

Mikhail Podgaetskiy, Kirill Scherbina

Kirovograd National Technical University

Linearization of the static characteristic throttle hydrodistributor systems of regulation of the radial size

Research of process of correction of static description throttle hydrodistributor systems of regulation of the radial size of honing head due to the change of form of throttle crack.

Considered process of linearization of static description throttle hydrodistributor roviding of the fast-response functioning in the conditions of transient. A dynamic analysis is resulted throttle hydrodistributor on the basis of existent static researches, as a result, which certainly, that loading description has unrectilineal character and results in the presence of inertance in the conditions of transient behavior. During the leadthrough of linearizing of static loading description throttle hydrodistributor it was succeeded to remove an inertance in the conditions of transient behavior. Linearization succeeded to be changed due to structural perfection of form of throttle crack.

After linearization of static description of throttle hydrodistributor certainly, that it answers the terms of the use in the systems of adjusting of radial size honing head.

linearization, throttle hydrodistributor, loading description, fast-response, systems of regulation of the radial size

Одержано 04.03.14

УДК 621.733:621.783

Б.Б. Кришкін, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Аналіз можливої газопроникності сталевих труб газопроводів під час рекуперативного підігрівання природного газу

У статті описано методику оцінки ймовірності підсмоктування водяної пари з внутрішнього простору рекуперативних теплообмінних апаратів, які можуть використовуватися для підігрівання природного газу на теплових електростанціях

тепло, рекуператор, труба, газопроникність, дифузія, швидкість, температура

Б.Б. Крышкин, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

В статье описана методика определения возможности просачивания водяных паров из внутреннего пространства рекуперативных теплообменных аппаратов, которые могут использоваться для подогрева природного газа на тепловых электростанциях

тепло, рекуператор, труба, газопроницаемость, диффузия, скорость, температура

У зв'язку з нагальною потребою зменшення споживання природного газу та впровадженню енергозощаджувальних технологій свого часу було розроблено та представлено інноваційний проект, що стосується зменшення витрат газу на теплогенеруючих підприємствах шляхом ефективної рекуперації тепла.

Відповідна експертна комісія утрималася від позитивного відгуку. У висновку експертної комісії щодо цього проекту було зазначено, зокрема, наступне:

© Б.Б. Кришкін, 2014

1. "Підігрів горючих газів до температури вище 50°C на сучасних теплогенеруючих підприємствах не застосовується, оскільки "хімічні процеси в підігріваних горючих газах складні та недостатньо вивчені".

2. "Конструктивом всіх котлоагрегатів не передбачено додаткова рекуперація тепла".

3. Незрозумілим є теплоносій, який буде використовуватися для цілей рекуперації: відпрацьований пар із турбіни чи тепло відхідних газів з котла.

Тому у даній статті вирішено було зупинитися на схемі встановлення і підключення рекуператора та на розрахунках щодо: а) ефективності процесу рекуперації; б) унеможливлення просочування газу крізь стінку труби рекупераційної установки, по якій проходить горючий (природний) газ.

Оскільки питання ефективності вже обґрунтовувалися раніше [1], більш ретельно розглянемо проблему безпеки підігрівання газу теплом відпрацьованої пари (наприклад, з турбінного агрегату теплоелектроцентралі). Дані щодо вищезазначеного теплофізичного процесу аналізувалися і визначалися за допомогою програмного редактора Microsoft Excel.

Для умов підігрівання газу теплом відпрацьованої водяної пари із застосуванням трубчастого рекуперативного теплообмінника (РТА) типу «труба в трубі» (рис. 1) були визначені наступні вихідні дані [1]:

- температура пари $t_n = 340^{\circ}\text{C}$;
- тиск пари $p_n = 700\text{кПа}$;
- тиск газу, що підігріватиметься $p_n = 60\text{кПа}$;
- питома витрата газу $Q_g = 1,1\text{м}^3/\text{с}$;
- корисна площа проходу теплоносія $F = 0,06\text{м}^2$;
- швидкість переміщення теплоносія $v_n = 16,71\text{м}/\text{с}$;

Зазначені дані були узгоджені з кіровоградським комунальним підприємством КП «ТЕЦ».

