

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

Ю. О. Бурда, Ю. І. Чайка

ВЕНТИЛЯЦІЯ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) 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 536.24:66.021.3(07)

Бурда Ю. О. Вентиляція : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) 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, Ю. І. Чайка ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 47 с.

Автори:

канд. техн. наук, доц. Ю. О. Бурда,
канд. техн. наук, доц. Ю. І. Чайка

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, Ю. І. Чайка, 2025
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Лекція 1 Фізичні основи вентиляції: механізми руху та обміну повітря в приміщеннях	5
Питання для самоконтролю.....	7
Лекція 2 Параметри мікроклімату та їх вплив на комфорт і здоров'я людини	8
Питання для самоконтролю.....	10
Лекція 3 Взаємозв'язок вентиляції та теплового балансу будівлі	10
Питання для самоконтролю.....	12
Лекція 4 Природна та механічна вентиляція: порівняльний аналіз ефективності	12
Питання для самоконтролю.....	14
Лекція 5 Основи аеродинаміки вентиляційних потоків	15
Питання для самоконтролю.....	16
Лекція 6 Вологість повітря та її регулювання у вентиляційних системах	17
Питання для самоконтролю.....	18
Лекція 7 Методики розрахунку повітропродуктивності вентиляційних систем	19
Питання для самоконтролю.....	20
Лекція 8 Вплив внутрішніх та зовнішніх факторів на повітрообмін.....	21
Питання для самоконтролю.....	22
Лекція 9 Розрахунок кратності повітрообміну для різних типів приміщень.....	23
Питання для самоконтролю.....	25
Лекція 10 Енергетичні аспекти роботи вентиляційних систем	25
Питання для самоконтролю.....	28
Лекція 11 Використання програмного забезпечення для моделювання повітряних потоків	28
Питання для самоконтролю.....	30
Лекція 12 Основи проектування та компоненти вентиляційних систем.....	31
Питання для самоконтролю.....	33
Лекція 13 Вибір вентиляційного обладнання: критерії та технічні характеристики	34
Питання для самоконтролю.....	36
Лекція 14 Аеродинамічні характеристики повітроводів та методи їх оптимізації.....	37
Питання для самоконтролю.....	39

Лекція 15 Інтеграція вентиляційних систем у загальну інженерну інфраструктуру будівлі	40
Питання для самоконтролю.....	42
Лекція 16 Шляхи підвищення енергоефективності вентиляційних систем.....	42
Питання для самоконтролю.....	44
СПИСОК ПОСИЛАНЬ	46

ВСТУП

Вентиляція є ключовим елементом забезпечення належного мікроклімату у будівлях, що безпосередньо впливає на комфорт, продуктивність і здоров'я людини. Завдяки системам вентиляції відбувається регулювання температури, вологості, газового складу та чистоти повітря, що особливо важливо в умовах сучасного містобудування та промислового виробництва.

Зростання вимог до енергоефективності та екологічної безпеки вентиляційних систем стимулює розвиток нових технологій та методів проєктування. Вентиляція може бути природною, механічною або комбінованою, кожна з яких має свої особливості та сфери застосування. Важливими аспектами є вибір оптимального режиму повітрообміну, аеродинамічні характеристики повітропроводів, методи очищення та утилізації відпрацьованого повітря, а також автоматизація систем керування повітряними потоками.

Вивчення вентиляційних систем містить аналіз фізичних процесів, що визначають рух повітря, методів розрахунку параметрів повітрообміну та принципів конструювання ефективних вентиляційних мереж. Розуміння цих аспектів є необхідною умовою для створення безпечного, комфортного та енергоефективного внутрішнього середовища у цивільних та промислових будівлях.

Лекція 1 Фізичні основи вентиляції: механізми руху та обміну повітря в приміщеннях

Вентиляція є процесом організованого повітрообміну в приміщеннях, який забезпечує видалення забрудненого та подачу свіжого повітря для підтримання сприятливих умов життєдіяльності людини, роботи технологічного обладнання та збереження будівельних конструкцій. Фізичні основи вентиляції базуються на законах механіки рідин і газів, а також термодинамічних процесах, що

визначають рух повітряних потоків та їх взаємодію із середовищем.

Основою функціонування вентиляційних систем є різниця тиску між зонами приміщення, що виникає внаслідок теплових процесів, впливу зовнішнього середовища або роботи механічних пристроїв. У природній вентиляції повітря рухається завдяки гравітаційним силам, зокрема різниці температури внутрішнього та зовнішнього середовища, що спричиняє зміну густини повітря і створює тягу. Вплив вітрового навантаження також може сприяти виникненню потоків через вентиляційні отвори. Механічна вентиляція використовує штучно створене розрідження або нагнітання повітря вентиляторами для регулювання його обміну, забезпечуючи стабільність параметрів мікроклімату незалежно від зовнішніх умов. Типи вентиляції наведені на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Типи вентиляції

Під час розгляду повітрообміну важливо враховувати явища турбулентності та ламінарного потоку. Вентиляційні потоки можуть бути спокійними, якщо вони мають впорядковану структуру, або турбулентними, якщо рух характеризується хаотичними коливаннями швидкості та напрямку. За реальних умов більшість повітряних потоків у вентиляційних системах мають турбулентний характер, що сприяє більш ефективному змішуванню повітря, проте може супроводжуватися підвищеним опором у повітропроводах [1].

У приміщеннях повітряний обмін здійснюється за рахунок конвекційних потоків, що виникають через нагрівання або охолодження повітряних мас.

Джерелами тепла можуть бути люди, електроприлади, сонячне випромінювання, технологічні процеси. Виникнення локальних зон підвищеної та зниженої температури створює рух повітря, спрямований на вирівнювання температурного балансу. Цей процес має важливе значення для пасивних систем вентиляції, які використовують природні механізми для регулювання мікроклімату приміщень.

Обмін повітря також залежить від характеристик приміщення, таких як геометрія, наявність перешкод для руху потоків, розташування вікон і дверей. Конструктивні особливості вентиляційних каналів, їхня конфігурація та матеріали впливають на аеродинамічний опір, що визначає ефективність роботи системи. Під час проєктування вентиляції необхідно враховувати також дифузійні процеси, що відбуваються через різницю парціальних тисків газів у повітряних сумішах.

Фізичні основи вентиляції також охоплюють питання фільтрації та очищення повітря, оскільки в процесі обміну можуть накопичуватися шкідливі речовини, аерозолі, гази та частки пилу. Рух повітря через фільтрувальні елементи змінює його характеристики, що потребує розрахунку опору і втрат енергії на очищення.

Таким чином, механізми руху та обміну повітря у приміщеннях є комплексним процесом, що залежить від багатьох факторів, включно із фізичними властивостями повітря, тепловими впливами, конструктивними особливостями будівель та методами примусової або природної організації повітряного середовища. Глибоке розуміння цих процесів дозволяє створювати ефективні вентиляційні системи, що забезпечують стабільний мікроклімат та відповідають сучасним вимогам енергоефективності та комфорту.

Питання для самоконтролю

1. Які основні фізичні явища визначають рух повітря у вентиляційних системах?
2. Чим відрізняється природна вентиляція від механічної з точки зору

фізичних процесів?

3. Як впливає турбулентність на повітряні потоки у вентиляційних каналах?

4. Які фактори визначають інтенсивність конвекційних потоків у приміщенні?

5. Як фільтрація повітря впливає на загальні характеристики вентиляційної системи?

Лекція 2 Параметри мікроклімату та їх вплив на комфорт і здоров'я людини

Мікроклімат приміщень визначає умови життєдіяльності людини та впливає на її фізіологічний стан, працездатність і загальне самопочуття. Оптимальні параметри повітряного середовища є необхідною умовою для комфортного перебування в житлових, громадських і промислових будівлях. До основних характеристик мікроклімату належать температура, відносна вологість, швидкість руху повітря та склад газової суміші, кожен з яких має визначальний вплив на тепловий баланс організму та його реакції на навколишнє середовище.

Температурний режим є ключовим фактором, що впливає на терморегуляцію людини. Надто низька температура призводить до охолодження тіла, зменшення тону м'язів і сповільнення фізіологічних процесів, тоді як висока температура викликає перегрів, підвищене потовиділення та порушення водно-сольового балансу. Організм людини підтримує свою температуру через механізми випромінювання, конвекції та випаровування, що змінюються залежно від умов мікроклімату. Важливе значення має також рівномірність температурного розподілу в приміщенні, оскільки різкі градієнти температури можуть викликати дискомфорт і підвищене навантаження на систему терморегуляції.

Відносна вологість повітря визначає вміст водяної пари в атмосфері та

впливає на процеси теплообміну організму. Недостатня вологість призводить до пересихання слизових оболонок дихальних шляхів, що підвищує ризик респіраторних захворювань, зниження захисних функцій організму та погіршення загального самопочуття. Надмірна вологість може сприяти конденсації вологи на поверхнях, що створює сприятливі умови для розвитку плісняви та грибків, а також викликає відчуття задухи та дискомфорту. Оптимальний рівень вологості сприяє нормальному перебігу фізіологічних процесів та створює сприятливе середовище для життєдіяльності.

