

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

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ІНЖИНІРИНГОВІ СИСТЕМИ»**

*(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**

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Енергоефективні інжинірингові системи» (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. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Ю. О. Бурда, А. П. Юзбашьян, А. Д. Череднік. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 45 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Ю. О. Бурда,  
канд. техн. наук, доц. А. П. Юзбашьян,  
канд. техн. наук, доц. А. Д. Череднік

Рецензент

**Р. Б. Ткаченко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою теплогазопостачання і вентиляції, протокол № 5 від 12.12.2024*

Методичні рекомендації призначені для здобувачів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Подано вимоги до оформлення, засоби та послідовність виконання завдань, список рекомендованих джерел, наведено приклади оформлення робіт.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ<br>РІШЕНЬ У СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ .....                                         | 5  |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 1 .....                                                                                         | 6  |
| 2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОМП,<br>КОНДЕНСАЦІЙНИХ КОТЛІВ ТА ГЕЛІОСИСТЕМ В<br>ОПАЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....     | 6  |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 2 .....                                                                                         | 8  |
| 3 ПРОЄКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ<br>РОЗПОДІЛУ ТЕПЛА В СУЧАСНИХ БУДІВЛЯХ.....                                      | 9  |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 3 .....                                                                                         | 10 |
| 4 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА В<br>СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ.....                                              | 11 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 4 .....                                                                                         | 13 |
| 5 АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ<br>ОПАЛЕННЯМ .....                                                                  | 13 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 5 .....                                                                                         | 15 |
| 6 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ТА ВІДПОВІДНІСТЬ<br>НОРМАТИВНИМ ВИМОГАМ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ.....                           | 15 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 6 .....                                                                                         | 17 |
| 7 ОЦІНКА ТА ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ<br>ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ .....                                      | 18 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 7 .....                                                                                         | 20 |
| 8 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ<br>РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ<br>ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....    | 20 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 8 .....                                                                                         | 22 |
| 9 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ<br>УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ .....                                              | 23 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 9 .....                                                                                         | 24 |
| 10 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДНОЇ ТА ГІБРИДНОЇ<br>ВЕНТИЛЯЦІЇ В СУЧАСНИХ БУДІВЛЯХ .....                                         | 25 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 10 .....                                                                                        | 27 |
| 11 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА<br>КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ<br>СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ..... | 27 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 11 .....                                                                                        | 29 |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 12 ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ БУДІВЛІ ТА<br>ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ<br>ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ..... | 30 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 12 .....                                                                               | 32 |
| 13 РОЗРАХУНОК І АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІНТЕГРАЦІЇ<br>ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ<br>БУДІВЕЛЬ..... | 32 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 13 .....                                                                               | 34 |
| 14 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ<br>В БУДІВЛЯХ НА ОСНОВІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....                      | 35 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 14 .....                                                                               | 37 |
| 15 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО<br>ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ У БУДІВНИЦТВІ .....                    | 38 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 15 .....                                                                               | 40 |
| 16 ОЦІНКА РОЛІ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ<br>ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ .....                      | 41 |
| ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 16 .....                                                                               | 43 |
| СПИСОК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                                | 44 |

## 1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ У СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

**Мета заняття:** аналіз та порівняння ефективності традиційних та інноваційних рішень у системах опалення. Студенти повинні ознайомитися з різними типами опалювальних систем, зрозуміти принципи їх роботи та порівняти енергетичну ефективність, витрати на експлуатацію, а також екологічні аспекти застосування.

**Теоретичні положення.** Системи опалення в будівлях можуть бути різними за принципом роботи, конструкцією та енергетичною ефективністю. Традиційні системи, такі як водяне опалення, використовують вугілля, газ або електричну енергію для підігріву води, яка циркулює через трубопроводи та радіатори. Інноваційні рішення, зі свого боку, містять використання теплових pomp, конденсаційних котлів, а також альтернативні джерела енергії, наприклад, сонячні колектори та геотермальні установки. Основним критерієм для аналізу є енергоефективність, яка характеризується коефіцієнтом корисної дії (ККД) системи, а також її вплив на навколишнє середовище.

**Основна частина.** Студенти повинні порівняти традиційні та інноваційні системи опалення, враховуючи кілька основних параметрів. Насамперед це енергоефективність, яка безпосередньо впливає на споживання енергії та витрати на її оплату. Традиційні системи, зокрема котли на газу або вугіллі, мають менший коефіцієнт корисної дії через втрати енергії під час спалювання палива. Водночас інноваційні технології, такі як теплові помпи, мають високий ККД, оскільки вони використовують зовнішні джерела енергії, як-от повітря чи земля, і вимагають меншої кількості енергії для їхнього функціонування [1].

Іншим важливим аспектом є екологічність. Традиційні котельні, особливо ті, що працюють на вугіллі, спричиняють значні викиди шкідливих речовин, що негативно впливає на навколишнє середовище. У той час як інноваційні рішення, такі як конденсаційні котли або теплові помпи, мінімізують викиди, оскільки використовують відновлювальні ресурси та мають низькі викиди в атмосферу.

Додатково необхідно врахувати інвестиційні витрати. Вартість установки та запуску інноваційних систем опалення зазвичай є вищою порівняно з традиційними системами. Однак завдяки більшій енергоефективності інвестиції в інноваційні системи можуть швидко окупитися за рахунок скорочення експлуатаційних витрат.

У практичній частині заняття студенти повинні оцінити конкретні приклади традиційних та інноваційних рішень для конкретної будівлі або приміщення, проводячи порівняння на основі технічних характеристик, витрат на обслуговування та терміну окупності.

Розгляньте варіанти оптимізації термодинамічних процесів. До цього входить підвищення температури робочого тіла, зменшення теплових втрат, а також використання більш ефективних матеріалів і технологій.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 1**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні критерії для порівняння традиційних та інноваційних систем опалення?
2. Як енергоефективність впливає на вибір системи опалення?
3. Чим відрізняються теплові помпи від традиційних газових котлів?
4. Які екологічні переваги має використання конденсаційних котлів?
5. Як впливає вартість інвестицій на вибір між традиційними та інноваційними системами опалення?

## **2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОМП, КОНДЕНСАЦІЙНИХ КОТЛІВ ТА ГЕЛІОСИСТЕМ В ОПАЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

**Мета заняття:** оцінка ефективності використання теплових pomp, конденсаційних котлів та геліосистем в опалювальних системах. Студенти повинні детально вивчити принципи роботи цих технологій, порівняти їх енергетичну ефективність, економічні показники та екологічні переваги.

**Теоретичні положення.** Теплові помпи, конденсаційні котли та геліосистеми є альтернативними та енергоефективними рішеннями для опалення будівель. Кожна з цих технологій має свої особливості та переваги залежно від умов застосування.

Теплові помпи використовують відновлювальні джерела енергії (повітря, воду, землю), що дозволяє зменшити споживання енергії та викиди в атмосферу. Вони працюють за принципом передачі тепла з одного середовища в інше, зокрема з навколишнього середовища до приміщення, що обігрівають. Теплові помпи мають високий коефіцієнт ефективності (COP), що дозволяє отримувати більше тепла з одиниці витраченого енергоресурсу.

Конденсаційні котли відзначаються високим коефіцієнтом корисної дії завдяки своїй здатності використовувати не тільки теплоту, отриману від спалювання палива, а й теплоту, що виділяється під час конденсації пари в котлі. В результаті конденсаційні котли здатні забезпечити значно менше споживання палива та менше викидів в атмосферу порівняно з традиційними котлами.

Геліосистеми використовують сонячну енергію для підігріву води чи повітря. Це відновлювальна та екологічно чиста технологія, яка значно знижує витрати на опалення в умовах достатнього сонячного випромінювання. Геліосистеми можуть бути використані як автономні джерела тепла або як доповнення до традиційних систем опалення.

**Основна частина.** Для оцінки ефективності використання теплових pomp, конденсаційних котлів та геліосистем необхідно враховувати кілька основних аспектів: енергетичну ефективність, економічні показники, екологічність та адаптацію до місцевих умов.

Теплові помпи, зокрема повітряні та геотермальні, мають високий коефіцієнт ефективності (COP), зазвичай від 3 до 5, що означає, що на кожну одиницю споживаної енергії вони здатні виробляти 3–5 одиниць тепла. Це робить їх дуже економічними в довгостроковій перспективі, однак їх ефективність залежить від температури навколишнього середовища. Наприклад,

геотермальні помпи можуть бути більш ефективними у холодних кліматичних умовах, оскільки температура землі стабільніша за повітря.

