

# ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ШВИДКОСТІ РУХУ ПОВІТРЯ В ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Н.В. Ластовець, асистент

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

*вул. Революції, 12, 61002, м. Харків, Україна,*

E-mail: [lastovets.n@gmail.com](mailto:lastovets.n@gmail.com)

До експериментальних методів дослідження температури и швидкості повітря у приміщенні можна віднести:

- методи планування експерименту,
- методи вимірювання,
- методи обробки результатів вимірювання.

Методи планування експерименту.

Планування експерименту – це вибір числа та умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю. Основні етапи планування експерименту:

1. Мінімізація числа дослідів, часу їх виконання.
2. Реалізація спеціальних планів експерименту, що передбачають одночасне варіювання всіма змінними.
3. Використання апарата математичної статистики для формалізації експериментів і прийняття обґрунтованих рішень після кожної їх серії.

Природній конвекції властиві особливості, що відрізняють її від інших процесів течії і теплообміну. Тому при дослідженні природної конвекції часто доводиться вдаватися до спеціальних методів.

Традиційні методи експериментальних досліджень [1] передбачають, як правило, встановлення однофакторної залежності  $y = f(x)$  при деякому постійному значенні решти факторів, для чого потрібно, не рахуючи повторень, провести не менше 4 ... 5 дослідів. При великій кількості первинних факторів, що впливають на шуканий параметр, число дослідів різко зростає. Якщо кожному з до факторів задавати  $n$  рівнів, то число дослідів  $N = n^k$  виходить таким, провести які не завжди виявляється можливим. При плануванні за схемою повного факторного експерименту реалізуються всі можливі комбінації факторів на всіх обраних для дослідження рівнях. Якщо експерименти проводяться тільки на двох рівнях, при двох значеннях факторів і при цьому в процесі експерименту здійснюються всі можливі комбінації з  $k$  факторів, то постановка досвіду по такому плану називається повним факторним експериментом типу  $2^k$ . Рівні факторів являють собою межі досліджуваної області по досліджуваному технологічному параметру.

При постановці експериментів по знаходженню температурних і швидкісних полів біля внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожень основними критеріями на початковій ділянці розвитку конвекційного струменя є критерії  $Pr$  і  $Gr$ . У міру віддалення від передньої кромки вниз по

потоків поступово зростає роль критерію  $Re$ . Таким чином, максимальна кількість експериментів не повинно перевищувати чотирьох по аеродинаміці і з тепло масообміну відповідно.

Основними задачами експериментальних досліджень є визначення параметрів течії та теплообміну та перевірка адекватності математичної моделі. Для цього вимагається вимірювання швидкісних і температурних полів близько внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій.

Швидкості руху повітря при природній конвекції зазвичай набагато менше за величиною, ніж в аналогічних випадках при примусовій конвекції. Крім того, вимірювання швидкості часто ускладнюється присутністю поля температури або концентрації, що створює течію. Так як швидкості малі, то градієнти тиску також дуже малі, і методи, засновані на вимірі різниці тисків, наприклад за допомогою трубки Піто, ніфера або трубки Прандтля, не забезпечують необхідну точність.

Сукупність значень швидкостей повітряного потоку близько внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожень, визначена за допомогою термоанемометра, дозволяє судити про швидкість пристінного повітряної течії на різних рівнях по висоті, про взаємодію нагрітих і охолоджених повітряних потоків, про товщину прикордонного шару по висоті огорож. Термоанемометр [2] дуже широко застосовується для вимірювання швидкості в різних умовах перебігу. Принцип його заснований на тепловіддачі від нагрітого дроту. Тепловіддача від дроту крім рівня температури і фізичних властивостей рідини залежить ще від швидкості течії. При вимірюванні температури чутливий елемент термоанемометра діє як джерело тепла і створює над собою висхідний факел. При великих швидкостях зовнішнього течії за елементом цей висхідний конвекційний потік не дає помітного внеску в механізм теплообміну. Але при швидкостях, що виникають зазвичай при природній конвекції, обидва ефекту часто можна порівняти один з одним, і чутливий елемент дає енергію шляхом змішаної конвекції.

Поле температури, яке завжди існує в процесі теплообміну в умовах природної конвекції, також ускладнює вимірювання, оскільки тепловіддача від нагрітого дроту змінюється зі зміною температури рідини. Коли нагрітий дріт перетинає прикордонний шар, температура рідини змінюється, і це породжує сигнал, який необхідно відрізнити від сигналу, обумовленого швидкістю. Зміна температури рідини призводить до зміни її фізичних властивостей, яке також може вплинути на сигнал датчика. Для компенсації зміни температури необхідно виробляти тарировки в розглянутому інтервалі температур, вимірювати температуру одночасно зі швидкістю і використовувати тарувальну криву для даної температури рідини.