Швидкість руху повітря визначає рівень повітрообміну та тепловідчуття людини. За низьких температур температурах навіть незначний рух повітря може викликати відчуття холоду через підсилене відведення тепла від поверхні тіла. У теплих приміщеннях збільшення швидкості повітряного потоку сприяє випаровуванню поту, що полегшує тепловіддачу і покращує комфортні відчуття. Недостатній рух повітря може створювати застійні зони, в яких накопичуються шкідливі домішки, тоді як надмірна турбулентність викликає неприємні відчуття та може сприяти поширенню пилу та аерозолів [2].

Склад повітря також є важливим параметром мікроклімату. Збільшення концентрації вуглекислого газу, летких органічних сполук, аерозольних частинок та інших забруднювачів призводить до погіршення якості повітря та негативно впливає на здоров'я. Висока концентрація вуглекислого газу викликає сонливість, зменшення концентрації уваги та загальне погіршення самопочуття, що особливо помітно у приміщеннях з недостатньою вентиляцією. Вміст кисню також має визначальне значення, оскільки його нестача може спричинити гіпоксію, що супроводжується головним болем, запамороченням та загальною слабкістю.

Підтримання оптимальних параметрів мікроклімату є завданням систем вентиляції, опалення та кондиціонування, які спрямовані на створення стабільних та комфортних умов перебування в приміщеннях. Для забезпечення сприятливого мікроклімату необхідно враховувати особливості експлуатації будівлі, призначення приміщень, рівень тепловиділень та потреби людей.

Регулювання температури, вологості та повітрообміну дозволяє мінімізувати негативний вплив мікрокліматичних факторів на здоров'я та покращити умови життєдіяльності.

Питання для самоконтролю

1. Як температура повітря впливає на тепловий баланс організму людини?
2. Чому надмірна або недостатня вологість є небезпечною для здоров'я?
3. Яким чином швидкість руху повітря впливає на комфортні відчуття людини?
4. Які наслідки може мати підвищена концентрація вуглекислого газу в приміщенні?
5. Які технічні засоби використовуються для підтримання оптимального мікроклімату у приміщеннях?

Лекція 3 Взаємозв'язок вентиляції та теплового балансу будівлі

Тепловий баланс будівлі визначає розподіл і динаміку теплових потоків між внутрішнім середовищем і зовнішнім оточенням, що є ключовим фактором для забезпечення енергоефективності та комфорту. Вентиляція відіграє центральну роль у регулюванні цього балансу, оскільки процеси повітрообміну безпосередньо впливають на тепловтрати, розподіл температур і якість внутрішнього середовища.

Будівлі постійно зазнають впливу зовнішніх і внутрішніх джерел тепла, серед яких сонячне випромінювання, робота опалювальних та охолоджувальних систем, тепло від електроприладів і тепловиділення від людей. Для підтримання стабільного мікроклімату необхідно досягти рівноваги між тепловими надходженнями та втратами. Вентиляція відіграє критичну роль у цьому процесі, оскільки разом із повітрообміном відбувається передача теплової енергії між

приміщенням та зовнішнім середовищем.

Основним механізмом тепловтрат через вентиляцію є заміна теплого внутрішнього повітря холодним зовнішнім. У зимовий період цей процес призводить до необхідності додаткових витрат енергії на нагрівання припливного повітря, що підвищує загальні витрати на опалення. У літній період надходження теплого зовнішнього повітря вимагає інтенсивної роботи систем кондиціонування, що також впливає на енергоспоживання. Важливим аспектом енергоефективності є мінімізація невиннованих втрат тепла через вентиляцію шляхом застосування рекупераційних систем, що дозволяють передавати теплову енергію від витяжного повітря до припливного[3].

Ефективне регулювання теплового балансу будівлі можливе завдяки керованій вентиляції, що забезпечує оптимальний рівень повітрообміну без надмірних тепловтрат. Використання систем з механічною подачею та витяжною повітря дозволяє контролювати інтенсивність повітрообміну, а також підтримувати необхідні параметри температури та вологості. Застосування енергоефективних технологій, таких як теплоутилізатори, дозволяє значно скоротити втрати енергії та забезпечити раціональне використання теплових ресурсів.

Розподіл температур у будівлі також залежить від вентиляційних потоків. Неправильна організація повітрообміну може призводити до утворення застійних зон, де температура значно відрізняється від середнього значення, що впливає на комфортні відчуття людей. Крім того, неефективне змішування повітря може спричинити локальні перегріву або переохолодження, що збільшує потребу в додаткових витратах енергії на коригування температури.

Важливим фактором є також вологість повітря, яка впливає на тепловідчуття та ефективність теплообміну організму з навколишнім середовищем. Вентиляція сприяє підтриманню оптимальної вологості, запобігаючи надмірному накопиченню водяної пари, що може спричинити утворення конденсату на поверхнях та розвиток мікроорганізмів. Контроль рівня вологості є критичним для забезпечення не лише теплового балансу, а й

довговічності конструкцій будівлі, оскільки надмірна вологість може призвести до корозії матеріалів та руйнування ізоляційних шарів.

Загалом, вентиляція та тепловий баланс будівлі – взаємопов’язані процеси, що впливають на енергоспоживання, мікроклімат і експлуатаційні характеристики конструкцій. Енергоефективне проєктування вентиляційних систем дозволяє скоротити тепловтрати, оптимізувати розподіл температур та підтримувати стабільний рівень комфорту. Врахування впливу вентиляції на тепловий баланс є необхідним для забезпечення економічної ефективності експлуатації будівель та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Питання для самоконтролю

1. Як вентиляція впливає на теплові втрати будівлі в зимовий та літній періоди?
2. Які технології використовуються для зменшення теплових втрат через вентиляцію?
3. Чому неправильна організація повітрообміну може спричиняти локальні перегріви або переохолодження?
4. Який взаємозв’язок між вентиляцією та рівнем вологості в приміщенні?
5. Які методи керування вентиляцією дозволяють знизити енергоспоживання будівлі?

Лекція 4 Природна та механічна вентиляція: порівняльний аналіз ефективності

Вентиляційні системи є важливою частиною забезпечення комфортного мікроклімату та підтримання якості повітря у будівлях. Основними видами вентиляції є природна та механічна, які мають відмінні характеристики, механізми функціонування та ефективність за різних умов експлуатації. Вибір між цими системами залежить від численних факторів, включно із

архітектурними особливостями будівлі, кліматичними умовами, вимогами до якості повітря та енергетичними аспектами.

Природна вентиляція базується на використанні природних сил, таких як температурна різниця і вітер, для створення повітрообміну. Вона реалізується за допомогою вентиляційних каналів, вікон, фрамуг та спеціальних вентиляційних отворів. Основний механізм дії природної вентиляції ґрунтується на ефекті тяги, коли нагріте повітря, яке має меншу густину, піднімається вгору, створюючи різницю тиску між внутрішнім і зовнішнім середовищем, що сприяє припливу свіжого повітря. Додатковий вплив має вітер, що створює перепади тиску між навітряною та підвітряною сторонами будівлі, сприяючи витісненню повітря з приміщень.

Основною перевагою природної вентиляції є її енергоефективність, оскільки вона не потребує електроенергії для роботи вентиляторів чи інших механічних пристроїв. Крім того, така система є простою в конструкції, не вимагає складного обслуговування та може ефективно працювати за сприятливих кліматичних умов. Водночас її ефективність значною мірою залежить від зовнішніх факторів, що може спричиняти нестабільність повітрообміну. У теплий період року, коли різниця температур між внутрішнім і зовнішнім середовищем є незначною, природна вентиляція може бути недостатньо ефективною. В умовах високої щільності забудови або низької швидкості вітру її продуктивність значно зменшується. Це показано рисунку 4.1.

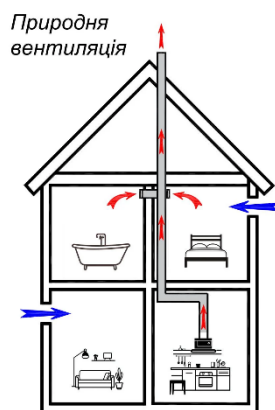


Рисунок 4.1 – Природна вентиляція

Механічна вентиляція передбачає використання вентиляторів, повітропроводів, фільтрів та інших технологічних компонентів для забезпечення контрольованого повітрообміну. Вона дозволяє точно регулювати кількість і напрямок повітряних потоків незалежно від зовнішніх умов. Такі системи можуть бути припливними, витяжними або комбінованими, що дає можливість ефективно адаптувати їх до потреб конкретного приміщення.

Однією з ключових переваг механічної вентиляції є можливість забезпечення стабільного повітрообміну незалежно від пори року та погодних умов. Також вона дозволяє контролювати параметри повітря, зокрема його температуру, вологість і ступінь фільтрації. Сучасні механічні системи можуть містити рекуперацію тепла, що значно скорочує енергетичні втрати. Проте основним недоліком таких систем є їхня енергоємність, необхідність регулярного технічного обслуговування та велика вартість як встановлення, так і експлуатації [4].

