

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Ю. О. Бурда, А. П. Юзбашьян

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ІНЖИНІРИНГОВІ СИСТЕМИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво,
освітня програма «Цивільна інженерія»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

УДК 697.34:621.311.24]:[502.171:620.9](076.6

Бурда Ю. О. Енергоефективні інжинірингові системи : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, освітня програма «Цивільна інженерія» / Ю. О. Бурда, А. П. Юзбашьян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 50 с.

Автори:

канд. техн. наук, доц. Ю. О. Бурда,
канд. техн. наук, доц. А. П. Юзбашьян

Рецензент

А. Д. Череднік, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою теплогазопостачання і вентиляції, протокол № 5 від 12.12.2024

© Ю. О. Бурда, А. П. Юзбашьян, 2025
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Лекція 1 Сучасні тенденції розвитку систем опалення: аналіз ефективності традиційних та інноваційних рішень.....	5
Питання для самоконтролю.....	6
Лекція 2 Високоєфективні котельні установки та альтернативні джерела енергії: теплові помпи, конденсаційні котли, геліосистеми.....	8
Питання для самоконтролю.....	10
Лекція 3 Системи розподілу тепла: сучасні підходи до проєктування та експлуатації.....	10
Питання для самоконтролю.....	13
Лекція 4 Рекуперація тепла та вторинне використання енергоресурсів у системах опалення.....	13
Питання для самоконтролю.....	15
Лекція 5 Автоматизація та інтелектуальні системи керування опаленням.....	16
Питання для самоконтролю.....	18
Лекція 6 Екологічні аспекти та нормативне регулювання сучасних систем опалення.....	18
Питання для самоконтролю.....	20
Лекція 7 Сучасні методи оптимізації систем вентиляції та кондиціонування...	21
Питання для самоконтролю.....	23
Лекція 8 Технології рекуперації повітряного потоку для зменшення енергоспоживання.....	24
Питання для самоконтролю.....	26
Лекція 9 Автоматизовані системи керування мікрокліматом у будівлях.....	26
Питання для самоконтролю.....	29
Лекція 10 Перспективи використання природної та гібридної вентиляції.....	29
Питання для самоконтролю.....	31
Лекція 11 Інноваційні матеріали та конструктивні рішення для підвищення енергоефективності систем вентиляції.....	32
Питання для самоконтролю.....	34
Лекція 12 Енергетичний аудит будівель: оцінка та шляхи підвищення ефективності інженерних систем.....	35
Питання для самоконтролю.....	37

Лекція 13 Інтеграція відновлюваних джерел енергії в інженерні системи будівель.....	37
Питання для самоконтролю.....	40
Лекція 14 Моделювання та прогнозування енергоспоживання будівель.....	40
Питання для самоконтролю.....	42
Лекція 15 Сучасні нормативні вимоги до енергоефективних інженерних систем.....	43
Питання для самоконтролю.....	45
Лекція 16 Роль цифрових технологій у забезпеченні енергоефективності інженерних систем.....	46
Питання для самоконтролю.....	48
Список посилань.....	49

ВСТУП

Сучасний розвиток будівельної галузі міцно пов'язаний із впровадженням енергоефективних технологій, що сприяють раціональному використанню енергоресурсів, підвищенню комфорту експлуатації будівель та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Інжинірингові системи будівель відіграють ключову роль у забезпеченні енергоефективності, оскільки вони визначають ефективність опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання, освітлення та інших критично важливих процесів.

Предмет «Енергоефективні інжинірингові системи» охоплює комплексні підходи до проектування, модернізації та експлуатації енергозберігаючих рішень у будівництві. Основна увага приділяється сучасним технологіям у системах опалення, вентиляції та кондиціонування, а також інтеграції відновлюваних джерел енергії для оптимізації енергоспоживання.

Дослідження у цій сфері базуються на принципах термодинаміки, тепло- та масообміну, а також на використанні цифрових технологій для автоматизації процесів керування енергетичними потоками. У результаті вивчення дисципліни майбутні фахівці набудуть компетенцій, необхідних для розробки та впровадження ефективних інженерних рішень у цивільному та промисловому будівництві.

Значення енергоефективних інжинірингових систем зростає на тлі глобальних викликів, пов'язаних зі зміною клімату, вичерпністю традиційних енергоресурсів та необхідністю збільшення стійкості сучасних міст. Тому розуміння принципів їх функціонування та вміння впроваджувати новітні технології є важливою складовою підготовки інженерів у сфері будівництва та цивільної інженерії.

Лекція 1 Сучасні тенденції розвитку систем опалення: аналіз ефективності традиційних та інноваційних рішень

Системи опалення є одним із найважливіших елементів будівельної інфраструктури, оскільки забезпечують комфортний мікроклімат у житлових,

комерційних і промислових приміщеннях. Зміна підходів до енергоспоживання, екологічні виклики та розвиток новітніх технологій суттєво впливають на тенденції у сфері теплопостачання. У сучасному будівництві пріоритет надається не лише ефективності, а й раціональному використанню ресурсів, що визначає перехід до більш інноваційних рішень.

Традиційні системи опалення базуються на спалюванні викопних видів палива, таких як природний газ, вугілля або рідке паливо. Найпоширенішими рішеннями є централізоване теплопостачання та автономні котельні установки. Попри відносну простоту їх експлуатації, такі системи мають низку недоліків, зокрема значні втрати енергії під час транспортування теплоносія, високі викиди вуглекислого газу та залежність від традиційних енергоресурсів. Крім того, моральне старіння інфраструктури вимагає значних капіталовкладень у її модернізацію [1].

Сучасні тенденції орієнтовані на застосування високоефективних технологій, що дозволяють мінімізувати споживання енергії та зменшити негативний вплив на довкілля. Одним із найбільш перспективних напрямів є використання теплових pomp, які перетворюють низькопотенційну енергію довкілля на тепло для опалення будівель. Такі системи відзначаються високим коефіцієнтом корисної дії та можуть інтегруватися з іншими енергоефективними технологіями, наприклад, з сонячними колекторами.

Розвиток конденсаційних котлів дозволив суттєво збільшити ефективність газових систем опалення, адже вони використовують приховану теплоту пароутворення, що дає змогу зменшити споживання палива. Також поширилися низькотемпературні системи опалення, зокрема підлогове і стінове опалення, що працюють за нижчих температур теплоносія та мають вищий рівень енергоефективності.

Окремий напрямок розвитку систем опалення пов'язаний із діджиталізацією та автоматизацією. Використання інтелектуальних систем керування, які базуються на технологіях штучного інтелекту та Інтернету речей, дає змогу гнучко адаптувати режими роботи опалювальних приладів відповідно

до реальних потреб користувачів. Смарт-термостати та автоматизовані регулятори температури забезпечують оптимізацію роботи систем без втручання людини, що сприяє економії енергоресурсів.

Ще однією тенденцією є використання відновлюваних джерел енергії в поєднанні з традиційними системами опалення. Поєднання газових котлів із сонячними панелями чи біопаливними котлами дозволяє забезпечити стабільне теплопостачання з меншими витратами на паливо. Біомаса розглядається як перспективна альтернатива викопному паливу, оскільки вона є відновлюваним ресурсом і має менший вуглецевий слід.

У контексті розвитку міської інфраструктури активно впроваджуються концепції енергоефективних будівель, що мають мінімізовані теплові втрати завдяки використанню сучасних теплоізоляційних матеріалів, герметичних віконних систем та енергоощадних технологій. Особливу увагу приділяють так званим пасивним будинкам, які здатні майже повністю обходитися без традиційних систем опалення завдяки ефективному утриманню тепла.

Отже, сучасні тенденції у сфері опалення спрямовані на максимальне збільшення ефективності роботи систем, впровадження екологічно безпечних технологій та інтеграцію автоматизованих рішень, що сприяють зниженню витрат енергії та покращенню комфорту експлуатації будівель.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні недоліки традиційних систем опалення та їхній вплив на енергоефективність?
2. У чому полягають переваги теплових pomp порівняно з традиційними опалювальними системами?
3. Як використання конденсаційних котлів впливає на ефективність газового опалення?
4. Яку роль відіграє автоматизація в сучасних системах опалення?
5. Які переваги мають низькотемпературні системи опалення для будівель?

Лекція 2 Високоєфективні котельні установки та альтернативні джерела енергії: теплові помпи, конденсаційні котли, геліосистеми

Зростання попиту на енергозберігаючі технології у сфері будівництва та теплопостачання зумовило активний розвиток високоєфективних котельних установок і впровадження альтернативних джерел енергії. Традиційні системи опалення, які працюють на викопному паливі, мають низку обмежень, зокрема значні втрати тепла, викиди парникових газів та високу залежність від нестабільних цін на енергоресурси. Тому сучасні технологічні рішення орієнтовані на підвищення коефіцієнта корисної дії, мінімізацію теплових втрат і використання відновлюваних джерел енергії.

Високоєфективні котельні установки – це обладнання, яке забезпечує генерацію теплової енергії з максимально можливим зменшенням витрат пального та шкідливих викидів. До таких установок належать конденсаційні котли, які здатні використовувати приховану теплоту пароутворення, підвищуючи загальну ефективність процесу згоряння. Відмінність таких котлів від традиційних полягає в тому, що вони повертають частину теплоти конденсації водяної пари, що міститься у продуктах згоряння, знижуючи витрати енергії.

Ще одним важливим рішенням у сфері теплопостачання є теплові помпи, які функціонують за принципом перетворення низькопотенційної енергії навколишнього середовища на корисне тепло. Їхня ефективність обумовлена тим, що вони можуть використовувати тепло землі, повітря чи води, забезпечуючи високу енергоефективність зі значно нижчими експлуатаційними витратами порівняно з традиційними котельними установками. Особливо популярними є геотермальні теплові помпи, які працюють на основі використання стабільної температури ґрунту на певній глибині, що дозволяє забезпечити високий коефіцієнт продуктивності.

Геліосистеми, або сонячні колектори, також відіграють важливу роль у забезпеченні альтернативного опалення. Вони використовують енергію сонячного випромінювання для нагріву теплоносія, що дозволяє суттєво

зменшити споживання традиційних видів палива. Розвиток технологій у цій сфері привів до створення високоефективних вакуумних і плоских колекторів, здатних працювати навіть за умов невеликої сонячної активності.

