



УДК 697.7

METHODS OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY IN VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ І КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Moiseev V. O. / Моїсєєв В. О.

Postgraduate / Аспірант

Zhikhareva N.V. / Жихарева Н.В.

Ph.D. of technical sciences, docent / Кандидат технічних наук, доцент

ORCID: 0000-0002-2643-6908

Odessa National Technological University, Kanatna, 112, 65039

Одеський національний технологічний університет, Канатна, 112, 65039

Анотація. Питання покращення енергетичної ефективності та збереження енергії будівель та споруд мають важливе стратегічне значення для економічного розвитку країни. Підвищення енергоефективності є найдоступнішим і найпростішим способом скорочення залежності від викопного палива. При цьому архітектурно-будівельний сектор залишається одним із найбільших споживачів, на який припадає до 40% усіх енергетичних ресурсів, що споживаються в країні.

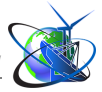
У статті розглядаються підходи підвищення енергозбереження, наведено методи оптимізації систем мікроклімату в будівлях та спорудах, інноваційні технології для раціонального використання енергетичних ресурсів. Особливу увагу приділяється концепції "зеленого будівництва", спрямованої на зменшення споживання ресурсів без шкоди для комфортних умов проживання. Розглядаються сучасні тенденції щодо зниження витрати електроенергії в системах водопостачання та повітророзподілу. Виявлено економічні переваги та технологічні тонкощі застосування систем із змінною витратою повітря у системах вентиляції та кондиціювання. Також висвітлено перспективи підвищення енергоефективності інженерних комунікацій, зокрема систем опалення, вентиляції та кондиціювання (ОВК), що забезпечують функціонування будівлі з максимальним рівнем комфорту.

Ключові слова: енергоспоживання, системи вентиляції та кондиціювання, мікроклімат в будинках та спорудах.

Вступ.

У сучасних умовах світової економічної кризи питання енергозбереження та підвищення енергоефективності будівель і споруд набуває особливої актуальності. Зменшення споживання невідновлюваних природних ресурсів, які використовуються для функціонування систем опалення, вентиляції та кондиціювання, стає пріоритетним завданням у зв'язку з обмеженістю природних ресурсів.

Ми вже знаємо, що енергоефективність забезпечує чимало позитивних аспектів: - скорочення викидів парникових газів,



- зменшення залежності від імпорту енергії,
- зниження витрат як на рівні домогосподарств, так і для економіки в цілому.

Але й сьогодні, покращення енергоефективності залишається одним із найефективніших і найбільш доступних шляхів зменшення споживання викопних ресурсів.

Основний текст.

Розглянемо найбільш ефективні способи підвищення енергозбереження через використання архітектурно-будівельних рішень, а також детально проаналізуємо методи оптимізації систем мікроклімату в будівлях і спорудах:

- *Зелене будівництво.*
- *Типову систему опалювання.*
- *Систему опалювання із змінною витратою повітря.*

Зелене будівництво. В даній час, у розвинених країнах Європейського Союзу важливим напрямом розвитку є проектування та зведення енергоефективних будівель, відомих як "зелене будівництво". Зелене будівництво спрямоване на підвищення ефективності будівель у використанні води, енергії та матеріалів, водночас мінімізуючи їхній негативний вплив на здоров'я людей та довкілля [1]. Це досягається завдяки вдосконаленому проектуванню, якісному будівництву, оптимізованій експлуатації, своєчасному технічному обслуговуванню та відповідальному поводженню з відходами. Такі практики часто мають на меті створення не лише екологічно стійких споруд, але й естетичної рівноваги між будівлею та її природним чи урбанізованим оточенням. Поняття зеленого будівництва поєднує кілька ключових аспектів будівельної екології, таких як урбоекологія, біопозитивне будівництво, екологічна надійність і безпека, енергоефективність, енергозбереження, раціональне використання ресурсів і безвідходні технології. Згідно зі статистикою, представленою Радою зеленого будівництва (GBC), сьогодні будівлі у світі споживають приблизно 40% усієї первинної енергії, 67% електроенергії, 40% сировини та 14% запасів питної води. Крім того, вони генерують від 5% до 6% загального обсягу відходів і забруднень, що створює