Порівняльний аналіз ефективності природної та механічної вентиляції показує, що перша є більш доцільною для житлових будинків з невисоким рівнем герметизації, де вимоги до повітрообміну є відносно невеликими. Водночас механічна вентиляція є незамінною для великих громадських і промислових об'єктів, де потрібен стабільний і контрольований повітрообмін. Поєднання обох методів у вигляді гібридних вентиляційних систем дозволяє оптимізувати енерговитрати та забезпечити якісний мікроклімат у приміщеннях.

Отже, ефективність вентиляційної системи залежить від умов експлуатації, енергетичних аспектів та вимог до повітрообміну. Вибір між природною та механічною вентиляцією має базуватися на техніко-економічному аналізі, що враховує експлуатаційні характеристики будівлі та кліматичні фактори.

Питання для самоконтролю

1. Які основні фактори впливають на ефективність природної вентиляції?
2. Чому механічна вентиляція забезпечує більш стабільний

повітрообмін порівняно з природною?

3. Які переваги та недоліки має використання рекупераційних систем у механічній вентиляції?

4. У яких випадках доцільно використовувати гібридні вентиляційні системи?

5. Яким чином кліматичні умови впливають на вибір між природною та механічною вентиляцією?

Лекція 5 Основи аеродинаміки вентиляційних потоків

Аеродинаміка вентиляційних потоків є ключовим аспектом проектування та експлуатації вентиляційних систем, оскільки вона визначає особливості руху повітряних потоків у приміщеннях, повітропроводах та інших елементах системи. Вентиляційні потоки формуються під впливом різниці тиску та взаємодії повітряних мас із поверхнями, що визначає їхню швидкість, напрямок і характер течії.

Рух повітря у вентиляційних системах може мати ламінарний або турбулентний характер. Ламінарний потік характеризується впорядкованим переміщенням шарів повітря без змішування між собою, що типово для малих швидкостей і гладких поверхонь. В умовах вентиляції цей режим зустрічається рідко, оскільки на практиці переважає турбулентний потік, за якого відбувається інтенсивне перемішування повітряних шарів, що сприяє більш ефективному транспортуванню повітря та теплообміну.

Одним із визначальних параметрів вентиляційних потоків є опір, що виникає під час руху повітря через повітропроводи, фільтри, решітки та інші елементи системи. Опір може бути лінійним, що обумовлений тертям повітря об стінки повітропроводів, або місцевим, який виникає на поворотах, розгалуженнях і звуженнях повітропроводів. Скорочення втрат тиску є важливим завданням проектування, оскільки воно впливає на енергетичну ефективність системи та її продуктивність.

Важливим явищем у вентиляційних потоках є турбулентність, яка впливає на рівномірність розподілу повітря в приміщенні. Турбулентні потоки сприяють кращому змішуванню повітряних мас, що дозволяє ефективніше розсіювати забруднення, вологості або температурні градієнти. Проте надмірна турбулентність може призводити до підвищення шуму та зростання енергетичних витрат у системі.

Також у вентиляційних системах важливу роль відіграють струменеві потоки, що утворюються на виході з вентиляційних отворів і решіток. Геометрія вентиляційних отворів впливає на структуру повітряних потоків, їхню швидкість затухання та далекість поширення. Ефективний розподіл повітря в приміщенні залежить від правильного вибору напрямку подачі та швидкості повітряного струменя, що запобігає утворенню застійних зон і забезпечує рівномірність повітрообміну [5].

Аеродинамічні властивості вентиляційних потоків також визначають ефективність видалення відпрацьованого повітря. Важливою умовою є правильне розміщення витяжних отворів з урахуванням напрямку природного руху повітряних мас. Неефективне розташування може призвести до часткового рециркуляційного перемішування, що погіршує якість повітря у приміщенні.

Оптимізація аеродинаміки вентиляційних потоків дозволяє зменшити втрати енергії, підвищити рівномірність повітрообміну та покращити комфортні умови в приміщеннях. Проектування вентиляційних систем з урахуванням аеродинамічних закономірностей сприяє забезпеченню високої ефективності роботи вентиляції та скороченню експлуатаційних витрат.

Питання для самоконтролю

1. Які основні режими руху повітряних потоків у вентиляційних системах?
2. Як впливає турбулентність на ефективність повітрообміну в приміщенні?
3. Чому виникає опір повітря у вентиляційних повітропроводах?

4. Яке значення має струменевий потік у розподілі повітря в приміщенні?

5. Як можна оптимізувати аеродинаміку вентиляційних потоків для підвищення енергоефективності?

Лекція 6 Вологість повітря та її регулювання у вентиляційних системах

Вологість повітря є одним із ключових параметрів мікроклімату приміщень, що впливає на комфорт, здоров'я людей, стан будівельних конструкцій і технологічні процеси в промислових приміщеннях. Вона визначається кількістю водяної пари в повітрі і характеризується абсолютною та відносною вологістю. Абсолютна вологість виражається у масі водяної пари на одиницю об'єму повітря, тоді як відносна вологість визначає відсоткове співвідношення фактичного вмісту водяної пари до максимально можливого за даної температури.

Рівень вологості впливає на теплообмін людини з навколишнім середовищем. Надмірна вологість може спричиняти дискомфорт, погіршувати тепловіддачу організму, сприяти розвитку цвілі та грибків у будівельних конструкціях. Натомість недостатня вологість викликає пересихання слизових оболонок, що підвищує ризик респіраторних захворювань і негативно впливає на стан шкіри та очей.

Вентиляційні системи відіграють ключову роль у регулюванні вологості повітря шляхом видалення надлишкової вологи або зволоження повітря до необхідного рівня. У системах природної вентиляції контроль вологості залежить від зовнішніх кліматичних умов і конструктивних особливостей будівлі. У холодний період року зовнішнє повітря зазвичай має низьку вологість, що призводить до пересихання повітря у приміщеннях, особливо під час інтенсивного опалення. У теплий період, навпаки, повітря може мати підвищений рівень вологості, що створює потребу у його зменшенні.

Механічна вентиляція дозволяє здійснювати більш точне регулювання

вологості за допомогою осушувачів, зволожувачів і систем кондиціонування. Осушувачі використовуються для зменшення вологості повітря у вологих приміщеннях, таких як басейни, підвали та виробничі цехи. Вони працюють на основі конденсації водяної пари або адсорбції вологи спеціальними матеріалами.

Зволожувачі, зі свого боку, застосовуються для підвищення вологості у приміщеннях із сухим повітрям, що характерно для офісних і житлових просторів у зимовий період. Вони можуть бути паровими, ультразвуковими або традиційними, що випаровують воду природним шляхом.

Системи кондиціонування повітря також впливають на рівень вологості, оскільки в процесі охолодження відбувається конденсація водяної пари, що зменшує вологість повітря. Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату сучасні кондиціонери оснащуються функціями осушення або зволоження повітря.

Ефективне управління вологістю у вентиляційних системах вимагає врахування особливостей експлуатації приміщень, кліматичних умов та технічних можливостей обладнання. Оптимізація вентиляційних рішень дозволяє створити комфортні умови, зменшити ризик конденсації вологи на будівельних конструкціях та підвищити енергоефективність системи повітрообміну.

Питання для самоконтролю

1. Яким чином вологість повітря впливає на здоров'я людини та будівельні конструкції?
2. У яких випадках вентиляція сприяє збільшенню або зменшенню вологості повітря?
3. Як працюють осушувачі та зволожувачі у вентиляційних системах?
4. Як впливають системи кондиціонування повітря на рівень вологості?
5. Які методи контролю вологості використовуються у механічних вентиляційних системах?

Лекція 7 Методики розрахунку повітропродуктивності вентиляційних систем

Розрахунок повітропродуктивності вентиляційної системи є важливим етапом під час проектування вентиляційних установок, оскільки він визначає необхідну кількість повітря, що повинна подаватися або видалятися з приміщення для забезпечення комфортних умов. Повітропродуктивність вентиляційної системи залежить від багатьох чинників, включно із типом приміщення, його розміром, видом діяльності, кількістю людей та технологічними вимогами. Правильний розрахунок повітропродуктивності допомагає забезпечити достатній рівень повітрообміну та ефективність вентиляції, а також скорочує енергетичні витрати.

Існує кілька методик, що використовуються для розрахунку повітропродуктивності, і кожна з них має свої особливості залежно від конкретних умов і типу приміщення. Однією з основних методик є розрахунок за нормами на одиницю площі або об'єму приміщення, що дає змогу швидко оцінити необхідний рівень повітрообміну для стандартних умов. Наприклад, для житлових приміщень або офісів часто використовують нормативи, які базуються на площі приміщення або на кількості осіб, що знаходяться в ньому.

