_p = 7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{люди})$ та



$q_B = 1 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. За формулою (1) мінімальна витрата зовнішнього повітря для вітальні, спальні та сумарна, відповідно,

$$L_{tot,B} = 3 \cdot 7 + 20 \cdot 1 = 41 \text{ дм}^3/\text{с} \quad \text{або} \quad L_{tot,B} = 41 \times 3,6 = 150 \text{ м}^3/\text{Год};$$

$$L_{tot,C1} = 2 \cdot 7 + 15 \cdot 1 = 29 \text{ дм}^3/\text{с} \quad \text{або} \quad L_{tot,C1} = 29 \times 3,6 = 110 \text{ м}^3/\text{Год};$$

$$L_{tot,C2} = 1 \cdot 7 + 15 \cdot 1 = 22 \text{ дм}^3/\text{с} \quad \text{або} \quad L_{tot,C2} = 22 \times 3,6 = 80 \text{ м}^3/\text{Год};$$

$$L_{tot} = L_{tot,B} + L_{tot,C1} + L_{tot,C2} = 41 + 29 + 22 = 92 \text{ дм}^3/\text{с} \\ \text{або} \quad L_{tot} = 150 + 110 + 80 = 340 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

Витрата витяжного повітря з кухні з електричною плитою (20 $\text{дм}^3/\text{с}$ або $20 \times 3,6 = 80 \text{ м}^3/\text{Год}$), ванни (15 $\text{дм}^3/\text{с}$ або $15 \times 3,6 = 60 \text{ м}^3/\text{Год}$) та туалету (10 $\text{дм}^3/\text{с}$ або $10 \times 3,6 = 40 \text{ м}^3/\text{Год}$) становить $20 + 15 + 10 = 45 \text{ дм}^3/\text{с}$ або $80 + 60 + 40 = 180 \text{ м}^3/\text{Год}$. Таким чином, сумарної мінімальної витрати припливного повітря до житлових приміщень достатньо для забезпечення вентиляції кухні, ванни та туалету.

Загальний питомий повітрообмін становить $L_{tot}/94 = 92/94 = 0,98 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, що перевищує мінімально допустимий повітрообмін будівлі. Тому коридори можна вентилувати шляхом перетікання повітря зі спалень та вітальні. Але, можливо, необхідно збільшити продуктивність вентиляції кухні, щоб витрати повітря перетікання вистачало для вентиляції холу. За табл. 1 повітрообмін приміщень, крім кімнат, становить $0,42 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. З урахуванням площі холу 20 м^2 витрата повітря має становити $L_X = 0,42 \cdot 20 = 8,4 \text{ дм}^3/\text{с}$ або $L_X = 8,4 \times 3,6 = 30 \text{ м}^3/\text{Год}$. Таким чином, збільшувати повітрообмін кухні ($30 \text{ м}^3/\text{Год}$) немає потреби.

Якщо вентиляція кухні діє постійно, то загальна витрата витяжного повітря з вітальні та спалень становить $340 - 80 = 260 \text{ м}^3/\text{Год}$. Розподіляємо її пропорційно витраті повітря з приміщень у порядку значущості приміщень: зі спальні 1 видаляється $110 \cdot 260 / 340 = 90 \text{ м}^3/\text{Год}$; зі спальні 2 видаляється $80 \cdot 260 / 340 = 70 \text{ м}^3/\text{Год}$. З останнього за порядком розрахунку приміщення витрата витяжного повітря визначається як різниця між сумарною витратою та витратою з інших приміщень задля уникнення

похибки заокруглення. Для вітальні витрата витяжного повітря становить $260-90-70 = 100 \text{ м}^3/\text{год}$. Результати розрахунку зведені у табл. 7.

Таблиця 7

Таблиця повітрообмінів у приміщеннях

Найменування	Об'єм приміщення, м^3	Кратність припливу повітря, год^{-1}	Кількість припливного повітря, $\text{м}^3/\text{год}$	Кратність видалення повітря, год^{-1}	Кількість витяжного повітря, $\text{м}^3/\text{год}$
Вітальня	60,0	2,5	150	1,7	100
Спальня (на 2 особи)	45,0	2,4	110	2,0	90
Спальня (на 1 особу)	45,0	1,8	80	1,6	70
Кухня	45,0	–	–	1,8	80
Ванна	9,0	–	–	6,7	60
Туалет	9,0	–	–	4,4	40

Після розрахунку необхідного повітрообміну підбирають вентиляційну установку відповідної продуктивності. У нашому випадку це буде припливно-витяжна установка ВЕНТС ВУТ 350 ПЕ ЕС (рис. 62.) У загальному кошторисі з вентиляції проставляємо її вартість. За графіком залежності вільного повного тиску установки від продуктивності (характеристика P-L) визначаємо, що при продуктивності установки $L = 340 \text{ кг}/\text{год}$ її вільний повний тиск становить $\Delta P_n = 100 \text{ Па}$. Якщо прийняти запас на невраховані аеродинамічні опори $z = 10 \%$, то втрати тиску в магістралі припливної та витяжної частин не можуть перевищувати

$$\Sigma \Delta P_{m,max} = \Delta P_n / (1 + 0,01 z) = 100 / (1 + 0,01 \cdot 10) = 90,9 \text{ Па}.$$

У разі перевищення цього показника за можливості слід збільшити переріз повітроводів і решіток на магістралі до досягнення $\Sigma \Delta P_m \leq \Sigma \Delta P_{m,max}$, оскільки це найчастіше економічно доцільніше, ніж приймати наступну вентиляційну установку – ВЕНТС ВУТ 600 ПЕ ЕС.



Рис. 62. Припливно-витяжна установка ВЕНТС ВУТ 350 ПЕ ЕС

На наступному етапі розраховуємо мережу повітроводів. При цьому необхідно враховувати, що через опір мережі повітроводів відбувається падіння продуктивності вентилятора. Залежність продуктивності від повного тиску можна знайти за вентиляційними характеристиками, які наводяться в технічних характеристиках обладнання. Для орієнтовного розрахунку: ділянка повітроводу завдовжки 15 м з однією вентиляційною решіткою створює падіння тиску близько 100 Па.

Розраховуємо витяжну систему вентиляції. Перед аеродинамічним розрахунком слід створити розрахункову схему системи вентиляції (рис. 63). Магістраль нумерується з кінця до вентиляційної установки, потім у тому самому напрямку нумеруються відгалуження. Аеродинамічний розрахунок повітроводів зручно виконувати у таблиці (табл. 8).

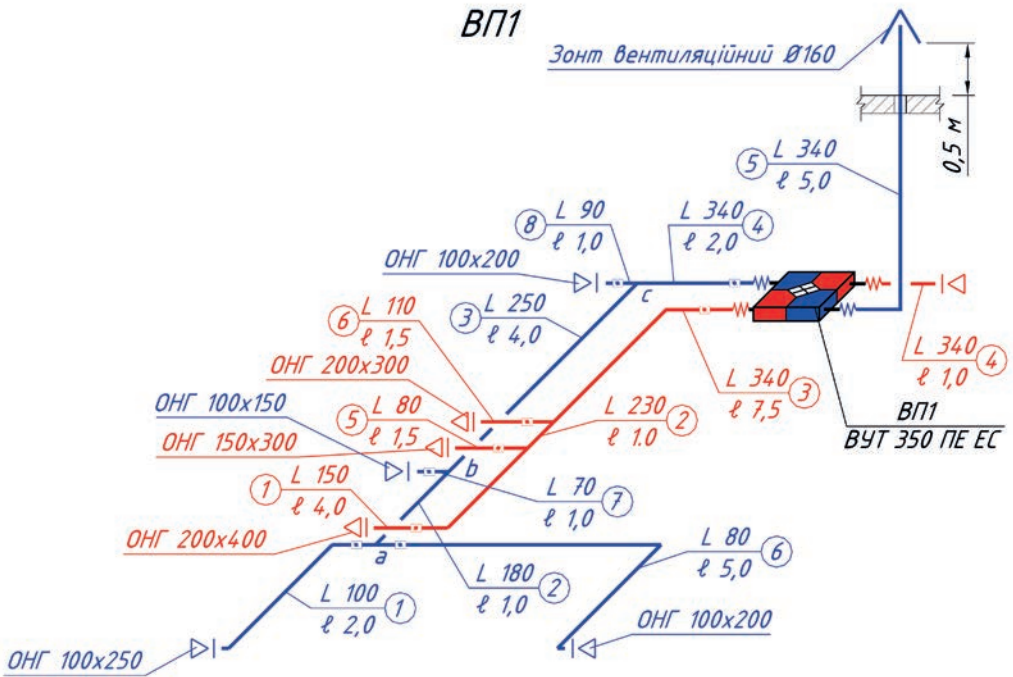


Рис. 63. Розрахункова схема ПВ1



Таблиця 8

Аеродинамічний розрахунок системи ПВ1

Підбір повітроводів за швидкістю повітря					Розрахунок втрати тиску								Ув'язка тисків					
Ділянка <i>i</i>	Витрата L_i , $\frac{m^3}{год}$	Довжина ℓ_i , м	Діаметр d_i , мм	Швидкість v_i , м/с	Динамічний тиск P_d , Па	Питома втрата тиску за довжиною R , Па/м	Сумарний коефіцієнт місцевого опору $\Sigma\Delta P_L$, Па	Додаткові втрати тиску на місцеві опори $\Sigma\Delta P_L$, Па	Втрата тиску на ділянці, Па			Загальна втрата тиску магистралі $\Sigma\Delta P_M$, Па	Втрата тиску у відгалуженні $\Sigma\Delta P_{\beta}$, Па	Абсолютна нев'язка тисків у відгалуженні $H = \Sigma\Delta P_M - \Sigma\Delta P_{\beta}$, Па	Відносна нев'язка тисків $\varepsilon = \frac{H}{H} = 100 \times \frac{\Sigma\Delta P_M}{\Sigma\Delta P_M} - \%$	Коефіцієнт місцевого опору відкритого регулювального пристрою ζ_0	Потрібний коефіцієнт місцевого опору $\zeta_{eq} = \zeta_0 + (H/P_d)$	Кут повороту дросельного клапана від відкритого положення, α
									за довжиною $R \ell$	на місцеві опори $Z = P_d \Sigma \zeta + \Sigma \Delta P_L$	загальна $\Delta P = R \ell + Z$							
ПРИПЛИВНА ЧАСТИНА																		
МАГІСТРАЛЬ																		
1	150	4,0	125	3,4	6,936	1,452	1,13	0,5	5,8	8,3	14,1	14,1	-	-	-	-	-	0
2	230	1,0	125	4,2	10,584	1,850	0,25	-	1,9	2,6	4,5	18,6	-	-	-	-	-	-
3	340	7,0	160	4,7	13,254	1,922	0,95	-	13,5	12,6	26,0	44,7	-	-	-	-	-	-
4	340	5,0	160	4,7	13,254	1,922	0,00	35,0	9,6	35,0	44,6	89,3	-	-	-	-	-	-
ВІДГАЛУЖЕННЯ																		
5	80	5,0	125	1,8	1,944	0,462	5,02	0,5	2,3	10,3	12,6	14,1	12,6	1,6	11,1	0,6	1,4	17
6	110	5,0	125	2,5	3,750	0,833	3,00	0,5	4,2	11,8	15,9	18,6	15,9	2,7	14,6	0,6	1,3	16
ВИТЯЖНА ЧАСТИНА																		
МАГІСТРАЛЬ																		
1	100	5,0	100	3,5	7,350	2,022	1,45	2,9	10,1	13,6	23,7	23,7	-	-	-	-	-	0
2	180	1,0	125	4,1	10,086	2,040	0,35	-	2,0	3,5	5,6	29,2	-	-	-	-	-	-
3	250	4,0	140	4,5	12,150	2,098	0,70	-	8,4	8,5	16,9	46,1	-	-	-	-	-	-
4	340	2,0	160	4,7	13,254	1,922	0,60	-	3,8	8,0	11,8	57,9	-	-	-	-	-	-
5	340	5,0	160	4,7	13,254	1,922	1,65	-	9,6	21,9	31,5	89,4	-	-	-	-	-	-
ВІДГАЛУЖЕННЯ																		
6	80	2,0	100	2,8	4,704	1,351	1,28	2,7	2,7	8,7	11,4	23,7	11,4	12,2	51,7	0,6	3,2	26
7	70	1,0	100	2,5	3,750	1,101	-0,20	4,4	1,1	3,7	4,8	29,2	4,8	24,5	83,8	0,6	7,1	36
8	90	1,0	100	3,2	6,144	1,719	1,59	3,5	1,7	13,3	15,0	46,1	15,0	31,1	67,5	0,6	5,7	34

Коефіцієнти місцевого опору для припливної системиДілянка 1

Решітка ОНГ 200×400.

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціювання» площа живого перерізу становить $S_{ж} = 0,045 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_1 = 150 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість $v = L_1 / (3600 S_{ж}) = 150 / (3600 \cdot 0,045) = 0,92 \text{ м/с}$.

За графіком каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціювання» $\Delta P_L = 0,5 \text{ Па}$.

Відвід на 90° $\zeta = 0,35$.

Відкритий дросель-клапан $\zeta = 0,6$.