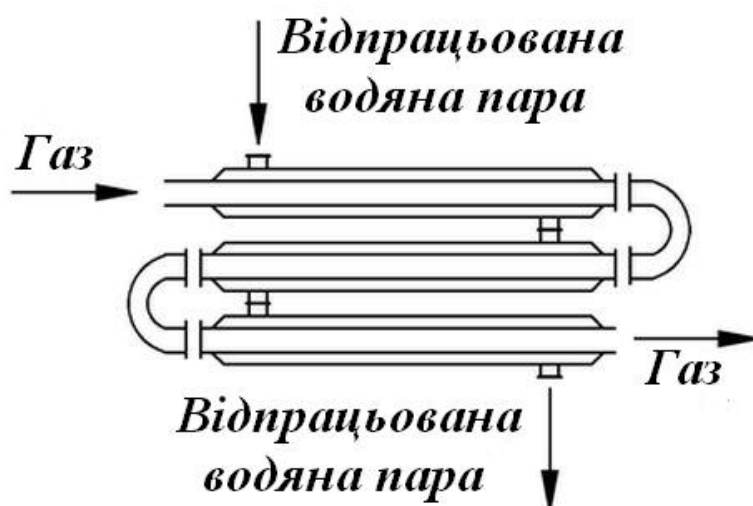


Рисунок 1 – Принципова схема РТА типу «труба в трубі»

Відомо, що газопроникність залежить від типу матеріалу, його хімічної природи і структурних характеристик, а також від природи газу і температури. Коефіцієнт газопроникності виражається кількістю газу, що пройшов за нормальних умов в

одиницю часу і перепаду тиску, рівного одиниці, через одиницю поверхні матеріалу одиничної товщини.

Як правило, визначають об'ємну газопроникність. При цьому використовують наступні методи:

- манометричний - реєструються покази манометра, сполученого з розрідженим об'ємом, куди поступає газ, що пройшов через зразок;
- об'ємометричний - заміряється об'єм газу, що пройшов через зразок за певний час, при постійному його тиску з протилежного боку;
- вимір швидкості зміни концентрації газу з того або іншого боку зразка, для чого можуть бути використані хроматографічні, мас-спектрометричні, хімічні та інші методи.

Листовий і сортовий прокат, з якого звичайно виготовляють газові труби, має неоднакову вакуумну щільність в різних напрямках. Шлакові включення утворюють волокна у напрямі деформації матеріалу при його обробці. Тому перевірка безпечності елементів трубчастого рекуператора має принципове значення.

Концентрація газів, розчинених в твердому тілі, залежить від його температури, тиску і типу кристалічної решітки. У металах, для яких характерний гомополярний металевий зв'язок між електропозитивними атомами, залежність розчинності від тиску і температури має наступний вигляд :

$$S = S_0 p^{\frac{1}{n}} \exp\left(\frac{Q_s}{nRT}\right), \quad (1)$$

де n - число атомів в молекулі газу;

Q_s - енергія активації при розчиненні;

S_0 - постійний коефіцієнт, фізичним змістом якого є дифузійна активність матеріалу при певних теплофізичних умовах.

Залежність розчинності газів в металах від тиску є статичною функцією з показником степені $1/n$. Це пов'язано з тим, що гази розчиняються в металах в атомарному стані і перед розчиненням відбувається дисоціація молекул на атоми. Розчинність газів в металах пропорційна тиску дисоційованого газу.

Процес абсорбції розчинення газів в твердих тілах здійснюється за рахунок дифузії молекул газу в кристалічну решітку або по межах зерен. Дифузійний потік пропорційний градієнту концентрації. Оскільки для стаціонарного газового потоку через стінку завтовшки $2h$ градієнт концентрації дорівнює

$$\frac{ds}{dx} = \frac{(S_1 - S_2)}{2h}, \quad (2)$$

то

$$q = -D \frac{S_1 - S_2}{2h}, \quad (3)$$

де q — число молекул, що проходять в одиницю часу через одиницю площі поперечного перерізу у напрямі осі x ;

D — коефіцієнт дифузії;

S_1 і S_2 — концентрації газу на межах стінки.

При підвищенні температури коефіцієнт D сильно зростає:

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q_D}{nRT}\right), \quad (4)$$

де Q_D — енергія активації при дифузії;

n — число атомів в молекулі газу для металів, для неметалів $n = 1$;

D_0 — коефіцієнт пропорційності, незалежний від температури.

Підставляючи в (3) вираження для D і S з (2), отримаємо формулу для встановлення значення градієнту газопроникності для металу трубчастого РТА

$$q = k_0 \frac{p_2^{\frac{1}{n}} - p_1^{\frac{1}{n}}}{2h} \exp\left(-\frac{Q_D \pm Q_S}{nRT}\right), \quad (5)$$

де $K_0 = D_0 S_0$ — константа проникності..

Енергію активації пари встановлювали за залежністю

$$Q_S = iG, \quad (6)$$

де i — ентальпія гріючої пари;

$G = 20$ т/год - максимально можливі витрати пари для умов КП «ТЕЦ».