Другою методикою є розрахунок за методом балансу повітря, коли враховуються всі джерела забруднення повітря, такі як люди, технічні процеси, побутова діяльність, а також необхідний рівень очищення повітря від забруднень. У таких випадках необхідно визначити мінімальну кількість повітря, яке повинно подаватися для забезпечення нормальних умов для роботи та здоров'я.

Крім того, для специфічних приміщень, таких як лабораторії, харчові виробництва або медичні установи, використовують більш складні методи, що враховують такі фактори, як концентрація токсичних речовин, температура, вологість тощо. У таких випадках розрахунок повітропродуктивності часто здійснюється з урахуванням специфічних вимог до якості повітря та додаткових параметрів.

Важливою складовою розрахунку також є визначення параметрів повітря, що подається або видаляється, з урахуванням швидкості повітря в повітропроводах, діаметра або розмірів каналів та інших характеристик. У таких випадках необхідно враховувати як статичний, так і динамічний опір системи, щоб забезпечити рівномірний розподіл повітря по всій мережі [6].

Ще одним важливим етапом є оптимізація розмірів вентиляційних отворів та решіток, що значно впливають на швидкість повітряного потоку і рівномірність розподілу повітря в приміщенні. Для цього використовуються методи аеродинамічних розрахунків, що дозволяють визначити оптимальну геометрію вентиляційних елементів.

Завершальним етапом розрахунку є перевірка ефективності роботи системи, що містить вимірювання реального повітрообміну та порівняння його з розрахунковими значеннями. Це дає змогу виявити можливі дефекти або недоліки в системі та вчасно здійснити коригування для досягнення необхідних параметрів.

Методики розрахунку повітропродуктивності є основою для правильного проєктування вентиляційних систем і забезпечення ефективного та економічного функціонування вентиляції в різних типах приміщень.

Питання для самоконтролю

1. Які основні методики розрахунку повітропродуктивності вентиляційних систем?
2. Як впливає тип приміщення на методику розрахунку повітропродуктивності?
3. У чому полягає різниця між розрахунком за нормами площі та методом балансу повітря?
4. Які фактори потрібно враховувати під час розрахунку повітропродуктивності для спеціалізованих приміщень?
5. Як проводиться оптимізація розмірів вентиляційних отворів та решіток у вентиляційній системі?

Лекція 8 Вплив внутрішніх та зовнішніх факторів на повітрообмін

Повітрообмін у вентиляційних системах залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів, які можуть значною мірою впливати на ефективність роботи системи та забезпечення оптимальних умов у приміщеннях. Врахування цих факторів є важливим під час проєктування та експлуатації вентиляційних установок, оскільки будь-які зміни можуть вплинути на рівень повітрообміну, що безпосередньо позначиться на мікрокліматі та енергоефективності.

Внутрішні фактори

До внутрішніх факторів, які впливають на повітрообмін, належать:

1) кількість людей у приміщенні. Під час перебування людей у закритому просторі вивільняється вуглекислий газ, волога та інші забруднювачі, що потребує відповідної компенсації вентиляцією. Чим більше людей, тим більша потреба в повітрі для забезпечення оптимального рівня кисню і видалення шкідливих речовин;

2) технологічні процеси та джерела забруднення. У промислових і комерційних приміщеннях, де проводяться різні технологічні процеси, можуть утворюватися гази, пил, пари або інші шкідливі речовини. Вентиляція повинна бути налаштована так, щоб забезпечити достатнє видалення цих забруднень;

3) температурний режим. Підвищення температури всередині приміщення може збільшити природний підйом повітря через конвекційні процеси. Тому температура повітря є важливим фактором, що впливає на швидкість повітрообміну, особливо у природних вентиляційних системах;

4) вологість. Волога, що утворюється в результаті діяльності людей, технологічних процесів або кліматичних умов може бути як джерелом проблеми (надмірна вологість, що призводить до конденсації), так і викликом для системи вентиляції, яка має забезпечити її зменшення або компенсацію.

Зовнішні фактори

До зовнішніх факторів, що впливають на повітрообмін, належать:

1) кліматичні умови. Зовнішня температура, вологість повітря,

атмосферний тиск та напрямок вітру значно впливають на ефективність вентиляції. Наприклад, у холодну пору року вентиляція повинна бути адаптована до температурних коливань, щоб запобігти надмірному охолодженню або перегріву приміщення. У теплу пору року важливо враховувати не тільки температуру, а й вологість повітря, оскільки вологе повітря здатне погіршити умови у приміщенні;

2) метеорологічні умови та вітер. Вітер може сприяти як збільшенню, так і зменшенню ефективності природної вентиляції. Якщо будівля має зовнішні отвори на вітрову сторону, то це може спричинити збільшення повітрообміну через підвищення тиску на вітровій стороні. У протилежному випадку, за браком вітру або у разі його низької швидкості, вентиляція може значно погіршитися;

3) забрудненість зовнішнього повітря. У містах або промислових зонах з високим рівнем забруднення атмосфери, зовнішнє повітря може містити токсичні гази, пил або інші забруднювачі, що ускладнює процеси очищення повітря в системах вентиляції. В таких випадках необхідно використовувати фільтри та інші засоби для очищення повітря, що подається в приміщення;

4) топографія місцевості. Високий рівень забудови, розташування будівель, а також інші особливості ландшафту можуть впливати на рух повітря, змінюючи швидкість і напрямок вітру. Ці фактори повинні враховуватися під час проектування природної вентиляції, щоб досягти бажаного ефекту [7].

Вплив внутрішніх і зовнішніх факторів на повітрообмін вимагає ретельного підходу до проектування вентиляційних систем. Для ефективного регулювання необхідно враховувати сезонні коливання, зміни в кількості осіб у приміщенні, рівень забруднення тощо. Розумне поєднання природної та механічної вентиляції дозволяє оптимізувати повітрообмін і забезпечити комфортні умови для перебування людей у приміщеннях.

Питання для самоконтролю

1. Яким чином кількість людей у приміщенні впливає на потреби в вентиляції?

2. Як технологічні процеси можуть змінювати вимоги до вентиляційної системи?
3. Які кліматичні умови найбільше впливають на вентиляцію в зимовий та літній періоди?
4. Як вітер і метеорологічні умови можуть покращити або погіршити ефективність природної вентиляції?
5. Як забрудненість зовнішнього повітря впливає на вибір системи вентиляції для будівлі?

Лекція 9 Розрахунок кратності повітрообміну для різних типів приміщень

Розрахунок кратності повітрообміну є важливим етапом під час проєктування вентиляційних систем. Кратність повітрообміну визначає, скільки разів на годину повітря в приміщенні повинно повністю змінюватися, щоб забезпечити оптимальні умови для здоров'я та комфорту людей. Правильний розрахунок цієї величини є основою для забезпечення ефективної вентиляції в різних типах приміщень, зокрема житлових, офісних, виробничих та технічних.

Житлові приміщення

Для житлових приміщень, таких як квартири та будинки, кратність повітрообміну зазвичай знаходиться в межах від 1 до 3 разів на годину. Визначення цього значення залежить від площі приміщення та кількості осіб, що в ньому перебувають. У стандартних умовах вентиляційна система повинна забезпечувати, щоб об'єм повітря в приміщенні змінювався хоча б один раз на годину для забезпечення базового рівня свіжого повітря.

Офісні та адміністративні приміщення

Для офісних приміщень і адміністративних будівель значення кратності повітрообміну може варіюватися від 3 до 6 разів на годину, залежно від кількості працюючих осіб і технологічних умов. Для цих типів приміщень важливо забезпечити достатній рівень свіжого повітря, щоб уникнути накопичення вуглекислого газу та зберегти комфортні умови для працівників.

Промислові приміщення

Промислові приміщення, в яких відбуваються технологічні процеси, часто мають більш суворі вимоги до вентиляції. Кратність повітрообміну для таких приміщень може досягати від 6-ти до 12-ти разів на годину, або й більше, якщо приміщення містить джерела забруднення, такі як пил, газу або пари. Для таких об'єктів важливе значення мають не лише кількість повітря, що подається, але й його якість, а також система фільтрації.

Лабораторії та медичні установи

В лабораторіях, а також у медичних установах, де проводяться специфічні наукові та медичні процеси, кратність повітрообміну часто досягає значень від 6 до 15 разів на годину залежно від вимог до чистоти повітря та рівня забруднення. У таких приміщеннях важливо забезпечити не тільки необхідну кратність, а й високий рівень очищення повітря для забезпечення безпеки персоналу і пацієнтів.

Торгові та громадські приміщення

Для торгових центрів, ресторанів, кафе та інших громадських приміщень вимоги до вентиляції можуть варіюватися від 2 до 4 разів на годину залежно від щільності людей і характеру діяльності. У таких приміщеннях важливо не тільки забезпечити свіжий повітряний обмін, але й створити комфортний мікроклімат для відвідувачів.