Конденсаційні котли, які працюють на газі чи рідкому паливі, мають вищий коефіцієнт корисної дії (до 100 %) порівняно з традиційними котлами, оскільки вони використовують теплоту, що утворюється під час конденсації пари. Однак їх використання обмежене наявністю газу або рідкого палива, а також вони негативно впливають на навколишнє середовище, зокрема через викиди вуглекислого газу.

Геліосистеми є одними з найбільш екологічно чистих рішень для опалення, оскільки вони не викидають шкідливих речовин. Вони мають високу ефективність у регіонах з достатньою кількістю сонячного випромінювання. Однак їхня висока початкова вартість і потреба в значному обсязі простору для установки обмежують їх застосування в деяких районах. У поєднанні з іншими системами опалення, наприклад тепловими помпами, геліосистеми можуть забезпечити значну економію енергії.

У процесі практичної роботи студенти повинні порівняти ефективність цих технологій на конкретному прикладі, оцінюючи витрати на установку та експлуатацію, а також екологічні переваги кожної системи. Для цього необхідно врахувати місцеві кліматичні умови, доступність джерел енергії та бюджет на впровадження.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 2**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні переваги теплових pomp порівняно з традиційними котлами?
2. Чому конденсаційні котли мають більшу ефективність, ніж звичайні газові котли?
3. Як геліосистеми можуть зменшити енергоспоживання будівлі?

4. Які фактори впливають на ефективність теплових pomp залежно від кліматичних умов?

5. Як геліосистеми можуть бути інтегровані з іншими системами опалення для підвищення ефективності?

### **3 ПРОЄКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛА В СУЧАСНИХ БУДІВЛЯХ**

**Мета заняття:** дослідження принципів проєктування та оцінки ефективності систем розподілу тепла в сучасних будівлях. Студенти повинні ознайомитися з основними методами розподілу тепла, їх перевагами та недоліками, а також здійснити порівняльний аналіз для визначення найбільш ефективних рішень для конкретних умов.

**Теоретичні положення.** Системи розподілу тепла є ключовими компонентами інженерних мереж у будівлях, які забезпечують рівномірне розподілення тепла в приміщеннях. Існує кілька типів систем розподілу тепла: традиційні радіаторні системи, підлогове опалення, а також системи з примусовою циркуляцією теплоносія.

Традиційні радіаторні системи є одними з найбільш поширених, хоча їх ефективність може бути обмежена через нерівномірний розподіл тепла та великі теплові втрати. Однак вони мають відносно невеликі витрати на встановлення та прості в експлуатації.

Підлогове опалення, з іншого боку, є однією з найбільш ефективних систем розподілу тепла, оскільки тепло розподіляється рівномірно по всьому приміщенню, що знижує витрати енергії. Така система дозволяє знизити температуру води в трубах і забезпечує комфортний мікроклімат, оскільки тепло розподіляється від підлоги вгору [2].

До систем з примусовою циркуляцією теплоносія входять помпові станції для перекачування теплоносія, що дає можливість покращити циркуляцію тепла і зменшити теплові втрати. Це особливо актуально для будівель з великою площею або складною архітектурною конфігурацією.

**Основна частина.** Проектування систем розподілу тепла передбачає врахування кількох важливих факторів, таких як теплові навантаження приміщень, тип опалювальної системи, а також планування будівлі. Важливими аспектами є вибір типу трубопроводів, pomp та інших компонентів системи, а також проектування ефективної теплоізоляції для зменшення теплових втрат.

Для забезпечення ефективної роботи системи розподілу тепла важливо правильно розрахувати розміри радіаторів або труб для підлогового опалення, а також оптимально розподілити теплоносій по всій площі будівлі. Також важливо враховувати можливість автоматизації системи, що дозволяє забезпечити підтримку комфортної температури із мінімальними витратами енергії.

Ефективність систем розподілу тепла можна оцінити за кількома критеріями, серед яких: рівномірність розподілу тепла, енергоефективність, простота в експлуатації та обслуговуванні, а також витрати на встановлення та обслуговування. Крім того, важливо враховувати екологічний вплив системи, зокрема її здатність зменшувати викиди вуглекислого газу і використовувати відновлювальні джерела енергії.

Студенти повинні здійснити порівняльний аналіз різних типів систем розподілу тепла, проводячи розрахунки енергоефективності для конкретних умов експлуатації. Також необхідно визначити переваги та недоліки кожної системи та запропонувати найбільш оптимальні рішення для конкретного типу будівлі.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 3**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні переваги та недоліки традиційних радіаторних систем опалення?
2. Чому підлогове опалення є більш ефективним з точки зору енергоспоживання порівняно з радіаторними системами?

3. Які фактори потрібно враховувати під час проєктування системи розподілу тепла в будівлі?

4. Як примусова циркуляція теплоносія покращує ефективність системи розподілу тепла?

5. Які критерії слід використовувати для оцінки ефективності системи розподілу тепла?

#### **4 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ**

**Мета заняття:** вивчення принципів розрахунку ефективності рекуперації тепла в системах опалення будівель. Студенти повинні набути практичних навичок у проведенні аналізу теплових втрат і визначенні ефективності впровадження систем рекуперації тепла для зменшення енергоспоживання будівель.

**Теоретичні положення.** Рекуперація тепла – це процес відновлення частини тепла, що втрачається в результаті вентиляції, і його передача назад у систему опалення. Вона є важливою складовою енергоефективних технологій, оскільки дозволяє значно скоротити енергоспоживання, зменшуючи потребу в додатковому опаленні та обсяги споживаної енергії.

У сучасних будівлях використовується кілька типів систем рекуперації тепла, зокрема теплообмінники, системи з вентиляцією з відновленням тепла та комбіновані системи, що об'єднують рекуперацію і кондиціонування повітря. Зазвичай в таких системах теплові втрати, що виникають через припливне та витяжне повітря, передаються через теплообмінник, що дозволяє зменшити навантаження на систему опалення та кондиціонування.

Показники ефективності рекуперації тепла можуть містити відсоток енергетичних втрат, що компенсується за допомогою теплообмінника, та співвідношення між кількістю відновленої енергії та енергією, що надходить в систему опалення. Для точного визначення ефективності системи рекуперації тепла необхідно враховувати різні параметри, зокрема температуру повітря,

витрати повітря через систему вентиляції, типи теплообмінників і коефіцієнт корисної дії кожного елементу.

Ефективність систем рекуперації також залежить від технічного стану обладнання, правильного налаштування роботи і можливості інтеграції з іншими енергоефективними технологіями, такими як теплові помпи чи конденсаційні котли. Для оцінки результатів потрібно проводити розрахунки та порівнювати отримані дані з нормативними вимогами та реальними умовами експлуатації.

**Основна частина.** Розрахунок ефективності рекуперації тепла у системах опалення будівель складається з кількох етапів. Першим етапом є визначення загальних теплових втрат через вентиляційні канали будівлі. Для цього необхідно знати характеристики будівлі, кількість витяжного та припливного повітря, а також температуру зовнішнього повітря та повітря в приміщенні. Залежно від цього розраховуються теплові втрати, які могли б бути компенсовані системою рекуперації тепла.

Другим етапом є вибір типу теплообмінника, що використовується для передачі тепла від витяжного повітря до припливного. Важливими характеристиками теплообмінника є його коефіцієнт теплопередачі та температура повітря на виході з системи. Для точного розрахунку ефективності важливо враховувати також його стійкість до забруднень, що можуть зменшувати ефективність роботи.

Третій етап полягає в оцінці енергетичних витрат на роботу системи рекуперації, зокрема на споживання енергії вентиляторами та іншими механізмами, необхідними для циркуляції повітря через теплообмінник. Порівняння цих витрат з енергетичними заощадженнями від рекуперації дасть точну картину ефективності системи.

Після виконання розрахунків необхідно порівняти отриману ефективність з нормативними вимогами та визначити доцільність впровадження такої системи в конкретному проєкті. Студенти повинні здійснити аналіз, використовуючи реальні дані та конкретні умови експлуатації будівель для подальшої оптимізації енергоефективності.

## ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 4

### Теоретичні питання

1. Які основні етапи розрахунку ефективності системи рекуперації тепла в будівлях?
2. Як температура повітря впливає на ефективність роботи систем рекуперації тепла?
3. Які параметри потрібно враховувати під час вибору теплообмінника для системи рекуперації тепла?
4. Як розрахувати енергетичні витрати на роботу системи рекуперації?
5. Які нормативні вимоги необхідно враховувати під час розрахунку ефективності рекуперації тепла?

## 5 АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ

**Мета заняття:** вивчення принципів та методів аналізу інтелектуальних систем керування опаленням, які дозволяють оптимізувати енергоспоживання та підвищити ефективність роботи систем опалення. Студенти повинні набути практичних навичок у використанні таких систем для досягнення енергоефективності, застосовуючи сучасні технології автоматизації та інтелектуальних мереж.

