

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

Розглянуто особливості вимірювання температури газових потоків залежно від типового випадку їх протікання. Зазначено, що під час вимірювання у високошвидкісних потоках необхідно враховувати як впливовий фактор часткове гальмування потоку в зоні розміщення термоперетворювача, що спричиняє додаткове нагрівання його робочої частини. Розроблено рекомендації з вибору методів і засобів вимірювання.

Ключові слова: температура, газовий потік, методи вимірювання, перетворювач, технологічний процес.

Вступ. Температура газових потоків є важливим параметром технологічного процесу, її необхідно вимірювати неперервно, з високою точністю, невеликою інерційністю і високою надійністю. Специфіка умов вимірювання температури газових потоків визначається різноманітністю технологічних об'єктів, що використовуються в промисловому виробництві, фізико-хімічними властивостями та швидкістю потоку, діапазоном вимірюваних температур, вимогами до точності та надійності результатів вимірювання, характером перебігу та імовірними збуреннями технологічного процесу.

Точно виміряти температуру газового потоку набагато складніше, ніж температуру рідини або твердого тіла. Це пов'язано із відносно слабким конвективним теплообміном між первинним термоперетворювачем (ТП) і газовим потоком, відносно хорошим теплообміном випроміненням і теплообміном через теплопровідність між ТП і навколишнім середовищем, а також складними поєднаннями параметрів, що одночасно характеризують потік і його температуру. Розглянемо найбільш типові випадки протікання газових потоків та особливості вимірювання їх температури.

Повітря у приміщеннях. Для забезпечення комфортних умов у житлових та громадських приміщеннях з використанням систем опалення, вентиляції та кондиціонування необхідно вимірювати температуру повітря у приміщеннях. Правильному визначенню цієї температури необхідно приділяти особливу увагу, оскільки коефіцієнт конвективної тепловіддачі від повітря до твердих тіл тут є досить малим, внаслідок чого похибка вимірювання може бути значною. Зменшення похибки вимірювання може бути досягнуто завдяки покращенню умов теплообміну, що досить просто можна досягнути шляхом підвищення швидкості обтікання ТП повітрям [1]. Якщо такий спосіб використати неможливо, то для покращення умов теплообміну необхідно впроваджувати певні конструкторські рішення під час розроблення ТП. Крім цього, необхідно забезпечити правильний вибір місця установлення ТП.

Газові потоки в трубопроводах та технологічних апаратах. Важливість вимірювання цієї температури визначається тим, що зі зміною температури змінюються і витрати потоків. Тому в таких термоперетворювачах зацікавлені газотранспортні підприємства, оскільки під час транспортування трубопроводами газоподібні енергоносії піддаються багатофакторним впливам температури, що призводить до зміни їх густини. Додаткові похибки вимірювання витрати (наприклад енергоносіїв), що виникають при цьому, можуть досягнути ве-

ликих значень. І одним із шляхів зменшення цих похибок є оснащення витратомірів і вимірювачів кількості термоперетворювачами, що коректують їх покази на зміну температури.

Вимірювання температури з високою точністю забезпечить і більш точне вимірювання витрати. Похибка вимірювання залежить як від параметрів потоку, так і від конструктивних особливостей ТП. Зменшення похибки можливе за рахунок збільшення коефіцієнта конвективної тепловіддачі між ТП і обтікаючим його газовим потоком, що можна досягнути забезпеченням необхідної глибини занурення.

Правильне установлення ТП дає змогу практично уникнути похибки внаслідок тепловідведення через теплопровідність [2]. Похибку за рахунок теплообміну випроміненням в цьому випадку необхідно оцінювати з врахуванням впливу теплообміну випроміненням між ТП, тілами, що його оточують, і стінками трубопроводів чи технологічних апаратів. Необхідно також враховувати, що вимірювання температури в трубопроводах та технологічних апаратах є найбільш поширеними, тому треба розробляти такі конструкції ТП, які були б нескладними і придатними для серійного виробництва.

Пристінний шар газового потоку. Під час обтікання газовим потоком твердого тіла біля його поверхні утворюється пристінний шар, в межах якого швидкість зменшується від значення, що дорівнює швидкості набігаючого потоку, до нуля. На вимірюванні температури пристінного шару газового потоку, яка має функціональну залежність з температурою твердого тіла, розроблено метод вимірювання температури обертових поверхонь [3]. Використання цього методу дало змогу зменшити похибку вимірювання температури обертових поверхонь, збільшити термін служби ТП, підвищити надійність і достовірність отримання вимірювальної інформації. Але пристінний шар газового потоку має значний градієнт температури, який розподіляється по всій товщині пристінного шару від нагрітого твердого тіла, в ньому мають місце теплові втрати шляхом тепловіддачі через теплопровідність, конвекції і випромінення. Ці втрати є основними джерелами виникнення похибок під час вимірювання температури обертових поверхонь методом вимірювання температури пристінного шару газового потоку. Внаслідок цього виникає необхідність розроблення ефективних методів зменшення тепловтрат у пристінному шарі [4].