Вимірювання температури є найбільш важливим методом експериментального дослідження процесів конвекційного теплообміну. Вимірювання температури необхідні при вивченні основних механізмів переносу теплових потоків і процесів конвекційної течії. Тому необхідно вимірювати температуру в потоці, в навколишньому середовищі і на нагрітої

поверхні, що викликає природну конвекцію. Зазвичай роблять упор на місцеві температури, які можна пов'язати потім з параметрами теплообміну та процесу течії, а також на загальні теплові характеристики розглянутій області з тим, щоб пояснити загальні властивості процесу. До локальних вимірів температури відносять вимірювання в рідині і на поверхні тіла. Більшість вимірювань температури в рідині обмежується областю, зайнятою течією, хоча деякі вимірювання потрібні і поза області течії. Визначивши градієнт температури на поверхні, можна зв'язати ці вимірювання з тепловими потоками. Для поверхні з постійним тепловим потоком сама температура є мірою місцевого коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha(x)$ , так як  $\alpha(x) \times (t_s - t_a)$  дорівнює потоку тепла  $q(x)$ , яке є постійною величиною. Тому особливий інтерес при експериментальному дослідженні представляють температури поверхні та навколишнього середовища і градієнт температури в рідині.

Існують контактні і безконтактні методи вимірювання температури поверхні. Термопари відносяться до контактних приладів і є найпоширенішим засобом вимірювання температури в промисловості та лабораторіях. Це пов'язано з їх широким температурним діапазоном (від  $-270^\circ \text{C}$  до  $+2500^\circ \text{C}$ ), зазвичай задовільною точністю, низькою ціною, взаємозамінністю і високою надійністю. Дія термопари засноване на термоелектричному ефекті Зебека. При вимірюванні за допомогою термопари вихідний сигнал є мірою різниці температури двох спайів. Дуже важливим питанням при вимірюванні температури поверхні за допомогою термопари є можливість помилки, що вноситься при нестационарних режимах кінцевою теплоємністю елемента поверхні. Зміна температури поверхні при зміні теплопідводу реєструється вихідним сигналом термопари з запізненням, залежним від матеріалу поверхні і положення датчика. Інша проблема, що виникає при вимірюваннях, пов'язана з помилкою через випромінювання від нагрітого тіла.

Найбільшого поширення в даний час отримали інфрачервоні пірометри, принцип роботи яких заснований на сприйнятті напівпровідниковим чутливим елементом інфрачервоного випромінювання від об'єкту з подальшим перетворенням і обробкою сигналу електронною схемою.

Ключовим вузлом пірометра, що використовує даний метод вимірювання, є датчик, який перетворює теплову енергію в електричний сигнал (струм або напруга). Тепловий промінь фокусується оптичною системою, отриманий на виході датчика сигнал обробляється, а результат відображається на дисплеї (індикація на сучасних пірометрах, як правило, цифрова). До факторів, що зменшують точність вимірювання температури поверхні радіаційним пірометром відносять: складність обліку коефіцієнту випромінювання об'єкта, залежність результатів вимірювання від: відстані до вимірюваного, форми та природи матеріалу об'єкта. Інші фактори є або незначними, або від них можна легко позбутися: запиленість і загазованість проміжного середовища, наявність захисних стекол і непрозорих об'єктів в

полі зору пірометра, перешкоди від попадання інфрачервоних променів не досліджуваної в експерименті природи.

Коефіцієнт випромінювання для більшості внутрішніх поверхонь огороження складає близько 0,95 і не змінюється в температурному діапазоні, тому для проведення заміру температури не потрібно приймати спеціальних заходів.

Однією з головних характеристик пірометра є спектральний діапазон, іншими словами ті довжини світлових хвиль, які він здатний сприймати. Будь-який тип матеріалу випромінює хвилі певної довжини. Якщо температура матеріалу підвищується, довжина хвилі скорочується, і навпаки. Відображаючі металеві поверхні мають коротку довжину хвилі, а невідбиваючі неметалеві – довгу. Пірометри загального призначення застосовується для матеріалів з довжиною хвилі 8-14 або 6-14 мкм, тому не можуть використовуватися для вимірювання температури, наприклад, скла або металу.

Скло прозоре у видимому і в ближньому інфрачервоному спектральному діапазоні. Його випромінювання залежить від довжини хвилі і товщини. Коефіцієнт випромінювання є максимальним в спектральному діапазоні від 5 мкм до 8 мкм [3]. Ось чому температура скла може бути достовірно виміряна в цьому спектральному діапазоні.

Важливо враховувати оптичні характеристики пірометра - показник візування і тип фокусу [4]. Показник візування визначається як відношення відстані між пірометром і вимірюваною поверхнею до діаметру вимірюваної світлової області на цій поверхні. Пірометр розраховує середню температуру області, тому основне правило виміру – розмір світлової області не повинен виходити за розмір вимірюваної площі.

Завдяки наявності градієнтів параметрів течії і градієнтів щільності, що виникають у полі температури, для вивчення характеристик переносу тепла можна застосовувати також різні методи візуалізації, як якісні, так і кількісні.

### **Список літератури**

1. Дмитриева Л.С., Кузьмин А.В.т Планирование эксперимента в вентиляции и кондиционировании воздуха. – Иркутск, РШИ, 1984. – 210 с.
2. Ярин Л.П. и др. Термоанемометрия газовых потоков/ Л.П.Ярин, А.Л.Генкин, В.И.Кукес. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 198 с.
3. Светопроектирование оконных конструкций и различные способы достижения нормативных результатов// Светопрозрачные конструкции. 2000. – №3. С.5-7.
4. Дроздов В.А., Сухарев В.И. Термография в строительстве. - М.: Стройиздат, 1987. - 238 с.