Трійник на прохід

стовбур (с) – ділянка 2; прохід (п) – ділянка 1;

відгалуження (в) – ділянка 5.

$$L_v / L_c = L_5 / L_2 = 80 / 230 = 0,35;$$

$$S_n / S_c = (d_n / d_c)^2 = (d_1 / d_2)^2 = (125 / 125)^2 = 1. \quad \zeta = 0,18.$$

$$\Sigma \zeta = 0,35 + 0,60 + 0,18 = \mathbf{1,13}.$$

$$\Sigma \Delta P_L = \mathbf{2,2 \text{ Па}}.$$

Ділянка 2

Трійник на прохід

стовбур (с) – ділянка 3; прохід (п) – ділянка 2;

відгалуження (в) – ділянка 6.

$$L_v / L_c = L_6 / L_3 = 110 / 340 = 0,32;$$

$$S_n / S_c = (d_n / d_c)^2 = (d_2 / d_3)^2 = (125 / 160)^2 = 0,78. \quad \zeta = 0,25.$$

$$\Sigma \zeta = \mathbf{0,25}.$$

Ділянка 3

Відвід на 90° $\zeta = 0,35$.

Відкритий дросель-клапан $\zeta = 0,6$.

$$\Sigma \zeta = 0,35 + 0,60 = \mathbf{0,95}.$$

Ділянка 4

Повітрязабірна решітка РН 300×300А

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціювання» площа живого перерізу становить



$S_{жс} = 0,039 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_4 = 340 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість
 $v = L_4 / (3600 S_{жс}) = 340 / (3600 \cdot 0,039) = 2,4 \text{ м/с}$.

За графіком зазначеного каталогу ВЕНТС $\Delta P_L = 35 \text{ Па}$.

$$\Sigma \zeta = 0.$$

$$\Sigma \Delta P_L = 35 \text{ Па}.$$

Ділянка 5

Решітка ОНГ 150×300.

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціонування» площа живого перерізу становить
 $S_{жс} = 0,023 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_1 = 80 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість
 $v = L_1 / (3600 S_{жс}) = 80 / (3600 \cdot 0,023) = 0,97 \text{ м/с}$.

За графіком означеного каталогу ВЕНТС $\Delta P_L = 0,5 \text{ Па}$.

Відкритий дросель-клапан $\zeta = 0,6$.

Трійник на відгалуження

стовбур (с) – ділянка 2; прохід (п) – ділянка 1;
 відгалуження (в) – ділянка 5.

$$L_в / L_c = L_5 / L_2 = 80 / 230 = 0,35;$$

$$S_в / S_c = (d_в / d_c)^2 = (d_5 / d_2)^2 = (125 / 125)^2 = 1; \quad \zeta = 4,42^*.$$

$$\Sigma \zeta = 0,6 + 4,42 = 5,02.$$

$$\Sigma \Delta P_L = 0,5 \text{ Па}.$$

При $S_в / S_c = 0,5$ $\zeta = 1,25$; при $S_в / S_c = 0,65$ $\zeta = 2,2$; при $S_в / S_c = 1$
 екстраполюємо лінійно:

$$\zeta = 2,2 + (1 - 0,65)(2,2 - 1,25) / (0,65 - 0,5) = 4,42.$$

Ділянка 6

Решітка ОНГ 200×300.

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціонування» площа живого перерізу становить
 $S_{жс} = 0,033 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_1 = 110 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість
 $v = L_1 / (3600 S_{жс}) = 110 / (3600 \cdot 0,033) = 0,93 \text{ м/с}$.

За графіком означеного каталогу ВЕНТС $\Delta P_L = 0,5 \text{ Па}$.

Відкритий дросель-клапан $\zeta = 0,6$.

Трійник на відгалуження

стовбур (с) – ділянка 3; прохід (п) – ділянка 2;
 відгалуження (в) – ділянка 6.

$$L_6 / L_c = L_6 / L_3 = 110 / 340 = 0,32;$$

$$S_6 / S_c = (d_6 / d_c)^2 = (d_6 / d_3)^2 = (125 / 160)^2 = 0,61; \quad \zeta = 2,4.$$

$$\Sigma \zeta = 0,6 + 2,4 = 3,0.$$

$$\Sigma \Delta P_L = 0,5 \text{ Па.}$$

Коефіцієнти місцевого опору для витяжної системи

Ділянка 1

Решітка ОНГ 100×250.

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціонування» площа живого перерізу становить $S_{жс} = 0,012 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_1 = 100 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість $v = L_1 / (3600 S_{жс}) = 100 / (3600 \cdot 0,012) = 2,3 \text{ м/с}$.

За графіком означеного каталогу ВЕНТС $\Delta P_L = 2,9 \text{ Па}$.

Два відводи на 90° $\zeta = 0,35 \cdot 2 = 0,70$.

Відкритий дросель-клапан $\zeta = 0,6$.

Трійник на розгалуження (хрестовина з заглушкою):

стовбур (с) – ділянка 2; відгалуження (в) – ділянка 1.

$$L_6 / L_c = L_1 / L_2 = 100 / 180 = 0,56;$$

$$S_6 / S_c = (d_6 / d_c)^2 = (d_1 / d_2)^2 = (100 / 125)^2 = 0,64;$$

$$S_n / S_c = 1. \quad \zeta = 0,15.$$

$$\Sigma \zeta = 0,70 + 0,60 + 0,15 = 1,45.$$

$$\Sigma \Delta P_L = 2,9 \text{ Па.}$$

Ділянка 2

Трійник на прохід

стовбур (с) – ділянка 3; прохід (п) – ділянка 2;

відгалуження (в) – ділянка 7.

$$L_6 / L_c = L_7 / L_3 = 70 / 250 = 0,28;$$

$$S_6 / S_c = (d_6 / d_c)^2 = (d_7 / d_3)^2 = (100 / 140)^2 = 0,51;$$

$$S_n / S_c = (d_n / d_c)^2 = (d_2 / d_3)^2 = (125 / 140) = 0,8. \quad \zeta = 0,35.$$

$$\Sigma \zeta = 0,35.$$

Ділянка 3

Трійник на відгалуження

стовбур (с) – ділянка 4; прохід (п) – ділянка 8;

відгалуження (в) – ділянка 3.



$$L_6 / L_c = L_3 / L_4 = 250 / 340 = 0,74;$$

$$S_6 / S_c = (d_6 / d_c)^2 = (d_3 / d_4)^2 = (140 / 160)^2 = 0,77;$$

$$S_n / S_c = (d_n / d_c)^2 = (d_8 / d_4)^2 = (100 / 160)^2 = 0,39. \quad \zeta = 0,70^*.$$

$$\Sigma \zeta = 0,70.$$

*Визначається коефіцієнт місцевого опору при сусідніх значеннях $S_n / S_c = 0,5$ ($\zeta = 0,70$) та $S_n / S_c = 0,65$ ($\zeta = 0,70$) за графіком, а потім виконується лінійна екстраполяція на $S_n / S_c = 0,39$.

Ділянка 4

Відкритий дросель-клапан

$$\zeta = 0,6.$$

$$\Sigma \zeta = 0,60.$$

Ділянка 5

Відвід на 90°

$$\zeta = 0,35.$$

Зонт

$$\zeta = 1,3.$$

$$\Sigma \zeta = 0,35 + 1,3 = 1,65.$$

Ділянка 6

Решітка ОНГ 100×200 .

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціонування» площа живого перерізу становить $S_{ж} = 0,01 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_1 = 80 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість $v = L_1 / (3600 S_{ж}) = 80 / (3600 \cdot 0,01) = 2,2 \text{ м/с}$.

За графіком означеного каталогу ВЕНТС $\Delta P_L = 2,7 \text{ Па}$.

Два відводи на 90°

$$\zeta = 0,35 \cdot 2 = 0,70.$$

Відкритий дросель-клапан

$$\zeta = 0,6.$$

Трійник на розгалуження (хрестовина з заглушкою):

стовбур (с) – ділянка 2; відгалуження (в) – ділянка 6.

$$L_6 / L_c = L_6 / L_2 = 80 / 180 = 0,44;$$

$$S_6 / S_c = (d_6 / d_c)^2 = (d_6 / d_2)^2 = (100 / 125)^2 = 0,64;$$

$$S_n / S_c = 1.$$

$$\zeta = -0,02.$$

$$\Sigma \zeta = 0,70 + 0,6 + (-0,02) = 1,28.$$

$$\Sigma \Delta P_L = 2,7 \text{ Па}.$$

Ділянка 7

Решітка ОНГ 100×150 .

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціонування» площа живого перерізу становить

$S_{жс} = 0,01 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_7 = 70 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість
 $v = L_7 / (3600 S_{жс}) = 70 / (3600 \cdot 0,007) = 2,8 \text{ м/с}$.

За графіком означеного каталогу ВЕНТС $\Delta P_L = 4,4 \text{ Па}$.

Відкритий дросель-клапан $\zeta = 0,6$.

Трійник на відгалуження

стовбур (с) – ділянка 3; прохід (п) – ділянка 2;

відгалуження (в) – ділянка 7.

$$L_в / L_c = L_7 / L_3 = 70 / 250 = 0,28;$$

$$S_в / S_c = (d_в / d_c)^2 = (d_7 / d_3)^2 = (100 / 140)^2 = 0,51;$$

$$S_n / S_c = (d_n / d_c)^2 = (d_2 / d_3)^2 = (125 / 140)^2 = 0,8. \quad \zeta = -0,8.$$

$$\Sigma \zeta = 0,6 + (-0,80) = -0,20.$$

$$\Sigma \Delta P_L = 4,4 \text{ Па}.$$

Ділянка 8

Решітка ОНГ 100×200.

Згідно з даними таблиці каталогу ВЕНТС «Металеві решітки для вентиляції та кондиціонування» площа живого перерізу становить

$S_{жс} = 0,010 \text{ м}^2$. При витраті повітря $L_8 = 90 \text{ м}^3/\text{год}$ швидкість
 $v = L_8 / (3600 S_{жс}) = 90 / (3600 \cdot 0,010) = 2,5 \text{ м/с}$.

За графіком означеного каталогу ВЕНТС $\Delta P_L = 3,5 \text{ Па}$.

Відкритий дросель-клапан $\zeta = 0,6$.

Трійник на прохід

стовбур (с) – ділянка 4; прохід (п) – ділянка 8;

відгалуження (в) – ділянка 3.

$$L_в / L_c = L_3 / L_4 = 250 / 340 = 0,74;$$

$$S_в / S_c = (d_в / d_c)^2 = (d_3 / d_4)^2 = (140 / 160)^2 = 0,77;$$

$$S_n / S_c = (d_n / d_c)^2 = (d_8 / d_4)^2 = (100 / 160)^2 = 0,39. \quad \zeta = 0,99^*.$$

$$\Sigma \zeta = 0,99 + 0,6 = 1,59.$$

$$\Sigma \Delta P_L = 2,4 \text{ Па}.$$

*Визначається коефіцієнт місцевого опору (шляхом добудови ліній до $S_в / S_c = 0,77$) при сусідніх значеннях $S_n / S_c = 0,5$ ($\zeta = 1,25$) та $S_n / S_c = 0,65$ ($\zeta = 1,60$), а потім виконується лінійна екстраполяція на $S_n / S_c = 0,39$:

$$\zeta = 1,25 - (0,5 - 0,39) \cdot (1,60 - 1,25) / (0,65 - 0,5) = 0,99.$$



У загальному кошторисі з вентиляції пропонуємо вартість повітроводів. Це можуть бути пластикові повітроводи системи «Пластивент», оцинковані спіральні-навивні повітроводи або сучасні напівжорсткі гофровані повітроводи системи FlexiVent, які виробляються компанією «Вентиляційні системи».

Ванна кімната й туалет потребують видалення вологого повітря та запахів. Для цих приміщень підбираємо відповідні витяжні вентилятори. Продуктивність вентилятора повинна залежати від об'єму приміщення. У ванній кімнаті площею 10 м² встановлюємо вентилятор ВЕНТС 125 МН (із датчиком вологості), а в туалеті площею 4 м² – ВЕНТС 100 МТ (із таймером). У загальному кошторисі з вентиляції пропонуємо їхню вартість.

За підсумками проведеної роботи отримуємо приблизний бюджет вентиляції індивідуального житлового будинку (табл. 9) загальною площею 94 м². Не враховано робіт із монтажу системи вентиляції. Вони узгоджуються безпосередньо з виконавцями таких робіт.