Приклад геліосистеми наведено нижче (рис. 2.1)



Рисунок 2.1 – Геліосистема

Одним із ключових напрямків підвищення ефективності котельних установок є їхня інтеграція з розумними системами управління, що дозволяють автоматично коригувати режими роботи відповідно до поточних кліматичних умов і потреб споживачів. Застосування цифрових технологій у поєднанні з сучасними методами аналізу енергоспоживання сприяє оптимізації витрат і покращенню загальної ефективності системи теплопостачання.

Сучасні концепції енергетичної незалежності та скорочення викидів парникових газів передбачають активне впровадження гібридних систем, які комбінують декілька джерел енергії для досягнення максимальної ефективності. Наприклад, поєднання теплових pomp із сонячними колекторами або використання конденсаційних котлів у поєднанні з біопаливними системами дає змогу забезпечити високу енергоефективність із мінімальним екологічним впливом.

Отже, розвиток високоефективних котельних установок і застосування альтернативних джерел енергії є ключовими аспектами модернізації сучасних систем опалення. Використання теплових pomp, конденсаційних котлів і геліосистем сприяє підвищенню ефективності теплопостачання, скороченню

споживання викопних ресурсів та зменшенню шкідливих викидів, що є важливим фактором сталого розвитку енергетичної галузі.

Питання для самоконтролю

1. Які основні принципи роботи конденсаційних котлів та їхні переваги перед традиційними котлами?
2. Як функціонують теплові помпи та які їхні основні типи?
3. У чому полягає ефективність використання геліосистем у системах опалення?
4. Яким чином інтеграція розумних систем управління сприяє підвищенню ефективності котельних установок?
5. Які переваги мають гібридні системи опалення порівняно з традиційними рішеннями?

Лекція 3 Системи розподілу тепла: сучасні підходи до проєктування та експлуатації

Системи розподілу тепла є ключовим елементом інфраструктури теплопостачання будь-якої будівлі або промислового комплексу. Вони забезпечують ефективне транспортування теплової енергії від джерела тепла до приміщень, що потребують опалення. В умовах швидкого розвитку енергоефективних технологій, інтеграції відновлюваних джерел енергії та прагнення до зниження витрат на енергію, проєктування та експлуатація систем розподілу тепла зазнають суттєвих змін.

Основним завданням системи розподілу тепла є доставлення теплової енергії до кінцевого споживача з мінімальними тепловими втратами та за рахунок оптимального використання ресурсів. Одним із найбільш значущих аспектів проєктування таких систем є правильний вибір теплоносія. У більшості випадків у системах опалення використовуються водяні теплоносії, оскільки вода має високу теплотехнічну ємність і є достатньо доступним ресурсом. Однак з розвитком нових технологій для специфічних умов розподілу тепла можуть

використовуватися й інші рідини, такі як антифризи або спеціальні синтетичні рідини.

Сучасні підходи до проєктування систем розподілу тепла містять використання розумних технологій, автоматизованих систем керування і моніторингу. Інтелектуальні системи управління дають змогу оптимізувати витрати енергії на кожному етапі – від генерування тепла до його розподілу. Вони дозволяють налаштовувати роботу котлів і pomp залежно від реальних умов, змінюючи температуру теплоносія та оптимізуючи потік теплоносія в мережі. Це дає змогу значно скоротити споживання енергії, а також зменшити вартість експлуатації системи. Підхід до розподілу тепла показано на рисунку 3.1.

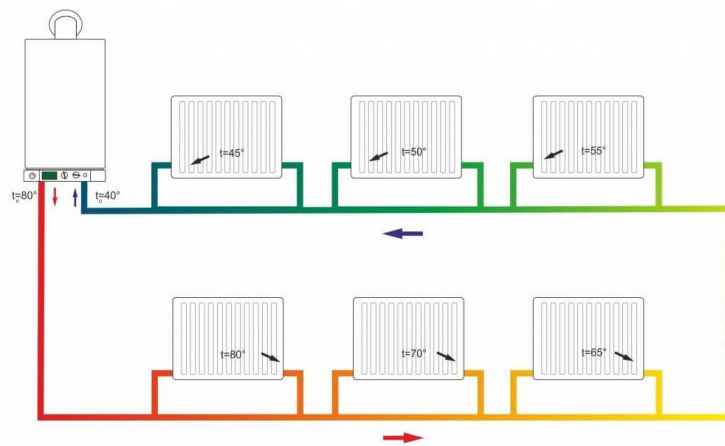


Рисунок 3.1 – Розподіл тепла в сучасних системах

Крім того, важливим аспектом сучасних систем розподілу тепла є зменшення теплових втрат під час транспортування. Традиційні трубопроводи, виготовлені з металу, мають значні тепловтрати, оскільки тепло передається навколишньому середовищу через стінки труб. Для зменшення втрат використовуються сучасні теплоізоляційні матеріали, які дозволяють максимально зберегти тепло в трубопроводах. Враховуючи нові екологічні вимоги та технології, важливим фактором є використання енергозберігаючих матеріалів, які одночасно мають високу ефективність і не шкідливі для навколишнього середовища.

Застосування низькотемпературних систем опалення є ще одним важливим етапом модернізації систем розподілу тепла. Використання підлогових, стінових або стельових систем опалення дозволяє знизити температуру теплоносія порівняно з традиційними радіаторними системами. В результаті такої реконструкції досягається значна економія енергії, оскільки для обігріву приміщення потрібно менше теплової енергії за нижчих температур. Крім того, низькотемпературні системи дозволяють більш ефективно використовувати відновлювані джерела енергії, такі як теплові помпи або сонячні колектори.

Іншим важливим напрямом у проектуванні сучасних систем розподілу тепла є використання безпілотних технологій для моніторингу стану трубопроводів та їх обслуговування. Сучасні сенсори дозволяють здійснювати постійний моніторинг температури, тиску та інших параметрів теплоносія, а також виявляти пошкодження в системі. Це дає змогу здійснювати своєчасну діагностику та ремонт без необхідності розкопок і припинення подачі тепла, що істотно знижує витрати на обслуговування і ремонти.

Особливе значення мають також гібридні системи опалення, які комбінують традиційні та альтернативні джерела енергії. В таких системах можуть поєднуватися сонячні колектори, теплові помпи та традиційні котли, що дозволяє досягти високої ефективності та енергозбереження із мінімальними викидами CO₂. Вони ідеально підходять для модернізації існуючих систем опалення в умовах постійно змінюваних вимог до енергоефективності.

Отже, сучасні підходи до проектування та експлуатації систем розподілу тепла орієнтовані на максимальну ефективність, мінімальні теплові втрати, інтеграцію інтелектуальних систем управління і використання альтернативних джерел енергії. Це дозволяє значно підвищити рівень енергетичної ефективності будівель і зменшити їхній вплив на навколишнє середовище.

Питання для самоконтролю

1. Які основні фактори впливають на ефективність систем розподілу тепла?
2. Які сучасні технології використовуються для зменшення теплових втрат під час транспортування тепла?
3. У чому полягає перевага низькотемпературних систем опалення перед традиційними?
4. Як автоматизовані системи керування допомагають підвищити ефективність розподілу тепла?
5. Які можливості дають гібридні системи опалення для модернізації існуючих систем?

Лекція 4 Рекуперація тепла та вторинне використання енергоресурсів у системах опалення

Рекуперація тепла є важливим напрямом в енергозбереженні, що дозволяє значно підвищити ефективність систем опалення. Вона передбачає процес повернення теплової енергії, що зазвичай втрачається під час виробництва або споживання тепла, і її повторне використання для обігріву приміщень чи підготовки гарячої води. Це є важливим елементом у зменшенні енергетичних витрат, викидів парникових газів та у поліпшенні екологічного стану навколишнього середовища.

Один з основних способів рекуперації тепла полягає у використанні теплообмінників, які дозволяють передавати тепло з одного потоку повітря або рідини до іншого без змішування цих потоків. У системах опалення рекуператори найчастіше використовуються для передачі тепла від відпрацьованого повітря, що виходить з приміщень, до холодного повітря, що подається в систему. Це дозволяє зменшити навантаження на основні котельні установки та зменшити споживання енергії.

Використання рекуператорів повітря є найбільш популярним в системах вентиляції з рекуперацією тепла. В таких системах відпрацьоване повітря, що

виводиться з приміщення, передає своє тепло свіжому повітрю, що надходить ззовні, в результаті чого можна значно зменшити потребу в енергії для опалення. Водночас це дозволяє покращити мікроклімат у приміщенні, оскільки подачу свіжого повітря здійснюють без втрат тепла. Схема рекуперації тепла подана на рисунку 4.1.

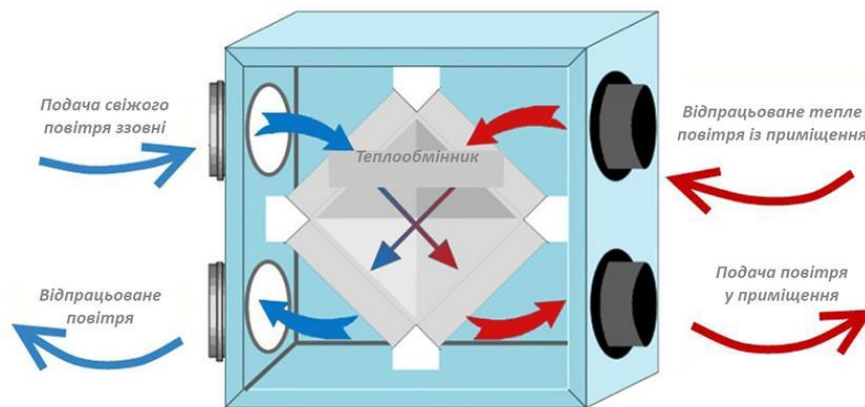


Рисунок 4.1 – Схема рекуперації тепла

Ще одним важливим напрямом у сфері рекуперації тепла є використання відпрацьованих газів, які утворюються під час згоряння палива в котлах. Теплообмінники, що встановлюються на виході з котлів, дозволяють використовувати теплоту відпрацьованих газів для підігріву теплоносія, що подається в систему опалення. Це дає змогу суттєво зменшити витрати палива на обігрів і підвищити загальну ефективність котельної установки [2].