**Теоретичні положення.** Інтелектуальні системи керування опаленням – це комплекси, які використовують різні технології автоматизації, сенсори, а також алгоритми для збору, обробки та аналізу даних, що стосуються температури, вологості та енергоспоживання в будівлях. Головною метою таких систем є підвищення комфорту користувачів за мінімальних витрат енергії [3].

До сучасних інтелектуальних систем керування опаленням належать сенсори, що вимірюють температуру в кожній кімнаті або зоні будівлі, а також центральний блок керування, який автоматично регулює параметри опалення відповідно до заданих параметрів. Вони можуть бути підключені до систем «розумного дому» або IoT (Internet of Things), що дозволяє здійснювати

моніторинг та управління на відстані через мобільні додатки або комп'ютерні програми.

Один з важливих аспектів таких систем – використання адаптивних алгоритмів, які здатні вчитися на основі історичних даних. Це дозволяє системі прогнозувати зміни температури та коригувати параметри роботи обладнання до того, як буде зафіксовано значне відхилення від бажаних значень. Такі системи здатні мінімізувати споживану енергію, оптимізуючи не тільки сам процес опалення, але й взаємодію з іншими інженерними системами будівлі, такими як кондиціонування повітря, вентиляція та освітлення.

Інтелектуальні системи керування мають велику кількість переваг, серед яких зниження витрат на енергоспоживання, автоматизація налаштувань температури залежно від пори року, часу доби та зайнятості приміщення, а також збільшення терміну служби обладнання завдяки більш рівномірному і регульованому навантаженню на систему опалення.

**Основна частина.** Для аналізу ефективності інтелектуальних систем керування опаленням необхідно враховувати кілька важливих факторів. Першим кроком є вивчення конкретної будівлі та її потреб у теплопостачанні. Студенти повинні вміти оцінювати, яку частину енергоспоживання можна оптимізувати за допомогою інтелектуальної системи, і які інші параметри (наприклад ізоляція стін або вікна) можуть впливати на загальну ефективність.

Далі потрібно ознайомитися з типами технологій автоматизації, які використовуються в таких системах. До них належать сенсори температури та вологості, актуатори для регулювання потоків теплоносія, а також програмне забезпечення, яке обробляє дані. Аналіз передбачає оцінку таких параметрів, як точність роботи сенсорів, швидкість реакції системи на зміни зовнішніх умов і її здатність прогнозувати потреби в опаленні.

Важливим елементом є налаштування взаємодії інтелектуальної системи з іншими інженерними системами будівлі. Потрібно вивчити, як система керування опаленням може синхронізуватися з іншими компонентами, такими

як системи вентиляції або кондиціонування повітря, для досягнення максимального комфорту і ефективності.

Аналіз також містить оцінку енергетичних витрат і порівняння результатів роботи інтелектуальних систем керування з традиційними методами керування опаленням. Необхідно зібрати дані про енергоспоживання до і після впровадження інтелектуальної системи, щоб зробити висновки щодо її ефективності.

На останньому етапі студенти повинні розробити рекомендації щодо оптимізації таких систем, враховуючи конкретні умови експлуатації, можливі недоліки та технічні обмеження.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 5**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні технології використовуються в інтелектуальних системах керування опаленням?
2. Як інтелектуальні системи керування опаленням сприяють скороченню енергоспоживання?
3. Як алгоритми адаптивного регулювання сприяють оптимізації роботи системи опалення?
4. Які переваги має інтеграція інтелектуальних систем керування з іншими інженерними системами будівлі?
5. Як здійснюється аналіз ефективності інтелектуальних систем керування опаленням?

## **6 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ТА ВІДПОВІДНІСТЬ НОРМАТИВНИМ ВИМОГАМ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ**

**Мета заняття:** дослідження екологічних аспектів сучасних систем опалення та оцінка їх відповідності нормативним вимогам, які визначають ефективність, безпеку та екологічність таких систем. Студенти повинні навчитися оцінювати вплив різних типів систем опалення на навколишнє

середовище та розуміти важливість дотримання сучасних екологічних стандартів і нормативів.

**Теоретичні положення.** Системи опалення є одними з основних споживачів енергії в будівлях, і тому їхній вплив на екологію є важливим аспектом проектування та експлуатації таких систем. Важливими критеріями оцінки екологічної ефективності систем опалення є рівень викидів парникових газів, споживання енергії, використання відновлюваних джерел енергії та здатність до енергозбереження [4].

Сучасні системи опалення повинні відповідати суворим екологічним стандартам, які враховують не тільки їхню ефективність, але й вплив на навколишнє середовище. Такі стандарти містять обмеження на рівень викидів CO<sub>2</sub> та інших шкідливих газів, а також вимоги щодо використання енергоефективних технологій. Важливим напрямком є інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі або теплові помпи, у системи опалення для зменшення залежності від традиційних викопних палив.

Використання енергоефективних і екологічно чистих технологій, таких як конденсаційні котли або теплові помпи, дозволяє значно зменшити викиди забруднювачів і підвищити ефективність системи. Для оцінки відповідності системи нормативним вимогам проводиться екологічний аудит, що містить аналіз викидів, споживаної енергії та впливу на навколишнє середовище.

Нормативні вимоги до екологічних аспектів систем опалення визначаються на рівні державних стандартів і міжнародних угод. У багатьох країнах існують жорсткі норми щодо максимальних викидів шкідливих речовин в атмосферу, що застосовуються до котелень і систем опалення загалом. Вони можуть варіюватися залежно від типу палива, розміру об'єкта та місцевих умов.

**Основна частина.** Оцінка екологічних аспектів систем опалення складається з кількох етапів. Першим етапом є аналіз виду палива, яке використовується для опалення. Вугілля, газ і мазут мають високий рівень викидів, тоді як відновлювані джерела енергії, такі як сонячні або геотермальні системи, мають мінімальний вплив на навколишнє середовище. Теплові помпи

також є ефективним рішенням, оскільки використовують природні джерела тепла без значного споживання викопних енергоносіїв.

Другим етапом є аналіз енергетичної ефективності системи опалення. Висока ефективність системи дозволяє зменшити споживання енергії та, відповідно, викиди шкідливих речовин. Наприклад, конденсаційні котли можуть досягати значно більшої ефективності порівняно з традиційними котлами, зменшуючи споживання палива та викиди в атмосферу.

Далі проводиться оцінка відповідності системи нормативним вимогам, які можуть містити обмеження на рівень викидів CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> та інших забруднювачів. Для цього необхідно порівняти фактичні дані з вимогами стандартів. Одним із важливих аспектів є вивчення локальних вимог і стандартів щодо енергоспоживання та викидів, які регулюють роботу систем опалення на рівні держави.

Наступний етап містить використання технологій рекуперації тепла та вторинного використання енергоресурсів. Системи, що дозволяють використовувати теплоту від відходів або зменшувати потребу в енергії шляхом теплообміну, значно зменшують екологічний вплив.

Також важливо враховувати технічні аспекти, такі як ефективність утеплення будівель і взаємодія між системою опалення та іншими інженерними мережами. Чим краще утеплений будинок, тим менше енергії потрібно для підтримки комфортної температури.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 6**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні екологічні аспекти потрібно враховувати під час оцінки ефективності систем опалення?
2. Як інтеграція відновлюваних джерел енергії може зменшити екологічний вплив систем опалення?

3. Які основні нормативні вимоги регулюють екологічні аспекти систем опалення в Україні?

4. Як використання конденсаційних котлів може вплинути на зменшення викидів шкідливих речовин?

5. Яким чином технології рекуперації тепла сприяють підвищенню екологічності систем опалення?

## **7 ОЦІНКА ТА ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ**

**Мета заняття:** дослідження методів оптимізації систем вентиляції та кондиціювання повітря в сучасних будівлях, оцінка їхньої ефективності та порівняння різних технологій. Студенти повинні ознайомитися з різними підходами до оптимізації систем, зрозуміти, як вибір конкретної технології впливає на енергоефективність, вартість експлуатації та комфорт користувачів.

**Теоретичні положення.** Системи вентиляції та кондиціювання відіграють важливу роль у забезпеченні комфортного мікроклімату в будівлях. Вони регулюють температуру, вологість та якість повітря в приміщеннях, забезпечуючи здорове середовище для проживання та роботи. Однак такі системи є великими споживачами енергії, тому оптимізація їх роботи є важливим кроком до підвищення енергоефективності будівель [5].

