

Підсумовуючи зазначене вище, можна зробити висновок, що в сучасних умовах на підприємстві важливу роль відіграє виробнича програма. Для досягнення високих результатів потрібно здійснювати планування виробничої програми. Можна сказати, що виробнича програма або план виробництва та реалізації продукції є важливим розділом поточного плану підприємства. Виробнича програма визначає потрібний обсяг виробництва продукції в плановому періоді, який відповідає номенклатурою, асортиментом і якістю вимогам плану продажів.

Література

1. Бойчик Ірина. Економіка підприємства. – Львів : Вид-во "Полтва". – 2007. – 102 с.
2. Кучер В.А. Определение оптимального объема производства продукции на промышленном предприятии // Экономика промышленности. – 2005. – № 1(27). – С. 144-154.
3. Ивахник Д.Е. Оптимизация производственной программы предприятия в условиях рыночных отношений / Д.Е. Ивахник, В.З. Григорьева // Маркетинг в России и за рубежом. – 1999. – № 1. – С. 14-17.
4. Куприянов Ю. Как оптимизировать производственный план / Ю. Куприянов, М. Галдин // Финансовый директор. – 2006. – № 5. – С. 10-20.
5. Міценко Н.Г. Економіка підприємства: теорія і практикум / Н.Г. Міценко, І.А. Маринич, О.І. Ященко. – Львів : Вид-во "Прогрес". – 2008. – 194 с.
6. Орлов О. Планування діяльності підприємства. – Львів : Вид-во "Регрес". – 2002. – 139 с.
7. Шваб Л.І. Економіка підприємства. – Львів : Вид-во "Світ". – 2007. – 356 с.

Масленников О.Ю., Савуляк С.И. Оптимизация производственной программы предприятия

Предложено определение сущности понятий "производственная программа" и "оптимальная производственная программа". Приведены разделы, из которых состоит производственная программа, и разработана методика ее использования. Рассмотрена также схема планирования производственной программы. Установлено, что в современных условиях на предприятии важное значение имеет производственная программа. Для достижения высоких результатов нужно осуществлять планирование производственной программы. Можно сказать, что производственная программа или план производства и реализации продукции является важным разделом текущего плана предприятия.

Maslenikov O.Yu., Savulyak S.I. Optimization of production program of enterprise

Determination of essence of concepts is offered "production program" and "optimum production program". Sections which the production program consists of are resulted, and the method of its use is developed. The chart of planning of the production program is considered also. It is set that in modern terms on an enterprise important the production program matters. For achievement of high results it is needed to carry out planning of the production program. Maybe, that the production program or plan of production and realization of products is the important section of current plan of enterprise.

УДК 536.532

Доц. В.О. Фединець, канд. техн. наук –
НУ "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОЇ ПІДСИСТЕМИ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

Проаналізовано умови теплообміну термоперетворювача для вимірювання температури газових потоків через теплопровідність чутливого елемента з елементами

конструкції, випромінюванням з внутрішньою поверхнею камери гальмування і конвективним теплообміном з газовим потоком. Встановлено, що наведені аналітичні залежності дають змогу здійснити розрахунок складових похибки вимірювання температури за рахунок теплообміну через теплопровідність і випромінювання.

Ключові слова: температура, газовий потік, вимірювання, теплообмін, термоперетворювач.

Вступ. Методи досліджень теплообміну високошвидкісних газових потоків потребують постановки досить складних і дорогих експериментів. Тому завдання створення якісно нових термоперетворювачів (ТП), що забезпечували б високу точність вимірювання і, як наслідок, підвищували ефективність експерименту та зменшували терміни його виконання, є досить актуальним. З ускладненням експерименту ускладнюються і умови експлуатації ТП. Тому потрібна побудова оптимальних конструкцій ТП, які забезпечували б мінімальну похибку за дії на них змінних за часом вхідних і впливових чинників, які, зазвичай, є випадковими функціями часу. Вирішення задачі оптимізації конструкції ТП дає змогу знайти оптимальне управління вибраним показником якості вже на стадії його проектування.

Виклад основного матеріалу. Математична модель ТП для вимірювання температури газових потоків характеризує процес перетворення в ньому інформативного сигналу з врахуванням спотворень, завад і збурювальних факторів. Для зручності здійснення аналізу перетворень в [1] запропоновано представляти ТП у вигляді окремих елементарних ланок зі своїми математичними моделями. За елементарну ланку доцільно приймати сукупність способів і засобів перетворення, що об'єднуються за характерними ознаками.