Вторинне використання енергоресурсів також містить переробку тепла, що утворюється в промислових процесах. Наприклад, в хімічних, металургійних або харчових виробництвах часто утворюється значна кількість тепла, яке можна використовувати для обігріву виробничих приміщень або для нагріву води. До систем, що переробляють відходи тепла, можуть належати рекуперація енергії як з гарячих газів, так і з рідких або твердих відходів. Це дозволяє зменшити не тільки енергоспоживання, а й викиди шкідливих газів.

Одним з інноваційних підходів до вторинного використання енергоресурсів є впровадження систем, що комбінують кілька видів енергії,

зокрема теплоту, отриману від сонячних колекторів, теплових pomp або біомаси. Ці системи дозволяють використовувати різні джерела енергії залежно від доступності ресурсів і забезпечувати енергетичну незалежність. Наприклад, поєднання сонячних колекторів з традиційними котлами або тепловими pompami дозволяє не тільки задовольнити потреби в опаленні, а й значно зменшити витрати на паливо.

Сучасні технології рекуперації тепла дозволяють не тільки ефективно використовувати вже згенеровану теплоту, але й інтегрувати різноманітні джерела енергії, що сприяє підвищенню економічної ефективності та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище. Використання теплотехнічних рішень у поєднанні з інтелектуальними системами управління дозволяє оптимізувати процеси переробки енергії, забезпечуючи стабільність і економічність функціонування систем опалення.

Отже, рекуперація тепла та вторинне використання енергоресурсів в системах опалення є необхідними умовами для досягнення високої енергоефективності. Це дозволяє зменшити енергоспоживання, оптимізувати витрати на опалення та зробити використання енергії більш раціональним і екологічно безпечним.

Питання для самоконтролю

1. Які основні принципи роботи рекуператорів у системах опалення та вентиляції?
2. Яким чином можна використовувати відпрацьовані гази для підвищення ефективності системи опалення?
3. Як вторинне використання енергоресурсів може знизити енергоспоживання в промислових умовах?
4. Які переваги дає використання гібридних систем опалення, що комбінують кілька джерел енергії?
5. Які інноваційні технології сприяють покращенню ефективності рекуперації тепла?

Лекція 5 Автоматизація та інтелектуальні системи керування опаленням

Сучасні технології автоматизації та інтелектуального управління стають незамінними у сфері енергетики та систем опалення. Вони дозволяють значно підвищити ефективність використання енергії, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити комфортні умови в приміщеннях за мінімальних витрат енергії. Інтелектуальні системи управління опаленням працюють на основі інтеграції провідних технологій, які автоматично регулюють температуру, потік теплоносія та інші параметри системи залежно від реальних потреб.

Однією з головних цілей автоматизації в системах опалення є забезпечення оптимального теплового комфорту за мінімальних енергетичних витрат. Для досягнення цієї мети використовуються різноманітні технології, зокрема сенсори температури, вологості, тиску, а також пристрої для моніторингу та керування потоком теплоносія. Всі ці елементи об'єднуються в єдину систему, яка здійснює контроль за всіма аспектами роботи опалення, що дозволяє досягти високої точності в налаштуваннях і максимального зменшення енергоспоживання.

Автоматизація опалювальних систем передбачає використання програмованих термостатів, які дозволяють користувачам налаштовувати температурні режими залежно від часу доби або дня тижня. Вони дають змогу автоматично змінювати температуру в приміщенні, що дозволяє зменшити витрати енергії, коли це необхідно. Наприклад, вночі або в періоди, коли приміщення не використовуються, температура може знижуватися без втрати комфорту для мешканців або працівників. Термостати можуть працювати як в автономному режимі, так і в інтеграції з центральними керуючими системами будівлі, що дозволяє синхронізувати роботу всіх енергетичних систем [3].

Інтелектуальні системи керування опаленням можуть бути інтегровані з іншими інженерними системами будівлі, такими як вентиляція, кондиціонування повітря, освітлення тощо. Це дозволяє створити ефективні енергетичні системи, що працюють в режимі «розумного» дому. Наприклад, за допомогою сенсорів руху та вологості система може автоматично регулювати температуру залежно

від присутності людей у приміщенні та рівня вологості. Інтелектуальні системи також можуть використовувати дані з прогнозу погоди для коригування режиму опалення залежно від змін зовнішніх температур.

Крім того, використання інтелектуальних систем дозволяє здійснювати дистанційне керування та моніторинг роботи систем опалення. Завдяки впровадженню Інтернету речей (IoT) та мобільних додатків, власники можуть отримати доступ до своїх систем опалення з будь-якої точки світу. Це дає змогу здійснювати налаштування, виявляти несправності або навіть проводити діагностику системи без присутності на місці. Це значно зменшує витрати на обслуговування та дає змогу своєчасно виявляти та усувати можливі проблеми.

Інтелектуальні системи також дають змогу максимально точно налаштовувати роботу теплогенераторів, таких як котли та теплові помпи, що дозволяє значно зменшити їхнє енергоспоживання. Вони автоматично регулюють параметри роботи котла залежно від температури в приміщенні, зменшуючи теплові втрати і збільшуючи загальну ефективність. За допомогою таких систем можна також визначити оптимальний момент для увімкнення та вимкнення обладнання, що забезпечує його тривалу та надійну роботу.

Важливим аспектом інтелектуальних систем є їхня здатність до самонавчання. Система, використовуючи історичні дані та вивчаючи переваги користувачів, може адаптуватися до змін в умовах роботи будівлі або змін у зовнішніх погодних умовах. Завдяки цьому система стає більш ефективною з часом, зменшуючи витрати енергії та покращуючи якість обігріву.

Важливим елементом автоматизованих систем є їхнє обслуговування та оновлення програмного забезпечення. Постійний моніторинг системи дає змогу вчасно виявляти потенційні несправності та здійснювати профілактичне обслуговування, що забезпечує її безперервну роботу та високий рівень енергоефективності. Оновлення програмного забезпечення дозволяє інтегрувати нові функції та вдосконалювати вже існуючі можливості, що дозволяє системам зберігати актуальність та ефективність у довгостроковій перспективі.

Загалом автоматизація та інтелектуальні системи керування опаленням дозволяють значно покращити енергоефективність будівель, зменшити витрати на енергію, покращити мікроклімат та забезпечити комфортні умови для мешканців або працівників. Ці технології є важливим кроком у розвитку «розумних» будівель, які можуть самостійно регулювати свої енергетичні потреби, забезпечуючи економічну та екологічну вигоду.

Питання для самоконтролю

1. Які основні функції автоматизованих систем у керуванні опаленням?
2. Як інтелектуальні системи допомагають зменшити енергоспоживання в системах опалення?
3. Які переваги дає інтеграція системи опалення з іншими інженерними системами будівлі?
4. Як технологія IoT використовується в автоматизації систем опалення?
5. Які можливості надають інтелектуальні системи для обслуговування та моніторингу опалювальних систем?

Лекція 6 Екологічні аспекти та нормативне регулювання сучасних систем опалення

Зростаюча увага до екологічних аспектів енергетичних систем є важливим фактором для розвитку сучасних систем опалення. З огляду на проблеми зміни клімату, забруднення повітря та виснаження природних ресурсів, екологічні вимоги до опалювальних систем стають все більш жорсткими. Системи опалення, що використовуються сьогодні, повинні відповідати не тільки вимогам щодо енергоефективності, а й стандартам щодо екологічної безпеки, зменшення викидів вуглецю та інших забруднювальних речовин.

Один з ключових екологічних аспектів у сучасних системах опалення — це зменшення викидів шкідливих газів, таких як вуглекислий газ (CO₂), оксиди азоту (NO_x) та сажа, які утворюються під час спалювання палива. Традиційні

котли, що працюють на викопному паливі, мають значні негативні екологічні наслідки через високі рівні забруднення. Для зменшення цих викидів розробляються нові технології, такі як конденсаційні котли, котли з високим коефіцієнтом корисної дії та котли, що використовують альтернативні джерела енергії, зокрема біомасу, сонячну енергію та геотермальні джерела [4].

Сучасні котельні установки і системи опалення повинні відповідати вимогам, встановленим національними та міжнародними стандартами, такими як директиви ЄС з екологічної безпеки, а також національними нормативами щодо викидів шкідливих речовин. У багатьох країнах існують програми субсидій та державних фінансувань для впровадження екологічно чистих технологій в опаленні, таких як теплові помпи, сонячні колектори, геліосистеми, а також системи, що використовують відновлювані джерела енергії. Це дозволяє не тільки зменшувати викиди CO₂, але й забезпечувати більшу стійкість енергетичних систем, зменшуючи залежність від викопних ресурсів.

Особливу увагу варто приділити використанню біопалив, таких як пелети, тріска або біогаз, які можуть замінити традиційне вугілля або природний газ у котельнях. Ці джерела енергії є вуглецево нейтральними, оскільки вуглекислий газ, який вивільняється під час їх спалювання, поглинається рослинами під час їх росту. Однак для забезпечення екологічної чистоти цих технологій необхідно дотримуватися певних стандартів якості палива та ефективності спалювання. Біопаливо може значно зменшити викиди CO₂ в атмосферу, однак важливо правильно підібрати технології спалювання, щоб уникнути утворення забруднюючих речовин, таких як дрібнодисперсні частинки та оксиди азоту.

Значний внесок у зменшення екологічного навантаження систем опалення роблять новітні технології рекуперації тепла. Ці технології дозволяють значно зменшити енергоспоживання, оскільки вони дають змогу використовувати енергію, що зазвичай втрачається, наприклад, через вихідні гази або відпрацьоване повітря. За рахунок рекуперації тепла можна зменшити потребу в додаткових джерелах енергії, що також зменшує рівень викидів та негативний вплив на навколишнє середовище.

З точки зору нормативного регулювання сучасні системи опалення повинні відповідати різноманітним стандартам, що містять вимоги до енергоефективності, викидів шкідливих речовин і використання відновлюваних джерел енергії. У багатьох країнах діють закони, що обмежують рівень викидів в атмосферу та встановлюють мінімальні вимоги до енергоефективності опалювальних систем. Наприклад, у Європейському Союзі існують директиви, що регулюють рівень викидів від котлів та інших опалювальних установок, а також стандарти, які визначають мінімальну ефективність обладнання. Згідно з цими нормативами котли повинні мати високу ефективність використання палива, а також забезпечувати мінімальний рівень забруднення повітря.