Оптимізація систем вентиляції та кондиціювання містить кілька ключових напрямів, таких як регулювання потоку повітря, впровадження енергоефективних технологій, автоматизація управління та інтеграція відновлюваних джерел енергії. Під оптимізацією розуміють не тільки зменшення енергоспоживання, але й покращення якості повітря, скорочення витрат на експлуатацію та забезпечення належного мікроклімату.

Основними методами оптимізації є використання змінних швидкостей вентиляторів, впровадження рекуператорів тепла, регулювання температури та вологості через інтелектуальні системи управління, а також інтеграція технологій пасивного охолодження або природної вентиляції. Завдяки таким

підходам можна скоротити енергоспоживання систем на десятки відсотків, забезпечивши водночас належний рівень комфорту.

Важливим аспектом є вибір оптимального способу управління системами вентиляції та кондиціонування. Сучасні автоматизовані системи можуть регулювати роботу вентиляційних установок залежно від температури, вологості, концентрації CO<sub>2</sub>, а також від кількості людей у приміщенні. Це дозволяє скоротити енергоспоживання в умовах змінних умов експлуатації будівлі.

**Основна частина.** Оптимізація систем вентиляції та кондиціонування передбачає застосування різних технічних рішень, спрямованих на підвищення їх ефективності. Один з основних підходів – це впровадження змінних швидкостей вентиляторів, які дозволяють регулювати потік повітря залежно від потреби в вентиляції. Замість роботи вентилятора на максимальних обертах, що часто призводить до зайвого енергоспоживання, за допомогою сучасних сенсорів можна точно визначати необхідний потік повітря в кожному конкретному випадку.

Іншим ефективним методом оптимізації є використання рекуператорів тепла, які дозволяють зменшувати витрати енергії на обігрів або охолодження повітря в будівлі. Вони працюють за принципом обміну теплом між вихідним і припливним повітрям, що дозволяє знизити температуру повітря, яке надходить до системи кондиціонування, або підвищити температуру для системи опалення. Це дозволяє значно зменшити навантаження на нагрівальні та охолоджувальні установки.

Значний внесок у оптимізацію систем вентиляції і кондиціонування роблять інтелектуальні системи управління. Вони здатні автоматично налаштовувати роботу вентиляційних і кондиціонувальних установок відповідно до умов зовнішнього середовища або внутрішнього клімату будівлі. Ці системи можуть коригувати роботу обладнання залежно від температури, вологості, рівня CO<sub>2</sub> або навіть кількості людей у приміщенні, що дозволяє значно скоротити енергоспоживання в періоди низької потреби в кондиціонуванні або вентиляції.

Інтеграція технологій пасивного охолодження або природної вентиляції в систему також є важливим методом оптимізації. Це дозволяє значно скоротити енергоспоживання під час теплої погоди, використовуючи природні процеси для охолодження будівель, що, зі свого боку, сприяє зменшенню навантаження на кондиціонери та вентилятори.

Завдяки застосуванню цих та інших технологій можна досягти значного зменшення енергоспоживання систем вентиляції та кондиціонування без втрати ефективності в підтримці комфортних умов у приміщеннях.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 7**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні методи оптимізації систем вентиляції та кондиціонування можуть бути застосовані для зменшення енергоспоживання?
2. Як змінні швидкості вентиляторів сприяють підвищенню ефективності систем вентиляції?
3. Яка роль рекуператорів тепла в оптимізації систем вентиляції та кондиціонування?
4. Як інтелектуальні системи управління допомагають зменшувати енергоспоживання в системах вентиляції та кондиціонування?
5. Які переваги має інтеграція технологій пасивного охолодження в системи вентиляції будівель?

## **8 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ**

**Мета заняття:** вивчення та розрахунок ефективності використання технологій рекуперації повітряного потоку для зменшення енергоспоживання в системах вентиляції та кондиціонування. Студенти повинні зрозуміти, як процес рекуперації може вплинути на загальну енергоефективність будівель, а також на витрати енергії для обігріву та охолодження повітря.

**Теоретичні положення.** Рекуперація тепла є важливою складовою енергозберігаючих технологій у сучасних вентиляційних системах. Вона полягає в обміні теплом між відпрацьованим повітрям, що виводиться з приміщення, та свіжим повітрям, що надходить із зовні. Цей процес дозволяє значно зменшити навантаження на системи опалення та кондиціонування, оскільки температура повітря, яке надходить у будівлю, вже частково відрегульована.

Технології рекуперації тепла можуть мати різні варіанти конструкцій, серед яких найпоширенішими є пластинчасті та роторні рекуператори. У пластинчастих рекуператорах тепловий обмін відбувається через металеві пластини, що забезпечують максимальну ефективність обміну теплом без змішування повітряних потоків. Роторні рекуператори мають обертовий диск, що передає тепло з одного повітряного потоку до іншого за допомогою обертання.

До переваг використання технологій рекуперації належать економія енергії, зменшення витрат на опалення та охолодження, а також покращення якості повітря в приміщеннях, оскільки вони забезпечують ефективний повітрообмін без втрат тепла.

Для розрахунку ефективності рекуперації необхідно враховувати кілька параметрів, таких як температура входу та виходу повітря, витрати повітря, а також коефіцієнт корисної дії рекуператора. Один із основних показників ефективності – це коефіцієнт теплотехнічної ефективності, який характеризує співвідношення між кількістю енергії, яку система здатна перенести, і енергією, яку потрібно витратити для забезпечення вентиляції.

Рекуперація може бути особливо ефективною в умовах холодного клімату, де вона дозволяє зменшити витрати на обігрів будівель у зимовий період. Однак навіть у помірних кліматичних умовах вона може забезпечити суттєву економію енергії із охолодженням в літній період.

**Основна частина.** Розрахунок ефективності технологій рекуперації містить визначення кількості енергії, яку можна заощадити за рахунок обміну теплом

між потоком відпрацьованого повітря та припливним повітрям. Для цього використовуються такі основні параметри:

1) температурні параметри. Визначення температури відпрацьованого та припливного повітря є критичним для розрахунку ефективності. Різниця температур впливає на потенціал енергозбереження;

2) витрати повітря. Параметр, що визначає кількість повітря, яке циркулює через систему. Збільшення витрат повітря може збільшити ефективність рекуперації, але також і витрати на вентиляцію;

3) коефіцієнт теплотехнічної ефективності. Це співвідношення між кількістю енергії, яку рекуператор передає в припливне повітря, і кількістю енергії, що виводиться разом із відпрацьованим повітрям. Чим вищий цей коефіцієнт, тим ефективніша система.

Щоб оцінити економію енергії, потрібно визначити, яку кількість тепла рекуператор здатний передати в припливне повітря, а також порівняти це з енергією, яка витрачається на обігрів або охолодження повітря в стандартних системах без рекуперації. Для цього можна скористатися формулами, що містять зазначені параметри, або використовувати спеціалізовані програмні продукти для моделювання енергоспоживання будівель.

Зазвичай ефективність рекуперації варіюється від 50 % до 90 % залежно від типу рекуператора, умов експлуатації та проєктних характеристик вентиляційної системи. Впровадження таких технологій дозволяє скоротити енергоспоживання будівлі на значну частину, що робить їх економічно доцільними навіть для будівель з помірними кліматичними умовами.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 8**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні фактори впливають на ефективність рекуперації тепла в системах вентиляції?

2. Які типи рекуператорів використовуються для зменшення енергоспоживання в системах вентиляції та кондиціонування?
3. Як температура вхідного і вихідного повітря впливає на ефективність рекуперації?
4. Як розрахувати ефективність рекуперації тепла у вентиляційній системі?
5. Яку економію енергії можна очікувати від впровадження технологій рекуперації тепла в будівлях?

## **9 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ**

**Мета заняття:** вивчення принципів функціонування автоматизованих систем управління мікрокліматом у будівлях, їхнього впливу на енергоефективність, а також розгляд основних компонентів цих систем. Студенти повинні ознайомитися з основними підходами до проєктування та налаштування таких систем, зокрема з використанням сенсорів, автоматичних регуляторів і цифрових технологій для оптимізації роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування.

**Теоретичні положення.** Автоматизовані системи управління мікрокліматом є важливим елементом сучасних інженерних систем будівель. Вони дозволяють автоматично контролювати параметри мікроклімату, такі як температура, вологість, швидкість повітря та концентрація CO<sub>2</sub>, відповідно до змінних умов навколишнього середовища та внутрішнього навантаження. Це досягається за допомогою сенсорів, контролерів та інтерфейсів для управління, які об'єднані в єдину систему.

**Основна частина.** Аналіз функціонування автоматизованих систем управління мікрокліматом передбачає вивчення принципів їх роботи, ефективності в різних умовах, а також виявлення можливих проблем під час їх інтеграції та експлуатації [6].

