

УДК 697.02

Оленіна Олена Юріївна*Технічний менеджер відділу комплексних проектних рішень у сфері акліматизації
ПрАТ «Вентиляційні системи», Київ*

СИСТЕМИ ЗІ ЗМІННОЮ ВИТРАТОЮ ПОВІТРЯ (VAV-СИСТЕМИ) – МАКСИМАЛЬНА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Анотація. Системи зі змінною витратою повітря (VAV – variable Air Volume) надають можливість індивідуального моделювання кліматичних параметрів для кожного окремого приміщення, вентиляція яких здійснюється від однієї установки. Ця перевага дозволяє знизити капітальні та експлуатаційні витрати, забезпечуючи максимально комфортні умови у приміщеннях будівлі.

Ключові слова: VAV-системи; Системи зі змінною витратою повітря; енергоефективність систем зі змінною витратою повітря; ВЕНТС

Постановка проблеми

В умовах стрімкого росту цін на енергоносії та вимог до рівня комфорту в приміщеннях різних будівель все частіше постає питання ефективного розподілу повітря, зниження при цьому витрат на його підготовку.

Основне завдання будь-якої системи вентиляції – створити комфортне внутрішнє середовище у приміщенні, не привертаючи уваги до своєї роботи. Система розподілу повітря в будівлі відповідає за підтримання належних комфортних параметрів якості повітря, температури та рівня вологості при мінімальних енерговитратах. Прикладом такої системи може служити система зі змінною витратою повітря.

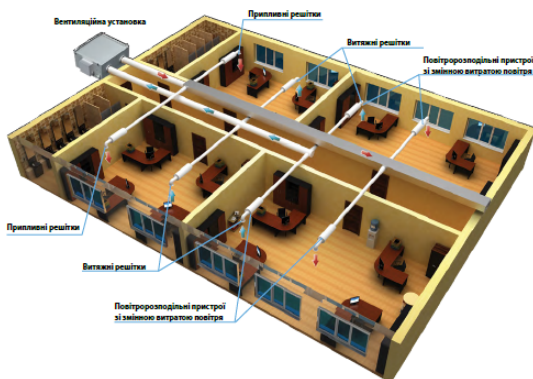


Рисунок 1 – Приклад VAV-системи

Система зі змінною витратою повітря являє собою різновид системи розподілу повітря, яка подає повітря обраної температури до кожного приміщення будівлі, контролюючи при цьому

температуру в межах усієї будівлі шляхом зміни об'єму повітря, яке подається до кожного приміщення. Іншими словами, система компенсує втрати тепла в обсязі, достатньому для підтримання заданої температури. До складу такої системи входить припливно-витяжна установка, система припливних повітропроводів, повітроподільні пристрої, а також система керування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За даними американської асоціації ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) було доведено, що ще на етапі проектування систем вентиляції з використанням VAV- принципів за використанням систем автоматичного керування DDC (Direct Digital Control) зменшення енергетичних затрат може досягати в середньому 25% у зрівнянні зі стандартними вентиляційними системами з постійною витратою повітря та може бути легко інтегрована до загальної системи управління будівлею (BMS – building management system).

Враховуючи те, що нормативна база України повинна буди адаптована до вимог стандартів ЄС щодо енергоефективності систем та обладнання, зі вступом у 2019 році в дію Директив ЄС 1253/2014, усі системи вентиляції повинні відповідати певним критеріям по енергоспоживанню.

Мета статті

Для вирішення задачі зниження енергозатрат при експлуатації будь-якої системи необхідно чітко розуміти принципи роботи та основні підходи для обрання найбільш правильного рішення ще на етапі проектування системи. Саме ознайомлення з

основними ідеями та наведення конкретних прикладів – є основною задачею даної статті.

Основна частина

Ключовими перевагами VAV-систем є:

- індивідуальне керування параметрами повітря в окремих приміщеннях;
- можливість використання датчиків CO₂, датчиків відносної вологості та реле часу для регулювання об'ємної витрати повітря;
- скорочення необхідних капіталовкладень, а також вартості монтажу та введення в експлуатацію;
- зменшення енергоспоживання;
- спрощення пусконаладжувальних робіт;
- безперервне керування об'ємною витратою повітря в різних елементах системи;
- інтеграція з системами керування будівлею з використанням протоколів обміну даними MPbus, BACnet, MODbus та EIB/KNX;
- проста модернізація системи при появі нових умов.