Окрім стандартів щодо викидів, існують також вимоги до використання альтернативних джерел енергії. Наприклад, в деяких країнах існують програми субсидій для впровадження сонячних колекторів або теплових pomp у системи опалення. Це сприяє розвитку сталих енергетичних технологій і зменшує залежність від традиційних джерел енергії.

Отже, екологічні аспекти та нормативне регулювання є важливими складовими сучасних систем опалення. Врахування екологічних вимог дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище, зменшити рівень викидів парникових газів та забезпечити більш сталий розвиток енергетичних систем. Водночас нормативне регулювання визначає межі допустимих рівнів забруднення та енергоефективності, що є основою для впровадження інноваційних і екологічно чистих технологій у сфері опалення.

Питання для самоконтролю

1. Які основні екологічні проблеми виникають під час використання традиційних систем опалення?
2. Як біопаливо допомагає зменшувати викиди CO₂ в атмосферу?
3. Які технології можна використовувати для зменшення екологічного навантаження в системах опалення?

4. Які нормативні акти регулюють використання відновлюваних джерел енергії в системах опалення?

5. Які основні вимоги до енергоефективності та екологічної безпеки сучасних котлів і опалювальних установок?

Лекція 7 Сучасні методи оптимізації систем вентиляції та кондиціонування

В сучасних умовах, коли економія енергії та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище стають основними завданнями, оптимізація систем вентиляції та кондиціонування стає особливо актуальною. Це стосується як промислових, так і цивільних будівель, де ефективне управління енергією є не тільки необхідністю, але й важливим аспектом для досягнення комфорту, збереження ресурсів та зменшення експлуатаційних витрат. Існує низка методів, які дозволяють суттєво підвищити ефективність вентиляційних та кондиціонуючих систем.

Одним із найважливіших підходів до оптимізації є використання інтелектуальних систем керування. Сучасні системи вентиляції та кондиціонування можуть бути оснащені сенсорами, які вимірюють рівень вуглекислого газу, температуру, вологість, а також інші параметри навколишнього середовища. Ці сенсори дозволяють автоматично налаштовувати режим роботи системи в реальному часі, забезпечуючи постійний комфорт без надмірних витрат енергії. Наприклад, коли в приміщенні є мало людей або коли температура на вулиці не потребує охолодження або нагріву, система може зменшувати свою активність або повністю вимикатися, що дозволяє зменшити споживання енергії [5].

Один із важливих напрямів оптимізації – це рекуперація тепла, яка дозволяє зменшити витрати на обігрів або охолодження приміщень. Вентиляційні системи, оснащені рекуператорами тепла, здатні передавати енергію від відпрацьованого повітря до свіжого, що дозволяє зменшити навантаження на системи опалення або кондиціонування. У такий спосіб теплова енергія не втрачається, а використовується для підтримки необхідної

температури всередині будівлі. Рекуперація тепла є особливо ефективною в умовах холодного клімату, де витрати на опалення можуть становити значну частину загальних енергетичних витрат будівлі.

Іншим важливим методом є використання змінних обертів вентиляторів, що дає можливість налаштовувати швидкість циркуляції повітря залежно від навантаження на систему. Замість того, щоб вентилятори працювали на постійній потужності, вони можуть регулювати свою роботу відповідно до реальних потреб у вентиляції або охолодженні, що дозволяє зменшити енергоспоживання без втрати ефективності. Такі системи зазвичай оснащуються частотними перетворювачами, які забезпечують плавне регулювання швидкості роботи вентиляторів.

Ще один важливий напрям – це оптимізація розподілу повітря через використання сучасних вентиляційних ґраток, дифузорів та повітроводів, які дозволяють зменшити гідравлічні втрати. У новітніх системах вентиляції все частіше використовуються високоефективні фільтри, які здатні очищати повітря від дрібнодисперсних частинок, що є важливим аспектом для забезпечення чистоти повітря, зокрема в умовах інтенсивного забруднення. Завдяки вдосконаленій фільтрації не лише зменшується забруднення повітря, але й підвищується загальна ефективність системи, оскільки використання старих забруднених фільтрів може призвести до зниження потоку повітря та зростання витрат на енергію.

Використання інноваційних технологій кондиціонування, таких як теплові помпи, також сприяє оптимізації. Теплові помпи дозволяють не тільки охолоджувати, а й обігрівати приміщення, використовуючи наявну теплоту повітря, води або ґрунту. Це дозволяє зменшувати споживання енергії, оскільки теплові помпи мають значно вищий коефіцієнт ефективності порівняно з традиційними кондиціонерами та котлами.

Завдяки технології «розумного» дому системи вентиляції та кондиціонування можуть бути інтегровані в загальну систему управління будівлею. Це дозволяє централізовано контролювати всі параметри, включно із

температурою, вологістю, рівнем CO₂ та іншими факторами, що впливають на комфорт і ефективність роботи системи. За допомогою Інтернету речей (IoT) та мобільних додатків користувачі можуть здійснювати дистанційне керування та моніторинг роботи системи, що робить її ще більш зручною та ефективною.

Ще одним важливим елементом оптимізації є проєктування систем з урахуванням їх інтеграції з іншими енергетичними системами будівлі. Наприклад, використання сонячних колекторів для попереднього обігріву повітря або води дозволяє зменшити навантаження на основні системи опалення та кондиціонування. Така інтеграція дозволяє значно скоротити енергоспоживання та підвищити ефективність всього комплексу інженерних систем.

Оптимізація систем вентиляції та кондиціонування є важливою складовою забезпечення енергоефективності сучасних будівель. Застосування інтелектуальних систем, рекуперації тепла, використання змінних обертів вентиляторів та інноваційних технологій кондиціонування дозволяє не тільки зменшити витрати на енергію, а й підвищити комфорт і зменшити екологічний вплив.

Питання для самоконтролю

1. Як інтелектуальні системи керування допомагають оптимізувати роботу вентиляції та кондиціонування?
2. Що таке рекуперація тепла і як вона сприяє зменшенню енергоспоживання?
3. Як змінні оберти вентиляторів допомагають знизити витрати енергії в системах вентиляції?
4. Які переваги дають теплові помпи в системах кондиціонування та опалення?
5. Як інтеграція систем вентиляції та кондиціонування з іншими енергетичними системами будівлі сприяє оптимізації енергоспоживання?

Лекція 8 Технології рекуперації повітряного потоку для зменшення енергоспоживання

Зменшення енергоспоживання в будівлях є важливою складовою забезпечення їх енергоефективності. Однією з найбільш ефективних технологій у цьому контексті є рекуперація повітряного потоку. Рекуперація тепла дозволяє зменшити енергетичні витрати на обігрів або охолодження приміщень, адже вона використовує енергію відпрацьованого повітря для попереднього обігріву або охолодження свіжого повітря, що надходить до будівлі. Цей процес дозволяє значно зменшити необхідність у використанні додаткових джерел енергії, підвищуючи ефективність систем вентиляції та кондиціонування.

Основним принципом роботи систем рекуперації є передача тепла або холоду від відпрацьованого повітря до свіжого, що дозволяє скоротити витрати на опалення чи охолодження. Замість того, щоб викидати тепле або холодне повітря назовні, системи рекуперації скеровують це повітря через спеціальні теплообмінники або рекуператори, де тепло або холод передаються свіжому потоку повітря, що надходить. Це дає змогу зберегти частину енергії, що зазвичай втрачається, і забезпечити оптимальну температуру всередині приміщення [6].

Існує кілька типів рекупераційних систем, що застосовуються для різних потреб. Ось основні з них:

1) пластинчасті рекуператори. Це один з найбільш поширених типів рекупераційних систем. Вони складаються з кількох паралельних пластин, через які циркулюють два потоки повітря: відпрацьоване та свіже. Пластини зазвичай виготовляються з матеріалів, які мають високу теплопровідність, що дозволяє ефективно передавати енергію між потоками. Ці системи можуть працювати як для обігріву, так і для охолодження повітря;

2) ротаційні рекуператори. Цей тип рекуператорів має обертальну конструкцію, де спеціальний барабан з матеріалу з високою теплопровідністю обертається між двома потоками повітря. Оскільки барабан постійно рухається, він здатний забезпечити більш ефективну передачу тепла між потоками повітря,

порівняно з пластинчастими системами. Такі рекуператори часто застосовуються у великих будівлях, де важлива висока ефективність та обсяг повітря, що переробляється;

3) теплові помпові системи рекуперації. Ці системи використовують принцип теплових pomp для перекачування тепла з одного потоку повітря в інший. Теплова помпа дозволяє не тільки передавати тепло, але й за необхідності підвищувати або знижувати його рівень, залежно від пори року та зовнішніх умов. Такі системи є надзвичайно ефективними в умовах як холодного, так і теплого клімату;

4) пасивна рекуперація. Ця технологія базується на використанні природної різниці температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям без активних механізмів або pomp. Така система найчастіше застосовується в пасивних будівлях або будівлях, що використовують геотермальні джерела тепла, де рекуперація тепла відбувається без потреби в енергетичних витратах.

Рекупераційні системи здатні значно знижувати споживання енергії, що витрачається на обігрів або охолодження будівель. Залежно від ефективності системи та її типу, економія може досягати 30–40 % від загальних витрат на кондиціонування повітря. Водночас важливо правильно налаштувати систему та забезпечити належну експлуатацію, оскільки забруднені фільтри, а також неефективна робота теплообмінників можуть призвести до зменшення ефективності роботи системи.

Ще одним важливим аспектом є те, що рекуперація повітряного потоку допомагає скоротити витрати на обслуговування та зменшити навантаження на основні системи кондиціонування та опалення. Завдяки зменшенню обсягів роботи основних систем можна скоротити витрати на енергію, а також подовжити термін служби обладнання.

Використання таких технологій є важливим етапом на шляху до сталого розвитку, оскільки вони дозволяють зменшити споживання енергоресурсів та негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, рекупераційні системи можуть бути інтегровані з іншими енергоефективними технологіями, такими як

сонячні колектори або геотермальні теплові помпи, що додатково збільшує загальну ефективність енергоспоживання в будівлях.