Спортивні споруди та концертні зали

У спортивних залах, басейнах та концертних залах зазвичай необхідно забезпечити кратність повітрообміну від 4-х до 8-ми разів на годину. Це необхідно для підтримки комфортних умов для відвідувачів та спортсменів з огляду на високе навантаження на вентиляцію під час масових заходів.

Крім того, під час розрахунку кратності повітрообміну необхідно враховувати такі додаткові фактори, як зовнішні температурні умови, рівень вологості та забруднення повітря, а також тип вентиляційної системи (природна чи механічна).

Розрахунок кратності повітрообміну для різних типів приміщень є

важливою частиною проєктування ефективних вентиляційних систем, які забезпечують не тільки комфорт, а й здоров'я користувачів будівель.

Питання для самоконтролю

1. Які основні фактори впливають на розрахунок кратності повітрообміну в житлових приміщеннях?
2. Яка кратність повітрообміну рекомендується для офісних приміщень?
3. Які особливості розрахунку кратності повітрообміну для промислових приміщень?
4. Чому для медичних установ і лабораторій потрібна велика кратність повітрообміну?
5. Як визначити оптимальну кратність повітрообміну для торгових центрів і громадських приміщень?

Лекція 10 Енергетичні аспекти роботи вентиляційних систем

Вентиляційні системи, які забезпечують необхідний повітрообмін у приміщеннях, є важливим елементом інфраструктури будівель, але їх енергетичні аспекти потребують значної уваги з огляду на витрати енергії та вплив на загальну енергоефективність будівлі. Правильний вибір і налаштування вентиляційної системи можуть зменшити енергоспоживання і сприяти покращенню енергоефективності. Одним з ключових завдань є досягнення балансу між забезпеченням необхідної кількості свіжого повітря та мінімізацією витрат енергії на функціонування вентиляційних систем.

Споживання енергії вентиляційними системами

Основними джерелами енергії у вентиляційних системах є електрична енергія, яка використовується для роботи вентиляторів, і енергія, що витрачається на підігрів або охолодження повітря перед його подачею в приміщення. Енергія, що витрачається на підтримку необхідних параметрів

повітря (температури, вологості, швидкості), може становити значну частину загальних витрат енергії в будівлі. Залежно від типу вентиляційної системи енергетичні витрати можуть бути дуже різними: від мінімальних у природних системах до значних у механічних або комбінованих системах, де використовуються електричні та теплові джерела енергії.

Механізми енергозбереження в вентиляційних системах

Використання сучасних технологій дозволяє значно зменшити енергетичні витрати вентиляційних систем. Одним із основних механізмів енергозбереження є рекуперація тепла, що полягає в передачі тепла від вихідного повітря до вхідного через теплообмінники. Це дозволяє зменшити потребу в додатковому нагріві або охолодженні повітря перед його подачею в приміщення. Такі системи, як рекуператори та ентальпійні теплообмінники, можуть забезпечити до 80–90 % економії енергії на підігрів або охолодження повітря [8].

Іншою важливою технологією є змінна швидкість вентилятора, яка дозволяє адаптувати роботу системи до потреби в повітрообміні. У більшості випадків, вентиляційні системи працюють з постійною швидкістю, навіть коли потреба у вентиляції змінюється. Використання частотних перетворювачів дозволяє змінювати швидкість вентилятора залежно від рівня забруднення повітря або кількості осіб у приміщенні, що дозволяє зменшити споживану потужність.

Вибір типу вентиляційної системи

Вентиляційні системи можна поділити на природні та механічні. Природна вентиляція використовує природні сили (різницю температур і тиску), що забезпечують рух повітря через будівлю. Вона вимагає мінімальних енергетичних витрат, однак її ефективність залежить від зовнішніх погодних умов. Механічні системи, з іншого боку, використовують вентилятори для забезпечення повітрообміну, що дозволяє точніше контролювати параметри повітря, але потребує більших енергетичних витрат.

Сучасні комбіновані системи, які поєднують елементи природної та механічної вентиляції, можуть бути енергоефективними, якщо правильно

налаштувати їх роботу відповідно до умов конкретної будівлі. Вони дозволяють забезпечити необхідну кількість повітря без надмірних енергетичних витрат.

Використання енергоефективних компонентів вентиляційних систем

До енергоефективних компонентів, що зменшують енергетичні витрати вентиляційних систем, належать високопродуктивні вентилятори, які забезпечують максимальну ефективність за мінімальних енергетичних витрат, а також фільтри з низьким опором повітрю. Правильний вибір та обслуговування таких компонентів може значно зменшити загальне споживання енергії. Також важливими елементами є утеплення вентиляційних труб і каналів, що дозволяє зменшити теплові втрати і підвищити ефективність системи.

Енергетичний моніторинг та автоматизація

Моніторинг енергетичних витрат вентиляційних систем дозволяє відслідковувати споживану енергію і своєчасно виявляти неефективні ділянки системи. Використання систем автоматизації, що можуть аналізувати рівень CO₂ або вологість у приміщеннях і автоматично регулювати інтенсивність роботи вентиляції, дозволяє скоротити споживання енергії без втрати якості повітря. Це забезпечує більшу гнучкість і можливість адаптації системи до змінних умов експлуатації.

Вплив енергетичної ефективності на економічні показники

Вентиляційні системи, які працюють з високою енергоефективністю, зменшують не тільки витрати енергії, але й загальні експлуатаційні витрати на утримання будівлі. У довгостроковій перспективі інвестиції в енергозберігаючі технології можуть значно окупитися за рахунок скорочення витрат на електроенергію та обігрів/охолодження, що підвищує конкурентоспроможність будівлі на ринку.

Енергетичні аспекти роботи вентиляційних систем мають велике значення для досягнення енергоефективності та скорочення витрат на утримання будівель. Врахування технологій рекуперації тепла, змінної швидкості вентилятора та інтеграції енергозберігаючих компонентів дозволяє суттєво покращити енергетичну ефективність вентиляційних систем.

Питання для самоконтролю

1. Яким чином рекуперація тепла сприяє енергозбереженню у вентиляційних системах?
2. Як використання частотних перетворювачів може скоротити енергетичні витрати вентиляційних систем?
3. Які переваги має комбінована система вентиляції порівняно з механічною та природною?
4. Які елементи вентиляційної системи впливають на її енергетичну ефективність?
5. Як автоматизація вентиляційної системи може допомогти зменшити енергетичні витрати?

Лекція 11 Використання програмного забезпечення для моделювання повітряних потоків

Програмне забезпечення для моделювання повітряних потоків є важливим інструментом у проектуванні, аналізі та оптимізації вентиляційних систем. В таких програмах використовуються різноманітні методи, зокрема чисельне моделювання, яке дозволяє візуалізувати та аналізувати повітряні потоки в різних типах приміщень або будівельних об'єктах. Це дає змогу інженерам та дизайнерам більш точно прогнозувати ефективність вентиляційних систем, визначати проблемні зони, а також знаходити оптимальні варіанти для забезпечення комфортних умов мікроклімату за мінімальних витрат енергії.

Методи моделювання повітряних потоків

Моделювання повітряних потоків може здійснюватися за допомогою різних методів, серед яких найбільш поширені – методи чисельного моделювання (CFD, Computational Fluid Dynamics). Цей метод ґрунтується на розв'язанні рівнянь руху рідини та газів (на основі рівнянь Нав'є – Стокса) для конкретних умов приміщення. CFD дає змогу вивчати такі аспекти, як швидкість повітря, тиск, температура та вологість, а також їх зміни в результаті взаємодії

вентиляційних установок і природних факторів.

Переваги використання програмного забезпечення

Моделювання за допомогою спеціалізованих програм дозволяє на ранніх етапах проєктування визначити оптимальні параметри системи вентиляції. Це допомагає уникнути помилок, які можуть бути виявлені лише після фізичного введення системи в експлуатацію. Однією з головних переваг є можливість детально оцінити ефективність різних типів вентиляційних систем в умовах конкретних приміщень. Програмне забезпечення також дозволяє виявити зони, де повітряний потік може бути недостатньо рівномірним, а також визначити можливі джерела забруднення повітря.

Популярне програмне забезпечення для моделювання

Існує кілька відомих програмних засобів для моделювання повітряних потоків, які використовуються в будівельній галузі. Одним з найбільш поширених є ANSYS Fluent – потужне CFD-пЗ, яке широко застосовується для моделювання та аналізу повітряних потоків в приміщеннях. Ця програма дозволяє здійснювати моделювання з високим рівнем точності, враховуючи різноманітні параметри та складні граничні умови.

Іншим популярним інструментом є COMSOL Multiphysics, яке дозволяє не лише моделювати повітряні потоки, а й аналізувати теплові та масообмінні процеси в комплексі. Ця програма також містить інтерфейси для розв'язання задач вентиляції, охолодження, опалення та інших енергетичних процесів у будівлях.

Для архітекторів та інженерів також доступні інтуїтивно зрозуміліші програми, такі як TAC-VENT та DesignBuilder, що зосереджуються на проєктуванні та аналізі вентиляційних систем. Вони мають зручний інтерфейс для моделювання повітряних потоків в умовах реальних будівель, що дозволяє швидко отримати візуалізацію результатів.