Характерною ознакою та перевагою VAV-системи є можливість зменшення витрати повітря у зрівнянні із системою з постійною витратою повітря (CAV). Загальна витрата повітря у вентиляційній системі CAV обумовлена максимальним тепловим навантаженням та потребою в припливному повітрі. Але, в розрізі цілою будівлі, при різних режимах експлуатації приміщень, нерівномірності теплових навантажень, теплове навантаження приміщень досить різна в залежності від періоду добу та розміщення за сторонами світу. Вважається, що коефіцієнт нерівномірності сучасної будівлі в середньому дорівнює 0,7-0,8. Це означає, що на практиці потреба в максимальній витраті повітря в усіх частинах об'єкту не виникає одночасно. Тому використання VAV-систем регулятори якої змінюють витрату повітря в залежності від поточної потреби кожного приміщення. Як наслідок, основний потік повітря буде спрямований саме туди, де в цьому є найбільша потреба.

Як уже зазначалося раніше, системи зі змінною витратою повітря вирізняються найменшим рівнем енергоспоживання та найвищою ефективністю серед вентиляційних систем. Однією з ключових відмінностей від традиційних вентиляційних систем є підтримання постійної температури повітря, що подається. Керування кліматом забезпечується шляхом подачі точного обсягу повітря, необхідного в конкретний момент часу. Кількість повітря для подачі до приміщення визначається за допомогою набору опорних параметрів (температура повітря, відносна вологість, рівень CO₂ тощо). Отже, стає

можливим реалізувати принцип вентиляції на вимогу.

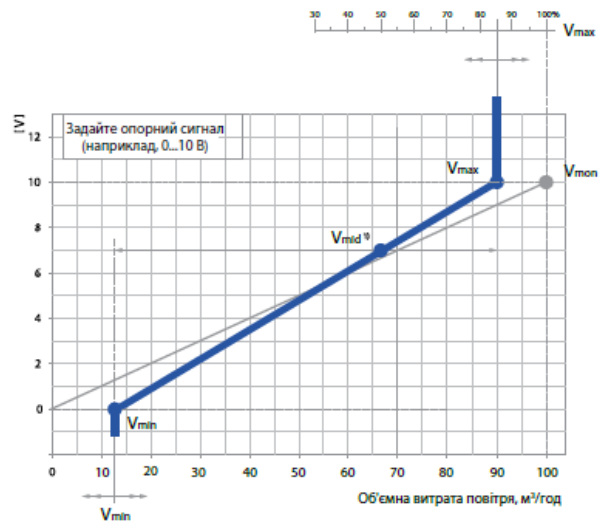


Рисунок 2 – залежність обсягу повітря від керуючого сигналу.

Застосування систем зі змінною витратою повітря дозволяє досягти суттєвої економії енергоресурсів. У будь-якій системі вентиляції основними споживачами є механічний привод та нагрівач (охолоджувач) повітря. Оскільки температура повітря в системі є незмінною (хоча й відрізняється в режимах нагрівання та охолодження), нагрівач або охолоджувач повітря працює при стабільних параметрах. Отже, стає можливим виключити коливання температури й зафіксувати споживання енергії на постійному рівні.

Особливу увагу слід звернути на спосіб керування роботою вентилятора у складі системи зі змінною витратою повітря. Робота повіторозподільних пристроїв зі змінною витратою повітря не залежить від тиску в системі. Кожний повіторозподільний пристрій у системі облаштовано датчиком для вимірювання поточної величини об'ємної витрати повітря, яка потім порівнюється зі значенням із набору опорних параметрів для регулювання положення заслінки. Це позбавляє необхідності підтримання високого динамічного тиску в системі за допомогою вентилятора. Замість цього вентиляторіві достатньо забезпечити мінімально достатній тиск, необхідний для подачі повітря до найвіддаленішого повіторозподільного пристрою в системі. Отже, при зменшенні навантаження відбувається зниження обертів вентиляторів, а разом з цим — і енергоспоживання.

