

ІНЖЕНЕРНІ ПІДХОДИ ДО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ: МОДЕЛІ, РОЗРАХУНКИ, РЕЗУЛЬТАТИ

Забезпечення сприятливого мікроклімату в робочих приміщеннях є важливою умовою безпечної та ефективної організації праці. Виробничі процеси часто супроводжуються значними тепловиділеннями, тому контроль температури повітря, вологості й швидкості його руху має не лише санітарно-гігієнічне, а й економічне значення. Для досягнення таких умов потрібні точні розрахунки, які дозволяють прогнозувати зміну параметрів мікроклімату в реальному часі. Це обумовлює необхідність застосування математичних моделей, які здатні відображати динаміку теплообміну та взаємодію потоків повітря в системах вентиляції.

У роботі розглянуто конструкцію сумісного відсмоктувально-припливного повітропроводу, що функціонує за принципом протитоку. Такий пристрій складається з коаксіально розташованих труб – внутрішньої (відсмоктувальної) і зовнішньої (припливної), які забезпечують одночасне видалення забрудненого повітря та подачу чистого. Рециркуляція теплоти відбувається через стінку між трубами, що дозволяє зменшити енерговитрати на підігрів припливного повітря. Конструкція відповідає типу теплообмінника "труба в трубі" й дозволяє інтегрувати вентиляцію та рекуперацію тепла в одному пристрої.

В основу математичної моделі процесу теплопередачі покладено диференціальні рівняння в частинних похідних [1], які описують зміну температур у просторі й часі з урахуванням теплоємності стінки та специфіки взаємодії потоків. Для спрощення обчислень і підвищення швидкості розрахунків модель із розподіленими параметрами замінено на модель із зосередженими параметрами. Це дозволило отримати систему звичайних диференціальних рівнянь першого порядку, яка адекватно описує зміну температур при виконанні умови лінеаризації температурних кривих.

Для розв'язання отриманої системи використано аналітичний підхід із застосуванням методу Бернуллі. Рівняння моделі було перетворено та розв'язано поетапно з урахуванням початкових умов. У результаті виведено формули, що дозволяють обчислити температуру теплоносіїв (метану і повітря) у будь-який момент часу. Це забезпечує можливість не лише опису динаміки процесу, а й проведення ідентифікації моделі на основі експериментальних або табличних даних.

Розрахунки реалізовано в середовищі Microsoft Excel, що дозволяє проводити оперативний аналіз зміни температур у залежності від часу. Побудовано графіки, які демонструють, що температура метану зменшується з часом, а температура повітря – зростає, причому обидва показники виходять на асимптотичне значення через 30 хвилин. Це свідчить про досягнення стаціонарного режиму роботи теплообмінника.

З метою подальшого аналізу розглянуто модель ідеального перемішування як спосіб опису процесу теплообміну в робочому приміщенні. Прийнято, що температура у будь-якій точці приміщення миттєво вирівнюється за рахунок повного перемішування повітря. Побудовано рівняння, яке описує зміну температури повітря в часі з урахуванням вхідного повітряного потоку та джерел тепла. Розв'язання задачі Коші дозволило встановити залежність температури від часу при різних кратностях повітрообміну.

Проведено розрахунок об'єму приміщення, кількості персоналу, рекомендованої норми повітряного обміну та кратності повітрообміну. Побудовано графіки, які показують, що зі зростанням кратності вентиляції температура в приміщенні швидше досягає встановленого рівня. Це свідчить про ефективність провітрювання з високою кратністю повітрообміну для підтримки комфортного мікроклімату.

Проведене математичне моделювання продемонструвало ефективність використання сумісного повітропроводу як теплообмінного елемента системи вентиляції. Отримані аналітичні формули можна адаптувати до різних умов експлуатації, змінюючи геометричні або технологічні параметри. Застосування таких моделей в інженерній практиці дозволяє оптимізувати проектування вентиляційного обладнання та покращити енергоефективність виробничих процесів. У перспективі можливе впровадження більш складних моделей з урахуванням турбулентності та нестационарних джерел тепла.

Список літератури

1. Івасишен С.Д. Диференціальні рівняння: методи та застосування: навч. посіб. / С.Д. Івасишен, В.П. Лавренчук, П.П. Настасієв, І.І. Дрінь. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2010. – 288 с. – ISBN 978-966- 423-135-7.