Таблиця 9

Розрахунок загального бюджету вентиляції індивідуального житлового будинку (приклад)

Найменування	Од.	Кількість	Ціна, грн	Сумма, грн
1	2	3	4	5
ВЕНТС ВУТ 350 ПЕ ЕС у комплекті з автоматикою	шт.	1	48482,00	48482,00
Гнучкі вставки ВВГ 160	шт.	4	100,00	400,00
Решітка РН 300х300А	шт.	1	430,00	430,00
Повітророзподільні решітки ОНГ 150х100	шт.	1	168,00	168,00
Повітророзподільні решітки ОНГ 200х100	шт.	2	186,00	372,00
Повітророзподільні решітки ОНГ 250х100	шт.	1	199,00	199,00
Повітророзподільні решітки ОНГ 300х150	шт.	1	261,00	261,00

Закінчення таблиці 9

1	2	3	4	5
Повітророзподільні решітки ОНГ 300x200	шт.	1	275,00	275,00
Повітророзподільні решітки ОНГ 400x200	шт.	1	375,00	375,00
Регулювальні пристрої КР100	шт.	4	249,00	996,00
Регулювальні пристрої КР125	шт.	3	262,00	786,00
Регулювальні пристрої КР160	шт.	2	312,00	624,00
Вентилятор ВЕНТС 125 МН	шт.	1	1103,00	1103,00
Вентилятор ВЕНТС 100 МН	шт.	1	940,00	940,00
Зонт вентиляційний діаметром 100 мм	шт.	1	190	190
Зонт вентиляційний діаметром 125 мм	шт.	1	208	208
Зонт вентиляційний діаметром 160 мм	шт.	1	240	240
Повітроводи з оцинкованої сталі «Спіровент» 160/2 (довжина 2 м)	шт.	10	438,00	4380,00
Повітроводи з оцинкованої сталі «Спіровент» 140/2 (довжина 2 м)	шт.	2	366,00	732,00
Повітроводи з оцинкованої сталі «Спіровент» 125/2 (довжина 2 м)	шт.	12	331,00	3972,00
Повітроводи з оцинкованої сталі «Спіровент» 100/1 (довжина 1 м)	шт.	17	144,00	2448,00
ВСЬОГО:				67 581,00

Провести більш точний та професійний розрахунок кошторису на вентиляцію індивідуального житлового будинку (котеджу) можливо, якщо звернутися до професійних організацій, які виконують роботи з проектування та монтажу систем вентиляції. Приклад проекту вентиляції приватного будинку з конкретним кошторисом наведений у додатку Б.



15. НАЛАШТУВАННЯ МЕРЕЖ ПОВІТРОВОДІВ

Вимірювання швидкості потоку

Завдання налаштування мереж – забезпечити відповідність витрати повітря проектним значенням. Для цього необхідно визначати фактичну витрату повітря у повітророзподільниках або витяжних решітках. Для цього слід вимірювати швидкість повітря в різних точках вихідного або вхідного перерізу.

Прилад для вимірювання швидкості називається анемометр (рис. 64). Для налаштування вентиляційних мереж індивідуального житлового будинку при малій швидкості виходу повітря (до 4...5 м/с) найкраще підійде термоелектричний анемометр. Він містить нагріту нитку або кулю, на якій підтримується постійна температура. Чим більша швидкість повітря, тим більше нитка або куля втрачає теплоти, тим більшою буде витрата електроенергії на підтримання її температури. За витратою енергії та показниками вбудованого холодного датчика температури повітря обчислювач у режимі реального часу обчислює й показує швидкість і температуру повітря. Датчики термоелектроанемометрів із нагрітою ниткою виконують у захисному корпусі з двома вікнами – вхідним і вихідним. У разі протилежного напрямку потоку показники приладу будуть хибними. У разі запилення датчик підлягає заміні. Датчики з нагрітою кулею виконують відкритими. Вони легко очищуються. Допустимий будь-який напрямок потоку.

Також підійдуть крильчасті анемометри, що визначають швидкість повітря за частотою обертання крильчатки. Але при малій швидкості (менше 1 м/с) відносна похибка вимірювань суттєво зростає. Крім того, крильчатки великого розміру не здатні сприймати швидкість повітря з отворів малого перерізу.

Застосування трубок Піто-Прандтля (комбінованих приймачів тиску) для прямого вимірювання динамічного тиску неможливе, оскільки така трубка працює при швидкості, як правило, не менше 4 м/с за умови її приєднання до особливо точних мікроманометрів.



Рис. 64. Вимірювання швидкості повітря анемометром

Важливою характеристикою анемометрів є можливість усереднювати показники. Швидкість потоків повітря пульсує в часі. Всі нормативні значення стосуються усередненої швидкості, яку можна визначити, якщо активувати функцію усереднення на певний проміжок часу (від 10 с і більше). У повітророзподільниках та витяжних решітках швидкість розподілена нерівномірно. Експрес-метод визначення середньої швидкості полягає в тому, що активують функцію усереднення і негайно дуже повільно (значно повільніше за потік) та рівномірно починають обводити датчиком усю площу перерізу. Після завершення обводу усереднення негайно зупиняють і отримують шукане значення середньої швидкості повітря в перерізі. За формулою (46) визначають витрату повітря. Для швидкого і більш точного вимірювання витрати у витяжних пристроях виробляють спеціальні лійки, що мають отвір та кріплення датчика анемометра по центру їхнього перерізу. Лійка має бути щільно притиснута до витяжного пристрою. Для отримання витрати повітря отриману швидкість слід помножити на коефіцієнт лійки. Найважливіше, щоб лійка охоплювала всю витяжну решітку.



Способи налаштування мереж повітроводів

Слід розуміти, що в будь-якій мережі повітроводів незалежно від її налаштованості тиски завжди ув'язані. Тобто втрати тиску завжди однакові від будь-якої точки розгалуження до будь-якого повітророзподільника, що живиться повітрям від цієї точки. Втрати тиску завжди однакові від будь-якої точки розгалуження до будь-якої витяжної решітки, повітря з якої потрапляє до цієї точки. Наприклад, у витяжній системі на рис. 63 втрати тиску на ділянках 1 та 4 однакові (спільна точка *a*), втрати тиску на ділянці 5 дорівнюють сумарній втраті тиску на ділянках 1 та 2 (спільна точка *b*), а втрати тиску на ділянці 6 дорівнюють сумі втрати тиску на ділянках 1, 2 і 3, а також сумі втрати тиску на ділянках 5 і 3 (спільна точка *c*). Проблема полягає в тому, що витрата повітря встановиться так, щоб не було нев'язок тиску, а не так, як наведено у проекті.

Налаштування системи з малою кількістю відгалужень можливе, якщо послідовно виставити в кожному повітророзподільному або витяжному пристрої проектну витрату. Однак, якщо після проходження всієї мережі повторити вимірювання в тому пристрої, з якого починалося налаштування, витрата в ньому не буде проектною. При зменшенні продуктивності будь-якого повітророзподільника або витяжної решітки витрата повітря зменшується і на спільних ділянках. Отже, втрати тиску в них зменшаться, що збільшить витрату повітря в інших повітророзподільниках або витяжних решітках. Тому проходи системи слід повторювати доти, доки витрата повітря не буде відповідати проектній з похибкою до 20 %. Зазвичай вистачить кількох проходів. Для такого способу налаштування достатньо мати по одному регульовальному пристрою на кожен повітророзподільний або витяжний пристрій.

Якщо система достатньо розгалужена, то розглянутий спосіб налаштування вимагатиме значних витрат часу. Крім цього, якщо вентилятор обладнаний регулятором частоти обертання, то незалежно від розгалуженості мережі доцільно, щоб один із регульовальних пристроїв залишався відкритим, а загальна витрата була відрегульована вентилятором. Це дозволить заощадити енергію на переміщення повітря вентилятором.

Одним із найбільш розповсюджених та ефективних методів налаштування мереж є пропорційний метод. Налаштування системи відбувається

одним проходом з кінця магістралі. Розглянемо його на прикладі витяжної системи вентиляції на рис. 63.

Вимірюють витрату повітря наприкінці магістралі (ділянка 1) L_{1a} , м³/год, та на виході з останнього відгалуження (ділянка 6) L_{6a} , м³/год. Регулюванням відгалуження досягають прямої пропорційності між фактичними та проектними (L_1 , м³/год, L_6 , м³/год) значеннями витрати повітря:

$$L_{6a} : L_{1a} = L_6 : L_1 \quad \text{або} \quad L_{6a} = L_{1a} L_6 / L_1. \quad (62)$$

При цьому агрегат із трьох ділянок 1, 2 і 6 повністю налаштований. Аналогічно налаштовують наступне відгалуження – ділянку 7:

$$L_{7a} : L_{6a} = L_7 : L_6 \quad \text{або} \quad L_{7a} = L_{6a} L_7 / L_6. \quad (63)$$

Однак не слід змінювати положення регулювального пристрою на ділянці 4. При цьому питомі характеристики гідравлічного опору ділянок 1 і 4 залишаються практично незмінними. Оскільки між ділянками 1 і 4 немає спільних ділянок, то і співвідношення витрати в них збереглося незмінним. Того самого результату можна досягти шляхом ув'язки ділянок 1 і 5:

$$L_{7a} : L_{1a} = L_7 : L_1 \quad \text{або} \quad L_{7a} = L_{1a} L_7 / L_1. \quad (64)$$

Тепер налаштованим є агрегат із ділянок 1, 2, 3, 6 і 7.

Далі слід ув'язати ділянку 6 із будь-якою з ділянок $i = 1, 6, 7$:

$$L_{8a} : L_{ia} = L_8 : L_i \quad \text{або} \quad L_{8a} = L_{ia} L_8 / L_i. \quad (65)$$

На цьому етапі вся мережа налаштована.

Серед ділянок уже налаштованого агрегата обирають ту, від якої є найбільш швидкий доступ до ділянки, що налаштовується. Адже після кожного коригування положення регулювального пристрою доводиться вимірювати витрату на обох ділянках.

Залишається відрегулювати частоту обертання вентилятора або загальний регулювальний пристрій на спільній ділянці мережі (ділянка 4) таким чином, щоб у будь-якому повітророзподільнику або припливній



решітці була проектна витрата повітря. Оскільки всі інші витрати повітря зберігаються практично пропорційними проектній, то на всіх ділянках витрата повітря буде близькою до проектної.

Великі монтажні організації мають кілька комплектів вимірювального обладнання. При налаштуванні пропорційним методом працюють два співробітники, що обмінюються інформацією за допомогою рацій або мобільного зв'язку. Така стратегія значно скорочує тривалість робіт та знижує їхню вартість, однак вносить додаткову похибку за рахунок розбіжності відносної (розділеної на результат вимірювання) систематичної (тобто постійної) похибки двох вимірювальних приладів. При використанні одного приладу зростає час проведення робіт, але підвищується точність, оскільки відносна систематична похибка при діленні однієї витрати на іншу скорочується.

Найскладнішими є методи налаштування, що базуються на виконанні гідравлічного розрахунку системи за фактично виміряними витратою та втратами тиску на ділянках. Ці методи вимагають додаткового обладнання (вимірювач тиску – мікроманометр, приймач тиску – стандартна трубка Піто-Прандтля або трубка статичного тиску), комп'ютер для виконання розрахунків зі спеціалізованим програмним забезпеченням або заздалегідь підготованими електронними таблицями) та виконання отворів на повітроводах для приймача тиску. Використовують такі методи лише спеціалізовані організації.

Після закінчення налаштування необхідно зафіксувати положення регулювальних пристроїв (наприклад, затягнути гайку фіксації дросель-клапана) та позначити їхнє положення на корпусі. За можливості слід встановити упори, щоб пристрої не відкривалися більше необхідного. Таким чином, за потреби тимчасового перекриття відгалужень під час обслуговування системи вентиляції можна відновити проектний режим її роботи.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинні від 2014-01-01. – Київ: «Укрархбудінформ», 2013. – V, 149 с.
2. ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення. – Чинні від 2006-01-01. – Київ: «Укрархбудінформ», 2005. – 38 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2017-05-01. – Київ: «Укрархбудінформ», 2017. – 30 с.
4. ДСТУ–Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Чинні від 2011-11-01. – Київ: «Укрархбудінформ», 2011. – 127 с.
5. ДСТУ Б EN 15251:2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. – Чинні від 2013-01-01. – Київ: «Укрархбудінформ», 2012. – 71 с.
6. Довгалюк В. Б. Аеродинаміка вентиляції: Навчальний посібник / В. Б. Довгалюк. – Київ: ІВНВП «Укреліотех», 2015. – 368 с.
7. Вентиляция. Проектирование, монтаж, эксплуатация: Справочник / ред. И. Ю. Алаев. – Харьков : Пософік, 2008. – 728 с.
8. Джексон А. Мастер золотые руки. Самое полное руководство / А. Джексон, Д. Дэй. – Москва: АСТ, 2017. – 560 с.
9. Теплогазопостачання та вентиляція : Навчальний посібник / О. Т. Возняк, О. О. Савченко, Х. В. Миронюк та ін. – Львів: видавництво Львівської політехніки, 2013. – 276 с.
10. Новосад Н. Г. Как построить дом / Н. Г. Новосад. – Москва, У-фактория, 2007. – 571 с.
11. Шаффер М. Защита от шума и вибраций в системах ОВК. Практическое руководство / М. Шаффер. – Москва: АВОК-ПРЕСС, 2009. – 215 с.