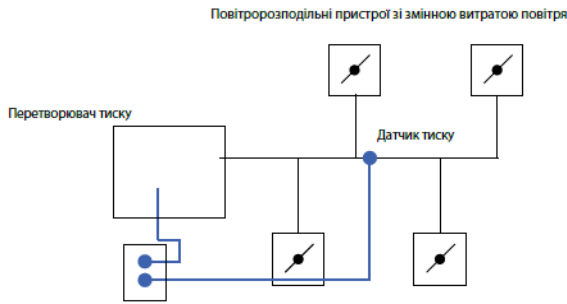


Рисунок 3 – принципова схема розміщення основних вузлів системи

Тиск у системі вимірюється перетворювачем тиску, що підключений до приводу вентилятора. Опорне значення задається на етапі пусканалагоджувальних робіт, а потім перетворювач тиску фіксує його коливання та відповідним чином збільшує чи зменшує оберти вентилятора. Такий підхід до керування вентилятором називається системою з постійним тиском.

Зрештою, існує ще ефективніший спосіб керування потужністю вентилятора. Цей спосіб полягає в керуванні положенням заслінки повітророзподільного пристрою. У цьому разі ключовим елементом системи є модуль оптимізації.

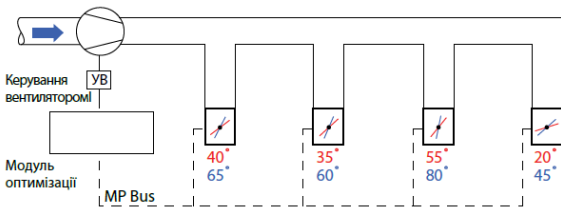


Рисунок 4 – схема управління продуктивністю вентилятора з оптимізаторним модулем.

Цей модуль визначає, яка із заслінок системи відкрита найширше, а потім задає таку швидкість вентилятора, за якої максимальний кут відкриття цієї заслінки становить 80 градусів, не дозволяючи решті заслінок в системі відкриватися ширше еталонної. Отже, вентилятор забезпечує необхідну об'ємну витрату повітря за мінімально можливою швидкістю, що відображено на рисунку 5.

Основні показники енергоспоживання в залежності від обраної системи вентиляції наведені на рисунку 6.

До основних вузлів повітророзподільного пристрою зі змінною витратою повітря належать корпус із заслінкою, диференційний перетворювач тиску, контролер об'ємної витрати повітря, а також сигналізатор налаштування.

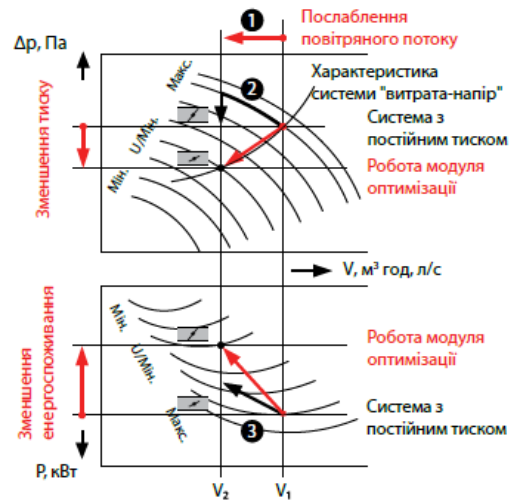


Рисунок 5 – Показники основних змін при використанні модуля оптимізації.

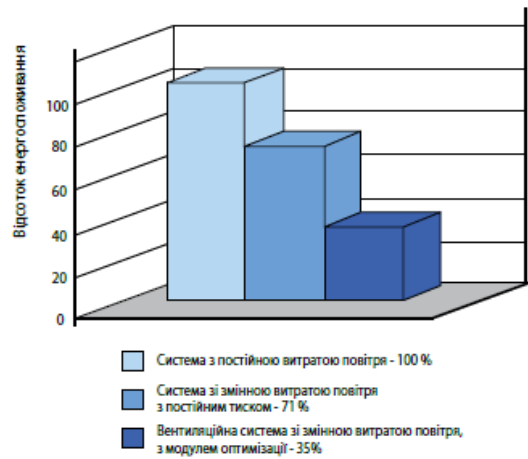
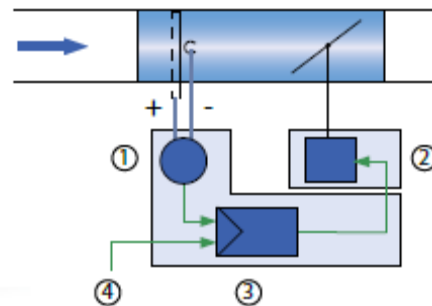


Рисунок 6- переваги застосування модуля оптимізації порівняно з системою із постійним тиском.