Газові потоки в камерах спалювання. Надзвичайно важлива роль температур, як параметра газового потоку під час досліджень газових машин і їх елементів – компресорів і турбін. Знання температури необхідне для розрахунку елементів конструкцій газових машин. У цьому випадку зростають вимоги і до геометричних розмірів термоперетворювачів, оскільки встановлені в потік термоперетворювачі великих розмірів спотворюють процес витікання і змінюють обтікання досліджуваних елементів газових машин.

Для підвищення одиничної потужності, підвищення коефіцієнта корисної дії авіаційних, промислових газових турбін і двигунів внутрішнього згоряння необхідно підвищувати температуру і тиск газів в їх камерах спалювання. А з підвищенням температури для досягнення потрібної надійності двигунів необхідно проводити дослідження, пов'язані з вимірюванням розподілу температур

газів у камерах спалювання. Умови цих вимірювань характеризуються тим, що ТП піддається інтенсивному впливу високих температур і тисків. Тому під час створення конструкцій ТП особливу увагу необхідно звернути на вибір термометричних та конструкційних матеріалів.

Вихлопні та димові газові потоки. З підвищенням температур у двигунах внутрішнього згоряння, у процесах спалювання енергоносіїв виникає проблема необхідності зменшення кількості шкідливих компонентів (особливо оксидів азоту), які викидаються у навколишнє середовище. Для таких газових потоків необхідно вимірювати швидкозмінні температури, що змінюються за періодичними, зазвичай гармонічними, законами. Зміни температур і одночасні зміни швидкостей потоку, що призводять до зміни коефіцієнтів конвективної тепловіддачі, залежать від режиму роботи двигунів і процесів спалювання. Під час вимірювання температури, що змінюється за часом, ТП не встигає миттєво прийняти температуру потоку. Потрібно деякий час для того, щоб температура ТП стала рівною температурі потоку. Тому такий характер вимірювань для зменшення динамічної похибки потребує використання малоінерційних ТП. Вимірювання температури газових потоків, що змінюються в часі, при змінних коефіцієнтах теплообміну розглянуто в багатьох роботах, наприклад у [5, 6]. Але дотепер не розроблено єдиної методики оцінювання динамічних похибок вимірювання температур, що змінюються в часі, при змінних коефіцієнтах теплообміну.

Високошвидкісні газові потоки. Під час проведення досліджень процесів тепломасообміну, в області газової динаміки, а також пов'язаних із створенням літальних апаратів для дослідження навколосемного і космічного простору необхідно вимірювати температуру газового потоку, що рухається зі швидкістю 50 м/с і більше. Для таких випадків необхідно враховувати як впливаючий фактор часткове гальмування потоку в зоні розміщення ТП, що викликає додаткове нагрівання його робочої частини. Нагрівання ТП і його температура залежать не тільки від фізичних властивостей стану руху газового потоку, але також і від його власних властивостей. Тому для вимірювання необхідно використовувати спеціальні конструкції ТП. Розрахунки, виконані автором, показують, що для повітря додаткове нагрівання становить 1; 2; 5; 20; 500 К відповідно при швидкостях 50; 100; 200 і 1000 м/с. Для швидкостей потоку до 50 м/с додаткове нагрівання є незначним, тому цю швидкість під час практичних вимірювань температури можна вважати верхньою межею діапазону "помірних" швидкостей.

Під час вимірювання температури високошвидкісних газових потоків необхідно враховувати вимоги до геометричних розмірів ТП, оскільки ТП великих розмірів, поміщені в газовий потік, можуть негативно позначитися на його витіканні і змінювати режим обтікання досліджуваних елементів. Оскільки потоки зазвичай хімічно агресивні, то необхідно досить виважено підходити до вибору як термометричних, так і конструкційних матеріалів. Крім цього, дуже часто вимірювання необхідно здійснювати в динамічних режимах, Тому ТП повинні мати невеликий показник теплової інерції.

До газових потоків відноситься також і полум'я, в якому відбувається хімічна реакція горіння зважених у потоці частинок палива з інтенсивним виділенням тепла. Швидкість виділення тепла й інтенсивність випромінювання визна-

чають температуру факела. Високі температури й агресивність газів у полум'ї створюють істотні обмеження у виборі як методу вимірювання, так і конструкційних та термометричних матеріалів. Особливості та методи вимірювання температури полум'я детально описані в [7].