Ентальпію гріючої пари встановлювали виходячи з її характеристик при робочій температурі $316,54^{\circ}\text{C}$ (максимальна температура м'ятої пари з урахуванням втрат у паропроводах під час транспортування теплоносія від місця відбору до місця рекуперації пари) [3]. Теплофізичні характеристики пари за вищезазначеної температури наступні [2]:

- густина пари $\rho = 3,91$ кг/м³;
- теплопровідність $\lambda = 4,74 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·град;
- теплоємність $c = 2,25$ кДж/кг·град;
- кінематична в'язкість $\nu = 5,28 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Тоді

$$i_n = C_n^n \cdot t_n^n = 2,25 \cdot 316,54 = 712,22 (\text{кДж} / \text{кг})$$

Зазначимо, що фактична ентальпія пари буде дещо нижчою внаслідок теплових втрат у самому РТА, проте подальші розрахунки проводили при вищеперерахованих, найважчих умовах експлуатації РТА.

При фактичних витратах пари $Q = 1,08$ м³/с (отримане для реальних значень трубопроводів – внутрішнього d_1 і d_2 і зовнішнього D_1 і D_2 , а також при визначених швидкостях переміщення теплоносія v_1 і газу v_2 , рис. 2), енергія активації пари становить

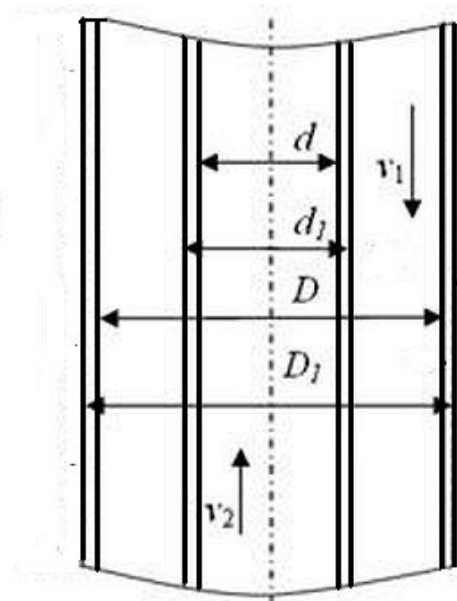


Рисунок 2 – Схема току газу та теплоносія в РТА

$$Q_s = 212,22 \cdot 1,08 = 769,19 (\text{кДж})$$

Результат аналізу ймовірності газопроникнення водяної пари до потоку природного газу у газопровідній трубі представлено на експериментальному графіку, який побудовано за допомогою програмного редактора Microsoft Excel (рис. 3).

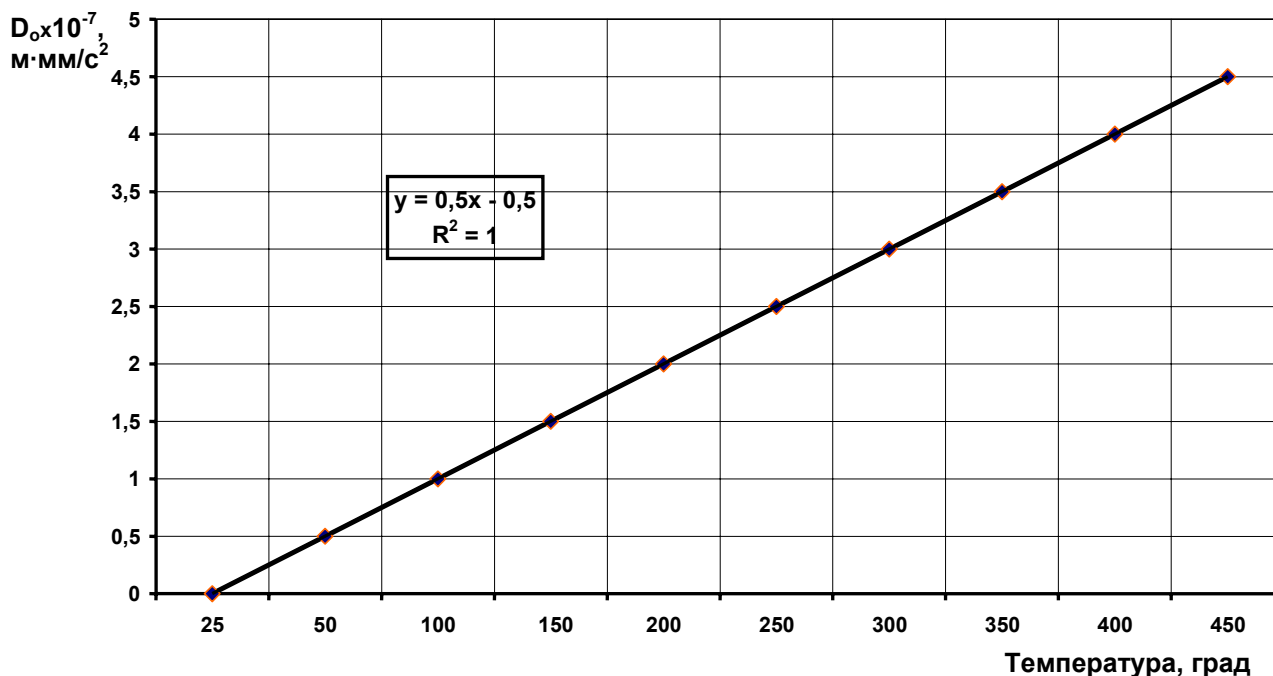


Рисунок 3 – Експериментальний графік залежності коефіцієнту дифузії від температури теплоносія