- 1- Диференційний перетворювач тиску;
- 2- Привод;
- 3- Контролер об'ємної витрати повітря;
- 4- Вхідний сигнал положення

Рисунок 7- елементи регулятора витрати повітря VAV.

1. Диференційний перетворювач тиску

Диференційний перетворювач тиску служить для вимірювання різниці між статичним та повним тиском, дозволяючи обчислити швидкість повітряного потоку, і, як наслідок, поточне значення об'ємної витрати через повітророзподільний пристрій зі змінною витратою повітря.

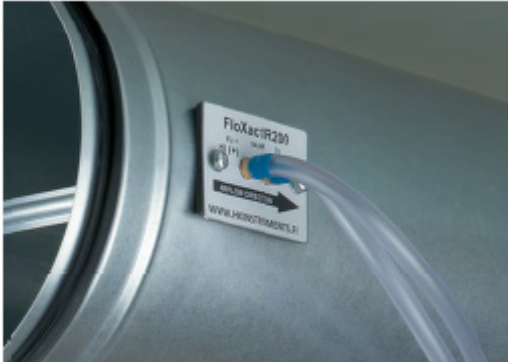


Рисунок 8- Диференційний перетворювач тиску

Для правильного вимірювання величини витрати повітря вкрай необхідно підтримувати мінімально допустиму швидкість потоку. У наших повітророзподільних пристроях застосовуються ретельно випробувані, сучасні внутрішньоканальні зонди, які забезпечують похибку вимірювань у межах +/- 5 %.

2. Привод

Привод дозволяє плавно змінювати положення заслінки залежно від сигналу налаштування, що отримується з контролера об'ємної витрати повітря. Пристрій оснащено аналоговим виходом.



Рисунок 9- Привод

Високий крутний момент приводів, що застосовуються в наших повітророзподільних пристроях зі змінною витратою повітря, дозволяє керувати заслінками площею до 8 м². Початкове положення заслінки та швидкість реагування регулюються за місцем — дистанційно за допомогою технології NFC або програматора.

3. Контролер об'ємної витрати повітря

Контролер об'ємної витрати повітря формує сигнал налаштування для приводу. У контролері є два входи. Один із входів призначений для підключення датчика перепаду тиску, який повідомляє значення фактичної об'ємної витрати повітря через заслінку.

Другий вхід дозволяє підключити датчик, наприклад, кімнатний термостат, датчик CO₂, датчик відносної вологості, датчик руху, а також інші подібні пристрої. За необхідності заводські значення V_{min} та V_{max} контролера об'ємної витрати повітря можна легко перепрограмувати на місці за допомогою програматора, комп'ютера зі спеціальною утилітою або зовнішніх потоків обміну даними MPbus, BACnet, MODbus та EIB/KNX.

Типові рішення із застосуванням вентиляційних VAV-систем.

А. Приміщення без розподільчих стін

Для вентиляції використано одне з найпростіших рішень. Система повітропроводів виконана у вигляді кільця. Свіже кондиціоноване повітря з припливно-витяжної установки подається до приміщення за температури 15 °C із розділенням на внутрішні та зовнішні зони

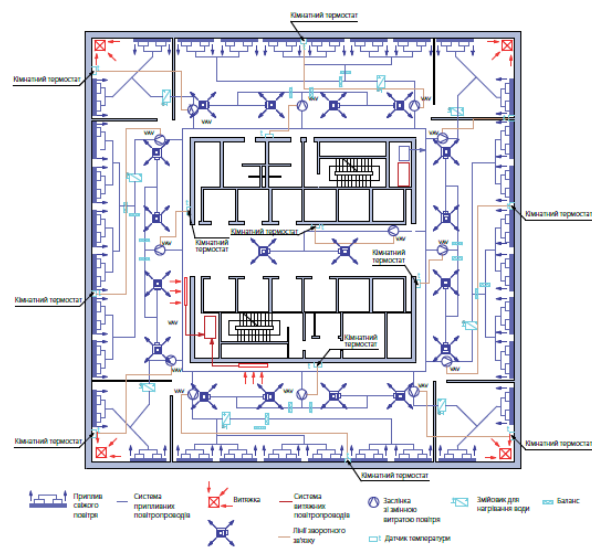


Рисунок 9- VAV-система моностейс.