Для ТП газових потоків еквівалентна схема перетворення в [1] представлена у вигляді трьох послідовно з'єднаних ланок (підсистем): газодинамічної, теплової та електричної.

Газодинамічна підсистема перетворює термодинамічну температуру газового потоку на вході ТП в температуру гальмування на вході в термочутливий елемент. Аналіз газодинамічної підсистеми та її оптимізацію розглянуто в [2]. Теплова підсистема перетворює цю температуру в рівноважну температуру термочутливого елемента. Електрична підсистема перетворює рівноважну температуру термочутливого елемента у вихідний електричний сигнал.

Математична модель теплової підсистеми відповідає математичній моделі теплообміну чутливого елемента, яка повинна складатися з врахуванням його теплової взаємодії з елементами конструкції ТП, навколишніми тілами і газовим потоком, а також можливою наявністю внутрішніх джерел тепла.

Під час розроблення математичної моделі теплової підсистеми ТП можна розглядати як однорідне ізотропне тіло. Для таких умов математична модель теплообміну може бути представлена у вигляді рівняння нестационарної теплопровідності Фур'є

$$C_V(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \operatorname{div} [\lambda(T) \operatorname{grad} T] + \omega, \quad (1)$$

де: C_V, λ – відповідно, об'ємна теплоємність і теплопровідність матеріалів чутливого елемента; div і grad – операції дивіргенції і градієнта; ω – функція розподілу джерел енергії за об'ємом ТП.

Для певних визначених інтервалів температури ΔT можна прийняти, що для конкретного матеріалу коефіцієнти $C_V(T)$ і $\lambda(T)$ є незалежними від температури. Тоді рівняння (1) стане лінійним і набуде вигляду

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \operatorname{div}(\operatorname{grad} T) + \frac{1}{C_V} \omega, \quad (2)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності матеріалу чутливого елемента.

Рівняння (2) є узагальненою математичною моделлю теплової підсистеми ТП. Теплообмін ТП газових потоків зумовлений теплообміном через теплопровідність чутливого елемента з елементами конструкції ТП, теплообміном випромінюванням з внутрішньою поверхнею камери гальмування і конвективним теплообміном з газовим потоком.

Повне аналітичне дослідження сумісного впливу всіх основних факторів на загальну похибку вимірювання температури газового потоку практично неможливе. Тому аналізували кожну складову похибки окремо з припущенням, що решта її складових відсутні, а загальну похибку вимірювання можна розглядати як суперпозицію окремих видів похибок.

Аналіз теплообміну через теплопровідність. Під час вимірювання температури газових потоків ТП певним чином повинні закріплюватися в деякій арматурі (трубопроводи, резервуари тощо), температура якої в загальному випадку відрізняється від температури потоку. Внаслідок цього розподіл температур по довжині ТП буде нерівномірним. Через тепловідведення по корпусу ТП і з'єднувальних чи термоелектродних провідниках температура чутливого елемента t_{ce} буде відрізнятися від дійсної температури газового потоку t_0 .

Кількісну оцінку цього явища можна отримати із аналізу теплового балансу ТП за дії на чутливий елемент тільки конвективного теплового потоку і відведенні тепла до місця закріплення. Вплив тепловідведення на температуру чутливого елемента ТП можна розглядати як процес теплообміну між газовим потоком і ТП, виконаним у вигляді однорідного стержня, який консольно закріплюється на стінці арматури з температурою t_{cm} . Розрахункову схему ТП для визначення похибки за рахунок теплообміну через теплопровідність представлено в [3].

Під час побудови математичної моделі приймаємо *такі допущення*:

- тепловий вплив чутливого елемента на елементи конструкції ТП не враховується;
- тепловий контакт торцевої поверхні чутливого елемента з елементами кріплення є абсолютним, тобто відсутній тепловий опір;
- зміна температури ТП (стержня) $t(x)$ в радіальному напрямку не враховується, а тільки вздовж його осі і в кожному поперечному січенні залишається постійною.

Рівняння теплообміну для такого ТП має вигляд

$$\frac{d^2 t_n(x)}{dx^2} - \nu^2 [t_0 - t_n(x)] = 0, \quad (3)$$

де: $\nu^2 = \frac{\alpha U}{\lambda S}$; α – повний коефіцієнт теплообміну між ТП і потоком; U і S –

відповідно, периметр і площа поперечного січення ТП; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ТП.