Отже, рекуперація повітряного потоку є важливою технологією скорочення енергоспоживання в будівлях, що дозволяє зменшити витрати на опалення, кондиціювання, а також підвищити ефективність роботи вентиляційних систем.

Питання для самоконтролю

1. Який принцип роботи систем рекуперації тепла в вентиляційних установках?
2. У чому полягають переваги ротаційних рекуператорів порівняно з пластинчастими?
3. Як теплові помпові системи використовуються для рекуперації тепла?
4. Чим відрізняється пасивна рекуперація від активних систем?
5. Які фактори впливають на ефективність роботи систем рекуперації повітряного потоку?

Лекція 9 Автоматизовані системи керування мікрокліматом у будівлях

У сучасних умовах розвитку будівельних технологій одним із важливих напрямів є створення автоматизованих систем керування мікрокліматом. Такі системи відіграють ключову роль у забезпеченні оптимальних умов для перебування людей, зменшуючи енергетичні витрати та підвищуючи комфорт. Автоматизація мікроклімату дозволяє інтегрувати всі основні інженерні системи, такі як опалення, вентиляція, кондиціювання та освітлення, в єдину мережу, що забезпечує більш ефективну та економічну експлуатацію будівель.

Мікроклімат в будівлях визначається різними параметрами, такими як температура, вологість, рівень CO₂, циркуляція повітря, а також рівень шуму та освітлення. Для забезпечення здорового та комфортного середовища в

приміщеннях необхідно контролювати ці параметри в реальному часі. Автоматизовані системи дозволяють регулювати роботу опалювальних та вентиляційних установок, кондиціонерів, а також освітлювальних систем, забезпечуючи підтримку оптимальних умов для перебування людей.

До основних компонентів автоматизованих систем управління мікрокліматом належать:

1) сенсори. Для моніторингу параметрів мікроклімату використовуються різноманітні сенсори, які вимірюють температуру, вологість, концентрацію CO₂, а також швидкість повітря. Дані з цих сенсорів надходять до центральної системи управління, де на основі них ухвалюються рішення щодо регулювання роботи різних систем [7];

2) системи контролю та управління. Основним компонентом є центральна система управління, яка збирає та аналізує дані із сенсорів, а також керує роботою усіх підсистем. Це можуть бути традиційні автоматизовані системи (наприклад, програмовані логічні контролери – ПЛК) або більш складні інтегровані рішення, що базуються на штучному інтелекті та машинному навчанні, здатні адаптувати систему управління до змін у середовищі чи потребах користувачів;

3) активатори. Активація та регулювання роботи технічних систем (вентиляції, кондиціонування, опалення, освітлення) відбувається через активатори, які можуть бути електричними, гідравлічними або пневматичними. Вони виконують функцію керування конкретними компонентами системи відповідно до команд, отриманих від центрального контролера;

4) інтерфейси користувача. Для зручності експлуатації автоматизованих систем у будівлях застосовуються різноманітні інтерфейси, через які користувачі можуть взаємодіяти з системою. Це можуть бути панелі управління, мобільні додатки або веб-інтерфейси. Інтерфейси дозволяють здійснювати налаштування, переглядати поточні показники мікроклімату, а також отримувати повідомлення про будь-які зміни чи несправності;

5) системи інтеграції. Однією з важливих характеристик автоматизованих систем управління є їхня здатність до інтеграції з іншими енергетичними системами будівлі. Наприклад, автоматизація може бути інтегрована з системами управління освітленням, сонячними панелями, батареями або навіть з «розумними» лічильниками, які відслідковують енергоспоживання в реальному часі. Завдяки такій інтеграції можна досягти більш високої енергоефективності та скоротити витрати на енергоресурси.

Одним із основних аспектів таких систем є їхня здатність до адаптації. Вони можуть не лише підтримувати сталий мікроклімат, але й реагувати на зміни навколишнього середовища. Наприклад, у разі зміни температури зовнішнього повітря система може автоматично налаштувати роботу системи опалення або кондиціювання, не чекаючи руками введених змін. Також на основі даних від сенсорів система може прогнозувати потреби в енергії та відповідно налаштовувати параметри роботи систем.

Однією з головних переваг автоматизованих систем управління є підвищення енергоефективності. Вони дозволяють мінімізувати перевитрати енергії, оскільки системи можуть працювати тільки тоді, коли це необхідно. Наприклад, система вентиляції може автоматично зменшити свою потужність або повністю вимкнутися, коли в приміщенні немає людей, або коли вологість та рівень CO₂ перебувають у межах норми.

Ці системи також можуть покращити умови для здоров'я мешканців. Підтримка оптимального рівня вологості, вентиляція та очищення повітря від шкідливих домішок є критично важливими для забезпечення хорошого самопочуття людей у приміщеннях. Автоматизовані системи можуть контролювати ці параметри з високою точністю, мінімізуючи ризики, пов'язані з поганою вентиляцією або неконтрольованим температурним режимом.

Завдяки використанню таких систем можна значно скоротити витрати на обслуговування будівлі, зокрема на утримання і ремонт інженерних систем. Оскільки системи мають можливість діагностики в реальному часі, а також ведення журналів подій, можна своєчасно виявляти та усувати несправності, що

дозволяє уникнути великих витрат на непередбачувані поломання.

Отже, автоматизовані системи керування мікрокліматом є важливим елементом сучасних будівель, що дозволяє значно покращити енергоефективність, забезпечити комфорт і здоров'я людей, а також скоротити експлуатаційні витрати. Інтеграція цих систем з іншими енергетичними технологіями дозволяє досягти більших переваг у забезпеченні сталого розвитку будівель.

Питання для самоконтролю

1. Які основні компоненти складають автоматизовану систему управління мікрокліматом у будівлях?
2. Як сенсори впливають на ефективність автоматизованих систем керування мікрокліматом?
3. Яким чином автоматизовані системи можуть скорочувати витрати енергії у будівлі?
4. Які переваги дає інтеграція автоматизованих систем з іншими енергетичними технологіями?
5. Як автоматизовані системи управління можуть покращити умови для здоров'я мешканців будівель?

Лекція 10 Перспективи використання природної та гібридної вентиляції

Забезпечення комфортних умов для проживання та роботи людей у будівлях неможливе без ефективних систем вентиляції. Одним з важливих напрямів розвитку сучасних вентиляційних технологій є використання природної та гібридної вентиляції. Ці системи відрізняються від традиційних механічних вентиляційних установок, оскільки використовують природні фактори, такі як температура, вітер та різниця у тиску, для забезпечення циркуляції повітря. Вони є не тільки енергоефективними, а й сприяють скороченню експлуатаційних витрат та покращенню якості внутрішнього середовища.

Природна вентиляція базується на використанні природних факторів, таких як температурні коливання і різниця у тиску між внутрішнім і зовнішнім повітрям. Це дозволяє повітрю самостійно циркулювати в будівлі через відкриті вікна, вентиляційні отвори або спеціальні шахти. Основною її перевагою є те, що для її роботи не потрібен електричний привід або механічні установки. Це значно зменшує енергоспоживання та допомагає досягти високої енергоефективності будівлі.

Природна вентиляція може бути досить ефективною за таких умов, коли температура зовнішнього повітря значно відрізняється від температури всередині приміщення. Такий перепад температур створює тягу, яка забезпечує рух повітря через систему вентиляції. Також важливим фактором є наявність зовнішніх чинників, таких як вітер, який створює різницю тиску, що дозволяє ефективно виводити відпрацьоване повітря з будівлі.

Проте природна вентиляція має свої обмеження. Наприклад, вона менш ефективна у зимовий період, коли температура зовнішнього повітря занадто низька для забезпечення оптимального теплового комфорту в приміщеннях. Крім того, на її ефективність можуть впливати зовнішні умови, такі як відсутність вітру або зміна погодних умов, що робить систему менш стабільною та прогнозованою.

Гібридна вентиляція є компромісом між природною та механічною вентиляцією, поєднуючи переваги обох систем. У гібридних системах зазвичай використовується природна вентиляція, яка активується в моменти, коли це можливо (наприклад, під час вітряної погоди чи у разі великих перепадів температур).

Перевагою гібридної вентиляції є її здатність адаптуватися до різних умов навколишнього середовища. Вона забезпечує більш стабільну циркуляцію повітря, водночас зберігаючи енергоефективність за рахунок природної вентиляції в сприятливі моменти. Такі системи часто застосовуються в сучасних енергоефективних будівлях, де важливо скоротити витрати на енергію, зберігаючи водночас комфортні умови для людей.

Одним з важливих аспектів гібридної вентиляції є використання автоматичних регулюючих систем, які можуть визначати, коли необхідно увімкнути механічне обладнання, а коли достатньо роботи природних сил. Завдяки цьому можна мінімізувати енергоспоживання і підвищити ефективність роботи вентиляційної системи.

Перспективи розвитку природної та гібридної вентиляції пов'язані з постійним удосконаленням технологій і матеріалів, а також з більш широким впровадженням таких рішень у будівельну практику. Зокрема в рамках тенденцій сталого розвитку та зниження енергоспоживання ці системи все більше поширюються у проектуванні нових будівель, особливо в умовах міського середовища, де важливими є економія енергії та зменшення викидів CO₂.

Природна і гібридна вентиляція можуть бути особливо корисними в будівлях з низьким енергоспоживанням, таких як пасивні будинки, де будь-яке зменшення витрат енергії має велике значення. Вони також можуть бути інтегровані з іншими енергозберігаючими технологіями, наприклад, з рекуперацією тепла, що ще більше підвищить їхню ефективність і дозволить досягти високих стандартів енергоефективності.

Загалом природна та гібридна вентиляція є важливим кроком у напрямку створення енергоефективних будівель та скорочення енергоспоживання. З розвитком технологій та інтелектуальних систем управління, ці системи стають все більш доступними та ефективними, забезпечуючи комфорт і здоров'я мешканців будівель.

Питання для самоконтролю

1. Які основні переваги природної вентиляції порівняно з механічними системами?
2. Яким чином гібридна вентиляція поєднує переваги природної та механічної вентиляції?
3. Які фактори можуть вплинути на ефективність природної вентиляції?

4. Як автоматизовані системи можуть покращити ефективність гібридної вентиляції?

5. В яких типах будівель особливо доцільно використовувати природну та гібридну вентиляцію?