Роздільна подача повітря в кожну зону забезпечується заслінкою зі змінною витратою повітря. До зовнішньої зони належать приміщення, в яких мінімум одна стіна виходить на вулицю. Витяжка повітря організована через міжстельовий простір з регулюванням витрати за допомогою заслінок, розташованих поблизу загального витяжного колектора. Діапазони значень об'ємної

витрати повітря обчислюються окремо з урахуванням тепловтрат і приросту тепла, призначення приміщення та розрахункової кількості людей у приміщенні. Наприклад, для вентиляції коридорів, архівних та службових приміщень може використовуватися мінімальний об'єм повітря. Тепловтрати зимової пори року компенсуються за допомогою зональних підігрівачів, встановлених на кожній заслінці зі змінною витратою повітря. В якості датчиків налаштувань використовуються кімнатні датчики, а також датчики CO₂. Для розподілу повітря застосовуються також вихрові та щільніні дифузори.

Б. Приміщення готелю

Усі приміщення готелю являють собою закритий простір, розділений вогнетривкими перегородками. Особливість застосування вентиляційної системи зі змінною витратою повітря в будівлях подібного типу полягає у використанні вогнезатримних клапанів у кожній зоні.

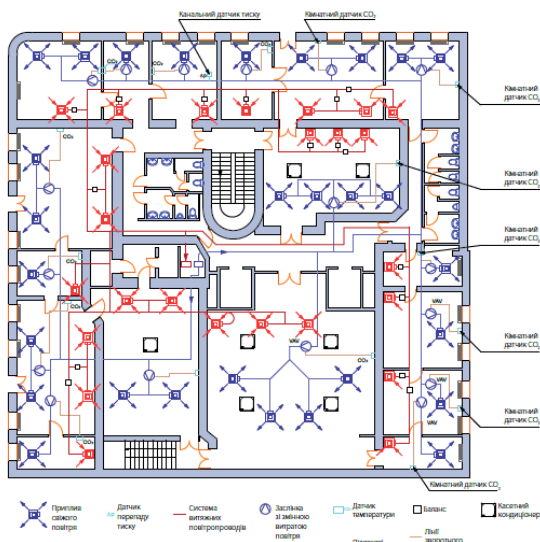


Рисунок 10- VAV-система готелю.

Свіже кондиціоноване повітря із припливно-витяжної установки подається до приміщення з температурою 15 °C або 37 °C залежно від режиму роботи: охолодження чи нагрівання. Об'єм свіжого повітря, що подається, залежить від розрахункової кількості людей у приміщенні, а також заданих параметрів. Якщо приміщення залишається порожнім, система подає до нього лише мінімально допустимий об'єм повітря. Якщо ж у приміщенні знаходяться люди, об'єм повітря, що подається, буде залежати від їх кількості та заданих параметрів. Слід зазначити, що робота кімнатних термостатів синхронізована з радіаторами водяного

опалення, щоб не допустити надмірного нагрівання повітря у приміщенні.

Витяжка повітря організована через міжстельовий простір з регулюванням витрати за допомогою заслінок, що розташовані поблизу загального витяжного колектора. Діапазони значень об'ємної витрати повітря обчислюються окремо з урахуванням тепловтрат і приросту тепла, призначення приміщення та розрахункової кількості людей у приміщенні. Наприклад, для вентиляції коридорів та службових приміщень може використовуватися мінімальний об'єм повітря. Тепловтрати зимової пори року компенсуються за допомогою радіаторів водяного опалення, які встановлені в кожному приміщенні. В якості датчиків налаштувань використовуються кімнатні термостати.