Допускаємо, що теплом, яке надходить через торець ТП при $x=0$ можна знехтувати порівняно з теплом, що надходить через його бокову поверхню і що температура ТП за $x=L$ дорівнює температурі стінки t_{cm} :

$$\frac{dt_n(x)}{dx} = 0 \text{ при } x=0; t=t_{cm} \text{ при } x = L \quad (4)$$

Приймаючи, що коефіцієнт ν не залежить від температури потоку і координати x , з врахуванням (4), отримаємо:

$$\frac{t_0 - t_n(x)}{t_0 - t_{cm}} = \frac{ch \nu x}{ch \nu L}. \quad (5)$$

Складова похибки вимірювання Δt_m за рахунок тепловідведення через теплопровідність у разі розміщення чутливого елемента ТП в точці $x=0$ (наприклад, спай термопар) визначають залежністю:

$$\Delta t_m = t_n - t_0 = -\frac{t_0 - t_{cm}}{ch \mu}, \quad (6)$$

де
$$\mu = \nu L = L \sqrt{\frac{\alpha U}{\lambda S}} \quad (7)$$

Виразивши U і S через діаметр ТП d , отримаємо:

$$\Delta t_m = t_n - t_0 = -\frac{t_0 - t_{cm}}{ch L \sqrt{\frac{4\alpha}{d \lambda}}}. \quad (8)$$

Аналіз теплообміну через випромінювання. Під час аналізу теплообміну через випромінювання допускалося, що в тепловому балансі ТП беруть участь тільки два види теплообміну – конвективний і випромінюванням.

При обтіканні газовим потоком чутливий елемент ТП за рахунок конвективної теплопередачі від потоку до поверхні отримує за одиницю часу кількість теплоти Q_1 , яка визначається виразом:

$$Q_1 = \alpha F_n (t_o - t_n), \quad (9)$$

де F_n – площа поверхні частини ТП, зануреної в газовий потік.

Цей вплив газового потоку на ТП є корисним впливом.

Величина теплового потоку Q_2 , яка віддається поверхнею зануреної частини ТП шляхом теплообміну випромінюванням з поверхнями стінок, що оточують потік, визначається залежністю:

$$Q_2 = \sigma \varepsilon_{np} \left[\frac{\varepsilon_n}{A_n} \left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \frac{\varepsilon_{cm}}{A_{cm}} \left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 \right] \cdot F_{n+cm}, \quad (10)$$

де: σ – постійна Стефана-Больцмана; ε_{np} – приведений коефіцієнт чорноти системи "ТП – стінки, що оточують потік"; ε_n , ε_{cm} , A_n , A_{cm} – відповідно коефіцієнт чорноти випромінювання і поглинання ТП та стінки; F_{n+cm} – взаємна поверхня випромінювання.

Приведений коефіцієнт чорноти визначається залежністю

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{1 + \varphi_{n+cm} \left(\frac{1}{A_n} - 1 \right) + \varphi_{cm+n} \left(\frac{1}{A_{cm}} - 1 \right)}, \quad (11)$$

де: φ_{n+cm} , φ_{cm+n} – кутові коефіцієнти випромінювання (коефіцієнт опромінення чутливого елемента газовим потоком).

Взаємна поверхня випромінювання залежить від форми, геометричних розмірів і взаємного розміщення ТП і стінки:

$$F_{n+cm} = \varphi_{n+cm} F_n = \varphi_{cm+n} F_{cm}. \quad (12)$$

Для більшості практичних випадків вимірювання температури в газових потоках будуть справедливими такі допущення:

- різниця між температурами ТП t_n і стінки t_{cm} така, що $\varepsilon_n \approx A_n$ і $\varepsilon_{cm} \approx A_{cm}$;
- площа поверхонь стінок, що оточують потік, є набагато більшою, ніж площа поверхні ТП, зануреного в газовий потік, тобто $F_{cm} \gg F_n$. Тоді $\varphi_{n+cm} \approx 1$, $F_{n+cm} \approx F_n$, $\varphi_{cm+n} = F_n / F_{cm} = 0$.