Один із головних аспектів таких систем – це реалізація стратегії адаптивного управління. Це дозволяє системі реагувати на зміни в навколишньому середовищі і в режимі реального часу коригувати параметри для досягнення оптимального балансу. Наприклад, із підвищенням температури зовнішнього повітря, система автоматично знижує температуру в приміщенні або зменшує інтенсивність кондиціонування, якщо необхідно.

Завдяки розвитку цифрових технологій і IoT, інтелектуальні системи можуть бути інтегровані з іншими інженерними системами будівель, такими як освітлення, безпека та енергоспоживання. Це дозволяє створити розумні будівлі, де всі системи працюють в єдиному контексті для оптимізації комфорту та енергоефективності.

Важливим аспектом є моніторинг і віддалене управління, що дає можливість здійснювати контроль за системами через мобільні додатки або спеціалізовані панелі керування. Вони дозволяють оперативно змінювати налаштування мікроклімату або отримувати повідомлення про будь-які несправності в системі.

Завдяки інтеграції новітніх технологій в ці системи зростає їхня ефективність. У результаті можна досягти значних енергозбережень та скорочення витрат на підтримку комфортних умов у будівлях.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 9**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні компоненти складають автоматизовані системи управління мікрокліматом?
2. Як автоматизовані системи управління мікрокліматом сприяють енергозбереженню в будівлях?
3. Які переваги має інтеграція систем автоматизації мікроклімату в рамках розумних будівель?
4. Які параметри визначають ефективність роботи автоматизованих систем управління мікрокліматом?

5. Яким чином цифрові технології і IoT впливають на розвиток інтелектуальних систем управління мікрокліматом?

## **10 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДНОЇ ТА ГІБРИДНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ В СУЧАСНИХ БУДІВЛЯХ**

**Мета заняття:** вивчення принципів оцінки ефективності природної та гібридної вентиляції в сучасних будівлях. Студенти повинні ознайомитися з різними типами вентиляційних систем, їх перевагами та недоліками, а також отримати практичні навички з оцінки енергетичної ефективності цих систем у реальних умовах.

**Теоретичні положення.** Природна вентиляція базується на використанні природних сил, таких як різниця температур та тиску, для переміщення повітря в приміщеннях. Цей процес не потребує додаткової енергії, що робить природну вентиляцію привабливою з точки зору енергоефективності. Основними принципами природної вентиляції є природні конвекційні потоки, а також перепади температури між внутрішнім середовищем і зовнішнім. Природні сили можуть бути використані для забезпечення достатнього повітрообміну без потреби в активних механічних системах.

Гібридна вентиляція є поєднанням природної та механічної вентиляції. Вона дозволяє досягти оптимального повітрообміну за допомогою природних сил, доповнених механічними пристроями, такими як вентилятори або кондиціонери, для забезпечення достатнього рівня вентиляції за непередбачуваних умов або в особливо великих будівлях. Гібридна вентиляція є більш універсальною, оскільки вона поєднує економічність природної вентиляції та контрольованість механічної вентиляції.

Ефективність цих систем залежить від багатьох факторів, таких як географічне розташування будівлі, її архітектурні характеристики, кліматичні умови, а також правильне проєктування вентиляційних отворів і систем. Для оцінки ефективності використовуються різні методи, зокрема аналіз

енергоспоживання, вимірювання якості повітря, а також оцінка витрат на експлуатацію систем.

**Основна частина.** Оцінка ефективності природної та гібридної вентиляції передбачає кілька важливих кроків, які допомагають точно визначити, наскільки кожна система відповідає вимогам щодо якості повітря та енергоспоживання в умовах конкретного будівельного об'єкта.

Для природної вентиляції важливим є аналіз природних умов (температурні коливання, напрямок вітру, особливості розташування будівлі), оскільки саме ці фактори безпосередньо впливають на ефективність цієї системи. Важливе значення має також проектування вентиляційних отворів, через які відбувається повітрообмін. Неправильне розташування або недостатній розмір вентиляційних отворів може суттєво зменшити ефективність природної вентиляції.

Для оцінки ефективності гібридної вентиляції необхідно вивчити порівняння природного та механічного вентиляційного потоку. Використання механічних систем лише в тих випадках, коли природна вентиляція недостатня, дозволяє оптимізувати енергоспоживання, тому важливо проводити комплексний моніторинг роботи вентиляційної системи протягом певного часу. В рамках цієї оцінки враховуються також витрати на експлуатацію, включно із енерговитратами на роботу механічних пристроїв [7].

Ефективність систем можна оцінити за кількома основними показниками:

- 1) енергетична ефективність – вартість енергії для підтримки бажаного рівня вентиляції;
- 2) якість повітря – вимірювання концентрацій  $\text{CO}_2$ , температури та вологості в приміщеннях для визначення рівня комфорту;
- 3) задоволеність користувачів – оцінка комфорту відносно шуму, температури та чистоти повітря.

Перевагою природної вентиляції є те, що вона не вимагає використання електричної енергії, але її ефективність значною мірою залежить від кліматичних умов. Гібридна вентиляція завдяки своїй гнучкості може працювати в умовах різних навантажень і забезпечувати стабільний мікроклімат незалежно від

зовнішніх умов, але вона потребує додаткових витрат на електрику для роботи механічних систем.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 10**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні відмінності між природною та гібридною вентиляцією?
2. Як впливають зовнішні кліматичні умови на ефективність природної вентиляції?
3. Які методи використовуються для оцінки ефективності вентиляційних систем?
4. Як гібридна вентиляція може допомогти зменшити енергоспоживання в будівлях?
5. Які фактори визначають успішність проектування та експлуатації систем вентиляції в будівлях?

## **11 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

**Мета заняття:** вивчення застосування інноваційних матеріалів та конструкцій для підвищення енергоефективності систем вентиляції. Студенти повинні отримати знання про новітні технології, що дозволяють зменшувати енергоспоживання, підвищувати ефективність вентиляційних систем і забезпечувати комфортний мікроклімат у будівлях. Особлива увага приділяється матеріалам, які сприяють зменшенню теплових втрат і поліпшенню аерації приміщень.

**Теоретичні положення.** Одним із основних напрямів модернізації систем вентиляції є використання новітніх матеріалів, які значно підвищують енергоефективність. Інноваційні матеріали в системах вентиляції дозволяють зменшувати теплові втрати, оптимізувати повітрообмін і підвищувати загальний рівень енергозбереження в будівлях. Основні властивості таких матеріалів

містять високі теплоізоляційні характеристики, стійкість до корозії, а також легкість і міцність, що забезпечує довговічність і надійність конструкцій вентиляційних систем.

Одним із важливих елементів інноваційних матеріалів є використання композитних матеріалів. Вони поєднують у собі кращі властивості кількох компонентів, що дозволяє створювати вентиляційні канали, фільтри, вентилятори і навіть кондиціонери з покращеними характеристиками. Композитні матеріали мають підвищену теплотехнічну ефективність і низький коефіцієнт теплопередачі, що допомагає скоротити енергетичні втрати в системах вентиляції.

Іншим прикладом є використання нано- та мікроструктурних матеріалів, які мають особливі теплоізоляційні властивості, що дозволяють зменшити потребу в додатковому охолодженні або обігріві повітря. Наприклад, наноматеріали можуть бути застосовані для виробництва повітряних фільтрів, які мають високу ефективність із малими розмірами, а також для створення спеціальних покриттів на внутрішніх поверхнях вентиляційних каналів.

Також слід відзначити використання модифікованих полімерами труб і каналів, що значно покращують гідродинамічні характеристики системи, зменшують опір повітряного потоку і у підсумку зменшують енергоспоживання. Ці матеріали мають високу стійкість до механічних пошкоджень і корозії, що подовжує термін служби вентиляційних систем [8].

Важливим аспектом є використання фотокаталітичних покриттів, які застосовуються для очищення повітря від шкідливих речовин. Вони здатні значно покращити якість повітря в будівлях, зменшуючи витрати на додаткову вентиляцію та кондиціонування.

**Основна частина.** Проектування та модернізація систем вентиляції з використанням інноваційних матеріалів дозволяють істотно зменшити енергоспоживання та підвищити ефективність повітрообміну в будівлях. Для цього необхідно враховувати специфіку кожного матеріалу та його вплив на загальну ефективність системи.

Першим етапом є вибір матеріалів для основних елементів системи — вентиляційних каналів, фільтрів, вентиляторів тощо. Наприклад, композитні матеріали для труб і фільтрів дозволяють значно зменшити опір повітря, що скорочує витрати енергії на рух повітря. Зі свого боку, застосування наноматеріалів дозволяє значно підвищити ефективність фільтрації без збільшення габаритів пристроїв, що сприяє зменшенню енергоспоживання.