Лекція 11 Інноваційні матеріали та конструктивні рішення для підвищення енергоефективності систем вентиляції

Енергоефективність є одним із ключових факторів у сучасному проектуванні будівель, зокрема у системах вентиляції. Системи вентиляції відіграють важливу роль у підтримці комфортного мікроклімату в приміщеннях, але водночас можуть бути значними споживачами енергії. Тому пошук інноваційних матеріалів та конструктивних рішень, що скорочують енергоспоживання та збільшують ефективність вентиляційних систем, є важливим завданням у сфері будівництва та інженерії. Завдяки новітнім технологіям і матеріалам стало можливим значне покращення роботи вентиляційних систем, збільшення їх енергоефективності, а також зменшення впливу на навколишнє середовище.

Інноваційні матеріали

Одним із основних шляхів підвищення енергоефективності систем вентиляції є використання нових матеріалів, що покращують теплоізоляцію, зменшують теплові втрати та енергоспоживання. Одними з таких матеріалів є фольговані ізоляційні матеріали. Вони відрізняються високою теплоізоляцією і водночас є легкими, що робить їх зручними для використання в трубах та повітроводах вентиляційних систем. Фольговані матеріали зменшують теплові втрати і дозволяють підтримувати стабільну температуру повітря, що проходить через вентиляційні канали, мінімізуючи потребу в додатковому опаленні чи охолодженні повітря.

Пінополістирольні та пінополіуретанові ізоляційні матеріали також мають велику популярність у конструкціях вентиляційних систем завдяки їх високим теплоізоляційним властивостям. Ці матеріали є ефективними щодо збереження

тепла в повітроводах, що дозволяє зменшити енергетичні витрати на підігрів чи охолодження повітря в зимовий чи літній період.

Також для підвищення енергоефективності вентиляційних систем активно використовуються мембрани для рекуперації тепла. Вони дозволяють ефективно витягувати теплоту з витяжного повітря і передавати її повітрю, що надходить. Це зменшує потребу в зовнішньому енергоспоживанні для підігріву або охолодження повітря. Технологія рекуперації тепла вважається однією з найефективніших, якщо мова йде про скорочення енергоспоживання вентиляційних систем.

Конструктивні рішення для систем вентиляції

Окрім матеріалів, значним впливом на енергоефективність систем вентиляції мають конструктивні рішення. Одним із найбільш важливих аспектів є оптимізація повітроводів. Сучасні системи вентиляції проєктуються з урахуванням мінімізації втрат енергії на подолання опору повітря у трубопроводах. Для цього використовуються повітроводи з гладкою внутрішньою поверхнею і ефективними кривими, що забезпечує мінімальний опір для потоку повітря. Такі рішення зменшують енергетичні витрати на проходження повітря через систему.

Важливим кроком для підвищення енергоефективності є використання автоматизованих систем управління вентиляцією. Вони дозволяють адаптувати роботу вентиляційної системи залежно від умов у приміщенні, наприклад, змінюючи інтенсивність вентиляції залежно від рівня CO₂, температури або вологості. В такому разі енергоспоживання зменшується, оскільки система працює тільки в необхідний момент і з мінімальною потужністю.

Ще однією інновацією в конструкції вентиляційних систем є використання систем з рекуперацією тепла. Вони використовують тепло від відпрацьованого повітря для попереднього підігріву повітря, що надходить. Це дозволяє значно скоротити енергетичні витрати, оскільки частина енергії витрачається не на обігрів повітря, а на його попереднє нагрівання за допомогою системи рекуперації.

У контексті зменшення енергоспоживання також важливим є використання гібридних систем вентиляції, які поєднують природну і механічну вентиляцію. В таких системах природна вентиляція активується, коли це можливо (наприклад, за сприятливих погодних умов), а механічна система вмикається лише тоді, коли природна вентиляція стає неефективною, забезпечуючи цим економію енергії.

Інтелектуальні системи керування також мають велике значення для оптимізації роботи вентиляційних систем. Вони дозволяють не тільки контролювати параметри повітря (температуру, вологість, рівень CO₂), але й прогнозувати потреби у вентиляції на основі збору даних про навколишнє середовище і діяльність людей у приміщеннях.

Перспективи використання інноваційних матеріалів та конструктивних рішень в системах вентиляції полягають у постійному вдосконаленні технологій, що дозволяють скорочувати енергоспоживання та підвищувати ефективність. Впровадження таких рішень у будівництво дозволяє значно зменшити викиди парникових газів і скоротити витрати на енергоспоживання, що робить такі системи ідеальними для сталого розвитку та енергетичної незалежності.

Питання для самоконтролю

1. Як фольговані матеріали покращують енергоефективність вентиляційних систем?
2. Яку роль відіграють мембрани для рекуперації тепла у скороченні енергоспоживання?
3. Які конструктивні рішення допомагають зменшити енергетичні витрати на подолання опору повітря у вентиляційних системах?
4. Як автоматизовані системи управління вентиляцією можуть збільшити енергоефективність?
5. Які переваги мають гібридні системи вентиляції порівняно з традиційними механічними системами?

Лекція 12 Енергетичний аудит будівель: оцінка та шляхи підвищення ефективності інженерних систем

Енергетичний аудит будівель є важливою частиною процесу управління енергією в сучасному будівництві та експлуатації будівель. Він дозволяє визначити енергоспоживання будівлі, оцінити ефективність роботи інженерних систем і знайти шляхи для зменшення енергетичних витрат. Аудит базується на систематичному аналізі технічних характеристик будівлі та її інженерних систем, що дає змогу виявити проблеми в енергоспоживанні та розробити рекомендації щодо підвищення енергоефективності.

Процес енергетичного аудиту будівель містить кілька етапів. Першим етапом є збір інформації про будівлю та її інженерні системи. До нього входить детальний аналіз архітектурних планів, інженерних комунікацій, використаних матеріалів, а також стану опалювальних, вентиляційних і кондиціонувальних систем. На цьому етапі також оцінюється зовнішній вигляд будівлі та її взаємодія з навколишнім середовищем включно із впливом кліматичних умов.

Другим етапом є моніторинг енергоспоживання, коли здійснюється вимірювання фактичного споживання енергії різними системами будівлі. Цей етап містить оцінку роботи опалювальних, вентиляційних, кондиціонувальних систем, а також систем освітлення і гарячого водопостачання. Важливою частиною моніторингу є також вимірювання температури, вологості та рівня CO₂ в приміщеннях, що дозволяє оцінити ефективність функціонування системи кондиціонування та вентиляції.

На наступному етапі здійснюється діагностика проблем, пов'язаних з енергоспоживанням. Це може бути низька ефективність теплоізоляції, неефективне використання енергії в системах освітлення або спрацьовані інженерні системи, які потребують модернізації. Аналізуються всі можливі фактори, які призводять до надмірного енергоспоживання, зокрема теплові втрати через стіни, вікна, дахи, а також неефективність роботи систем опалення, кондиціонування і вентиляції.

Оцінка енергетичної ефективності будівлі здійснюється за допомогою спеціалізованих методик, які дозволяють розрахувати теплові втрати і співвідношення між енергоспоживанням та параметрами будівлі. Це може містити, наприклад, використання тепловізійних технологій для виявлення місць, де відбуваються значні теплові втрати. Зібрані дані дозволяють скласти повну картину енергетичних витрат будівлі і визначити пріоритетні напрямки для оптимізації.

Шляхи підвищення енергоефективності містять низку технічних і організаційних рішень. Одним із перших кроків є модернізація систем опалення та кондиціонування. Заміна старих котлів на конденсаційні, використання інтелектуальних термостатів та систем управління температурою дозволяє зменшити витрати енергії. Встановлення сучасних теплообмінників, рекуператорів тепла в системах вентиляції також дозволяє значно скоротити енергоспоживання.

Поліпшення теплоізоляції є важливим засобом для зменшення теплових втрат. Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів, таких як пінополістирол, мінеральна вата або аерогелі, дозволяє значно зменшити теплові втрати через стіни, покрівлю та фундамент. Заміна вікон на енергозберігаючі склопакети також сприяє скороченню енергоспоживання.

Не менш важливим є впровадження систем автоматизації та управління енергоспоживанням. Вони дозволяють забезпечити оптимальний режим роботи інженерних систем будівлі залежно від умов навколишнього середовища та внутрішнього мікроклімату. Інтелектуальні системи управління дозволяють скоротити споживання енергії на освітлення, опалення та кондиціонування, адаптуючи їх до реальних потреб.

Використання відновлювальних джерел енергії також є важливим напрямом підвищення енергоефективності будівель. Встановлення сонячних панелей для генерації електричної енергії або сонячних колекторів для підігріву води зменшує залежність від традиційних джерел енергії і допомагає досягти значної економії. Використання геотермальних теплових pomp для опалення та

охолодження також є ефективним рішенням для скорочення енергоспоживання.

У підсумку, енергетичний аудит є важливим інструментом для зменшення енергоспоживання будівель, виявлення можливостей для збільшення ефективності інженерних систем і скорочення витрат на енергоресурси. Впровадження результатів енергетичного аудиту допомагає не тільки скоротити витрати на енергію, але й зробити будівлю більш екологічною та комфортною для мешканців. Враховуючи сучасні тенденції сталого розвитку, енергетичний аудит стає ключовим елементом стратегії енергоефективності в будівництві та експлуатації будівель.

Питання для самоконтролю

1. Які етапи містить процес енергетичного аудиту будівлі?
2. Які проблеми можуть бути виявлені під час енергетичного аудиту будівлі?
3. Як сучасні технології теплоізоляції можуть вплинути на скорочення енергоспоживання?
4. Які переваги є у систем автоматизації та управління енергоспоживанням у будівлі?
5. Які відновлювальні джерела енергії можна використати для підвищення енергоефективності будівель?

Лекція 13 Інтеграція відновлюваних джерел енергії в інженерні системи будівель

Інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в інженерні системи будівель є важливим кроком до скорочення енергетичних витрат, збільшення енергоефективності та зменшення впливу будівель на навколишнє середовище. Враховуючи глобальні тенденції до сталого розвитку та зменшення викидів парникових газів, використання ВДЕ в сучасних інженерних системах відповідає не лише технічним, а й соціальним та економічним вимогам.