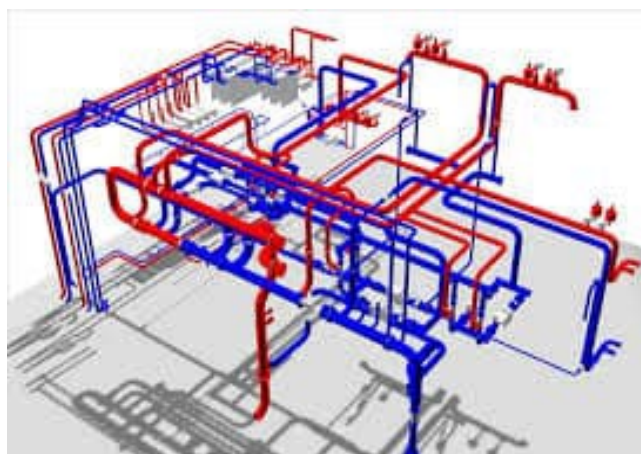


додаткові екологічні ризики [2]. У той же час у наукових колах тривають дискусії щодо ефективності сучасних стандартів зеленого будівництва та їх відповідності потребам сьогодення. Це дозволяє розглядати стандарти зеленого будівництва як інструмент для досягнення цілей сталого розвитку, який потребує регулярного перегляду та адаптації відповідно до актуальних викликів і потреб.

Зелене будівництво, або стійке будівництво, разом із енергозбереженням становлять ключовий елемент впровадження політики сталого розвитку у світі. Вони спрямовані на досягнення цілей Сталої Європи до 2030 року та реалізацію стратегічних підходів GREEN DEAL у межах Європейського Союзу. Цей напрямок слугує базовою платформою для підтримки сталого розвитку, що підтверджується його внеском у виконання багатьох Цілей Сталого Розвитку (ЦСР) ООН: три екологічні, чотири економічні, п'ять соціальних, а також ключової загальної ЦСР номер 17 [3].

Типова система опалювання.

У типовій системі опалення, вентиляції та кондиціювання повітря, зображеній на малюнку 1, використовуються заводські пристрої, такі як чилери, бойлери тощо.



Мал.1. Типова система опалювання

Ці установки забезпечують передачу енергії через носії, такі як повітря, вода або холодоагент, до систем розподілу повітря, які складаються з вентиляторів та теплообмінних змійовиків. Зазвичай такі системи називають вентиляційними установками.



Далі системи ГВП застосовують отриману енергію для регулювання температури повітря, що подається в офісні приміщення. Повітря нагрівається або охолоджується під час його проходження через нагрівальні елементи або теплообмінники, інтегровані в систему розподілу повітря. На цьому етапі також необхідно виконати відведення надмірного тепла, яке накопичується в приміщенні, назовні в атмосферу. Для цього використовують спеціальні установки, такі як градирні або випарні охолоджувачі як стверджує Варламов Г.Б., Любчик Г.М. та Маляренко В.А. [4].

У комерційній будівлі основними джерелами теплового навантаження є такі фактори:

1. Тепло, яке виділяється людьми.
2. Тепло, утворене комп'ютерами та іншими технічними засобами.
3. Сонячна енергія, що проникає через вікна.
4. Втрати тепла через теплопровідність стін, вікон і даху.
5. Тепло, вироблене джерелами освітлення.

Для створення комфортних умов у приміщенні важливо забезпечити подачу свіжого повітря, яке, зазвичай, транспортується через повітропроводи водночас вода й холодоагенти розподіляються трубопроводами згідно з законом України від 22.06.2017 р. №2118-VIII/Верховної Ради України [5]. Чилери та бойлери можуть функціонувати як на електроенергії, так і на газі, забезпечуючи гнучкість у виборі джерела енергії. Всі ці системи інтегруються через систему управління будівлею (BMS), яка не лише контролює функціонування обладнання, а й дозволяє виявляти неполадки, регулювати роботу систем і оптимізувати їх продуктивність.