ДОДАТОК А

ТАБЛИЦІ АЕРОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ МЕРЕЖ ПОВІТРОВОДІВ

**Дані для аеродинамічного розрахунку круглих металевих
повітроводів та повітроводів ($k_e = 0,1$ мм)**

v , м/с	P_d , Па	L , м ³ /год (перший рядок) і R , Па/м (другий рядок) при діаметрі d , мм												
		100	110	125	140	150	160	180	200	225	250	280	315	355
0,1	0,006	3	3	4	6	6	7	9	11	14	18	22	28	36
		0,006	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
0,2	0,024	6	7	9	11	13	14	18	23	29	35	44	56	71
		0,012	0,010	0,007	0,006	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003
0,3	0,054	8	10	13	17	19	22	27	34	43	53	67	84	107
		0,017	0,014	0,019	0,017	0,015	0,014	0,012	0,011	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005
0,4	0,096	11	14	18	22	25	29	37	45	57	71	89	112	143
		0,043	0,038	0,032	0,028	0,026	0,024	0,020	0,018	0,015	0,014	0,012	0,010	0,009
0,5	0,150	14	17	22	28	32	36	46	57	72	88	111	140	178
		0,063	0,056	0,048	0,041	0,038	0,035	0,030	0,027	0,023	0,020	0,017	0,015	0,013
0,6	0,216	17	21	27	33	38	43	55	68	86	106	133	168	214
		0,087	0,077	0,066	0,057	0,052	0,048	0,042	0,037	0,032	0,028	0,024	0,021	0,018
0,7	0,294	20	24	31	39	45	51	64	79	100	124	155	196	249
		0,114	0,101	0,086	0,075	0,069	0,063	0,055	0,048	0,041	0,036	0,032	0,027	0,023
0,8	0,384	23	27	35	44	51	58	73	90	115	141	177	224	285
		0,145	0,128	0,109	0,095	0,087	0,080	0,069	0,061	0,052	0,046	0,040	0,034	0,030
0,9	0,486	25	31	40	50	57	65	82	102	129	159	200	252	321
		0,178	0,158	0,135	0,117	0,107	0,099	0,085	0,075	0,065	0,057	0,049	0,042	0,037
1,0	0,600	28	34	44	55	64	72	92	113	143	177	222	281	356
		0,215	0,191	0,162	0,141	0,129	0,119	0,103	0,090	0,078	0,068	0,059	0,051	0,044
1,1	0,726	31	38	49	61	70	80	101	124	157	194	244	309	392
		0,254	0,226	0,192	0,167	0,153	0,141	0,122	0,107	0,092	0,081	0,070	0,061	0,052
1,2	0,864	34	41	53	67	76	87	110	136	172	212	266	337	428
		0,297	0,263	0,224	0,195	0,179	0,165	0,142	0,125	0,108	0,094	0,082	0,071	0,061
1,3	1,014	37	44	57	72	83	94	119	147	186	230	288	365	463
		0,342	0,304	0,259	0,225	0,206	0,190	0,164	0,144	0,124	0,109	0,094	0,082	0,070
1,4	1,176	40	48	62	78	89	101	128	158	200	247	310	393	499
		0,390	0,346	0,295	0,256	0,235	0,217	0,187	0,164	0,142	0,124	0,108	0,093	0,080
1,5	1,350	42	51	66	83	95	109	137	170	215	265	333	421	534
		0,441	0,392	0,334	0,290	0,266	0,245	0,212	0,186	0,160	0,140	0,122	0,105	0,091
1,6	1,536	45	55	71	89	102	116	147	181	229	283	355	449	570
		0,495	0,440	0,375	0,325	0,298	0,275	0,237	0,208	0,180	0,158	0,137	0,118	0,102
1,7	1,734	48	58	75	94	108	123	156	192	243	300	377	477	606
		0,552	0,490	0,417	0,362	0,332	0,307	0,265	0,232	0,200	0,176	0,152	0,131	0,113
1,8	1,944	51	62	80	100	115	130	165	204	258	318	399	505	641
		0,611	0,542	0,462	0,401	0,368	0,340	0,293	0,257	0,222	0,194	0,169	0,146	0,125
1,9	2,166	54	65	84	105	121	138	174	215	272	336	421	533	677
		0,673	0,597	0,509	0,442	0,405	0,374	0,323	0,283	0,244	0,214	0,186	0,160	0,138

v, м/с	P _d , Па	L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок) при діаметрі d, мм												
		100	110	125	140	150	160	180	200	225	250	280	315	355
2,0	2,400	57	68	88	111	127	145	183	226	286	353	443	561	713
		0,738	0,655	0,558	0,484	0,444	0,410	0,354	0,310	0,268	0,235	0,204	0,176	0,151
2,1	2,646	59	72	93	116	134	152	192	238	301	371	466	589	748
		0,805	0,715	0,609	0,529	0,485	0,447	0,386	0,339	0,292	0,256	0,222	0,192	0,165
2,2	2,904	62	75	97	122	140	159	202	249	315	389	488	617	784
		0,875	0,777	0,662	0,575	0,527	0,486	0,420	0,368	0,318	0,278	0,242	0,209	0,180
2,3	3,174	65	79	102	127	146	166	211	260	329	406	510	645	820
		0,948	0,842	0,717	0,622	0,571	0,527	0,455	0,399	0,344	0,302	0,262	0,226	0,195
2,4	3,456	68	82	106	133	153	174	220	271	344	424	532	673	855
		1,023	0,908	0,774	0,672	0,616	0,569	0,491	0,430	0,371	0,326	0,283	0,244	0,210
2,5	3,750	71	86	110	139	159	181	229	283	358	442	554	701	891
		1,101	0,978	0,833	0,723	0,663	0,612	0,528	0,463	0,400	0,350	0,304	0,262	0,226
2,6	4,056	74	89	115	144	165	188	238	294	372	459	576	729	926
		1,182	1,049	0,894	0,776	0,712	0,657	0,567	0,497	0,429	0,376	0,326	0,282	0,243
2,7	4,374	76	92	119	150	172	195	247	305	386	477	599	757	962
		1,265	1,123	0,957	0,831	0,762	0,703	0,607	0,532	0,459	0,402	0,349	0,301	0,260
2,8	4,704	79	96	124	155	178	203	257	317	401	495	621	786	998
		1,351	1,199	1,022	0,887	0,814	0,751	0,648	0,568	0,490	0,430	0,373	0,322	0,277
2,9	5,046	82	99	128	161	184	210	266	328	415	512	643	814	1033
		1,439	1,277	1,089	0,945	0,867	0,800	0,690	0,605	0,522	0,458	0,397	0,343	0,295
3,0	5,400	85	103	133	166	191	217	275	339	429	530	665	842	1069
		1,530	1,358	1,157	1,005	0,922	0,850	0,734	0,643	0,555	0,487	0,422	0,365	0,314
3,1	5,766	88	106	137	172	197	224	284	351	444	548	687	870	1105
		1,623	1,441	1,228	1,066	0,978	0,902	0,779	0,682	0,589	0,516	0,448	0,387	0,333
3,2	6,144	90	109	141	177	204	232	293	362	458	565	709	898	1140
		1,719	1,526	1,301	1,129	1,036	0,955	0,825	0,723	0,624	0,547	0,475	0,410	0,353
3,3	6,534	93	113	146	183	210	239	302	373	472	583	732	926	1176
		1,818	1,614	1,375	1,194	1,095	1,010	0,872	0,764	0,660	0,578	0,502	0,433	0,373
3,4	6,936	96	116	150	188	216	246	311	385	487	601	754	954	1212
		1,919	1,703	1,452	1,260	1,156	1,066	0,920	0,807	0,696	0,610	0,530	0,457	0,394
3,5	7,350	99	120	155	194	223	253	321	396	501	619	776	982	1247
		2,022	1,795	1,530	1,328	1,218	1,124	0,970	0,850	0,734	0,643	0,558	0,482	0,415
3,6	7,776	102	123	159	200	229	261	330	407	515	636	798	1010	1283
		2,128	1,889	1,610	1,398	1,282	1,183	1,021	0,895	0,772	0,677	0,588	0,507	0,437
3,7	8,214	105	127	163	205	235	268	339	418	530	654	820	1038	1318
		2,237	1,986	1,692	1,469	1,348	1,243	1,073	0,941	0,812	0,712	0,618	0,533	0,459
3,8	8,664	107	130	168	211	242	275	348	430	544	672	842	1066	1354
		2,348	2,084	1,776	1,542	1,414	1,305	1,126	0,987	0,852	0,747	0,648	0,560	0,482
3,9	9,126	110	133	172	216	248	282	357	441	558	689	865	1094	1390
		2,462	2,185	1,862	1,616	1,483	1,368	1,181	1,035	0,893	0,783	0,680	0,587	0,505
4,0	9,600	113	137	177	222	254	290	366	452	573	707	887	1122	1425
		2,578	2,288	1,950	1,693	1,553	1,432	1,236	1,084	0,935	0,820	0,712	0,614	0,529

v, м/с	P _d , Па	L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок) при діаметрі d, мм												
		100	110	125	140	150	160	180	200	225	250	280	315	355
4,1	10,086	116	140	181	227	261	297	376	464	587	725	909	1150	1461
		2,696	2,393	2,040	1,770	1,624	1,498	1,293	1,134	0,978	0,858	0,744	0,642	0,553
4,2	10,584	119	144	186	233	267	304	385	475	601	742	931	1178	1497
		2,817	2,501	2,131	1,850	1,697	1,566	1,351	1,184	1,022	0,896	0,778	0,671	0,578
4,3	11,094	122	147	190	238	274	311	394	486	615	760	953	1206	1532
		2,941	2,610	2,225	1,931	1,772	1,634	1,410	1,236	1,067	0,935	0,812	0,701	0,603
4,4	11,616	124	151	194	244	280	318	403	498	630	778	975	1234	1568
		3,067	2,722	2,320	2,014	1,847	1,704	1,471	1,289	1,113	0,976	0,847	0,731	0,629
4,5	12,150	127	154	199	249	286	326	412	509	644	795	998	1262	1603
		3,195	2,836	2,417	2,098	1,925	1,776	1,533	1,343	1,159	1,016	0,882	0,761	0,656
4,6	12,696	130	157	203	255	293	333	421	520	658	813	1020	1291	1639
		3,326	2,953	2,517	2,184	2,004	1,848	1,595	1,398	1,207	1,058	0,918	0,793	0,683
4,7	13,254	133	161	208	260	299	340	431	532	673	831	1042	1319	1675
		3,459	3,071	2,617	2,272	2,084	1,922	1,659	1,455	1,255	1,100	0,955	0,824	0,710
4,8	13,824	136	164	212	266	305	347	440	543	687	848	1064	1347	1710
		3,595	3,192	2,720	2,361	2,166	1,998	1,724	1,512	1,305	1,144	0,993	0,857	0,738
4,9	14,406	139	168	216	272	312	355	449	554	701	866	1086	1375	1746
		3,734	3,314	2,825	2,452	2,249	2,075	1,791	1,570	1,355	1,188	1,031	0,890	0,766
5,0	15,000	141	171	221	277	318	362	458	565	716	884	1108	1403	1782
		3,874	3,439	2,931	2,544	2,334	2,153	1,858	1,629	1,406	1,232	1,070	0,923	0,795
ТІЛЬКИ ДЛЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ДІЛЯНОК														
5,1	15,606	144	174	225	283	324	369	467	577	730	901	1131	1431	1817
		4,018	3,566	3,040	2,638	2,420	2,233	1,927	1,689	1,458	1,278	1,109	0,957	0,824
5,2	16,224	147	178	230	288	331	376	476	588	744	919	1153	1459	1853
		4,163	3,696	3,150	2,734	2,508	2,314	1,997	1,750	1,511	1,324	1,149	0,992	0,854
5,3	16,854	150	181	234	294	337	384	486	599	759	937	1175	1487	1889
		4,311	3,827	3,262	2,831	2,597	2,396	2,068	1,813	1,565	1,371	1,190	1,027	0,885
5,4	17,496	153	185	239	299	344	391	495	611	773	954	1197	1515	1924
		4,462	3,961	3,376	2,930	2,688	2,480	2,140	1,876	1,619	1,419	1,232	1,063	0,916
5,5	18,150	156	188	243	305	350	398	504	622	787	972	1219	1543	1960
		4,615	4,096	3,492	3,030	2,780	2,565	2,213	1,940	1,675	1,468	1,274	1,100	0,947
5,6	18,816	158	192	247	310	356	405	513	633	802	990	1241	1571	1995
		4,770	4,234	3,609	3,132	2,874	2,651	2,288	2,006	1,731	1,517	1,317	1,137	0,979
5,7	19,494	161	195	252	316	363	413	522	645	816	1007	1264	1599	2031
		4,928	4,375	3,729	3,236	2,969	2,739	2,364	2,072	1,788	1,568	1,361	1,174	1,011
5,8	20,184	164	198	256	321	369	420	531	656	830	1025	1286	1627	2067
		5,088	4,517	3,850	3,341	3,065	2,828	2,441	2,139	1,846	1,619	1,405	1,213	1,044
5,9	20,886	167	202	261	327	375	427	540	667	845	1043	1308	1655	2102
		5,251	4,661	3,973	3,448	3,163	2,918	2,519	2,208	1,906	1,670	1,450	1,251	1,078
6,0	21,600	170	205	265	333	382	434	550	679	859	1060	1330	1683	2138
		5,416	4,808	4,098	3,557	3,263	3,010	2,598	2,277	1,965	1,723	1,495	1,291	1,111