Роль моделювання у оптимізації енергоефективності

Одним із головних напрямів використання програмного забезпечення є оптимізація енергоефективності вентиляційних систем. Моделювання дозволяє

оцінити різні варіанти розташування вентиляційних установок та трубопроводів, а також скоригувати їх параметри для мінімізації енергетичних витрат. Програмне забезпечення дає змогу прогнозувати споживану потужність вентиляторів, їх ефективність у разі змінних навантажень, а також потенційні втрати тепла під час транспортування повітря через систему.

Оскільки вентиляційні системи споживають значну кількість енергії на підігрів або охолодження повітря, моделювання допомагає з'ясувати, як можна зменшити ці витрати, наприклад, через вдосконалення теплообмінників або інтеграцію систем рекуперації тепла. Це дозволяє забезпечити комфортний мікроклімат за мінімальних енергетичних витрат.

Моделювання для прогнозування повітряних потоків в умовах екстремальних ситуацій

Моделювання повітряних потоків має велике значення не тільки для повсякденних потреб вентиляції, але й для прогнозування повітропотоків у випадках екстремальних ситуацій, таких як задимлення під час пожежі. Програмне забезпечення дозволяє змодельовати, як саме повітря буде рухатися в будівлі за таких умов, що допомагає у проєктуванні ефективних систем евакуації та систем протипожежного захисту.

Взаємодія з іншими системами будівлі

Моделювання повітряних потоків у програмному забезпеченні також дозволяє оцінити вплив вентиляційних систем на інші аспекти функціонування будівлі, такі як освітлення, опалення, кондиціонування та енергоспоживання. Це дозволяє створювати інтегровані рішення, які враховують всі фактори, що впливають на комфорт та енергоефективність будівлі.

Питання для самоконтролю

1. Які основні методи використовуються для моделювання повітряних потоків в приміщеннях?
2. Як програмне забезпечення для моделювання повітряних потоків допомагає в оптимізації вентиляційних систем?

3. Які переваги використання CFD у проєктуванні вентиляційних систем?
4. Які програми є найбільш популярними для моделювання повітряних потоків, і які їхні особливості?
5. Як моделювання повітряних потоків може допомогти у скороченні енергетичних витрат вентиляційних систем?

Лекція 12 Основи проєктування та компоненти вентиляційних систем

Проєктування вентиляційних систем є складним і важливим етапом у створенні комфортного мікроклімату у будь-якому типі приміщення. Від ефективності вентиляції залежить не тільки якість повітря та комфорт користувачів, але й енергоефективність, безпека та стійкість всієї будівлі. Проєктування вентиляційних систем містить кілька основних етапів, які повинні бути ретельно опрацьовані для досягнення оптимального результату.

Процес проєктування вентиляційних систем починається з аналізу вимог до повітряного обміну для конкретного типу приміщення. Це передбачає оцінку кількості людей, рівня забруднення повітря, умов температури та вологості, а також необхідної інтенсивності вентиляції. На основі цих даних визначається тип вентиляційної системи, її компоненти та їх розміри.

Загальні принципи проєктування вентиляційних систем

Основною метою проєктування вентиляційних систем є забезпечення стабільної циркуляції повітря та підтримання необхідного рівня мікроклімату в приміщенні. Вентиляційна система повинна бути спроектована таким чином, щоб підтримувати оптимальну температуру, вологість та свіжість повітря, а також забезпечувати ефективне видалення забруднень. Важливим аспектом є також енергоефективність, тому під час проєктування вентиляції часто використовують системи рекуперації тепла, що дозволяє скоротити енергетичні витрати.

Основні компоненти вентиляційної системи

Вентиляційна система складається з кількох основних елементів, кожен з яких має важливе значення для забезпечення належної ефективності її роботи.

Вентилятори – це основні компоненти, що забезпечують рух повітря через систему. Вентилятори можуть бути осьовими, центробіжними або комбінованими залежно від потреб та типу системи. Вони повинні бути підібрані за потужністю та типом для забезпечення необхідного обсягу повітропотoku.

Повітропроводи – це канали, по яких повітря рухається від вентиляторів до приміщень або відводиться із них. Повітропроводи можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як метал, пластик, оцинкована сталь, і повинні мати відповідну форму та розміри для забезпечення ефективного повітрообміну.

Вентиляційні системи часто оснащуються фільтрами для очищення повітря від пилу, забруднень, бактерій та інших шкідливих частинок. Фільтри можуть бути механічними, електростатичними, або комбінованими.

Теплообмінники використовуються в системах вентиляції з рекуперацією тепла. Теплообмінники дозволяють передавати тепло від вихідного повітря до вхідного, що зменшує потребу в додатковому опаленні або охолодженні.

Регулюючі пристрої. Для забезпечення рівномірного повітропотoku та підтримки стабільного рівня вентиляції використовуються різні регулюючі елементи, такі як клапани, дефлектори та засувки. Вони допомагають підтримувати необхідні параметри мікроклімату та енергоефективність.

Випускні та всмоктуючі решітки – це елементи, через які повітря потрапляє в приміщення або відводиться з нього. Вони повинні бути розміщені таким чином, щоб забезпечити рівномірний розподіл повітря та уникати виникнення зон застою повітря.

Підбір і балансування компонентів системи

Під час проєктування вентиляційних систем важливим етапом є правильний підбір і балансування всіх компонентів. Від того, як буде підібрано обладнання залежить не тільки ефективність роботи системи, але й її енергоефективність. Вибір вентилятора, повітропроводів, фільтрів та

теплообмінників залежить від типу приміщення, його площі, функціонального призначення та інших факторів.

Системи вентиляції залежно від типу приміщення

Тип вентиляційної системи визначається залежно від характеру приміщення, його функціонального призначення та вимог до повітряного обміну. Для житлових будинків часто використовуються системи природної вентиляції або комбіновані системи, що містять механічну вентиляцію для забезпечення необхідного рівня повітропотoku. У промислових та комерційних будівлях застосовуються більш складні механічні системи вентиляції з можливістю рекуперації тепла, очищення повітря та управління температурою.

Оцінка ефективності системи вентиляції

Проектування вентиляційної системи також містить оцінку її ефективності. Для цього необхідно враховувати кілька аспектів: відповідність системи нормативним вимогам, енергоефективність, комфорт користувачів, а також можливість скорочення експлуатаційних витрат. Оцінка ефективності також містить перевірку системи в умовах експлуатації, що дозволяє своєчасно виявити недоліки та здійснити коригування.

Питання для самоконтролю

1. З яких основних елементів складається вентиляційна система?
2. Які функції виконують вентилятори в системах вентиляції?
3. Як підбирається обладнання для вентиляційних систем?
4. Що таке теплообмінники, і яку роль вони відіграють у вентиляційних системах?
5. Як визначається ефективність вентиляційної системи в умовах експлуатації?

Лекція 13 Вибір вентиляційного обладнання: критерії та технічні характеристики

Вибір вентиляційного обладнання є одним з найважливіших етапів проектування вентиляційних систем. Від правильності цього вибору залежить ефективність роботи системи, енергоефективність, рівень комфорту в приміщенні, а також витрати на експлуатацію та обслуговування. Під час вибору вентиляційного обладнання враховуються різноманітні критерії та технічні характеристики, що забезпечують досягнення поставлених цілей. Ось основні аспекти, на які потрібно звертати увагу.

Тип вентиляційної системи

Вибір вентиляційного обладнання безпосередньо залежить від типу вентиляційної системи, яка буде використовуватись. Існують різні типи систем вентиляції: природна, механічна, комбінована та системи з рекуперацією тепла. Кожен тип системи має свої особливості, які впливають на вибір обладнання. Наприклад, для природної вентиляції не потрібно спеціальне вентиляційне обладнання, а для механічної вентиляції необхідно підбирати вентилятори, фільтри та теплообмінники, здатні працювати в заданих умовах.

Продуктивність повітропотoku

Одним з найважливіших критеріїв під час вибору вентиляційного обладнання є його продуктивність, тобто здатність переміщати певний обсяг повітря за одиницю часу. Цей параметр визначається з огляду на вимоги до повітрообміну в приміщенні, площі приміщень та типу діяльності, що в них здійснюється. Зазвичай продуктивність вентиляційного обладнання вимірюється в кубічних метрах на годину ($\text{м}^3/\text{год}$).

Споживана потужність

Один з основних аспектів енергоефективності вентиляційних систем – це потужність, яку споживає обладнання. Вентилятори та інші компоненти системи повинні бути вибрані таким чином, щоб забезпечити необхідну продуктивність за мінімальних енергетичних витрат. Споживана потужність вентиляційного обладнання зазвичай вимірюється в кіловатах (кВт), і цей параметр має бути в

межах економічно доцільних значень для забезпечення зниження експлуатаційних витрат.