Модифіковані полімери, які застосовуються для виготовлення повітропроводів, дозволяють зменшити втрати енергії через теплообмін та підвищити гідродинамічні характеристики вентиляційної системи. Це дає можливість скоротити витрати на енергію, що використовується для підтримки стабільного температурного режиму у приміщеннях.

Окремо варто виділити застосування фотокаталітичних покриттів, які активно використовуються в системах очищення повітря. Такі покриття можуть бути застосовані на поверхнях вентиляційних каналів або фільтрів і здатні розкладати шкідливі речовини під дією світла. Це дозволяє зменшити рівень забруднення повітря в будівлях та скоротити витрати на додаткові фільтраційні системи.

Завдяки таким інноваціям енергоефективність систем вентиляції значно збільшується, скорочуються експлуатаційні витрати і підвищується комфорт для користувачів. Важливим є також постійне вдосконалення технологій та застосування нових матеріалів у рамках розвитку будівельної галузі, що забезпечує стійке зростання енергоефективності в усіх аспектах проєктування та експлуатації інженерних систем.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 11**

### **Теоретичні питання**

1. Які інноваційні матеріали можуть бути застосовані для підвищення ефективності систем вентиляції?

2. Як використання композитних матеріалів впливає на енергоефективність вентиляційних систем?
3. Які переваги мають нано- та мікроструктурні матеріали для систем вентиляції?
4. Як фотокаталітичні покриття сприяють покращенню якості повітря в будівлях?
5. Які аспекти слід враховувати під час вибору матеріалів для проектування вентиляційних систем?

## **12 ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ БУДІВЛІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ**

**Мета заняття:** ознайомлення студентів із процесом проведення енергетичного аудиту будівлі та визначення шляхів підвищення ефективності її інженерних систем. Студенти повинні засвоїти методи оцінки енергоспоживання будівлі, виявлення енергетичних втрат та розробки рекомендацій для підвищення енергоефективності. Заняття містить також вивчення технологій та інструментів, що використовуються для енергетичних перевірок, аналізу даних і створення звітів.

**Теоретичні положення.** Енергетичний аудит будівлі є ключовим етапом у процесі оцінки її енергоефективності. Завдяки цьому аудиту можна виявити ділянки з надмірними енергетичними витратами та оптимізувати роботу інженерних систем. Основними цілями енергетичного аудиту є зменшення енергоспоживання, підвищення комфорту, зменшення викидів вуглецю та забезпечення економії витрат на енергію.

Аудит зазвичай містить кілька етапів. Спочатку проводиться детальне обстеження будівлі, на якому визначаються її фізичні характеристики: теплоізоляція стін, вікон, дверей, тип опалення, вентиляційні та кондиціонуючі системи. Потім вимірюється енергоспоживання за різними напрямками: опалення, освітлення, вентиляція, кондиціонування, а також розглядаються

можливості застосування альтернативних джерел енергії, таких як сонячні панелі чи теплові помпи.

Далі аналізується стан інженерних систем, визначаються потенційні джерела енергетичних втрат і оцінюється їхня ефективність. Важливим моментом також є визначення можливостей для впровадження енергоефективних технологій та рекомендації щодо модернізації або заміни устаткування. Після збору необхідних даних складається звіт, який містить рекомендації щодо підвищення ефективності інженерних систем будівлі.

**Основна частина.** Основний етап енергетичного аудиту полягає у детальному зборі даних та аналізі енергоспоживання. Для цього використовуються спеціалізовані інструменти і програмне забезпечення, що дозволяють точніше оцінити витрати енергії та виявити неефективні елементи систем. У процесі аудиту визначаються найбільші енергетичні витрати, наприклад, через недостатню теплоізоляцію або неефективну роботу систем опалення та вентиляції.

Одним з перших кроків є оцінка стану будівельної оболонки – стін, дахів, вікон та дверей. Низька теплоізоляція може бути причиною великих енергетичних втрат. Оцінка матеріалів та конструкцій дає змогу визначити, де є потенціал для покращення. Наприклад, заміна старих вікон на енергоефективні вікна з подвійними або потрійними склопакетами може значно зменшити втрати тепла.

Другим важливим аспектом є перевірка систем опалення, вентиляції та кондиціонування. У багатьох випадках ці системи працюють неефективно через застаріле обладнання або неправильне налаштування. Наприклад, установка більш ефективних котлів або теплових pomp, а також модернізація вентиляційних систем, може значно скоротити енергоспоживання.

Особливу увагу також потрібно приділити освітленню, яке може становити значну частину енергоспоживання будівлі. Впровадження енергоефективних світлодіодних ламп і автоматизація освітлення за допомогою сенсорів руху або денного світла дозволяють значно зменшити витрати на освітлення.

Після проведення всіх вимірів та аналізу даних складається звіт, в якому прописані рекомендації щодо можливих змін або модернізацій. Ці рекомендації можуть містити поради щодо поліпшення ізоляції, заміни старого обладнання, використання відновлюваних джерел енергії тощо. Пропонуються також варіанти фінансування таких заходів і прогнози щодо строку окупності інвестицій у модернізацію.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 12**

### **Теоретичні питання**

1. Які етапи містить процес енергетичного аудиту будівлі?
2. Як оцінюються енергетичні витрати будівлі під час проведення аудиту?
3. Яким чином може вплинути теплоізоляція на енергоспоживання будівлі?
4. Як можна зменшити енергоспоживання за рахунок модернізації систем опалення та вентиляції?
5. Які основні рекомендації можна дати для підвищення енергоефективності будівлі на основі результатів енергетичного аудиту?

## **13 РОЗРАХУНОК І АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІНТЕГРАЦІЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ БУДІВЕЛЬ**

**Мета заняття:** навчити студентів проводити розрахунок і аналіз можливостей інтеграції відновлювальних джерел енергії в інженерні системи будівель. Студенти повинні освоїти методи оцінки потенціалу відновлювальних джерел енергії (сонячної, геотермальної, вітрової тощо) для зменшення енергоспоживання в будівлях, а також навчитися аналізувати економічну та екологічну ефективність інтеграції таких технологій.

**Теоретичні положення.** Інтеграція відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) у будівельні інженерні системи є важливим кроком до досягнення

енергоефективності та сталого розвитку. Відновлювальні джерела енергії мають потенціал значно скоротити витрати на енергоспоживання та зменшити викиди парникових газів. Сонячні панелі, теплові помпи, вітрові турбіни та геотермальні системи можуть бути інтегровані в різні інженерні системи будівель для забезпечення опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування.

Сонячна енергія є однією з найпоширеніших форм ВДЕ, яка може використовуватися для нагріву води або виробництва електричної енергії. У будівлях встановлюються сонячні панелі для генерації електричної енергії або сонячні колектори для опалення води. Вітрові турбіни можуть бути ефективними в районах з високим рівнем вітрової активності. Геотермальні теплові помпи використовують тепло землі для опалення та охолодження будівель.

Інтеграція відновлювальних джерел енергії в інженерні системи будівель потребує ретельного розрахунку для забезпечення максимальної ефективності. Для цього враховуються такі фактори, як місце розташування будівлі, кліматичні умови, площа даху або земельної ділянки, а також характеристики існуючих інженерних систем. Розрахунки повинні містити оцінку потенційної енергетичної вигоди від кожного джерела енергії, а також витрати на встановлення та обслуговування.

**Основна частина.** Під час проведення розрахунків для інтеграції ВДЕ в будівельні системи необхідно врахувати кілька важливих аспектів. Початковим кроком є оцінка енергетичних потреб будівлі. До нього належить визначення потреб у теплі, гарячій воді та електричній енергії, а також можливості заміщення цих потреб за рахунок відновлювальних джерел енергії.

Для сонячних систем проводиться розрахунок кількості сонячних панелей або колекторів, необхідних для покриття потреб будівлі в енергії. Враховується середня кількість сонячних днів на рік для конкретної місцевості та можливість зберігання енергії (акумулятори). Для геотермальних теплових pomp розраховується площа свердловин або глибина буріння для забезпечення

необхідного тепла. Вітрові турбіни розраховуються залежно від середньорічної швидкості вітру та бажаної потужності.

Економічний аналіз є важливою складовою оцінки можливостей інтеграції ВДЕ. Оцінюється не лише початкове капіталовкладення на встановлення обладнання, але й довгострокова вигода у вигляді зменшення енергоспоживання та витрат на енергію. Для цього використовуються різні моделі фінансової ефективності, зокрема розрахунок терміну окупності та внутрішньої норми прибутковості інвестицій.