Приведений коефіцієнт чорноти, згідно з (11), виразиться $\varepsilon_{np} = \varepsilon_n = A_n$, а вираз (10) набуде вигляду:

$$Q_2 = \sigma \varepsilon_n F_n \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 \right]. \quad (13)$$

Зменшення теплових втрат випромінюванням за рахунок обтікання ТП оцінюється коефіцієнтом ξ [4] який, наприклад, для циліндричних ТП, стінки яких омиваються з обох боків, дорівнює 2. Тоді

$$Q_2 = \frac{\sigma \varepsilon_n F_n}{\xi} \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 \right]. \quad (14)$$

Вирішуючи рівняння (9) і (14), якщо допустити, що втрати тепла через інші причини, крім випромінювання, відсутні, отримуємо залежність для визначення складової похибки Δt_g за рахунок випромінювання:

$$\Delta t_g = t_n - t_0 = \frac{\sigma \varepsilon_n}{\alpha \xi} \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 \right]. \quad (15)$$

Із рівняння (15) видно, що складову похибки, зумовлену випромінюванням, можна регулювати, в основному, шляхом зміни трьох параметрів: коефіцієнта чорноти ε_n , коефіцієнта тепловіддачі α і температури оточуючих стінок T_{cm} .

Висновки. У роботі здійснено дослідження умов теплообміну ТП з газовим потоком, розроблено математичну модель теплової підсистеми. Наведено аналітичні залежності для розрахунку складових похибки вимірювання температури за рахунок теплообміну через теплопровідність і випромінювання.

Література

1. Фединець В.О. Засади конструкторсько-технологічної оптимізації перетворювачів температури високошвидкісних газових потоків / В.О. Фединець // Вісник НУ "Львівська політехніка". – Сер. : Автоматика, вимірювання та керування. – 2007. – № 574. – С. 111-115.

2. Фединець В.О. Математична модель газодинамічної підсистеми перетворювачів температури газових потоків / В.О. Фединець // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2008. – Вип. 68. – С. 108-111.

3. Фединець В. Вплив конструкції і способу монтажу первинних термоперетворювачів на похибку вимірювання температури енергоносіїв в трубопроводах / Василь Фединець // Системи транспортування, контролю якості та обліку енергоносіїв : Перша Міжнар. наук.-практ. конф. – Львів, 1998. – С. 242-246.

4. Петунин А.Н. Измерение параметров газового потока / Анатолий Николаевич Петунин. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1974. – 260 с.

Фединец В.О. Исследование математической модели тепловой подсистемы термопреобразователей для измерения температуры газовых потоков

Проанализированы условия теплообмена термообразователя для измерения температуры газовых потоков через теплопроводимость чувствительного элемента с элементами конструкции, излучением с внутренней поверхностью камеры торможения и конвективным теплообменом с газовым потоком. Установлено, что приведенные аналитическая зависимость дает возможность осуществить расчет составляющей погрешности измерения температуры за счет теплообмена через теплопроводимость и излучение.

Ключевые слова: температура, газовый поток, измерение, теплообмен, термообразователь.

Fedynets V.O. Research of mathematical model of thermal subsystem of receivers of temperature is for measuring of temperature of gas streams

The terms of heat exchange of receivers of temperature (TR) are analysed for measuring of temperature of gas streams through the heat-conducting of pickoff with the elements of construction, radiation with the internal surface of braking chamber and convective heat exchange with a gas stream. It is set that resulted analytical dependences enable to carry out the calculation of constituents of error of measuring of temperature due to a heat exchange through a heat-conducting and radiation.

Keywords: temperature, gas stream, measuring, heat exchange, receivers of temperature.

УДК 628.517:004.9

Ст. викл. О.Л. Сторожук; ст. викл. Р.І. Тураш;
доц. І.Р. Кенс, канд. техн. наук; проф. Я.І. Соколовський, д-р техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДЕРЕВИНИ АКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ

Розроблено програмне забезпечення для вдосконалення та практичної реалізації акустичного методу виявлення дефектів у деревині. Це дасть змогу експериментально визначати час проходження тестового звукового сигналу в матеріалі. Експериментально досліджено особливості швидкості поширення акустичної хвилі у деревині. На основі отриманих результатів запропоновано методику виявлення дефектів у деревині акустичним методом.

Ключові слова: акустичні вимірювання, деревина, неруйнівний контроль, звукова карта, програмне забезпечення.

Актуальність досліджень. Акустичний контроль належать до неруйнівних методів виявлення дефектів та вимірювання фізичних характеристик капілярно-пористих матеріалів. Перевагами акустичного контролю є ви-