В. Приміщення навчального закладу

Під час створення системи зі змінною витратою повітря для будівлі школи інженерам довелося застосувати комплексний підхід. Під час розробки системи були враховані такі особливості будівлі:

- основним засобом компенсації тепловтрат слугує система водяного опалення;
- система вентиляції передбачає подачу свіжого кондиціонованого повітря;
- щільний графік роботи будівлі;
- жорсткі вимоги до припустимого рівня шуму;
- система вентиляції повинна також забезпечувати видалення надлишкового тепла, пов'язаного з присутністю людей та освітленням.

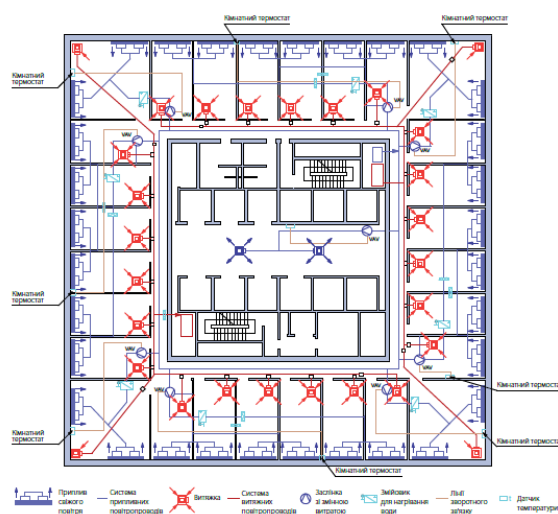


Рисунок 11- VAV-система навчального закладу.

Оскільки основним пріоритетом для школи є якість повітря, в якості датчиків налаштувань широко використовуються датчики CO₂. Постійна температура також повинна підтримуватися в таких приміщеннях як бібліотеки, душові тощо. Отже, при організації роботи системи зі змінною витратою повітря необхідно врахувати всі вищезазначені особливості. Для видалення найбільш гарячого та забрудненого повітря в міжстельовому просторі прокладено витяжні повітропроводи.

Висновки

Вентиляційні системи з VAV-регулюванням є досить складними, тому що повинні враховувати особливі характеристики кожного об'єкту. Комплексний підхід з урахуванням архітектури, енергетичних, кліматичних потреб будівлі дозволить отримати «енергофактивну та комфортну» будівлю з оптимальними з точки зору капітальних та енергетичних затрат характеристиками

Література

1. В. Судол, ЯюХендигер. Системы VAV. Краткое описание – Краков: группа Fortis, 2009.- 79с., іл.
2. J.Murphy High-Performance VAV Systems – Ashrae Journal October , 2011
3. ASHRAE Handbook. Chamber 38 Testing, Adjusting and Balancing, 2010
4. Вентс. Системы керування об'ємною витратою повітря, 2016- 38с., іл.

Стаття надійшла в редколегію 11.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Приймак, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Оленина Елена Юрьевна

Технический менеджер отдела комплексных проектных решений в сфере акклиматизации
ПрАТ «Вентиляционные системы», Киев

«СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕННОГО РАСХОДА ВОЗДУХА (VAV-СИСТЕМЫ) – МАКСИМАЛЬНАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ»

Аннотация. Системы переменного расхода воздуха (VAV – variable Air Volume) предоставляют возможность индивидуального моделирования климатических параметров для каждого отдельного помещения, которые вентилируются одной установкой. Это преимущество позволяет снизить капитальные и эксплуатационные затраты, обеспечить максимально комфортные условия в помещениях здания.

Ключовые слова: VAV-системы; системы переменного расхода воздуха; энергоэффективность систем переменного расхода воздуха; ВЕНТС

Olenina Olena

Technical manager of integrated design solutions in acclimatization
JSC "Ventilation systems", Kyiv

«VARIABLE AIR VOLUME SYSTEMS – MAXIMUM OF ENERGY EFFICEINCY»

Abstract. Systems with variable air volume gives an opportunity for individual modeling of climate parameters for each room in the building that have ventilation from one airhandling unit. This advantage allows us to reduce capital and operation costs, provide maximum comfortable conditions inside the building.

Keywords: VAV-system; systems with variable air volume; energy systems with variable air volume; VENTS