Дані для аеродинамічного розрахунку прямокутних металевих повітроводів

v, м/с	P _d , Па	Розміри перерізу a×b, мм																			
		100× ×100	100× ×150	100× ×200	150× ×150	100× ×250	100× ×300	150× ×200	150× ×250	100× ×400	200× ×200	150× ×300	100× ×500	200× ×250	100× ×600	150× ×400	200× ×300	250× ×250	150× ×500	250× ×300	200× ×400
		Відношення сторін																			
		1:1,0	1:1,5	1:2,0	1:1,0	1:2,5	1:3,0	1:1,3	1:1,7	1:4,0	1:1,0	1:2,0	1:5,0	1:1,3	1:6,0	1:2,7	1:1,5	1:1,0	1:3,3	1:1,2	1:2,0
Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)																					
L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)																					
0,1	0,006	4	5	7	8	9	11	11	14	14	14	16	18	18	22	22	22	23	27	27	29
		0,006	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
0,2	0,024	7	11	14	16	18	22	22	27	29	29	32	36	36	43	43	43	45	54	54	58
		0,012	0,008	0,006	0,005	0,006	0,005	0,004	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
0,3	0,054	11	16	22	24	27	32	32	41	43	43	49	54	54	65	65	65	68	81	81	86
		0,017	0,020	0,018	0,015	0,016	0,015	0,013	0,012	0,014	0,011	0,011	0,014	0,009	0,013	0,010	0,009	0,008	0,009	0,007	0,008
0,4	0,096	14	22	29	32	36	43	43	54	58	58	65	72	72	86	86	86	90	108	108	115
		0,043	0,034	0,030	0,026	0,027	0,026	0,022	0,019	0,024	0,018	0,018	0,022	0,016	0,022	0,016	0,014	0,014	0,015	0,012	0,013
0,5	0,150	18	27	36	41	45	54	54	68	72	72	81	90	90	108	108	108	113	135	135	144
		0,063	0,050	0,044	0,038	0,040	0,038	0,032	0,029	0,035	0,027	0,027	0,033	0,023	0,032	0,024	0,021	0,020	0,022	0,018	0,019
0,6	0,216	22	32	43	49	54	65	65	81	86	86	97	108	108	130	130	130	135	162	162	173
		0,087	0,069	0,061	0,052	0,056	0,052	0,044	0,040	0,048	0,037	0,037	0,046	0,032	0,044	0,033	0,029	0,028	0,031	0,025	0,026
0,7	0,294	25	38	50	57	63	76	76	95	101	101	113	126	126	151	151	151	158	189	189	202
		0,114	0,091	0,080	0,069	0,073	0,069	0,058	0,052	0,063	0,048	0,048	0,060	0,042	0,058	0,043	0,038	0,036	0,040	0,033	0,034
0,8	0,384	29	43	58	65	72	86	86	108	115	115	130	144	144	173	173	173	180	216	216	230
		0,145	0,115	0,101	0,087	0,093	0,087	0,074	0,066	0,080	0,061	0,061	0,076	0,053	0,074	0,055	0,048	0,046	0,051	0,041	0,042
0,9	0,486	32	49	65	73	81	97	97	122	130	130	146	162	162	194	194	194	203	243	243	259
		0,178	0,142	0,124	0,107	0,114	0,107	0,091	0,081	0,099	0,075	0,075	0,094	0,066	0,091	0,067	0,060	0,057	0,063	0,051	0,052
1,0	0,600	36	54	72	81	90	108	108	135	144	144	162	180	180	216	216	216	225	270	270	288
		0,215	0,171	0,150	0,129	0,137	0,129	0,109	0,098	0,119	0,090	0,090	0,113	0,079	0,109	0,081	0,072	0,068	0,075	0,061	0,063
1,1	0,726	40	59	79	89	99	119	119	149	158	158	178	198	198	238	238	238	248	297	297	317
		0,254	0,202	0,177	0,153	0,163	0,153	0,130	0,116	0,141	0,107	0,107	0,134	0,094	0,130	0,096	0,085	0,081	0,089	0,073	0,075
1,2	0,864	43	65	86	97	108	130	130	162	173	173	194	216	216	259	259	259	270	324	324	346
		0,297	0,236	0,207	0,179	0,190	0,179	0,151	0,135	0,165	0,125	0,125	0,157	0,109	0,151	0,112	0,099	0,094	0,104	0,085	0,087
1,3	1,014	47	70	94	105	117	140	140	176	187	187	211	234	234	281	281	281	293	351	351	374
		0,342	0,272	0,239	0,206	0,219	0,206	0,174	0,156	0,190	0,144	0,144	0,181	0,126	0,174	0,129	0,115	0,109	0,120	0,098	0,100
1,4	1,176	50	76	101	113	126	151	151	189	202	202	227	252	252	302	302	302	315	378	378	403
		0,390	0,311	0,272	0,235	0,250	0,235	0,199	0,178	0,217	0,164	0,164	0,206	0,144	0,199	0,147	0,131	0,124	0,137	0,111	0,115
1,5	1,350	54	81	108	122	135	162	162	203	216	216	243	270	270	324	324	324	338	405	405	432
		0,441	0,351	0,308	0,266	0,283	0,266	0,225	0,201	0,245	0,186	0,186	0,233	0,163	0,225	0,166	0,148	0,140	0,155	0,126	0,130
1,6	1,536	58	86	115	130	144	173	173	216	230	230	259	288	288	346	346	346	360	432	432	461
		0,495	0,394	0,346	0,298	0,317	0,298	0,252	0,226	0,275	0,208	0,208	0,261	0,182	0,252	0,187	0,166	0,158	0,174	0,141	0,145
1,7	1,734	61	92	122	138	153	184	184	230	245	245	275	306	306	367	367	367	383	459	459	490
		0,552	0,439	0,385	0,332	0,353	0,332	0,281	0,251	0,307	0,232	0,232	0,291	0,203	0,281	0,208	0,185	0,176	0,194	0,157	0,162
1,8	1,944	65	97	130	146	162	194	194	243	259	259	292	324	324	389	389	389	405	486	486	518
		0,611	0,487	0,426	0,368	0,391	0,368	0,312	0,278	0,340	0,257	0,257	0,323	0,225	0,312	0,230	0,205	0,194	0,215	0,174	0,179
1,9	2,166	68	103	137	154	171	205	205	257	274	274	308	342	342	410	410	410	428	513	513	547
		0,673	0,536	0,470	0,405	0,431	0,405	0,343	0,307	0,374	0,283	0,283	0,355	0,248	0,343	0,254	0,225	0,214	0,237	0,192	0,198
2,0	2,400	72	108	144	162	180	216	216	270	288	288	324	360	360	432	432	432	450	540	540	576
		0,738	0,587	0,515	0,444	0,472	0,444	0,376	0,336	0,410	0,310	0,310	0,390	0,272	0,376	0,278	0,247	0,235	0,259	0,211	0,217

v, м/с	P _d , Па	Розміри перерізу a×b, мм																			
		100× ×100	100× ×150	100× ×200	150× ×150	100× ×250	100× ×300	150× ×200	150× ×250	100× ×400	200× ×200	150× ×300	100× ×500	200× ×250	100× ×600	150× ×400	200× ×300	250× ×250	150× ×500	250× ×300	200× ×400
		Відношення сторін																			
		1:1,0	1:1,5	1:2,0	1:1,0	1:2,5	1:3,0	1:1,3	1:1,7	1:4,0	1:1,0	1:2,0	1:5,0	1:1,3	1:6,0	1:2,7	1:1,5	1:1,0	1:3,3	1:1,2	1:2,0
		Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)																			
112,8	138,2	159,6	169,3	178,4	195,4	195,4	218,5	225,7	225,7	239,4	252,3	252,3	276,4	276,4	276,4	282,1	309,0	309,0	319,2		
100,0	120,0	133,3	150,0	142,9	150,0	171,4	187,5	160,0	200,0	200,0	166,7	222,2	171,4	218,2	240,0	250,0	230,8	272,7	266,7		
L, м³/год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)																					
2,1	2,646	76 0,805	113 0,641	151 0,562	170 0,485	189 0,516	227 0,485	227 0,410	284 0,367	302 0,447	302 0,339	340 0,339	378 0,425	378 0,297	454 0,410	454 0,304	454 0,270	473 0,256	567 0,283	567 0,230	605 0,236
2,2	2,904	79 0,875	119 0,697	158 0,611	178 0,527	198 0,560	238 0,527	238 0,446	297 0,399	317 0,486	317 0,368	356 0,368	396 0,462	396 0,323	475 0,446	475 0,330	475 0,293	495 0,278	594 0,308	594 0,250	634 0,257
2,3	3,174	83 0,948	124 0,755	166 0,662	186 0,571	207 0,607	248 0,571	248 0,483	311 0,432	331 0,527	331 0,399	373 0,399	414 0,501	414 0,349	497 0,483	497 0,357	497 0,317	518 0,302	621 0,333	621 0,270	662 0,278
2,4	3,456	86 1,023	130 0,815	173 0,714	194 0,616	216 0,655	259 0,616	259 0,522	324 0,466	346 0,569	346 0,430	389 0,430	432 0,540	432 0,377	518 0,522	518 0,386	518 0,343	540 0,326	648 0,360	648 0,292	691 0,300
2,5	3,750	90 1,101	135 0,877	180 0,769	203 0,663	225 0,705	270 0,663	270 0,561	338 0,502	360 0,612	360 0,463	405 0,463	450 0,582	450 0,406	540 0,561	540 0,415	540 0,369	563 0,350	675 0,387	675 0,314	720 0,323
2,6	4,056	94 1,182	140 0,941	187 0,825	211 0,712	234 0,757	281 0,712	281 0,602	351 0,539	374 0,657	374 0,497	421 0,497	468 0,624	468 0,436	562 0,602	562 0,446	562 0,396	585 0,376	702 0,416	702 0,337	749 0,347
2,7	4,374	97 1,265	146 1,007	194 0,883	219 0,762	243 0,810	292 0,762	292 0,645	365 0,577	389 0,703	389 0,532	437 0,532	486 0,668	486 0,466	583 0,645	583 0,477	583 0,423	608 0,402	729 0,445	729 0,361	778 0,371
2,8	4,704	101 1,351	151 1,075	202 0,943	227 0,814	252 0,865	302 0,814	302 0,689	378 0,616	403 0,751	403 0,568	454 0,568	504 0,713	504 0,498	605 0,689	605 0,509	605 0,452	630 0,430	756 0,475	756 0,385	806 0,396
2,9	5,046	104 1,439	157 1,146	209 1,004	235 0,867	261 0,921	313 0,867	313 0,734	392 0,656	418 0,800	418 0,605	470 0,605	522 0,760	522 0,530	626 0,734	626 0,543	626 0,482	653 0,458	783 0,506	783 0,411	835 0,422
3,0	5,400	108 1,530	162 1,218	216 1,068	243 0,922	270 0,980	324 0,922	324 0,780	405 0,697	432 0,850	432 0,643	486 0,643	540 0,808	540 0,564	648 0,780	648 0,577	648 0,512	675 0,487	810 0,538	810 0,437	864 0,449
3,1	5,766	112 1,623	167 1,292	223 1,133	251 0,978	279 1,039	335 0,978	335 0,828	419 0,740	446 0,902	446 0,682	502 0,682	558 0,857	558 0,598	670 0,828	670 0,612	670 0,543	698 0,516	837 0,571	837 0,463	893 0,476
3,2	6,144	115 1,719	173 1,369	230 1,200	259 1,036	288 1,101	346 1,036	346 0,876	432 0,784	461 0,955	461 0,723	518 0,723	576 0,908	576 0,634	691 0,876	691 0,648	691 0,576	720 0,547	864 0,604	864 0,491	922 0,505
3,3	6,534	119 1,818	178 1,447	238 1,269	267 1,095	297 1,164	356 0,927	356 0,927	446 0,828	475 1,010	475 0,764	535 0,764	594 0,960	594 0,670	713 0,927	713 0,685	713 0,609	743 0,578	891 0,639	891 0,519	950 0,533
3,4	6,936	122 1,919	184 1,528	245 1,339	275 1,156	306 1,229	367 1,156	367 0,978	459 0,875	490 1,066	490 0,807	551 0,807	612 1,013	612 0,707	734 0,978	734 0,724	734 0,642	765 0,610	918 0,675	918 0,547	979 0,563
3,5	7,350	126 2,022	189 1,610	252 1,411	284 1,218	315 1,295	378 1,218	378 1,031	473 0,922	504 1,124	504 0,850	567 0,850	630 1,068	630 0,745	756 1,031	756 0,763	756 0,677	788 0,643	945 0,711	945 0,577	1008 0,593
3,6	7,776	130 2,128	194 1,695	259 1,485	292 1,282	324 1,363	389 1,282	389 1,085	486 0,970	518 1,183	518 0,895	583 0,895	648 1,124	648 0,784	778 1,085	778 0,803	778 0,712	810 0,677	972 0,748	972 0,607	1037 0,625
3,7	8,214	133 2,237	200 1,781	266 1,561	300 1,348	333 1,432	400 1,348	400 1,140	500 1,020	533 1,243	533 0,941	599 0,941	666 1,181	666 0,824	799 1,140	799 0,844	799 0,749	833 0,712	999 0,786	999 0,638	1066 0,656
3,8	8,664	137 2,348	205 1,869	274 1,639	308 1,414	342 1,503	410 1,414	410 1,197	513 1,070	547 1,305	547 0,987	616 0,987	684 1,240	684 0,865	821 1,197	821 0,885	821 0,786	855 0,747	1026 0,826	1026 0,670	1094 0,689
3,9	9,126	140 2,462	211 1,960	281 1,718	316 1,483	351 1,576	421 1,483	421 1,255	527 1,122	562 1,368	562 1,035	632 1,035	702 1,300	702 0,907	842 1,255	842 0,928	842 0,824	878 0,783	1053 0,865	1053 0,702	1123 0,722
4,0	9,600	144 2,578	216 2,052	288 1,799	324 1,553	360 1,650	432 1,553	432 1,314	540 1,175	576 1,432	576 1,084	648 1,084	720 1,361	720 0,950	864 1,314	864 0,972	864 0,863	900 0,820	1080 0,906	1080 0,735	1152 0,756
4,1	10,086	148 2,696	221 2,147	295 1,882	332 1,624	369 1,726	443 1,624	443 1,375	554 1,229	590 1,498	590 1,134	664 1,134	738 1,424	738 0,994	886 1,375	886 1,017	886 0,903	923 0,858	1107 0,948	1107 0,769	1181 0,791
4,2	10,584	151 2,817	227 2,243	302 1,966	340 1,697	378 1,804	454 1,697	454 1,436	567 1,284	605 1,566	605 1,184	680 1,184	756 1,488	756 1,038	907 1,436	907 1,062	907 0,943	945 0,896	1134 0,990	1134 0,804	1210 0,827