Системи вентиляції, опалення та кондиціонування повітря (ОВіК), як показано на малюнку 2, споживають значну частку енергії офісної будівлі - приблизно 30-40%. Для підтримання оптимального комфорту в приміщенні при сидячій роботі рекомендується температура в межах від 20 °С до 26 °С залежно від сезону. Для забезпечення комфортної температури та вологості всередині будівлі система опалення, вентиляції і кондиціонування (ОВК) повинна ефективно



боротися зі всіма внутрішніми чинниками, які впливають на підтримку бажаних умов згідно з ДСТУ ISO 50001:2014 [6].



Мал.2. Система ОВіК

Методи оптимізації енергоефективності в ОВК системах можна умовно поділити на дві основні групи:

1. Зменшення навантаження на систему ОВК.
2. Підвищення ефективності обладнання та робочих процесів систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря.

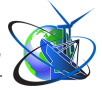
Розглянемо детально окремо кожну групу.

1. Методи зменшення навантаження на систему ОВК:

- ****Скорочення навантаження на обладнання**** - Зменшення використання теплогенеруючих пристроїв, таких як комп'ютери, принтери чи освітлення, що сприяє зниженню вимог до роботи вентиляційних і кондиціонуючих систем. Простий підхід - вимикання моніторів, комп'ютерів або освітлення, коли вони не використовуються, значно зменшує тепловиділення в приміщенні.

- ****Удосконалення фасадів будівлі (стіни)**** - Застосування будівельних матеріалів з високими теплоізоляційними властивостями допомагає суттєво скоротити потребу в обігріві або охолодженні приміщення, що безпосередньо впливає на зниження загального споживання енергії.

- ****Поліпшення фасадів будівлі (вікна)**** - Вікна є джерелом теплового навантаження через сонячне випромінювання та теплопровідність. Сонячне



випромінювання генерує тепло всередині приміщення під час проходження прямих сонячних променів через скло. Теплопровідність, своєю чергою, спричиняє переміщення тепла від теплого боку вікна до холодного. Використання затемнюючих пристроїв мінімізує сонячне теплове навантаження, а сучасні подвійні склопакети значно зменшують передачу тепла порівняно зі стандартними одинарними вікнами. Важливо також враховувати герметизацію - витoki повітря можуть підвищувати навантаження на систему кондиціонування.

- ****Вентиляція за запитом**** - Подання свіжого повітря потребує великої кількості енергії через різницю температур між зовнішнім і внутрішнім середовищем. Встановлення CO₂-датчиків дає змогу точно визначати мінімальний обсяг необхідного свіжого повітря відповідно до норм і стандартів. Це дозволяє оптимізувати його подачу, зменшуючи енергоспоживання згідно з ДБН В.2.2-67:2013 [7].

У дослідженнях А. С. Табакова та О. В. Новікова запропоновано використовувати методи оптимізації для вирішення комплексних завдань, спрямованих на підвищення енергоефективності, що дозволяє мінімізувати суб'єктивність під час прийняття рішень. З метою модернізації будівель, коректного вибору технологій, підвищення ефективності, визначення термінів окупності та врахування особливостей використання систем пропонується застосування підходів, побудованих на комплексному аналізі, який враховує взаємозв'язок таких факторів, як політична ситуація, умови життєдіяльності населення та кліматичні особливості. Вибір критеріїв і показників, за їхнім підходом, має сприяти зниженню рівня невизначеності, поглибленню знань про функціональність системи, а також оцінюванню корисності альтернативних рішень у контексті досягнення поставлених цілей [8].

Розглянемо також сучасний метод підвищення ефективності обладнання та систем ОВК:

- ****Оптимальний вибір обладнання**** - Правильний вибір системи може забезпечити значну економію енергії. Наприклад, використання повітрообробних установок зі змінною витратою повітря дозволяє адаптувати



припливний обсяг повітря залежно від актуальних потреб у нагріванні чи охолодженні приміщення. Такий підхід запобігає зайвим витратам і сприяє економічному використанню ресурсів.

