

## ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 697.91

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ: КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ  
ТА ФАКТОРИ ВПЛИВУ

В. В. Джеджула

*У статті розглянуто основні фактори впливу на енергоефективність систем припливно-витяжної вентиляції. Наведено сучасні нормативні вимоги до споживання енергії даними системами. Досліджено існуючі підходи в науковій літературі та вимоги нормативних документів щодо критеріїв оцінки енергоефективності вентиляційних систем. Запропоновано шляхи підвищення енергоефективності вентиляційних систем з врахуванням особливостей сучасних проектних рішень. Визначено значення досліджених показників, що характеризують енергоефективність систем вентиляції в залежності від змін в конструкції проектною системи та прийнятого вентиляційного обладнання.*

**Ключові слова:** вентиляція, критерії, продуктивність, повітрообмін, енергоефективність.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ: КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ И  
ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ

В. В. Джеджула

*В статье рассмотрены основные факторы влияния на энергоэффективность систем приточно-вытяжной вентиляции. Рассмотрены современные нормативные требования к потреблению энергии данными системами. Приведены современные подходы научной литературы и требования нормативных документов относительно критериев оценки энергоэффективности вентиляционных систем. Предложены пути повышения энергоэффективности вентиляционных систем с учетом особенностей современных проектных решений. Определены значения исследованных показателей, характеризующих энергоэффективность систем вентиляции в зависимости от изменений в конструкции проектной системы и принятого вентиляционного оборудования.*

**Ключевые слова:** вентиляция, критерии, производительность, воздухообмен, энергоэффективность.

ENERGY EFFICIENCY OF VENTILATION SYSTEMS: EVALUATION CRITERIA  
AND FACTORS OF INFLUENCE

V. Dzhezdzhula

*In article major factors of influence on energy efficiency of supply and exhaust ventilation are investigated. Modern standard requirements to energy consumption by these systems are considered. Modern approaches in scientific literature and the requirement of normative documents concerning criteria for evaluation of energy efficiency of ventilating systems are investigated. Ways of increasing energy efficiency of ventilating systems taking into account features of modern design decisions are offered. Values of the studied indicators characterizing energy efficiency of systems of ventilation depending on changes in a design of design system and the accepted ventilating equipment are defined.*

**Keywords:** ventilation, criteria, productivity, air exchange, energy efficiency.

**Вступ. Постановка проблеми.** Підвищення енергоефективності вентиляційних систем є одним з пріоритетних напрямків енергозбереження в промисловому і цивільному будівництві. Вентиляція є одним із найбільших споживачів теплової та електричної енергії, і оцінку її енергоефективності необхідно проводити ще на стадії проектування, а також під час енергетичних аудитів та під час процесу модернізації інженерних мереж. На даний час існує декілька підходів

щодо визначення ефективності споживання енергії вентиляційними системами. Постає задача у визначенні оптимального критерію та шляхів підвищення енергоефективності вентиляційних систем.

**Аналіз останніх публікацій.** В літературних джерелах недостатньо уваги приділено питанням оцінки енергоефективності вентиляційних систем та шляхів її підвищення. Так державні будівельні норми [1] та Павленко В.А. [2] як критерій енергоефективності пропонують використовувати значення питомої вентиляційної потужності SFP; В.Г. Караджі, Ю.Г. Московко у [3] запропонували власний підхід, що ґрунтується на визначенні відношення «корисної» потужності до витраченої потужності на рух повітря. Загальні питання енергозбереження в системах вентиляції відображені у працях [4-7]. Але недостатнім є висвітлення питань оцінки та підвищення енергоефективності вентиляційних систем.

**Метою статті** є дослідження критеріїв енергетичної ефективності систем вентиляції та формування рекомендацій щодо її підвищення.

Для вирішення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розглянути існуючі критерії оцінки енергетичної ефективності систем вентиляції та визначити їх переваги і недоліки;
2. Розглянути значення досліджених показників в процесі аналізу запроєктованої системи на енергоефективність;
3. Сформувані сукупність основних факторів, що впливають на зменшення енергетичних втрат в системах вентиляції.