v, м/с	Pa, Па	Розміри перерізу a×b, мм																			
		100× ×100	100× ×150	100× ×200	150× ×150	100× ×250	100× ×300	150× ×200	150× ×250	100× ×400	200× ×200	150× ×300	100× ×500	200× ×250	100× ×600	150× ×400	200× ×300	250× ×250	150× ×500	250× ×300	200× ×400
		Відношення сторін																			
		1:1,0	1:1,5	1:2,0	1:1,0	1:2,5	1:3,0	1:1,3	1:1,7	1:4,0	1:1,0	1:2,0	1:5,0	1:1,3	1:6,0	1:2,7	1:1,5	1:1,0	1:3,3	1:1,2	1:2,0
		Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)																			
L, м³/год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)																					
4,3	11,094	155	232	310	348	387	464	464	581	619	619	697	774	774	929	929	929	968	1161	1161	1238
		2,941	2,341	2,052	1,772	1,883	1,772	1,499	1,340	1,634	1,236	1,236	1,553	1,084	1,499	1,109	0,984	0,935	1,034	0,839	0,863
4,4	11,616	158	238	317	356	396	475	475	594	634	634	713	792	792	950	950	950	990	1188	1188	1267
		3,067	2,442	2,140	1,847	1,964	1,847	1,563	1,398	1,704	1,289	1,289	1,619	1,130	1,563	1,157	1,027	0,976	1,078	0,875	0,900
4,5	12,150	162	243	324	365	405	486	486	608	648	648	729	810	810	972	972	972	1013	1215	1215	1296
		3,195	2,544	2,230	1,925	2,046	1,925	1,629	1,456	1,776	1,343	1,343	1,687	1,178	1,629	1,205	1,070	1,016	1,123	0,912	0,938
4,6	12,696	166	248	331	373	414	497	497	621	662	662	745	828	828	994	994	994	1035	1242	1242	1325
		3,326	2,648	2,321	2,004	2,130	2,004	1,696	1,516	1,848	1,398	1,398	1,756	1,226	1,696	1,254	1,113	1,058	1,169	0,949	0,976
4,7	13,254	169	254	338	381	423	508	508	635	677	677	761	846	846	1015	1015	1015	1058	1269	1269	1354
		3,459	2,754	2,415	2,084	2,215	2,084	1,764	1,577	1,922	1,455	1,455	1,827	1,275	1,764	1,305	1,158	1,100	1,216	0,987	1,015
4,8	13,824	173	259	346	389	432	518	518	648	691	691	778	864	864	1037	1037	1037	1080	1296	1296	1382
		3,595	2,863	2,509	2,166	2,302	2,166	1,833	1,639	1,998	1,512	1,512	1,899	1,325	1,833	1,356	1,204	1,144	1,264	1,026	1,055
4,9	14,406	176	265	353	397	441	529	529	662	706	706	794	882	882	1058	1058	1058	1103	1323	1323	1411
		3,734	2,973	2,606	2,249	2,391	2,249	1,903	1,702	2,075	1,570	1,570	1,972	1,376	1,903	1,408	1,250	1,188	1,313	1,065	1,096
5,0	15,000	180	270	360	405	450	540	540	675	720	720	810	900	900	1080	1080	1080	1125	1350	1350	1440
		3,874	3,085	2,704	2,334	2,481	2,334	1,975	1,766	2,153	1,629	1,629	2,046	1,428	1,975	1,461	1,297	1,232	1,362	1,105	1,137
ТІЛЬКИ ДЛЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ДІЛЯНОК																					
5,1	15,606	184	275	367	413	459	551	551	689	734	734	826	918	918	1102	1102	1102	1148	1377	1377	1469
		4,018	3,199	2,804	2,420	2,572	2,420	2,048	1,831	2,233	1,689	1,689	2,122	1,481	2,048	1,515	1,345	1,278	1,413	1,146	1,179
5,2	16,224	187	281	374	421	468	562	562	702	749	749	842	936	936	1123	1123	1123	1170	1404	1404	1498
		4,163	3,315	2,906	2,508	2,666	2,508	2,122	1,897	2,314	1,750	1,750	2,198	1,534	2,122	1,573	1,394	1,324	1,464	1,188	1,222
5,3	16,854	191	286	382	429	477	572	572	716	763	763	859	954	954	1145	1145	1145	1193	1431	1431	1526
		4,311	3,433	3,009	2,597	2,760	2,597	2,198	1,965	2,396	1,813	1,813	2,277	1,589	2,198	1,626	1,443	1,371	1,516	1,230	1,265
5,4	17,496	194	292	389	437	486	583	583	729	778	778	875	972	972	1166	1166	1166	1215	1458	1458	1555
		4,462	3,553	3,114	2,688	2,857	2,688	2,275	2,034	2,480	1,876	1,876	2,356	1,644	2,275	1,683	1,494	1,419	1,569	1,273	1,309
0,0	0,000	198	297	396	446	495	594	594	742	792	792	891	990	990	1188	1188	1188	1238	1485	1485	1584
		4,615	3,674	3,221	2,780	2,955	2,780	2,353	2,103	2,565	1,940	1,940	2,437	1,701	2,353	1,740	1,545	1,468	1,622	1,317	1,354
5,6	18,816	202	302	403	454	504	605	605	756	806	806	907	1008	1008	1210	1210	1210	1260	1512	1512	1613
		4,770	3,798	3,329	2,874	3,054	2,874	2,432	2,174	2,651	2,006	2,006	2,519	1,758	2,432	1,799	1,597	1,517	1,677	1,361	1,400
0,0	0,000	205	308	410	462	513	616	616	769	821	821	923	1026	1026	1231	1231	1231	1283	1539	1539	1642
		4,928	3,924	3,440	2,969	3,155	2,969	2,512	2,246	2,739	2,072	2,072	2,602	1,816	2,512	1,858	1,650	1,568	1,733	1,406	1,446
5,8	20,184	209	313	418	470	522	626	626	783	835	835	940	1044	1044	1253	1253	1253	1305	1566	1566	1670
		5,088	4,051	3,551	3,065	3,258	3,065	2,594	2,319	2,828	2,139	2,139	2,687	1,875	2,594	1,919	1,703	1,619	1,789	1,452	1,493
5,9	20,886	212	319	425	478	531	637	637	796	850	850	956	1062	1062	1274	1274	1274	1328	1593	1593	1699
		5,251	4,181	3,665	3,163	3,362	3,163	2,677	2,393	2,918	2,208	2,208	2,773	1,935	2,677	1,980	1,758	1,670	1,846	1,498	1,541
6,0	21,600	216	324	432	486	540	648	648	810	864	864	972	1080	1080	1296	1296	1296	1350	1620	1620	1728
		5,416	4,312	3,780	3,263	3,468	3,263	2,761	2,469	3,010	2,277	2,277	2,860	1,996	2,761	2,043	1,813	1,723	1,904	1,545	1,589

Позначення: – найкраще співвідношення сторін (до 1:2);
 – приймати лише за потреби (від 1:2 до 1:3);
 – приймати лише за крайньої потреби (понад 1:3).

**Дані для аеродинамічного розрахунку пластикових повітроводів
Флексивент та Пластивент ($k_e = 0,05$ мм)**

v, м/с	P _d , Па	Діаметр d, мм						Розміри перерізу a×b, мм			
		63	75	100	125	150	200	55×	60×	60×	90×
								×110	×120	×204	×220
		Співвідношення сторін									
		1:2,0	1:2,0	1:3,4	1:2,4						
		Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)									
		87,8	95,7	124,8	158,8						
73,3	80,0	92,7	127,7								
L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)											
0,1	0,006	1	2	3	4	6	11	2	3	4	7
		0,015	0,010	0,006	0,004	0,003	0,001	0,011	0,009	0,007	0,004
0,2	0,024	2	3	6	9	13	23	4	5	9	14
		0,029	0,020	0,012	0,007	0,005	0,005	0,021	0,018	0,013	0,007
0,3	0,054	3	5	8	13	19	34	7	8	13	21
		0,044	0,031	0,017	0,019	0,015	0,011	0,032	0,027	0,020	0,019
0,4	0,096	4	6	11	18	25	45	9	10	18	29
		0,058	0,041	0,042	0,032	0,026	0,018	0,043	0,036	0,047	0,031
0,5	0,150	6	8	14	22	32	57	11	13	22	36
		0,073	0,090	0,063	0,047	0,038	0,026	0,092	0,083	0,069	0,046
0,6	0,216	7	10	17	27	38	68	13	16	26	43
		0,154	0,124	0,086	0,065	0,052	0,036	0,127	0,114	0,095	0,064
0,7	0,294	8	11	20	31	45	79	15	18	31	50
		0,202	0,162	0,113	0,086	0,068	0,048	0,167	0,150	0,125	0,083
0,8	0,384	9	13	23	35	51	90	17	21	35	57
		0,255	0,205	0,143	0,108	0,086	0,060	0,211	0,189	0,157	0,106
0,9	0,486	10	14	25	40	57	102	20	23	40	64
		0,314	0,253	0,176	0,133	0,106	0,074	0,260	0,233	0,194	0,130
1,0	0,600	11	16	28	44	64	113	22	26	44	71
		0,378	0,304	0,212	0,161	0,128	0,089	0,313	0,281	0,233	0,156
1,1	0,726	12	17	31	49	70	124	24	29	48	78
		0,447	0,360	0,251	0,190	0,151	0,106	0,370	0,332	0,276	0,185
1,2	0,864	13	19	34	53	76	136	26	31	53	86
		0,522	0,419	0,293	0,221	0,176	0,123	0,431	0,387	0,322	0,216

Продовження таблиці А3

v, м/с	P _d , Па	Діаметр d, мм						Розміри перерізу a×b, мм			
		63	75	100	125	150	200	55×	60×	60×	90×
								×110	×120	×204	×220
		Співвідношення сторін									
		1:2,0	1:2,0	1:3,4	1:2,4	Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)					
		87,8	95,7	124,8	158,8						
		73,3	80,0	92,7	127,7						
		L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)									
1,3	1,014	15	21	37	57	83	147	28	34	57	93
		0,601	0,483	0,337	0,255	0,203	0,142	0,497	0,446	0,371	0,248
1,4	1,176	16	22	40	62	89	158	30	36	62	100
		0,685	0,551	0,384	0,291	0,231	0,162	0,566	0,508	0,422	0,283
1,5	1,350	17	24	42	66	95	170	33	39	66	107
		0,773	0,622	0,434	0,328	0,261	0,183	0,640	0,574	0,477	0,320
1,6	1,536	18	25	45	71	102	181	35	41	71	114
		0,867	0,697	0,487	0,368	0,293	0,205	0,717	0,643	0,535	0,358
1,7	1,734	19	27	48	75	108	192	37	44	75	121
		0,965	0,776	0,542	0,410	0,326	0,228	0,798	0,716	0,595	0,399
1,8	1,944	20	29	51	80	115	204	39	47	79	128
		1,068	0,859	0,599	0,453	0,361	0,252	0,883	0,792	0,659	0,441
1,9	2,166	21	30	54	84	121	215	41	49	84	135
		1,175	0,945	0,659	0,499	0,397	0,277	0,972	0,872	0,725	0,486
2,0	2,400	22	32	57	88	127	226	44	52	88	143
		1,287	1,035	0,722	0,546	0,435	0,304	1,064	0,955	0,794	0,532
2,1	2,646	24	33	59	93	134	238	46	54	93	150
		1,403	1,128	0,787	0,596	0,474	0,331	1,160	1,041	0,865	0,580
2,2	2,904	25	35	62	97	140	249	48	57	97	157
		1,524	1,225	0,855	0,647	0,515	0,360	1,260	1,130	0,940	0,630
2,3	3,174	26	37	65	102	146	260	50	60	101	164
		1,649	1,326	0,925	0,700	0,557	0,389	1,364	1,223	1,017	0,681
2,4	3,456	27	38	68	106	153	271	52	62	106	171
		1,778	1,430	0,998	0,755	0,601	0,420	1,471	1,319	1,097	0,735
2,5	3,750	28	40	71	110	159	283	54	65	110	178
		1,912	1,537	1,073	0,812	0,646	0,451	1,581	1,418	1,179	0,790
2,6	4,056	29	41	74	115	165	294	57	67	115	185
		2,050	1,649	1,151	0,871	0,693	0,484	1,695	1,521	1,264	0,847