Рівень шуму

Рівень шуму вентиляційних систем є важливим параметром, особливо у житлових, офісних та комерційних приміщеннях, де комфорт користувачів є важливим. Вибір вентиляційного обладнання має враховувати рівень шуму, який створює система. Цей параметр зазвичай вимірюється в децибелах (дБ). Найбільш тихі системи працюють зі значеннями до 40–50 дБ, що є комфортним рівнем для більшості приміщень.

Технічні характеристики вентиляторів

Вентилятори є основними елементами механічної вентиляції, тому під час їх вибору потрібно звертати увагу на такі характеристики:

1) тип вентилятора. Вентилятори бувають осьовими, центробіжними та комбінованими. Осьові вентилятори здатні переміщувати великі обсяги повітря за низького тиску, тоді як центробіжні вентилятори більш ефективні за високих тисків;

2) коефіцієнт корисної дії (ККД) – показник, який відображає ефективність роботи вентилятора, тобто співвідношення корисної енергії до енергії, споживаної на його роботу. Вибір вентилятора із високим ККД дозволяє скоротити енергетичні витрати;

3) тиск. Вибір вентилятора також залежить від величини тиску, який він може забезпечити, що важливо для забезпечення потрібної швидкості повітря в системі.

Фільтрація повітря

У разі очищення повітря від пилу, шкідливих частинок чи мікроорганізмів необхідно враховувати тип фільтрів, які використовуються в системі вентиляції. Фільтри можуть бути різного типу: механічні, електростатичні, вугільні або комбіновані. Вибір фільтра залежить від типу приміщення та рівня забруднення повітря.

Автоматизація та регулювання

Сучасні вентиляційні системи часто оснащуються автоматизованими системами управління, що дозволяє підтримувати оптимальні параметри мікроклімату з мінімальними втратами енергії. Вибір вентиляційного обладнання має передбачати можливість інтеграції з автоматичними системами управління, що забезпечують точне регулювання потоку повітря, температури, вологості та інших параметрів.

Термін служби та обслуговування

Один з важливих аспектів під час вибору вентиляційного обладнання – це його довговічність і потреба в обслуговуванні. Вентиляційні системи повинні бути спроектовані таким чином, щоб їх обслуговування було простим та економічним. Також важливо звертати увагу на гарантійний термін і наявність технічної підтримки від виробника.

Вартість обладнання та експлуатаційні витрати

Вартість вентиляційного обладнання є важливим фактором під час вибору, але вона не повинна бути єдиним критерієм. Вартість повинна враховувати також експлуатаційні витрати, які містять споживану енергію, витрати на обслуговування, ремонт та заміну компонентів.

Сумісність з іншими інженерними системами

Вентиляційна система повинна бути сумісною з іншими інженерними системами будівлі, такими як системи опалення, кондиціонування та автоматизації. Це забезпечить синергію між різними системами і дозволить досягти оптимальних результатів у забезпеченні комфортного мікроклімату.

Питання для самоконтролю

1. Які критерії вибору вентиляційного обладнання є найбільш важливими для ефективності системи?
2. Як визначається продуктивність вентиляційного обладнання та що вона містить?
3. Які технічні характеристики вентиляторів важливо враховувати під

час їх вибору?

4. Яким чином автоматизація вентиляційних систем впливає на ефективність їх роботи?

5. Як вибір фільтрів залежить від типу приміщення та рівня забруднення повітря?

Лекція 14 Аеродинамічні характеристики повітроводів та методи їх оптимізації

Аеродинамічні характеристики повітроводів є важливими параметрами, що визначають ефективність роботи вентиляційної системи. Вони містять такі аспекти, як опір повітряного потоку, швидкість повітря, розподіл тиску та витрати повітря. Правильне розрахування та оптимізація цих характеристик дозволяють досягти більшої енергоефективності, зменшити рівень шуму і забезпечити належний рівень комфорту в приміщеннях.

Опір повітряного потоку

Опір повітряного потоку в повітроводах – це сила, що перешкоджає його руху крізь труби або канали вентиляційної системи. Він залежить від кількох факторів, таких як довжина повітроводу, його діаметр, форма, а також від характеристик поверхні повітроводу. Чим більше опір, тим більше енергії потрібно для переміщення повітря, що негативно впливає на загальну ефективність системи. Розрахунок опору проводиться за допомогою спеціальних формул, які враховують всі фактори, що впливають на цей параметр.

Швидкість повітря в повітроводах

Швидкість повітря в повітроводах є важливим параметром, який впливає на ефективність вентиляції. Вона повинна бути оптимальною для забезпечення належного повітрообміну без надмірних енергетичних витрат та шуму. Висока швидкість повітря може призвести до збільшення тертя в трубах, що збільшує опір, а також до високого рівня шуму. З іншого боку, низька швидкість може призвести до недостатнього повітрообміну, що впливає на мікроклімат

приміщень. Оптимальне значення швидкості визначається залежно від типу приміщення і призначення вентиляційної системи.

Розподіл тиску в повітроводах

Розподіл тиску є важливим аспектом в аеродинаміці вентиляційних систем. Рівномірний тиск у повітроводах дозволяє забезпечити стабільну і ефективну роботу вентиляційної системи. Нерівномірний розподіл тиску може призвести до неефективної роботи системи, зменшуючи продуктивність, збільшуючи витрати енергії та утворюючи шум. Для досягнення оптимального розподілу тиску важливо правильно спроектувати конфігурацію повітроводів, а також використовувати відповідне вентиляційне обладнання.

Витрати повітря

Витрати повітря в системах вентиляції визначаються необхідним обсягом повітря, який має пройти через систему для забезпечення належного повітрообміну в приміщенні. Витрати повітря залежать від типу приміщення, його призначення, кількості людей, які перебувають у ньому, а також від зовнішніх умов. Важливо правильно розрахувати витрати повітря для кожного конкретного приміщення, щоб забезпечити комфортні умови та уникнути надмірних енергетичних витрат.

Методи оптимізації аеродинамічних характеристик

Оптимізація аеродинамічних характеристик повітроводів містить кілька підходів і методів, спрямованих на зменшення опору, забезпечення оптимальних швидкостей повітря і рівномірного розподілу тиску. Одним з основних методів є правильний вибір діаметра та довжини повітроводів. Занадто великі або надто малі діаметри повітроводів можуть призвести до підвищених аеродинамічних витрат. Тому важливо підібрати відповідні параметри для кожної конкретної системи.

Іншим методом оптимізації є використання повітроводів із гладкими внутрішніми поверхнями, що зменшує тертя і, відповідно, опір повітряного потоку. Вибір матеріалу для повітроводів також має значення: для зменшення тертя можна використовувати матеріали з низьким коефіцієнтом тертя.

Також важливо враховувати форму повітроводів. Прямі повітроводи з мінімальними вигинами забезпечують найменший опір. Вигини та переходи між різними діаметрами повинні бути плавними, щоб мінімізувати турбулентність і сприяти більш рівномірному потоку повітря.

Іншим підходом є застосування спеціальних регуляторів повітряного потоку, таких як дифузори та регулятори швидкості, які дозволяють підтримувати необхідні умови в приміщеннях з мінімальними витратами енергії.

Використання системи автоматичного регулювання

Автоматизовані системи управління вентиляцією дозволяють постійно контролювати та коригувати аеродинамічні характеристики повітроводів. Такі системи можуть автоматично адаптувати витрати повітря, швидкість потоку та інші параметри залежно від змінних умов, таких як температура, вологість або кількість людей у приміщенні. Це дозволяє не тільки забезпечити максимальний комфорт для користувачів, але й значно скоротити енергетичні витрати.

Питання для самоконтролю

1. Які фактори впливають на опір повітряного потоку у вентиляційних системах?
2. Як швидкість повітря в повітроводах впливає на ефективність роботи вентиляційної системи?
3. Яким чином нерівномірний розподіл тиску в повітроводах може вплинути на роботу вентиляційної системи?
4. Які методи оптимізації аеродинамічних характеристик повітроводів дозволяють скоротити енергетичні витрати?
5. Як автоматизація вентиляційних систем сприяє досягненню оптимальних аеродинамічних характеристик?

Лекція 15 Інтеграція вентиляційних систем у загальну інженерну інфраструктуру будівлі

Інтеграція вентиляційних систем у загальну інженерну інфраструктуру будівлі є важливим етапом проектування, що забезпечує не тільки ефективну роботу вентиляції, але й максимальну енергоефективність, зручність експлуатації та відповідність нормативам. Важливою складовою цієї інтеграції є врахування вентиляційної системи в контексті інших інженерних систем будівлі, таких як опалення, кондиціонування, водопостачання та електричні мережі.

Проектування вентиляційних систем має враховувати розташування каналів, повітроводів і вентиляційних установок у будівлі з метою забезпечення зручності та ефективності їх роботи. Це вимагає ретельного планування, щоб забезпечити правильний потік повітря через приміщення, зберігаючи необхідні температурні, вологісні та повітряні параметри. Важливим аспектом є оптимізація маршрутів повітропроводів, мінімізація їхньої довжини і кількості поворотів, що скорочує енергетичні витрати та покращує ефективність вентиляційної системи.