#### Виклад основного матеріалу.

Згідно до [1] питома вентиляційна потужність (SFP) – це загальна електрична потужність, яку споживають усі вентилятори системи повітрообміну, розділена на загальну витрату повітря, що транспортується у будівлі в умовах розрахункового навантаження:

$$SFP = \frac{P_{sf} + P_{ef}}{Q_{\max}} \quad (1)$$

де  $P_{sf}$  – повна потужність припливних вентиляторів при розрахунковій витраті повітря, Вт;

$P_{ef}$  – повна потужність витяжних вентиляторів при розрахунковій витраті повітря, Вт;

$Q_{\max}$  – максимальна розрахункова витрата повітря, м<sup>3</sup>/с.

Типове значення питомої вентиляційної потужності SFP для систем вентиляції і кондиціонування згідно [1] повинно знаходитись в межах від 2 до 4, що відповідає значенням 500...2000 Вт/(м<sup>3</sup>/с). Даний показник дозволяє в цілому оцінити енерговитрати на влаштування повітрообміну у приміщенні без деталізації витрат енергії за складовими системами.

Підхід запропонований у [3] ґрунтується на визначенні відношення «корисної» потужності до витраченої потужності на рух повітря, при роботі припливних систем:

$$\eta_{\text{прип}} = L \cdot \left( \sum \Delta p_{\text{прип } i}^n + \sum \bar{L}_i \cdot \rho \cdot V_{\text{вих } i}^2 / 2 \right) / N_v \quad (2)$$

Для витяжних систем ефективність енерговикористання визається:

$$\eta_{\text{витяж}} = L \cdot \left( \sum \Delta p_{\text{вит } i}^n + \rho \cdot (V_{\text{вих}}^n)^2 / 2 \right) / N_v \quad (3)$$

де відповідно:  $\Delta p_{\text{прип } i}^n$ ,  $\Delta p_{\text{вит } i}^n$  – дійсні втрати тиску в елементах припливних, витяжних установок, Па;

L – продуктивність відповідної припливної або витяжної системи, м<sup>3</sup>/с;

$\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{вих } i}$  – швидкість витікання повітря з i-го отвору припливної системи, м/с;

$V_{\text{вих}}^n$  – «нормативна» швидкість витікання повітря з викидного отвору витяжного вентилятора, м/с;

$N_v$  – споживана потужність вентилятором, Вт.

$\bar{L}_i$  – відносна витрата повітря через і-тий розподільчий пристрій:

$$\bar{L}_i = L_i / L \quad (4)$$

де  $L_i$  - витрата повітря через і-тий розподільчий пристрій, м<sup>3</sup>/с.

Корисну потужність у [3] запропоновано розраховувати використовуючи паспортні втрати тиску в системі повітряпідготовки та швидкість повітря, що виходить з усіх розподільчих пристроїв.

На нашу думку використання показника SFP як критерію енергоефективності дозволяє отримати лише узагальнену характеристику ефективності використання енергії системами вентиляції, тоді як підхід, запропонований у [3], більше ґрунтовно дозволяє оцінити енергоефективність. Розглянемо зміну даних показників в залежності від конструктивних змін в системі вентиляції. Результати розрахунку зведемо у таблицю 1. У таблиці наведені характеристики системи витяжної вентиляції до і після модернізації. Система обладнана витяжним радіальним вентилятором без попередньої підготовки повітря (фільтрації, рекуперації та іншого). З метою підвищення енергоефективності системи вентиляції на викидному патрубку вентилятора було влаштовано дифузор, що дозволило зменшити динамічний напір викидного потоку повітря та знизити його швидкість з 16,4 м/с до 5 м/с при «нормативній» швидкості 10 м/с. При цьому систему відрегульовано частотним перетворювачем таким чином, що після модернізації витрата повітря залишилася попередньою - 2,05 м<sup>3</sup>/с.

Таблиця 1 – Характеристики витяжної системи до і після модернізації

Параметр	$L$ , м <sup>3</sup> /с	$P_{stb}$ ( $N_v$ ), Вт	$\rho \cdot V_{вих}^2 / 2$ , Па	SFP, Вт/(м <sup>3</sup> /с)	$\eta_{витяж}$
До модернізації	2,05	1600	160	780	0,077
Після модернізації	2,05	1300	15	634	0,1

Як видно з таблиці 1, ефективність системи згідно до показника SFP зросла у 1,23 рази, тоді як згідно до показника  $\eta_{витяж}$  зросла у 1,3 рази. Таким чином, обидва підходи дозволяють отримати приблизно однакові значення зміни енергоефективності, але показник запропонований у [3] більш точно характеризує зміну енергоефективності системи вентиляції в залежності від конструктивних змін і дозволяє оцінити вплив кожного фактора на енергоефективність системи вентиляції.