Особливу увагу слід приділити екологічному аспекту інтеграції ВДЕ. Відновлювальні джерела енергії значно зменшують викиди парникових газів, що має важливе значення для зменшення впливу будівлі на навколишнє середовище. Тому екологічна ефективність інтеграції таких систем також враховується під час розрахунків.

Після розрахунку можливостей інтеграції ВДЕ складається план впровадження, який містить усі технічні та фінансові аспекти. Плани можуть містити поетапне встановлення систем, визначення відповідальних осіб за обслуговування та моніторинг ефективності.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 13**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні види відновлювальних джерел енергії можуть бути інтегровані в інженерні системи будівель?
2. Як оцінюється енергетична вигода від використання сонячних панелей в будівлях?
3. Які фактори потрібно враховувати під час розрахунку можливостей інтеграції геотермальних теплових pomp у систему опалення?
4. Як проводиться економічний аналіз інтеграції відновлювальних джерел енергії в інженерні системи будівель?

5. Яку роль відіграє екологічна ефективність під час інтеграції відновлювальних джерел енергії в будівельні системи?

## **14 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В БУДІВЛЯХ НА ОСНОВІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ**

**Мета заняття:** навчити студентів методам моделювання та прогнозування енергоспоживання в будівлях на основі інженерних систем. Студенти повинні освоїти використання різних інструментів і підходів для оцінки енергетичних потреб будівлі, враховуючи типи інженерних систем, що використовуються для опалення, вентиляції, кондиціонування, освітлення та інших споживачів енергії. Окрім того, студенти навчаються прогнозувати енергоспоживання в умовах різних сценаріїв, що дозволить оцінити ефективність впровадження енергоефективних рішень.

**Теоретичні положення.** Моделювання та прогнозування енергоспоживання будівель є важливою складовою процесу проектування та експлуатації енергоефективних будівель. Енергоспоживання в будівлях визначається як сума енергії, яка споживається різними системами для забезпечення комфортних умов перебування. Основними факторами, що впливають на енергоспоживання, є кліматичні умови, конструктивні особливості будівлі, технічні характеристики інженерних систем, а також тип і режим їх роботи.

Існують різні методи моделювання енергоспоживання. Одним з найбільш поширених є використання спеціалізованих програмних продуктів для енергетичного аналізу, таких як TRNSYS, EnergyPlus або DesignBuilder. Ці програми дозволяють створювати віртуальні моделі будівель з урахуванням усіх параметрів, включно із конструкцією, теплоізоляцією, типами інженерних систем, а також зовнішніми умовами (температурою, вітровим навантаженням тощо). Моделювання дає змогу не лише оцінити поточне енергоспоживання, але й провести аналіз різних варіантів енергетичних рішень для досягнення найкращих результатів.

Прогнозування енергоспоживання є процесом оцінки майбутніх витрат енергії з урахуванням можливих змін у роботі інженерних систем, зміни кліматичних умов, змін у поведінці користувачів будівлі тощо. Прогнозування використовується для планування потреб у енергетичних ресурсах на майбутнє, а також для розробки енергозберігаючих заходів.

Однією з важливих задач є прогнозування енергоспоживання в умовах різних сценаріїв, зокрема врахування змін у зовнішньому середовищі (наприклад, змінювання температури повітря, сонячної радіації) або змін у внутрішньому середовищі (наприклад, кількості людей у будівлі, у робочих графіках). За допомогою прогнозних моделей можна оцінити можливе зменшення енергоспоживання під час впровадження різноманітних заходів з модернізації інженерних систем або із застосуванням відновлювальних джерел енергії.

**Основна частина.** Процес моделювання енергоспоживання починається зі створення віртуальної моделі будівлі. Важливими параметрами є матеріали, з яких побудовані стіни, вікна, дах, а також теплоізоляція та тип вентиляційної системи. Для точності моделювання також необхідно врахувати внутрішні джерела тепла (електричні прилади, освітлення) та потреби в гарячій воді.

Наступним етапом є введення даних про інженерні системи, а саме: параметрів опалення (потужність котлів, ефективність системи), вентиляції (продуктивність вентиляційних установок, використання рекуперації тепла), кондиціонування (використання систем з регулюванням температури та вологості), освітлення та інших енергоспоживаючих систем. Моделювання дає змогу оцінити енергетичні витрати для кожної з цих систем та їх взаємодію.

Прогнозування енергоспоживання вимагає аналізу різних сценаріїв, таких як зміна кліматичних умов (наприклад, підвищення середньорічної температури), зміна енергоспоживаючих звичок (наприклад, більша кількість людей в будівлі) або оновлення технічних характеристик інженерних систем (встановлення вискоефективних pomp або котлів). Для цього використовуються

математичні моделі, які дозволяють прогнозувати вплив кожного з факторів на загальне енергоспоживання.

Один з важливих аспектів прогнозування – врахування енергозберігаючих заходів. Це може бути модернізація інженерних систем, встановлення енергоефективних технологій, застосування альтернативних джерел енергії (сонячних панелей, вітрових турбін, геотермальних систем). Моделювання дозволяє оцінити, скільки енергії можна зекономити, а також скільки коштуватиме впровадження таких заходів.

Прогнозування енергоспоживання не тільки допомагає оцінити ефективність енергозберігаючих заходів, але й дає змогу оцінити економічні аспекти впровадження таких заходів. Це дозволяє розробити стратегію енергетичної модернізації будівлі, яка буде не тільки екологічно ефективною, але й економічно вигідною.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 14**

### **Теоретичні питання**

1. Які основні етапи містить процес моделювання енергоспоживання будівлі?
2. Які параметри слід враховувати під час створення віртуальної моделі будівлі для енергетичного аналізу?
3. Як прогнозується енергоспоживання з урахуванням змін у зовнішніх і внутрішніх умовах будівлі?
4. Як можна оцінити ефективність енергозберігаючих заходів за допомогою моделювання енергоспоживання?
5. Які методи прогнозування енергоспоживання дозволяють враховувати зміни клімату та оновлення інженерних систем?

## **15 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ У БУДІВНИЦТВІ**

**Мета заняття:** ознайомлення студентів з сучасними нормативними вимогами щодо енергоефективності інженерних систем у будівництві. Студенти повинні вивчити основні нормативні акти, стандарти та регламенти, що визначають вимоги до енергоефективних інженерних систем у будівництві, а також розглянути процеси їх впровадження та моніторингу. Крім цього, студенти повинні навчитися аналізувати відповідність проєктів будівель та їхніх інженерних систем вимогам енергоефективності, враховуючи нормативи, що діють у різних країнах.

**Теоретичні положення.** Нормативне регулювання енергоефективності в будівництві є важливим інструментом для забезпечення сталого розвитку та скорочення енергоспоживання. Воно охоплює широкий спектр вимог, які стосуються не лише проєктування будівель, але й експлуатації інженерних систем, таких як опалення, вентиляція, кондиціонування, освітлення, водопостачання тощо. Останнім часом важливим аспектом стало впровадження норм, які передбачають використання відновлювальних джерел енергії, застосування високоефективних технологій і матеріалів.

Нормативні акти, що регламентують енергоефективність відрізняються залежно від країни, але загалом містять стандарти, що визначають граничні значення енергоспоживання будівель, вимоги до ізоляції, тепло- та звукоізоляції, а також вимоги до інженерних систем. Однією з основних міжнародних ініціатив є стандарт ISO 50001, який визначає вимоги до систем енергетичного менеджменту, а також забезпечує основи для впровадження ефективних енергетичних практик у будівництві.

У Європейському Союзі важливим документом є Директива 2010/31/ЄС про енергоефективність будівель, яка передбачає впровадження мінімальних вимог щодо енергоспоживання та енергоефективності на етапі проєктування та будівництва, а також введення механізмів сертифікації енергоефективності будівель (наприклад, енергетичний сертифікат).

В Україні енергоефективність будівель регулюється національними стандартами, зокрема ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель, що визначає вимоги до теплоізоляції, а також інші нормативи, що стосуються енергоефективних характеристик інженерних систем. Важливим кроком на шляху до енергоефективності є впровадження норм щодо використання поновлюваних джерел енергії та технологій для зменшення енергоспоживання.

В Україні також реалізується система сертифікації енергоефективності будівель, що є частиною загальної політики енергетичного менеджменту. Такі сертифікати дають змогу оцінити загальний рівень енергоефективності будівлі, а також сприяють впровадженню більш ефективних інженерних рішень.

**Основна частина.** Аналіз сучасних нормативних вимог до енергоефективних інженерних систем у будівництві полягає в дослідженні норм, які регулюють енергоспоживання будівель і проєктування енергоефективних інженерних систем. До таких вимог належать обов'язкові енергетичні сертифікати для нових і реконструйованих будівель, дотримання мінімальних вимог щодо теплоізоляції, системи вентиляції та кондиціонування, а також системи теплопостачання.