Основними відновлювальними джерелами енергії, які можуть бути

інтегровані в інженерні системи будівель, є сонячна енергія, енергія вітру, геотермальна енергія та біомаса. Кожне з цих джерел має свої особливості та застосування, що дозволяє їх ефективно використовувати залежно від умов експлуатації та потреб будівлі.

Сонячна енергія є одним із найбільш поширених і доступних відновлювальних джерел енергії. Використання сонячних панелей для генерації електричної енергії дозволяє зменшити залежність від традиційних енергетичних ресурсів. Сонячні колектори, зі свого боку, ефективно використовуються для підігріву води. Інтеграція сонячних систем у будівельні інженерні мережі дозволяє значно скоротити витрати на енергоресурси, особливо в районах з високим рівнем сонячної активності.

У системах опалення та кондиціонування використання сонячної енергії може містити як традиційні системи на основі сонячних колекторів, так і більш інноваційні варіанти, як, наприклад, сонячні теплові помпи. Така інтеграція дозволяє значно скоротити витрати енергії на опалення та охолодження будівлі, особливо в умовах помірного або теплого клімату.

Вітрові турбіни також можна використовувати для генерування електричної енергії, хоча в будівельному секторі їх застосування є більш обмеженим через залежність від місцевих вітрових умов. Вітрові турбіни ефективно працюють в районах з високою швидкістю вітру, забезпечуючи додаткове джерело енергії для будівлі. Інтеграція вітрових турбін у систему енергозабезпечення будівлі дозволяє не лише скорочувати витрати на електрику, але й підвищувати енергетичну незалежність будівлі.

Геотермальна енергія є ще одним потужним джерелом відновлювальної енергії, яке можна використовувати для опалення та охолодження будівель. Геотермальні теплові помпи дозволяють зменшити енергоспоживання на опалення і кондиціонування, оскільки вони використовують сталу температуру ґрунту для теплопередачі. Це особливо ефективно для будівель, що розташовані у регіонах з холодним кліматом, де потреба в опаленні висока. Використання геотермальних систем зменшує залежність від традиційних джерел енергії та

викиди вуглекислого газу, а також забезпечує високу енергоефективність.

Біомасу, що містить використання органічних матеріалів, таких як деревина, аграрні відходи або біогаз, також можна ефективно використати для опалення. Технології на основі біомаси можуть забезпечити безперервне джерело енергії, яке використовується для генерації тепла та електрики. Встановлення біокотлів у системи опалення будівель дозволяє зменшити залежність від традиційних видів палива та викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Інтеграція ВДЕ в інженерні системи будівель передбачає певні технічні та інженерні виклики. Одним із основних аспектів є необхідність адаптації існуючих інженерних систем до нових відновлювальних джерел енергії. Зокрема необхідно враховувати можливість збереження енергії, розподілу її між різними системами та налаштування автоматизованого управління для забезпечення ефективної роботи всіх компонентів.

Важливим аспектом є також економічна доцільність таких рішень. Хоча початкові витрати на встановлення систем ВДЕ можуть бути значними, з часом вони компенсуються скороченням витрат на енергію та покращенням енергоефективності будівлі. Крім того, впровадження відновлювальних джерел енергії може бути підтримано державними субсидіями або пільгами, що сприяє швидкому поверненню інвестицій.

Екологічні переваги інтеграції ВДЕ також є важливими. Використання відновлювальних джерел енергії дозволяє значно зменшити викиди парникових газів та інші шкідливі викиди, що сприяє збереженню навколишнього середовища і зменшенню впливу будівель на зміну клімату.

Інтеграція відновлювальних джерел енергії в інженерні системи будівель стає важливою частиною сучасної стратегії сталого розвитку та енергоефективності. Вона дозволяє досягти значного скорочення витрат на енергоспоживання, покращити екологічний баланс та підвищити енергонезалежність будівель.

Питання для самоконтролю

1. Які основні відновлювальні джерела енергії використовуються в інженерних системах будівель?
2. Які переваги має використання сонячної енергії в системах опалення та кондиціонування будівель?
3. За яких умов застосування вітрових турбін для генерації електричної енергії є найбільш ефективним?
4. Як геотермальні теплові помпи допомагають скоротити енергоспоживання будівель?
5. Які економічні переваги має інтеграція відновлювальних джерел енергії в інженерні системи будівель?

Лекція 14 Моделювання та прогнозування енергоспоживання будівель

Моделювання та прогнозування енергоспоживання будівель є важливими інструментами для розробки ефективних стратегій енергозбереження, а також для розрахунку енергетичних потреб будівель в умовах кліматичних та експлуатаційних факторів, що змінюються. Сучасні методи моделювання дозволяють не лише оцінити поточні енергетичні витрати, а й спрогнозувати їх на майбутнє, що дає змогу розробити інноваційні стратегії управління енергоспоживанням, скоротити витрати на енергетичні ресурси та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Процес моделювання енергоспоживання будівель містить кілька ключових етапів: аналіз фізичних та кліматичних характеристик будівлі, визначення параметрів енергоспоживчих систем, а також застосування відповідних математичних моделей для симуляції енергетичних процесів.

Першим етапом є аналіз конструктивних та технічних характеристик будівлі. До цього входить дослідження характеристик будівельних матеріалів, архітектурних особливостей (орієнтація будівлі, кількість вікон, теплоізоляція тощо), а також інформація про інженерні системи (системи опалення,

кондиціонування, вентиляції, електричні навантаження). Саме ці фактори безпосередньо впливають на рівень енергоспоживання.

Наступним етапом є врахування кліматичних умов, оскільки температура зовнішнього середовища, сонячна радіація та вітрові навантаження значно впливають на енергоспоживання будівлі. Для цього використовуються кліматичні дані за певний період, які дозволяють отримати більш точні прогнози.

Математичні моделі енергоспоживання будівель зазвичай базуються на фізичних принципах теплопередачі та енергетичних балансах. Одні з найпоширеніших моделей – це моделі теплових мереж, що враховують теплопередачу через огорожувальні конструкції (стіни, дахи, вікна), а також енергетичні витрати через вентиляцію та кондиціонування. Такі моделі дають змогу спрогнозувати, скільки енергії буде витрачено на підтримку комфортного мікроклімату в будівлі залежно від зовнішніх умов та характеристик будівельних матеріалів.

Однією з сучасних методик є динамічне моделювання, яке дозволяє враховувати зміни енергоспоживання протягом доби, сезону та року. Врахування змін температури зовнішнього середовища, сонячної радіації, вологості повітря, а також динаміки навантажень (наприклад, зміни кількості людей у будівлі) дозволяє точніше спрогнозувати енергоспоживання на різних етапах експлуатації будівлі.

Ще одним важливим аспектом є передбачення змін енергоспоживання залежно від змін у конструкціях або інженерних системах. Наприклад, додавання нових теплоізоляційних матеріалів, модернізація системи опалення або впровадження систем відновлювальних джерел енергії (сонячні панелі, теплові помпи) можуть суттєво скоротити енергоспоживання будівлі. Прогнозування таких змін дозволяє визначити ефективність інвестицій в енергозбереження ще до впровадження заходів.

Для прогнозування енергоспоживання також застосовуються комп'ютерні програми та спеціалізовані програмні продукти. Одними з найбільш відомих є EnergyPlus, TRNSYS, IES VE, які дозволяють створювати точні моделі

енергетичних процесів будівель та проводити чисельні симуляції. Ці програми враховують широкий спектр факторів – від характеристик будівлі до варіантів використання різних енергозберігаючих технологій.

Системи автоматизованого управління (BMS – Building Management Systems) також можуть бути інтегровані з моделями енергоспоживання для забезпечення реального моніторингу та керування енергією. Ці системи можуть автоматично коригувати параметри внутрішнього середовища (температуру, вологість, освітлення) на основі даних про поточне споживання енергії, що дозволяє оптимізувати витрати та забезпечити комфортні умови для мешканців або користувачів будівлі.

Прогнозування енергоспоживання також має важливу економічну складову. Точність таких прогнозів дозволяє ефективно планувати витрати на енергію, оцінювати економічну доцільність впровадження нових технологій або модернізації існуючих систем. Крім того, прогнози енергоспоживання можуть бути використані для оптимізації процесу планування та проєктування будівель, що сприяє зменшенню витрат на енергію в майбутньому.

Завдяки постійному розвитку методів та інструментів для моделювання та прогнозування енергоспоживання можна значно точніше оцінювати енергоефективність будівель на різних етапах їхнього життєвого циклу та розробляти більш точні стратегії з енергозбереження. Це, зі свого боку, дозволяє не лише скоротити витрати, але й покращити екологічну ситуацію, зменшивши викиди шкідливих газів і забруднення навколишнього середовища.

Питання для самоконтролю

1. Які етапи містить процес моделювання енергоспоживання будівлі?
2. Які математичні моделі зазвичай використовуються для розрахунку енергоспоживання будівель?
3. Як динамічне моделювання допомагає прогнозувати енергоспоживання будівлі?

4. Які програмні продукти найбільш популярні для моделювання енергоспоживання?

5. Як інтеграція систем автоматизованого управління будівлею допомагає в прогнозуванні енергоспоживання?

Лекція 15 Сучасні нормативні вимоги до енергоефективних інженерних систем

Сучасні нормативні вимоги до енергоефективних інженерних систем в будівництві є важливою частиною політики стійкого розвитку та енергозбереження в усьому світі. Вони спрямовані на забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів та зменшення негативного впливу будівель на навколишнє середовище. Стандарти та нормативи, що регулюють проєктування та експлуатацію інженерних систем, постійно оновлюються з урахуванням новітніх технологій, економічних та екологічних потреб.

Одним із головних документів, що визначають нормативні вимоги до енергоефективності в будівництві, є енергетичний кодекс або енергетичні стандарти на рівні національних і міжнародних організацій. Вони містять вимоги до проєктування, будівництва та експлуатації інженерних систем, зокрема щодо опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення. Ці нормативи встановлюють допустимі рівні енергоспоживання для різних типів будівель та мають на меті оптимізацію енергетичних витрат на всіх етапах життєвого циклу будівлі.