Продовження таблиці А3

v, м/с	P _d , Па	Діаметр d, мм						Розміри перерізу a×b, мм			
		63	75	100	125	150	200	55×	60×	60×	90×
								×110	×120	×204	×220
		Співвідношення сторін									
		1:2,0	1:2,0	1:3,4	1:2,4	Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)					
		87,8	95,7	124,8	158,8	73,3	80,0	92,7	127,7		
L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)											
2,7	4,374	30	43	76	119	172	305	59	70	119	192
		2,192	1,763	1,230	0,931	0,741	0,517	1,813	1,626	1,352	0,906
2,8	4,704	31	45	79	124	178	317	61	73	123	200
		2,339	1,881	1,313	0,993	0,791	0,552	1,934	1,735	1,443	0,967
2,9	5,046	33	46	82	128	184	328	63	75	128	207
		2,490	2,002	1,397	1,057	0,842	0,588	2,059	1,847	1,536	1,029
3,0	5,400	34	48	85	133	191	339	65	78	132	214
		2,645	2,127	1,484	1,123	0,894	0,624	2,187	1,962	1,631	1,093
3,1	5,766	35	49	88	137	197	351	68	80	137	221
		2,804	2,255	1,574	1,191	0,948	0,662	2,319	2,080	1,730	1,159
3,2	6,144	36	51	90	141	204	362	70	83	141	228
		2,967	2,386	1,665	1,260	1,003	0,700	2,454	2,201	1,830	1,226
3,3	6,534	37	52	93	146	210	373	72	86	145	235
		3,135	2,521	1,759	1,331	1,060	0,740	2,593	2,325	1,934	1,296
3,4	6,936	38	54	96	150	216	385	74	88	150	242
		3,306	2,659	1,856	1,404	1,118	0,780	2,735	2,453	2,039	1,366
3,5	7,350	39	56	99	155	223	396	76	91	154	249
		3,482	2,800	1,954	1,479	1,177	0,822	2,880	2,583	2,148	1,439
3,6	7,776	40	57	102	159	229	407	78	93	159	257
		3,662	2,945	2,055	1,555	1,238	0,864	3,029	2,716	2,259	1,513
3,7	8,214	42	59	105	163	235	418	81	96	163	264
		3,846	3,093	2,158	1,633	1,300	0,908	3,181	2,853	2,372	1,589
3,8	8,664	43	60	107	168	242	430	83	98	167	271
		4,034	3,244	2,264	1,713	1,364	0,952	3,336	2,992	2,488	1,667
3,9	9,126	44	62	110	172	248	441	85	101	172	278
		4,225	3,398	2,372	1,794	1,429	0,997	3,495	3,135	2,606	1,746
4,0	9,600	45	64	113	177	254	452	87	104	176	285
		4,421	3,556	2,482	1,878	1,495	1,043	3,657	3,280	2,727	1,827

Продовження таблиці А3

v, м/с	P _d , Па	Діаметр d, мм						Розміри перерізу a×b, мм			
		63	75	100	125	150	200	55×	60×	60×	90×
								×110	×120	×204	×220
		Співвідношення сторін									
		1:2,0	1:2,0	1:3,4	1:2,4	Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)					
		87,8	95,7	124,8	158,8						
		73,3	80,0	92,7	127,7						
L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)											
4,1	10,086	46	65	116	181	261	464	89	106	181	292
		4,621	3,716	2,594	1,963	1,563	1,091	3,822	3,428	2,851	1,910
4,2	10,584	47	67	119	186	267	475	91	109	185	299
		4,825	3,880	2,708	2,049	1,632	1,139	3,991	3,580	2,976	1,994
4,3	11,094	48	68	122	190	274	486	94	111	189	307
		5,033	4,048	2,825	2,137	1,702	1,188	4,163	3,734	3,105	2,080
4,4	11,616	49	70	124	194	280	498	96	114	194	314
		5,245	4,218	2,944	2,227	1,773	1,238	4,338	3,891	3,235	2,168
4,5	12,150	50	72	127	199	286	509	98	117	198	321
		5,461	4,392	3,065	2,319	1,846	1,289	4,517	4,051	3,369	2,257
4,6	12,696	52	73	130	203	293	520	100	119	203	328
		5,681	4,568	3,189	2,412	1,921	1,341	4,699	4,214	3,504	2,348
4,7	13,254	53	75	133	208	299	532	102	122	207	335
		5,905	4,748	3,314	2,507	1,996	1,393	4,884	4,380	3,642	2,440
4,8	13,824	54	76	136	212	305	543	105	124	212	342
		6,132	4,932	3,442	2,604	2,073	1,447	5,072	4,549	3,783	2,534
4,9	14,406	55	78	139	216	312	554	107	127	216	349
		6,364	5,118	3,572	2,703	2,152	1,502	5,264	4,721	3,926	2,630
5,0	15,000	56	80	141	221	318	565	109	130	220	356
		6,600	5,307	3,704	2,803	2,231	1,557	5,458	4,896	4,071	2,728
ТІЛЬКИ ДЛЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ДІЛЯНОК											
5,1	15,606	57	81	144	225	324	577	111	132	225	364
		6,839	5,500	3,839	2,904	2,312	1,614	5,656	5,073	4,219	2,827
5,2	16,224	58	83	147	230	331	588	113	135	229	371
		7,082	5,695	3,975	3,008	2,395	1,671	5,858	5,254	4,369	2,927
5,3	16,854	59	84	150	234	337	599	115	137	234	378
		7,330	5,894	4,114	3,113	2,478	1,730	6,062	5,437	4,521	3,029

Закінчення таблиці А3

v, м/с	P _d , Па	Діаметр d, мм						Розміри перерізу a×b, мм			
		63	75	100	125	150	200	55×	60×	60×	90×
								×110	×120	×204	×220
						Співвідношення сторін					
						1:2,0	1:2,0	1:3,4	1:2,4		
						Еквівалентний діаметр, мм, за площею (перший рядок) і за втратами тиску (другий рядок)					
						L, м ³ /год (перший рядок) і R, Па/м (другий рядок)					
5,4	17,496	61	86	153	239	344	611	118	140	238	385
		7,581	6,096	4,255	3,219	2,563	1,789	6,270	5,624	4,676	3,133
5,5	18,150	62	87	156	243	350	622	120	143	242	392
		7,836	6,301	4,398	3,327	2,649	1,849	6,481	5,813	4,833	3,238
5,6	18,816	63	89	158	247	356	633	122	145	247	399
		8,094	6,509	4,543	3,437	2,737	1,910	6,695	6,005	4,993	3,345
5,7	19,494	64	91	161	252	363	645	124	148	251	406
		8,357	6,720	4,691	3,549	2,826	1,972	6,912	6,200	5,155	3,454
5,8	20,184	65	92	164	256	369	656	126	150	256	413
		8,624	6,935	4,840	3,662	2,916	2,035	7,132	6,397	5,319	3,564
5,9	20,886	66	94	167	261	375	667	129	153	260	421
		8,894	7,152	4,992	3,777	3,007	2,099	7,356	6,598	5,486	3,676
6,0	21,600	67	95	170	265	382	679	131	156	264	428
		9,168	7,373	5,146	3,893	3,100	2,164	7,583	6,801	5,655	3,789

Позначення: – найкраще співвідношення сторін (до 1:2);
 – приймати лише за потреби (від 1:2 до 1:3);
 – приймати лише за крайньої потреби (понад 1:3).



ДОДАТОК Б

ПРИКЛАД РОБОЧОГО ПРОЕКТУ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Будівництво приватного будинку в Київській обл.