Одним з основних факторів, що визначають успішну інтеграцію вентиляційної системи, є взаємодія між вентиляцією та іншими системами обігріву і охолодження. Вентиляційні системи мають працювати в тандемі із системами опалення та кондиціонування для досягнення оптимальних умов мікроклімату. Вентиляція повинна не тільки постачати свіже повітря у приміщення, але й забезпечувати його належне кондиціонування і підтримку необхідних температурних режимів. Це дозволяє зменшувати споживання енергії та створювати комфортні умови для перебування людей у приміщеннях.

Загалом інтеграція вентиляції з іншими інженерними системами повинна забезпечити:

- 1) рівномірний повітрообмін в кожному приміщенні будівлі, без утворення застійних зон чи перепадів температур;
- 2) мінімізацію шуму та вібрацій від роботи вентиляційних установок;
- 3) оптимізацію енергетичних витрат за рахунок використання

рекупераційних систем, що дозволяють скоротити енергоспоживання;

4) підвищення ефективності роботи інших систем за рахунок інтеграції: наприклад, використання теплообмінників для збереження тепла в зимовий період чи охолодження в літній період;

5) відповідність вимогам санітарних та екологічних стандартів, забезпечення належної якості повітря.

Важливою частиною інтеграції є також використання сучасних технологій для управління вентиляційними системами. Системи автоматичного контролю дозволяють оптимізувати роботу вентиляції в реальному часі, враховуючи змінні умови: кількість людей у приміщенні, рівень вуглекислого газу, температурні коливання та інші параметри. Автоматизація дозволяє скорочувати енергетичні витрати та зменшувати викиди вуглецю.

Взаємодія вентиляції з іншими інженерними системами будівлі

Під час інтеграції вентиляційних систем у загальну інженерну інфраструктуру будівлі важливо правильно координувати їх роботу з системами опалення, кондиціонування, водопостачання та електричними мережами. Вентиляція повинна бути частиною єдиної системи, де всі параметри (температура, вологість, швидкість повітря) узгоджуються і оптимізуються для досягнення необхідних стандартів.

Рекупераційні системи

Рекуперація енергії, що витрачається на обігрів чи охолодження повітря, є важливою частиною інтеграції вентиляційної системи в загальну інженерну інфраструктуру. Рекуператори тепла дозволяють зменшити витрати на енергозабезпечення приміщень за рахунок передачі тепла чи холоду з вихідного повітря у свіже, що надходить ззовні.

Автоматизація та дистанційне керування

Інтеграція вентиляційної системи з автоматизованими системами управління будівлею дозволяє отримати максимальний контроль над параметрами повітря та енергоспоживанням. Використання сенсорів та програмного забезпечення для контролю вентиляції дозволяє забезпечити її

ефективну роботу навіть у разі змінних умов.

Оптимізація енергетичних витрат

Інтеграція вентиляційних систем дозволяє також оптимізувати енергетичні витрати на обігрів і охолодження, використовуючи теплові помпи, рекуператори та інші технології. Це дозволяє значно скорочувати витрати на енергію та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Дотримання санітарних стандартів

Інтеграція вентиляції має також забезпечувати відповідність вимогам санітарних і екологічних стандартів. Вентиляційні системи повинні забезпечувати належний рівень якості повітря у приміщеннях, підтримуючи необхідний рівень кисню та виводячи забруднювачі, що можуть впливати на здоров'я людей.

Питання для самоконтролю

1. Як інтеграція вентиляційної системи з іншими інженерними системами впливає на енергетичну ефективність будівлі?
2. Яким чином рекупераційні системи допомагають зменшити енергетичні витрати на обігрів і охолодження?
3. Які переваги має автоматизація вентиляційних систем у будівлях?
4. Яким чином вентиляційна система може впливати на дотримання санітарних стандартів у приміщеннях?
5. Які методи оптимізації енергоспоживання можна застосувати під час інтеграції вентиляційної системи?

Лекція 16 Шляхи підвищення енергоефективності вентиляційних систем

Підвищення енергоефективності вентиляційних систем є важливим аспектом сучасного будівництва та експлуатації будівель. Вентиляція, яка забезпечує необхідний обмін повітря в приміщеннях, часто є значним джерелом енергетичних витрат, тому ефективне управління вентиляційними процесами

може суттєво скоротити споживання енергії, поліпшити комфорт та зменшити викиди шкідливих газів. Існує кілька стратегій для досягнення високої енергоефективності вентиляційних систем, що містять інноваційні технології, вдосконалення конструкцій та використання відновлювальних джерел енергії.

Одним з основних шляхів підвищення енергоефективності є впровадження рекупераційних систем. Рекуперація тепла з відпрацьованого повітря дозволяє зменшити потребу в енергії для обігріву чи охолодження свіжого повітря, що надходить у приміщення. Це досягається за допомогою спеціальних теплообмінників, які передають тепло або холод між припливним та витяжним повітрям, що суттєво скорочує енергоспоживання вентиляційної установки. Використання рекуператорів дозволяє зберігати енергію навіть у разі значних температурних коливань зовнішнього середовища.

Ще одним важливим методом підвищення енергоефективності є використання системи автоматизації вентиляції. Використання сенсорів для визначення рівня CO₂, температури, вологості та інших параметрів дозволяє забезпечити оптимальну роботу вентиляції відповідно до реальних потреб. Такі системи автоматично адаптуються до змін у навантаженні, зменшуючи або збільшуючи обсяг припливного повітря, що дає змогу не тільки зекономити енергію, але й забезпечити комфортні умови для людей, які перебувають у приміщенні.

Важливим аспектом є також використання енергоефективних вентиляційних установок, таких як вентилятори з високим ККД (коефіцієнтом корисної дії) та низьким рівнем споживаної потужності. Ці установки здатні ефективніше перекачувати повітря з меншими витратами енергії, що дає змогу скоротити експлуатаційні витрати на електроенергію. Крім того, вентилятори з регулюванням швидкості обертання дозволяють більш точно налаштовувати систему залежно від потреб, що також допомагає зменшити енергоспоживання.

Одним із способів підвищення енергоефективності є оптимізація аеродинамічних характеристик вентиляційних каналів та систем. Зменшення втрат тиску в повітропроводах дозволяє зменшити навантаження на

вентилятори, що веде до скорочення енергоспоживання. Цього можна досягти шляхом використання повітроводів з меншою кількістю вигинів, а також оптимального вибору діаметра труб і форми каналів, що сприяє зменшенню аеродинамічного опору.

Також важливим кроком є використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні колектори чи геотермальні помпи, для забезпечення додаткової енергії для роботи вентиляційної системи. Інтеграція цих технологій дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та підвищити загальну енергоефективність будівлі.

Ще одним напрямом підвищення енергоефективності є використання енергозберігаючих матеріалів під час будівництва та ремонту вентиляційних систем. До таких матеріалів належать утеплені повітропроводи, які зменшують теплові втрати, а також шумоізоляційні матеріали, що зменшують рівень шуму від роботи вентиляційних установок. Вони дозволяють не лише підвищити енергоефективність, але й покращити умови експлуатації.

Крім того, важливим моментом є оптимізація роботи вентиляційних систем у зимовий та літній періоди. Взимку, коли температура зовнішнього повітря низька, система повинна використовувати енергію відпрацьованого тепла для обігріву свіжого повітря, а влітку відновлювати прохолоду через природну вентиляцію або використання рекуперації холоду.

В кінцевому підсумку всі ці методи сприяють досягненню високої енергоефективності, скороченню експлуатаційних витрат на вентиляційні системи та покращенню комфортних умов у будівлі.

Питання для самоконтролю

1. Які основні методи підвищення енергоефективності вентиляційних систем?
2. Як рекуперація тепла допомагає скоротити енергоспоживання вентиляційної системи?
3. Яку роль відіграє автоматизація в підвищенні енергоефективності

вентиляції?

4. Яким чином оптимізація аеродинамічних характеристик повітроводів сприяє зменшенню енергоспоживання?

5. Як інтеграція відновлювальних джерел енергії впливає на енергоефективність вентиляційних систем?

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Lintao Fan and all, Temperature field analysis in tunnel construction ventilation with emphasis on duct leakage and thermal conductivity, Case Studies in Thermal Engineering, Vol. 61, September 2024, 105102. URL: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.105102> (date of the application: 07.05.2025).
2. Rong Liu and all, Tunnel construction ventilation frequency-control based on radial basis function neural network, Automation in Construction, Vol. 118, October 2020, 103293. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103293> (date of the application: 07.05.2025).
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: 07.05.2025).
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: 07.05.2025).
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: 07.05.2025).

Електронне навчальне видання

БУРДА Юрій Олександрович,
ЧАЙКА Юрій Іванович

ВЕНТИЛЯЦІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) 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. 238Л

Підп. до друку 21.05.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 2,7.

Видавець і виготовлювач:

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

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.