Висновки. Аналіз типових випадків протікання газових потоків вказує на очевидність, необхідність та важливість вимірювань їх температури у справі подальшого прогресу наукових досліджень і розвитку провідних галузей національної економіки України, зокрема таких, як аерокосмічна техніка, металургія і хімічна промисловість.

Різноманітність технологічних об'єктів, що трапляються в промисловій практиці, а також умов вимірювання температури газових потоків у них не дає змоги визначити загальні рекомендації з вибору методу вимірювання та конструктивних особливостей ТП для проведення вимірювань. Вирішення цього питання повинно прийматися в кожному окремому випадку з врахуванням усіх особливостей як технологічних об'єктів, так і умов вимірювання температури газових потоків.

Як показують результати проведеного автором аналізу, дотепер відсутній достатній науковий доробок теоретичних, технологічних та метрологічних основ проектування ТП для вимірювання температури газових потоків. Незважаючи на певні успіхи в розробленні теоретичних основ умов теплообміну в газових потоках, загальна теорія для створення оптимальних конструкцій, які забезпечували б мінімальну похибку, залежно від умов вимірювання, відсутня. Деякі питання щодо конструювання ТП для конкретних умов застосування є проробленими, але такі проблеми, як розроблення їх математичної моделі, аналіз, прогнозування і розрахунок складових похибок вимірювання та деякі інші розроблені недостатньо.

Пріоритетним напрямом у вирішенні цієї проблеми є створення оптимальних конструкцій високоточних і надійних ТП з використанням термометричних та конструкційних матеріалів із спеціальними властивостями, високою стабільністю їх електрохімічних, хімічних та механічних властивостей у широкому діапазоні зміни температур.

Література

1. Линеверг Ф. Измерение температур в технике : пер. с нем. Т.И. Киселевой и В.А. Федоровича / Ф. Линеверг / под ред. Л.А. Чарихова. – М. : Изд-во "Металлургия", 1980. – 544 с.
2. Фединець В. Вплив конструкції і способу монтажу первинних термоперетворювачів на похибку вимірювання температури енергоносіїв в трубопроводах / В. Фединець // Системи транспортування, контролю якості та обліку енергоносіїв : матер. доп. 1-ої Міжнар. наук.-практ. конф. – Львів : Вид-во "Провесін", 1998. – С. 242-246.
3. Куритнык И.П. Приборы для измерения температуры поверхностей / И.П. Куритнык, В.А. Фединець, Б.И. Стаднык, Б.И. Гиль. – М. : Изд-во ЦНИИТЭИ приборостроения. – 1986. – 40 с.
4. Фединець В.А. Повышение точности термопреобразователей для измерения температуры поверхности вращающихся объектов / В.А. Фединець // Вопросы радиоэлектроники. – Сер.: РТТО. – 1982. – Вып. 2(43). – С. 48-51.
5. Луцки Я.Т. Вимірювання температури: теорія та практика / Я.Т. Луцки, О.П. Гук, О.І. Лях, Б.І. Стаднык. – Львів : Вид-во "Бескид Біт", 2006. – 560 с.
6. Ярышев Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур / Н.А. Ярышев. – Л. : Изд-во "Энергия", 1967. – 229 с.

7. Герашенко О.А. Температурные измерения / О.А. Герашенко, А.Н. Гордов, В.И. Лах и др. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1984. – 496 с.

Фединец В.А. Особенности измерения температуры газовых потоков

Рассмотрены особенности измерения температуры газовых потоков в зависимости от типового случая их протекания. Указано, что при измерениях в высокоскоростных потоках необходимо учитывать как влияющий фактор частичное торможение потока в зоне размещения термопреобразователя, что вызывает дополнительный нагрев его рабочей части. Разработаны рекомендации по выбору методов и средств измерения.

Ключевые слова: температура, газовый поток, методы измерения, термопреобразователь, технологический процесс.

Fedynets V.O. Features of measuring of temperature gas streams

The features of measuring of temperature of gas streams are considered depending on the typical case of their flowing. It is indicated that during measuring in high-speed streams it is necessary to take into account as influence partial braking of stream in the area of placing of receivers of temperature which causes the additional heating him working part. Recommendations are worked out from the choice of methods and measuring facilities.

Keywords: temperature, gas stream, measuring methods, receivers of temperature, technological process.

УДК 674.002.5

Инж. В.В. Войтович; проф. В.В. Шостак, д-р техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

ЗМІЦНЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИМ ТЕРТЯМ НАПРЯМНИКІВ СТРІЧКОПИЛКОВОГО ВЕРСТАТА

Описано результати експериментальних досліджень. Отримано рівняння регресії, яке характеризує залежність мікротвердості поверхні циліндричного напрямника від сили притискання і швидкості подавання фрикційного диска. Показано вплив глибини поверхневого шару на зміну мікротвердості матеріалу.