Згідно з дослідженнями Джеджули В.В., при функціонуванні систем із постійною витратою повітря у приміщеннях нерідко виникають зони з підвищеною температурою [9]. Основними чинниками цього явища є просторово-планувальні рішення, розташування меблів, робочих місць, особливості схеми повітрообміну та конструктивні характеристики пристроїв для розподілу повітря.

У випадках використання схеми «зверху-вгору» найбільше застійних зон спостерігається поблизу стін та робочих місць, особливо в кутах за робочими столами, де часто розміщуються витяжні отвори. Для запобігання утворенню таких зон рекомендується виконувати наступні умови:

1. Уникати розташування робочих місць безпосередньо під витяжними отворами.
2. Організовувати подачу повітря настиляючими струменями уздовж поверхонь будівельних конструкцій.
3. Забезпечити рівномірне розташування пристроїв для подачі повітря по всій площі приміщення.

У перспективі подальших досліджень варто оцінювати економічний ефект від впровадження систем із змінними витратами повітря, а також аналізувати ефективність організації повітрообміну в таких системах. Системи зі змінною витратою повітря є важливим інструментом підвищення енергоефективності будівель і забезпечення комфортного мікроклімату. Завдяки можливості регулювання обсягів витрати повітря такі системи створюють оптимальні умови шляхом адаптації параметрів вентиляції до реалізованих потреб приміщення. Це дає змогу скоротити енергоспоживання, зменшити витрати на експлуатацію та водночас гарантовано підтримувати високий рівень комфорту для користувачів.

Розглянемо методи підвищення ефективності обладнання та систем вентиляції й кондиціонування повітря для другої категорії, спираючись на



дослідження Степаненка В.О. [10]:

- ****Оптимальний вибір системи**** - Вдало підібрана система здатна суттєво скоротити енергоспоживання. Один із сучасних варіантів — повітрообробна установка зі змінною витратою повітря, яка адаптує обсяг припливного повітря залежно від необхідного рівня охолодження чи опалення приміщення. Такий підхід дозволяє не тільки ефективніше контролювати повітряний потік, але й зменшувати витрати на роботу вентиляторів та уникати надмірних тепловтрат, які виникають при одночасному функціонуванні систем охолодження та опалення.

- ****Оцінка та вибір обладнання**** - Вибір якісного обладнання може вплинути на загальний рівень енергоспоживання всієї будівлі. Наприклад, застосування конденсаційних котлів для підігріву води забезпечує коефіцієнт корисної дії понад 90%, що робить їх енергоефективним рішенням.

- ****Рекуперація енергії**** - Цей метод полягає у відновленні тепла з відпрацьованого повітря для повторного використання. Тепле витяжне повітря може служити джерелом енергії для попереднього нагрівання або охолодження припливного свіжого повітря. Завдяки цьому знижується навантаження на кондиціонери, які забезпечують подачу охолодженого чи нагрітого повітря, що значно скорочує витрати енергії.

- ****Інтелектуальне управління**** - Використання інтелектуальних технологій управління дозволяє оптимізувати роботу систем ОВК (опалення, вентиляція, кондиціонування) та мінімізувати енергоспоживання. Наприклад, інсталяція програмного забезпечення управління забезпечує автоматичну координацію роботи всієї системи, аналізуючи дані у реальному часі. Для досягнення максимальної ефективності варто передбачити автоматичний моніторинг окремих компонентів системи, який дозволяє вимірювати, аналізувати та формувати звіти про використання енергії.

- ****Економічний цикл**** - Використання 100% зовнішнього повітря як припливного є ефективним рішенням у періоди року, коли температура на вулиці нижча за температуру рециркуляційного внутрішнього повітря.



Ці дозволяє системі працювати без охолоджуючих змійовиків, знижуючи споживання енергії чилерами та значно скорочуючи витрати на опрацювання повітря [11].

Висновки.