Одним із ключових аспектів є теплові характеристики будівель. Важливою вимогою є забезпечення оптимальних теплоізоляційних властивостей конструкцій, що дозволяє зменшити втрати тепла та скоротити витрати на опалення. Крім того, треба встановити чіткі вимоги до ефективності опалювальних систем. До цього входить використання вискоелективних котлів, теплових pomp, а також відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні колектори та вітрові турбіни.

Один з важливих нормативних документів у цьому контексті – ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель», який визначає максимальні величини теплових втрат будівель залежно від їх класу енергоефективності. Стандарт регламентує вимоги до конструкцій, що забезпечують належну теплоізоляцію, а також до систем вентиляції, які мають бути обладнані ефективними рекуператорами тепла для мінімізації втрат.

Екологічні аспекти енергоефективності також містять вимоги до зменшення викидів вуглекислого газу. Це важливий фактор, оскільки він сприяє зменшенню екологічного сліду будівель, забруднення довкілля та підвищенню загальної енергоефективності. Встановлені нормативи допомагають оцінити, наскільки ефективно використовуються енергоресурси та скільки зменшується вплив на навколишнє середовище.

Врахування відновлювальних джерел енергії є однією з основних вимог до сучасних будівель. У багатьох країнах існують нормативи, які стимулюють інтеграцію сонячних, вітрових та геотермальних систем у будівлі. Це сприяє не лише зменшенню енергоспоживання, але й розвитку чистих і відновлювальних джерел енергії.

Загалом вивчення нормативних вимог дозволяє забезпечити не тільки енергоефективність будівель, а й сприяє впровадженню передових технологій, які дозволяють значно скорочувати витрати енергії та підтримувати високі екологічні стандарти.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 15**

### **Теоретичні питання**

1. Які нормативні вимоги до енергоефективності будівель існують в Україні та Європейському Союзі?
2. Як впровадження енергоефективних систем впливає на зменшення енергоспоживання та екологічні показники будівель?
3. Які системи та технології є основними для досягнення високої енергоефективності будівель?
4. Яка роль сертифікації енергоефективності будівель у процесі регулювання енергоспоживання?
5. Як нормативні вимоги впливають на проектування та використання відновлювальних джерел енергії в будівництвах?

## **16 ОЦІНКА РОЛІ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ**

**Мета заняття:** ознайомлення студентів з роллю цифрових технологій у забезпеченні енергоефективності інженерних систем будівель. Студенти повинні вивчити основи використання сучасних цифрових інструментів та платформ для оптимізації енергоспоживання в інженерних системах, таких як автоматизовані системи управління (АСУ), моніторинг енергоспоживання, а також аналіз великих даних для поліпшення ефективності роботи систем. Окрім цього, студенти повинні зрозуміти, як цифрові технології сприяють інтеграції відновлювальних джерел енергії та покращенню стійкості енергетичних систем у будівлях.

**Теоретичні положення.** Цифрові технології стали важливим інструментом для досягнення енергоефективності в будівництві. Вони дозволяють зібрати, обробити та проаналізувати великі обсяги даних, що надходять від інженерних систем будівлі, та використовувати отриману інформацію для оптимізації їхньої роботи. Одним із основних напрямків є застосування автоматизованих систем управління (АСУ), які дозволяють здійснювати безперервний моніторинг і контроль за енергоспоживанням, що дає змогу скоротити витрати енергії та підвищити ефективність роботи систем.

Одним із важливих аспектів є використання системи «розумного дому» (Smart Home), де інтелектуальні пристрої і сенсори контролю вологості, температури та якості повітря взаємодіють для оптимізації умов середовища в будівлі. Це дає змогу автоматично налаштовувати параметри роботи систем опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення на основі реальних умов. В результаті зменшується споживання енергії, підвищується комфорт і стабільність внутрішнього середовища.

Ще одним важливим елементом цифрових технологій є аналіз великих даних (Big Data), що дозволяє точно передбачити навантаження на інженерні системи і оптимізувати їхню роботу. Завдяки аналізу даних, можна відстежувати

в реальному часі енергоспоживання, виявляти неефективні ділянки в системах і оперативно вживати заходів для їхнього поліпшення.

Прогнозування енергоспоживання також сприяє інтеграції відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні батареї, вітрові турбіни або геотермальні системи, до інженерних мереж. Цифрові технології дозволяють не лише точно визначати потреби в енергії, але й ефективно керувати енергетичними потоками між різними джерелами.

Завдяки застосуванню інтелектуальних систем керування та аналізу даних можна не тільки підвищити ефективність використання енергоресурсів, але й покращити екологічні показники будівель, що особливо важливо в умовах зростаючого попиту на енергію і необхідності зменшення викидів парникових газів.

**Основна частина.** Цифрові технології роблять значний внесок у досягнення енергоефективності інженерних систем завдяки їх здатності автоматизувати і оптимізувати процеси управління енергоспоживанням. Насамперед, це пов'язано з використанням автоматизованих систем керування (АСУ), які дозволяють здійснювати інтеграцію і контроль за енергоспоживанням в режимі реального часу. АСУ є важливою частиною розумних будівель, де використання сенсорів для вимірювання температури, вологості, швидкості повітря, рівня CO<sub>2</sub> та інших параметрів дає змогу автоматично налаштовувати режим роботи опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення.

Крім того, інтелектуальні системи забезпечують моніторинг і прогнозування енергоспоживання, що дозволяє заздалегідь визначити можливі навантаження на енергетичні системи та відповідно підлаштувати їхнє функціонування. Використання сенсорів у таких системах дозволяє зібрати дані, які аналізуються за допомогою алгоритмів машинного навчання, що сприяє оптимізації витрат енергії. Наприклад, автоматичні системи можуть контролювати потік повітря в системах вентиляції і кондиціонування, підтримуючи його на оптимальному рівні, що зменшує споживання енергії.

Аналіз великих даних є ще одним важливим інструментом для забезпечення енергоефективності. Завдяки обробці великих обсягів інформації, що надходить із різних сенсорів, можна проводити детальний аналіз енергоспоживання, знаходити ділянки, де спостерігаються надлишкові витрати енергії, і пропонувати заходи для їхнього скорочення. В результаті застосування таких технологій можна здійснювати контроль енергоспоживання у режимі реального часу, що сприяє зменшенню витрат на енергію та підвищенню ефективності інженерних систем.

Завдяки впровадженню цифрових технологій можна також інтегрувати відновлювальні джерела енергії, що дозволяє зменшити викиди вуглекислого газу та інші шкідливі емісії, а також забезпечити стійкість енергетичних систем будівель.

Цифрові технології не тільки забезпечують енергетичну ефективність, але й підвищують екологічну безпеку. З їхньою допомогою можна оптимізувати енергоспоживання в реальному часі, зменшуючи викиди парникових газів та поліпшуючи екологічний стан навколишнього середовища.

## **ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 16**

### **Теоретичні питання**

1. Як цифрові технології сприяють зменшенню енергоспоживання в інженерних системах?
2. Яка роль автоматизованих систем управління у забезпеченні енергоефективності будівель?
3. Як використання великих даних дозволяє оптимізувати енергоспоживання?
4. Яким чином цифрові технології підтримують інтеграцію відновлювальних джерел енергії в інженерні системи?
5. Як інтелектуальні системи керування допомагають зменшувати викиди парникових газів у 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> (date of the application: 06.05.2025).
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> (date of the application: 06.05.2025).
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> (date of the application: 06.05.2025).
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> (date of the application: 06.05.2025).
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.
8. Burda Y. Comprehensive analysis of thermodynamic and thermophysical processes in heat and gas supply and ventilation systems: theoretical foundations and engineering solutions: monograph / Y. Burda; Kharkiv. O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. – Kharkiv: O. M. Beketov NUUE, 2025. – 130 p. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/68140/> (date of the application: 06.05.2025).

*Електронне навчальне видання*

Методичні рекомендації  
до проведення практичних занять та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ІНЖИНІРИНГОВІ СИСТЕМИ»**

*(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»)*

Укладачі: **БУРДА** Юрій Олександрович,  
**ЮЗБАШЬЯН** Анна Петрівна,  
**ЧЕРЕДНІК** Артем Дмитрович

Відповідальний за випуск *Ю. І. Чайка*  
*Редактор Б. О. Хільська*  
Комп'ютерне верстання Ю. О. Бурда

План 2025, поз. 497М

---

Підп. до друку 15.05.2025. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 2,7.

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