Ключові слова: мікротвердість, зміцнення, напрямник.

Керування технічним станом технологічного обладнання під час експлуатації визначають передусім стратегією технічного обслуговування і ремонту, в основі якої лежить науково обгрунтована структура ремонтного циклу. Її визначають довговічністю і зносостійкістю усіх деталей верстата, зокрема й базових, а саме: напрямників, осей, валів, вальниць й т. ін.

Досліджено процес розпилювання та підготовки інструменту на стрікопильних верстатах у працях В.А. Худякова, О.Є. Феоктістова, Є.В. Трухіна, Н.Ю. Мікловчика, І.Т. Ребезнюка, Б.А. Веселкової, С.П. Степанчука та ін. Але питанням керування технічним станом верстатів у цих роботах не приділено уваги. За результатами аналізу конструктивних особливостей і практики експлуатації горизонтальних стрікопильних верстатів встановлено:

1. На більшості підприємств, де розпилюють колоди на бруси і дошки використовують горизонтальні стрікопильні верстати вітчизняного виробництва. Ці верстати за своїми показниками забезпечують вимоги щодо якості та продуктивності.
2. На сьогодні в Україні немає жодної науково-дослідної роботи з дослідження надійності цих верстатів, відсутні науково обгрунтовані та практично апробовані структури ремонтних циклів і рекомендації щодо їх розроблення.

3. Зібрані нами статистичні дані з підприємств щодо довговічності основних спаружень верстатів показали, що найменший ресурс мають деталі механізму подавання пилкового супорта, ходові колеса та напрямники, термін служби яких не перевищує 2...3 роки.

Конструкцію спаруження, напрямник – ходове колесо – зображено на рис. 1.

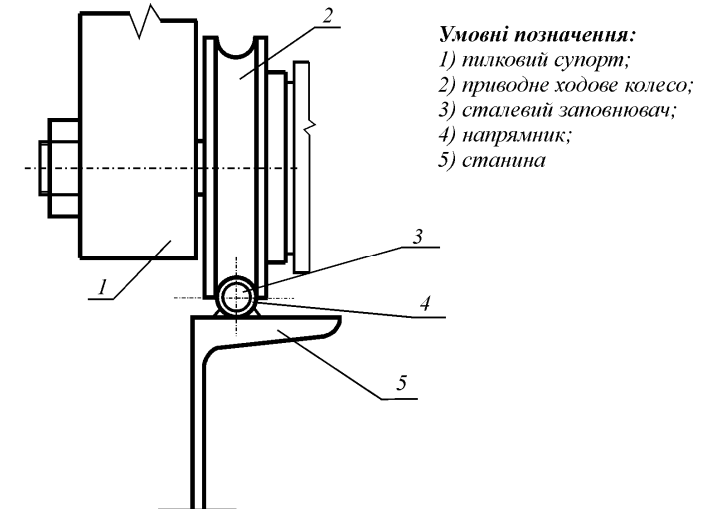


Рис. 1. Схема спаруження, напрямник – ходове колесо

У процесі експлуатації верстата під дією змінних сил, що виникають у спаруженні, а також дії абразивних частинок, що попадають у стик, швидко зношується напрямник циліндричного перетину. Направники виготовляють з труб діаметром 1/2 дюйма. Для підвищення жорсткості труби в середину її забивають циліндричний стержень. Практика показує, що підвищення зносостійкості ходових коліс призводить до швидкого зношування напрямників, які є складною деталлю у виготовленні і виверненні. Тому ходові колеса виготовляють з конструкційної сталі Ст3. І під час ремонту замінюють ходові колеса, які мають менший ресурс. Якщо підвищити зносостійкість напрямників, тоді можна виготовляти ходові колеса з високовуглецевої, або легованої сталі, і термін служби цього спаруження підвищиться. Ми запропонували для зміцнення поверхні циліндричного напрямника використати метод високошвидкісного тертя [1].

Існуюча експериментальна установка для проведення дослідів розроблена на базі модернізованого універсального загострювального верстата моделі 3А64 дає змогу плавно регулювати швидкість подавання дослідного зразка [2]. Силу притискання фрикційного диска регулювали ступінчасто. Глибину зміцненого шару напрямника вимірювали на різній відстані від поверхні труби. Для зміцнення використали профільний фрикційний диск діаметром 200 мм, виготовлений зі сталі 40Х.

Для обгрунтування режимів зміцнення було проведено серію попередніх дослідів на різних режимах. Змінними факторами була сила притискання диска