З графіку видно, що при розрахунковій температурі пари $316,54^\circ\text{C}$ (розрахункове значення для забезпечення ефективності рекуперації) початковий коефіцієнт дифузії становить $D_0 = 3,25 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot \text{мм} / \text{с}^2$. Тоді фактичне значення коефіцієнту газопроникності для водяної пари, що отримується від турбінного агрегату (трьохатомний газ, тобто $n = 3$)

$$D = D_0 \exp\left(\frac{Q_s}{3RT}\right) = 3,25 \cdot 10^{-7} \exp\left(\frac{769,19}{3 \cdot 8,31 \cdot 43,54}\right) = 0,66 \cdot 10^{-7} (\text{м} \cdot \text{мм} / \text{с}^2).$$

З метою співставлення початкових умов ймовірної газопроникності, встановимо теоретичне значення градієнту газопроникності водяної пари у металеву стінку труби РТА, застосовуючи формулу (5):

$$q = k_0 \frac{p_2^n - p_1^n}{2h} \exp\left(-\frac{Q_D \pm Q_s}{nRT}\right) = \frac{8,69 - 3,86}{5} \exp\left(\frac{769,19}{3 \cdot 8,31 \cdot 43,54}\right) = 1,96 (\text{мм}^{-1}).$$

Оскільки $q < h$ (тут h – товщина стінки труби, по якій проходить природний газ), то при тривалій роботі РТА підсмоктування водяної пари крізь стінку труби не очікується і герметичність трубопроводу подачі природного газу буде безумовно збережено.

Таким чином можна зробити висновок, що в процесі підігрівання природного газу теплом відпрацьованої пари проникнення теплоносія всередину труби з газом неможливе.

Результати аналізу та наведених вище розрахунків можуть бути використані в конструкціях теплообмінних пристроїв для ефективного застосування енергозощаджувальних технологій, що стосуються зменшення витрат природного газу на всіх теплогенеруючих підприємствах, які обладнані турбінними установками.

Список літератури

1. Б.Б. Кришкін. Розробка енергозощаджувальних процесів спалювання газу в теплоенергетичних пристроях промислових підприємств //Тези доповідей Першої Міжнародної науково-технічної конференції «Машинобудування та металообробка – 2003». – Кіровоград:КДТУ, 2003. - С.124-125.
2. С.В. Пономарёв, С.В. Мищенко, А.В. Дивин. Теоретические и практические аспекты теплофизических измерений. Тамбов. Изд-во Тамб.гос. техн. ун-та. 2006. - 216 с.
3. <http://koledj.ru/docs/index-7020.html>. Марченко В.М. Элементы расчёта теплообменных аппаратов тепловых электростанций.

Boris Kryshkin

Kirovograd state national university

The analysis of possible steel tubes gas heat vapour emissivity during of natural gas recuperative heating

In the article the method of determination of possibility of seepage of aquatic steams is described from internal space of recuperative heat-exchange vehicles which can be used for heating of natural gas on thermal power-stations.

It is rotined that at the existent modes of heating of natural gas the danger of penetration of water steams through the layer of metallic seamless pipe absents practically.

The method of estimation can be used for planning of tubular recuperators
warm, recuperator, pipe, gas-penetrability, diffusion, speed, temperature

Одержано 23.04.14

УДК 621.791.927.5: 621.787.4

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук, И.В. Шепеленко, доц., канд. техн. наук, А.А. Матвиенко, доц., канд. техн. наук, Аль Соодани Салем М. Муташаир, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

Анализ эффективности существующих и перспективных методов обработки деталей с покрытиями

В статье рассмотрены основные методы обработки деталей с покрытиями, полученными методами наплавки, напыления и наварки. Проанализированы достоинства и недостатки этих методов, определены области применения. Установлены тенденции применения механических видов обработки покрытий, находящихся в нагретом состоянии. Выполнен анализ научных работ в направлении механической обработки покрытий в горячем состоянии.

наплавка, напыление, наварка, шлифование, резание

© М.В. Красота, И.В. Шепеленко, А.А. Матвиенко, Аль Соодани Салем М. Муташаир, 2014