Ключовими аспектами, які регулюються нормативними вимогами, є:

1) ізоляція та теплообмін. Важливою складовою енергоефективності є правильний вибір матеріалів для теплоізоляції будівель та елементів інженерних систем. Вимоги до теплоізоляції стосуються як огорожувальних конструкцій (стін, дахів, вікон), так і теплових магістралей та вентиляційних каналів. Вони визначають максимально допустимі значення теплопередачі та вимоги до мінімальної теплоізоляції, що дозволяє зменшити втрати тепла та скоротити енергоспоживання;

2) енергетична ефективність систем опалення та охолодження. Стандарти передбачають високі вимоги до ефективності обладнання, такого як котли, теплові помпи, кондиціонери та вентиляційні установки. Котельні установки повинні відповідати вимогам щодо теплової ефективності та екологічних норм, зокрема за рівнями викидів вуглекислого газу та інших забруднювачів. Вимоги до систем кондиціонування та охолодження містять оптимізацію енергоспоживання через використання енергозберігаючих технологій та регулювання температури на основі реальних потреб;

3) використання відновлювальних джерел енергії. Нормативи сприяють інтеграції відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні батареї, теплові помпи, вітрові генератори та геотермальні системи. Вони дозволяють зменшити залежність від традиційних джерел енергії та скоротити витрати на енергію в будівлях. Наприклад, для нових будівель в деяких країнах є обов'язковим впровадження сонячних панелей або теплових pomp у системи опалення та гарячого водопостачання;

4) автоматизація та управління енергоспоживанням. Впровадження автоматизованих систем управління будівлею (BMS – Building Management Systems) є важливою частиною нормативних вимог до енергоефективності. Ці системи дозволяють оптимізувати використання енергії за рахунок автоматичного регулювання температури, освітлення, вентиляції та інших параметрів залежно від зовнішніх умов та інтенсивності використання приміщень;

5) енергетичний аудит та сертифікація. До нормативних вимог часто належить проведення енергетичних аудитів для оцінки ефективності систем і виявлення можливостей для зменшення енергоспоживання. Багато країн також мають свої власні сертифікаційні системи для будівель, що підтверджують їх енергоефективність, такі як LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) або аналогічні національні сертифікати;

б) енергетичні паспорти будівель. Важливим аспектом є наявність енергетичного паспорту будівлі, в якому зазначено рівень її енергоефективності. Це дозволяє не тільки оцінити витрати на енергію, а й визначити шляхи для подальшого підвищення енергетичної ефективності. Наявність таких паспортів також допомагає під час проведення оцінки вартості будівлі на ринку, оскільки енергоефективні будівлі мають вищу вартість через менші експлуатаційні витрати;

7) норми щодо вентиляції та кондиціонування. Вимоги до вентиляційних систем також регулюються нормативами, які встановлюють норми щодо ефективності вентиляційних установок, а також до рівня енергоефективності систем кондиціонування. Відповідно до сучасних стандартів системи вентиляції повинні бути спроектовані таким чином, щоб скорочувати енергетичні витрати та забезпечувати комфортні умови для мешканців із мінімальними енерговитратами.

Всі ці нормативи сприяють не тільки скороченню витрат на енергію, але й покращенню якості життя та зменшенню негативного впливу будівель на довкілля. Вони є важливим кроком до досягнення цілей сталого розвитку, які вимагають зменшення викидів парникових газів та оптимізації використання енергетичних ресурсів.

Питання для самоконтролю

1. Які основні вимоги встановлюють нормативи до теплоізоляції будівель?
2. Яким чином нормативи регулюють ефективність котельних установок та систем кондиціонування?
3. Як впровадження відновлювальних джерел енергії допомагає зменшити енергоспоживання будівель?
4. Яку роль у енергоефективності будівель відіграють автоматизовані системи управління?
5. Як енергетичний аудит сприяє збільшенню енергоефективності будівель?

Лекція 16 Роль цифрових технологій у забезпеченні енергоефективності інженерних систем

Цифрові технології відіграють важливу роль у забезпеченні енергоефективності інженерних систем, оскільки вони дозволяють значно покращити управління енергетичними ресурсами, скоротити витрати енергії, а також оптимізувати роботу систем у реальному часі. Вони створюють можливості для інтеграції новітніх методів управління, автоматизації, моніторингу та прогнозування, що дозволяє не тільки досягти енергозбереження, але й покращити загальний рівень комфорту в будівлях та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Одним із найбільш важливих аспектів використання цифрових технологій є інтелектуальне керування енергетичними системами. За допомогою таких технологій можна інтегрувати різні інженерні системи, включно із опаленням, вентиляцією, кондиціонуванням та освітленням, у єдину автоматизовану платформу для моніторингу та управління. Такі системи можуть працювати на основі штучного інтелекту та машинного навчання, що дозволяє адаптувати роботу інженерних мереж до реальних умов експлуатації та мінімізувати споживання енергії.

Основні аспекти застосування цифрових технологій

Системи управління будівлею (BMS). Цифрові платформи для автоматизованого управління енергетичними процесами в будівлях (системи BMS) дозволяють здійснювати моніторинг та керування всіма інженерними системами будівлі в реальному часі. Це дає змогу регулювати температурний режим, вологість, освітлення, вентиляцію і кондиціонування залежно від поточних потреб, часу доби, зовнішніх умов і кількості людей в приміщеннях. Завдяки такому підходу значно скорочується споживання енергії, а також поліпшується комфорт для користувачів.

Інтелектуальні термостати та сенсори. Використання інтелектуальних термостатів, сенсорів температури, вологості та вуглекислого газу дозволяє більш точно регулювати параметри в системах опалення, вентиляції та

кондиціонування. Ці пристрої в реальному часі відстежують зміну умов у приміщеннях та автоматично налаштовують роботу систем для забезпечення оптимальних умов за мінімальних витрат енергії.

Прогнозування енергоспоживання. За допомогою цифрових технологій та великих даних (big data) можливо прогнозувати енергоспоживання будівель та окремих систем, що дозволяє краще планувати навантаження на енергетичні мережі. Прогнозування дає можливість заздалегідь визначати великі навантаження та коригувати роботу інженерних систем для уникнення надмірних витрат енергії.

Енергетичний моніторинг. Впровадження сенсорів енергоспоживання в інженерні системи дозволяє постійно відслідковувати споживання енергетичних ресурсів. Ці дані можуть бути використані для аналізу ефективності роботи систем і виявлення несправностей або надмірних витрат енергії. Система моніторингу також дозволяє оперативно виявляти та усувати втрати енергії, що значно збільшує загальну енергоефективність будівлі.

Використання відновлювальних джерел енергії. Цифрові технології дозволяють інтегрувати відновлювальні джерела енергії, такі як сонячні панелі або теплові помпи, у загальні енергетичні системи будівель. За допомогою сучасних цифрових платформ можна оптимізувати роботу цих систем, гарантуючи максимально ефективне використання відновлювальних ресурсів, зменшуючи залежність від традиційних джерел енергії та скорочуючи витрати на енергоспоживання.

Автоматизоване керування освітленням та вентиляцією. Цифрові системи можуть також автоматично регулювати освітлення та вентиляцію на основі сенсорів присутності або зміни освітленості. Такі технології дають змогу мінімізувати витрати енергії, зменшуючи споживання електроенергії, якщо людей у приміщеннях немає або у разі достатнього природного освітлення.

Інтернет речей (IoT). Інтеграція інтернету речей у будівельні системи дозволяє збирати та обробляти дані з різних сенсорів і пристроїв для моніторингу енергоспоживання. Всі ці пристрої можуть бути з'єднані через інтернет і

керуватися централізовано, що дозволяє досягти оптимальної ефективності систем.

Блокчейн для енергетичних транзакцій. Інноваційні технології, такі як блокчейн, можуть бути використані для здійснення прозорих та безпечних енергетичних транзакцій, що дозволяє підвищити довіру до систем управління енергоспоживанням, а також забезпечити моніторинг і контроль за використанням енергії в реальному часі.

Цифровізація інженерних систем дозволяє значно підвищити рівень енергоефективності, скоротити витрати на енергію, поліпшити якість обслуговування будівель та досягти сталого використання енергетичних ресурсів. Вона стає основним інструментом для розв'язання глобальних проблем, пов'язаних з енергозбереженням та зменшенням впливу на навколишнє середовище.

Питання для самоконтролю

1. Як інтелектуальні термостати допомагають скоротити енергоспоживання?
2. Яку роль у збільшенні енергоефективності відіграє автоматизація інженерних систем?
3. Як прогнозування енергоспоживання допомагає в оптимізації роботи інженерних систем?
4. Як цифрові технології інтегрують відновлювальні джерела енергії в енергетичні системи будівель?
5. Як використання Інтернету речей сприяє збільшенню енергоефективності в будівлях?

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Xinming Han and all, Energy-efficient cloud systems: Virtual machine consolidation with – robustness optimization, iScience. Vol. 28, Issue 3, 21 March 2025. URL: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.111897>, free (date of the application: 05.05.2025).
2. Juri Sonowal and all, Evolution of solar driven desiccant systems for energy-efficient air conditioning: A review, Solar Compass, 2025. URL: <https://doi.org/10.1016/j.solcom.2025.100115>, free (date of the application: 05.05.2025).
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Чинний від 2022–01–09. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. 27 с.
4. Chen Ren and all, Construction of linear temperature model using non-dimensional heat exchange ratio: Towards fast prediction of indoor temperature and heating, ventilation and air conditioning systems control, Energy and Buildings, Vol. 251, 15 November 2021, 111351. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111351>, free (date of the application: 05.05.2025).
5. Ming-Rui Luo and all, Effect of tunnel ventilation on surrounding rock temperature field and heat regulating circle during construction phase, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 150, August 2024, 105835. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2024.105835>, free (date of the application: 05.05.2025).
6. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. Чинний від 2020–01–06. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 109 с.
7. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні зі зміною № 1. Чинний від 2018–01–07. Київ : Мінрегіонбуд України, 2022. 55 с.

Електронне навчальне видання

БУРДА Юрій Олександрович,
ЮЗБАШЬЯН Анна Петрівна

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ІНЖИНІРИНГОВІ СИСТЕМИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, освітня програма «Цивільна інженерія»

Відповідальний за випуск *Ю. І. Чайка*

Редактор Б. О. Хільська

Комп'ютерне верстання *Ю. О. Бурда*

План 2025, поз. 234Л

Підп. до друку 14.05.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 2,9.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.