У результаті проведеного детального аналізу встановлено, що згідно з даними Європейського Союзу концепція "зеленого будівництва" є ключовою платформою для підвищення енергоефективності та економного використання енергоресурсів. Це зумовлює необхідність враховувати обмеженість природних ресурсів, зростаючу їх вартість, а також розробляти підходи до скорочення витрат енергоресурсів. Лише сучасний підхід до створення, проектування і зведення енергоефективних та енергозберігаючих будівель і споруд залишається актуальним викликом сьогодення. Проблема є багатогранною і може бути вирішена шляхом реалізації таких підходів: - удосконалення архітектурно-будівельних рішень об'єктів, - оптимізації систем регулювання мікроклімату в приміщеннях. Застосування цих методів дає змогу суттєво знизити споживання теплоти на вентиляцію й кондиціонування повітря, а також на опалення в холодний період року. Це сприяє підвищенню енергоефективності будівель та помітному скороченню використання енергоресурсів.

Список використаних джерел:

1. Білотіл В. Ю. Основні теоретичні засади, сучасний стан розвитку та тенденції формування «зеленого» будівництва в Україні в контексту сталого розвитку //Збалансоване природокористування. – 2022. – №. 1. – С. 63-73. <https://pdfs.semanticscholar.org/38f2/9d65e9df9b712038ec9e719104f7e6d4ce6b.pdf>
2. Савченко А. М., Ткаченко Т. М. Імплементация європейських норм зеленого будівництва в будівельну галузь України //Екологічна безпека та природокористування. – 2022. – Т. 41. – №. 1. – С. 31-43. <http://es-journal.in.ua/article/view/255262/252320>
3. Офіційний сайт Програми розвитку ООН. Долаючи перешкоди для примноження інвестицій в підвищення енергоефективності громадських



будівель через ЕСКО в малих та середніх містах

<https://www.undp.org/ukraine/projects/removing-barriers-increase-investment-energy-efficiency-public-buildings-ukraine-through-esco-modality-small-and-medium-sized-cities>

4. Варламов Г.Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник., Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А., Київ: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003, 232 с., ISBN 966–622–128–4. <https://core.ac.uk/download/pdf/11315104.pdf>

5. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. №2118-VIII / Верховна Рада України. <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show>

6. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT). Київ, 2015. 19 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60876

7.ДБН В.2.5-67: 2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ, 2013. 149 с. <https://ensy.com.ua/documents/dbn/dbn-b.2.5-67-2013.pdf>

8. А. С. Табакова, О. В. Новикова, «Повышение эффективности теплотребления здания при применении современных систем вентиляции,» *Неделя науки СПбПУ*, 2015, с. 135-138. <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2658>

9. Джеджула В.В. Системи вентиляції зі змінною витратою повітря: особливості проектування та експлуатації. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2017. Том 22, № 1. С. 106–111. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe

10. Степаненко В.А., Інтегрована система енергозабезпечення із застосуванням вентиляційних систем. III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 26-27 листопада 2020, м. Київ. <https://ela.kpi.ua/items/4f85a058-97c5-4612-83a4-09b5126d4c96>

11. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель



[Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/53455317-4a55-485c-8d61-15c9903e4ce7/content>

Abstract. *The issues of improving energy efficiency and energy conservation of buildings and structures are of important strategic importance for the country's economic development. Increasing energy efficiency is the most affordable and easiest way to reduce dependence on fossil fuels. At the same time, the architectural and construction sector remains one of the largest consumers, accounting for up to 40% of all energy resources consumed in the country. The article considers approaches to increasing energy conservation, presents methods for optimizing microclimate systems in buildings and structures, and innovative technologies for the rational use of energy resources. Particular attention is paid to the concept of "green construction", aimed at reducing resource consumption without compromising comfortable living conditions. Modern trends in reducing electricity consumption in water supply and air distribution systems are considered. Economic advantages and technological subtleties of using variable air flow systems in ventilation and air conditioning systems are identified. The prospects for increasing the energy efficiency of engineering communications, in particular heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems, which ensure the functioning of the building with the maximum level of comfort, are also highlighted.*

Key words: *energy consumption, ventilation and air conditioning systems, microclimate in buildings and structures.*

Науковий керівник: к.т.н., доцент Живарева Н.В.

Статтю надіслано: 05.07.2025 р.

© Моїсєєв В.О.