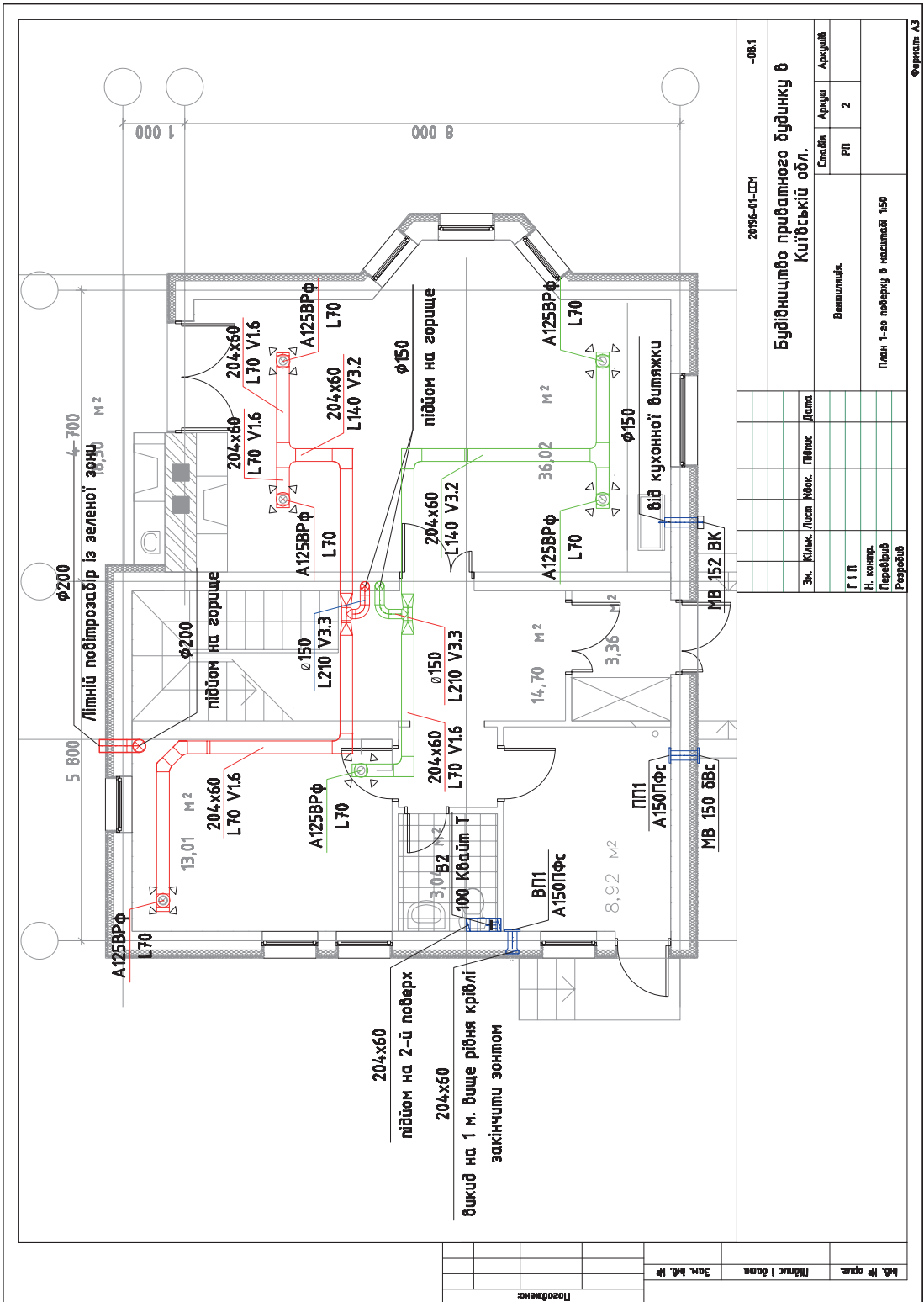
Робочий проект

Вентиляція

2016-01-ССМ-ОВ.1

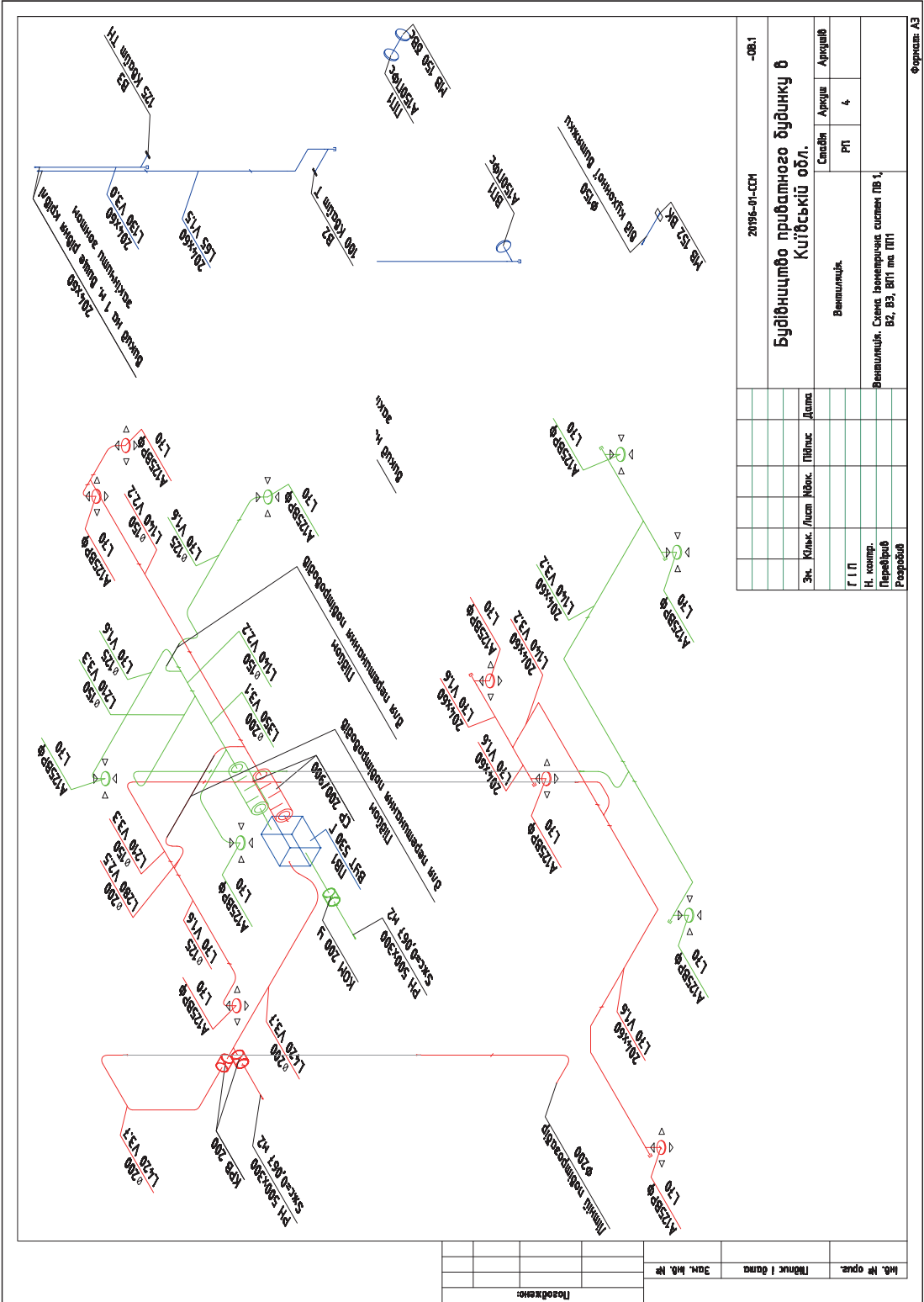
Київ 2016

Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №



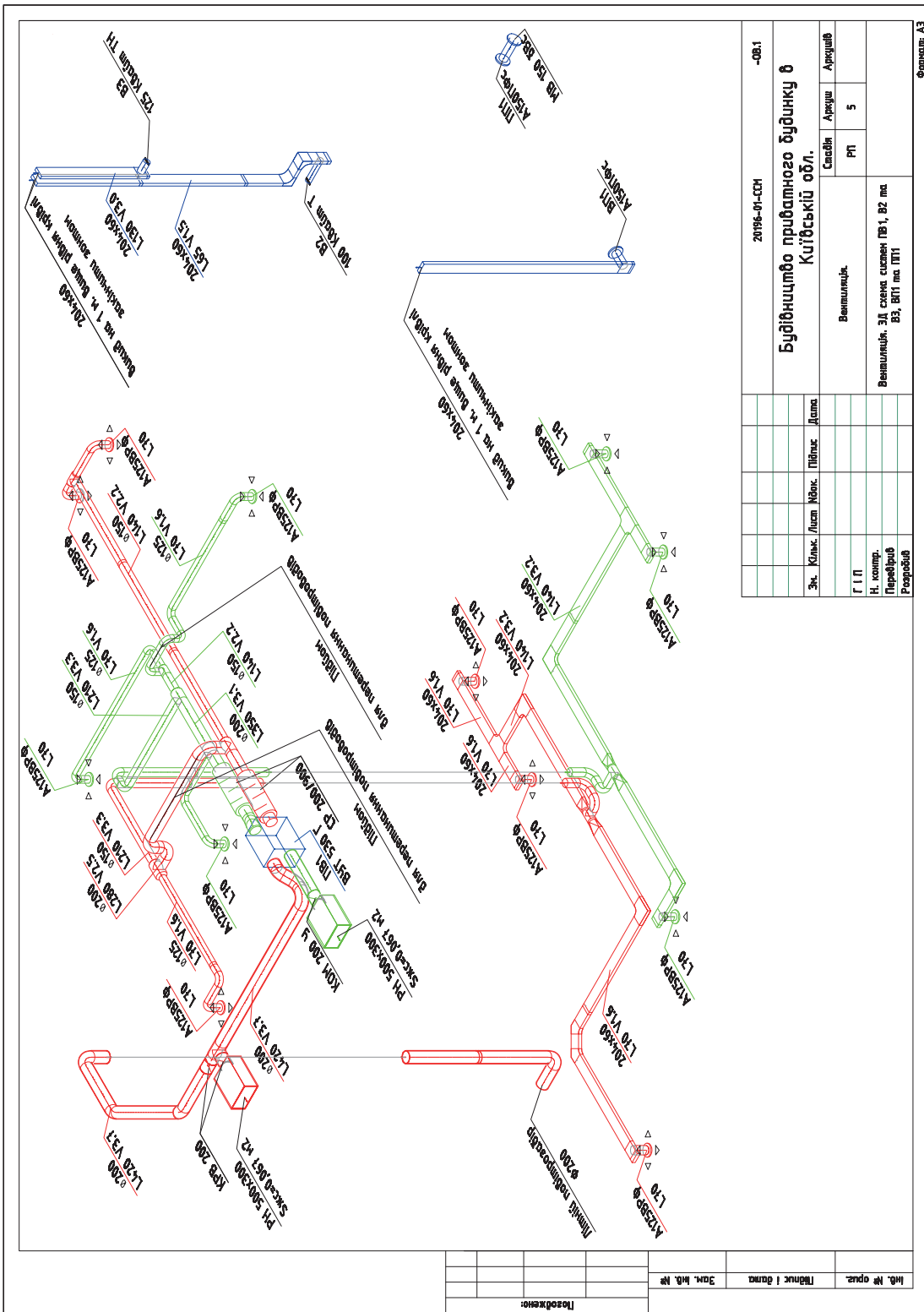
20194-01-СДМ		-08.1	
Будівництво приватного будинку в Київській обл.			
Вентиляція		Склад	Архштб
		РП	2
Зм. Кільк. Лист		Міск.	Лістик.
Г П П		Н. колер.	Перевірив
Розробив		План 1-го поверху в масштабі 1:50	

Формат: А3



20196-01-СМ			-об.1		
Будівництво приватного будинку в Кіцківській обл.					
Веншіларь.		Склад	Архите	Архите	Архите
Веншіларь.		РП	4		
Веншіларь. Сучас. інтегрована система ПБ І, Б2, Б3, БВ1 ппс. ППІ					
Зм.	Класк.	Лист	Маск.	ПІВіпкс	Діапа
Г	П				
	Н. компр.	Гарейнуб			
	Розробів				

№ п. № розр. | Миліт і данк | Зам. №, № | Назви



20196-01-СДН		-08.1	
Будівництво приватного будинку в Київській обл.			
Вентиляція	Специфі	Архшт	Архшт
	РП	5	
Вентилятор, ЗД, схема систем ПВ1, Б2 та Б3, ВТ1 та ПТ1			
Зм.	Кільк.	Листів	Підпис
Г. П.	Н. конст.	Перегляд	Розроб

Формат: А3

№	Найменування	Модель	Виробник	Од. виміру	К-сть	Ціна роздріб, грн з ПДВ	Вартість, грн з ПДВ
Основне обладнання							
1	Припливна - витяжна установка	ВУТ530Г	Вентс	шт	1	28 688,00	28 688,00
2	Літня вставка	ВЛ ВУТ 500/530/600 Г	Вентс	шт	1	619,00	619,00
3	Вентилятор витяжної	100 Квайт Т	Вентс	шт	1	1 168,00	1 168,00
4	Вентилятор витяжної	1250Квайт ТН	Вентс	шт	1	1 795,00	1 795,00
5	Клапан з приводом зі зворотньою прижиною	КРВ 200	Вентс	шт	2	677,00	1 354,00
6	Зворотній клапан пружинний	КОМ 200	Вентс	шт	1	147,00	147,00
7	Гнучі вставки	ВВГ 200	Вентс	шт	4	113,00	452,00
8	Шумоглушник	СР 200/900	Вентс	шт	2	1 125,00	2 250,00
9	Решітка зовнішня	РН 500*300	Вентс	шт	1	601,00	601,00
10	Анемостат	А 125 ВРФ	Вентс	шт	12	99,00	1 188,00
11	Анемостат	А 150 ВРФ	Вентс	шт	2	124,00	248,00
12	Решітка кругла	МВ 150 6Вс	Вентс	шт	1	67,00	67,00
13	Ковпак викидний зі зворотнім клапаном	МВ 152 ВК	Вентс	шт	1	119,00	119,00
Повітропроводи							
14	Пластивент 204*60	8020	Вентс	шт	15	398,00	5 970,00
15	Пластивент 100 2м	10035	Вентс	шт	1	51,00	51,00
16	Пластивент 125 2м	2020	Вентс	шт	6	297,00	1 782,00
17	Пластивент 150 2м	3020	Вентс	шт	8	511,00	4 088,00
18	Спіровент	200/2	Вентс	шт	7	473,00	3 311,00
19	Фасонні елементи	0,55		м2	6	350,00	2 100,00
20	Відведення 45 204*60	82810	Вентс	шт	2	175,00	350,00
21	Відведення 45 200	0,55	Вентс	шт	6	129,00	774,00
22	Відведення 90 204*60	8281	Вентс	шт	4	137,00	548,00
23	Відведення 90 204*60	8282	Вентс	шт	3	71,00	213,00

2016-01-ССМ		-08.1-С0	
№	Клас	Акс.	ІФВс
Г П	Н. констр.	Ліцензій	Розробк
Спеціалізація: об'єкти будівництва, виробств			
мат. матеріалів.			
Статус	Догов	Акт	Акт
РП	РП	РП	РП
1	1	1	1
2	2	2	2

№	Найменування	Модель	Виробник	Од. виміру	К-сть	Ціна роздріб, грн з ПДВ	Вартість, грн з ПДВ
24	Відведення 90 204*60/100	821	ВЕНТС	шт	1	99,00	99,00
25	Відведення 90 204*60/125	822	ВЕНТС	шт	7	103,00	721,00
26	Відведення 90 204*60/150	823	ВЕНТС	шт	1	114,00	114,00
27	Відведення 90 125	222	ВЕНТС	шт	13	79,00	1 027,00
28	Відведення 90 150	323	ВЕНТС	шт	7	128,00	896,00
29	Відведення 90 200	0,55	ВЕНТС	шт	6	195,00	1 170,00
30	Трійник 204*60	838	ВЕНТС	шт	2	131,00	262,00
31	Трійник 150/125	333+312	ВЕНТС	шт	1	171,00	171,00
32	Трійник 150	333	ВЕНТС	шт	3	133,00	399,00
33	Трійник 200/125	0,55	ВЕНТС	шт	1	171,00	171,00
34	Трійник 200/150	0,55	ВЕНТС	шт	1	188,00	188,00
35	Трійник 200	0,55	ВЕНТС	шт	1	221,00	221,00
36	Ніпель 200	0,55	ВЕНТС	шт	1	74,00	74,00
37	Ніпель 204*60	818	ВЕНТС	шт	4	48,00	192,00
38	Ніпель 125	252	ВЕНТС	шт	2	70,00	140,00
39	Ніпель 150	353	ВЕНТС	шт	4	83,00	332,00
40	Перехід 200/125	0,55	ВЕНТС	шт	1	119,00	119,00
41	Перехід 200/150	0,55	ВЕНТС	шт	3	108,00	324,00
42	Перехід 150/204*60	312+812	ВЕНТС	шт	4	152,00	608,00
43	Перехід 150/125	312	ВЕНТС	шт	4	38,00	152,00
Матеріали							
44	Ізоляція самоклеюча з алюмінієвим покриттям	Пенофол С 10мм		м2	12	60,00	720,00
45	Перфострічка	18*06,мм		м.п.	50	1,00	50,00
46	Скотч	АРТ050/50	ВЕНТС	шт	4	188,00	752,00
47	Дюбель			шт	50	1,00	50,00
48	Саморізи			шт	200	0,00	0,00
Всього за специфікацією, грн з ПДВ							66 835,00

№	Кл.	Адрес	Місц.	Датум

2016-01-ССМ

-08.1-С0

Формат: А3

Навчальне видання

*МІЛЕЙКОВСЬКИЙ Віктор Олександрович,
КОТЕЛКОВ Лавр Михайлович*

ВЕНТИЛЯЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Навчальний посібник

Редагування та коректура Ольга Фесенко
Комп'ютерне верстання Олег Колодій

Підписано до друку 21.02.2018. Формат 70×50, 1/16.

Ум. друк. арк. 9,5. Замовлення № 589.

Тираж 500 прим.

ПрАТ «Вентиляційні системи» (Київська обл., м. Боярка, вул. Соборності, 36).

E-mail: sales@vents.kiev.ua, ok@vents.kiev.ua

<http://www.vents.ua>, www.vents.work

Надруковано в друкарні «Прайм-Принт» (м. Київ, вул. Малинська, 20).

Видавець «ФОП Середняк Т.К.», 49000, Дніпро, 18, а/с 1212

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 4379 від 02.08.2012.

Ідентифікатор видавця в системі ISBN 7599

49000, Дніпро, 18, а/с 1212

тел. (096) 308-00-38, (056) 798-04-00

E-mail: 7980400@gmail.com