Виходячи з вищевикладеного можна запропонувати основні напрямки підвищення енергоефективності систем вентиляції. Основною метою є зменшення загальної споживаної потужності системи і зменшення частки «не корисних» втрат потужності в системі. Зменшення споживаної потужності можна досягти шляхом ретельного підбору елементів системи – вентиляторів з максимальним ККД у робочій точці; використанням повітроводів, фасонних частин, розподільчих пристроїв з мінімальним аеродинамічним опором. Для витяжних систем також ефективним є встановлення дифузорів на викидному патрубку та зменшення температури витяжного повітря, що потрапляє до вентилятора шляхом утилізації теплоти. Оптимальне трасування мереж з дотриманням нормованого діапазону швидкостей в повітроводах і елементах припливних і витяжних агрегатів також дозволяє зменшити втрати тиску і акустичне навантаження на навколишнє середовище. Окрім економії електричної енергії значну увагу необхідно приділити економії теплової енергії. В даному напрямку ефективними залишаються традиційні рішення – рекуперація теплоти, використання рециркуляції повітря для приміщень, де це не заборонено нормативною документацією, впровадження для підігріву повітря альтернативних джерел енергії, акумулювання теплоти з використанням нічних тарифів на енергоносії.

**Висновки**

- Розглянуто існуючі критерії оцінки енергетичної ефективності систем вентиляції, визначено, що нормативний показник SVF лише в цілому описує енергоефективність систем вентиляції, і в окремих випадках не дозволяє врахувати варіації ефективності енергоспоживання при конструктивних змінах вентиляційних систем;
- Розглянуто значення досліджуваних показників в процесі аналізу запроєктованої системи на енергоефективність, визначені їх значення, та виявлено, що в окремих випадках обидва підходи дозволяють отримати близькі значення показників енергоефективності;
- Сформовано основну сукупність факторів, що впливають на зменшення енергетичних втрат в системах вентиляції.

**Використана література**

1. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В 2.5-67:2013. – Мінрегіон України. – К. : 2013. – 146 с.
2. Павленко В. А. Показатель потребления электроэнергии SFP для оценки затрат на работу системы вентиляции и климатизации / В. А. Павленко // Вестник МГСУ. – 2009. – № 3. – С. 150-155.
3. Караджи В. Г. Оценка аэродинамической эффективности вентиляционных систем / В. Г. Караджи, Ю. Г. Московко // Авок. – 2008. - № 7. – С. 46-48.
4. Джеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : моногр. / В. В. Джеджула. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 346 с.
5. Системи вентиляційні. Загальні вимоги: ДСТУ Б А. 3.2 – 12: 2009 – К. : Мінрегіонбуд України. – 2010. – 8 с.
6. Зеркалов Д. В. Енергозбереження в Україні [Електронний ресурс]: У п'яти книгах. Книга друга: Організація використання енергоресурсів. Довідник / Д. В. Зеркалов. – Електрон. дані. – К. : Основа, 2009. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. вимоги: Pentium; 512 Mb RAM; Windows 98/2000/XP; Acrobat Reader 7.0. – Назва з тит. екрана.
7. Наукові засади реформування і розвитку житлово-комунального господарства: Монографія. / Поважний О. С., Попов О. П., Запатріна І. В., Волков В. П. та ін. Черкаси : Брама-Україна, ЧДТУ, 2011. – 436 с.

*Джеджула В'ячеслав Васильович* – д.е.н., професор, професор кафедри інженерних систем в будівництві Вінницького національного технічного університету.

*Джеджула Вячеслав Васильевич* – д.э.н., профессор, профессор кафедры инженерных систем в строительстве Винницкого национального технического университета.

*Dzhedzhula Viacheslav* – Doctor of Economics., professor, professor the department of Systems Engineering in construction the Vinnytsia national technical university.