

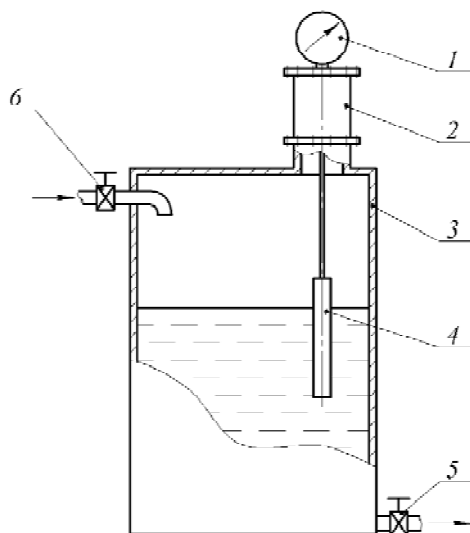
# УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ РІВНЕМІРА РІДИНИ, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

## Вступ

В багатьох галузях промисловості використовуються вимірювальні прилади, за допомогою яких встановлюється кількість рідини у великих замкнутих об'ємах [1]. Для роботи рівнемірів рідини використовуються різні фізичні принципи, а для зручності використання в практичних цілях отриманий сигнал обробляється за допомогою електронного обладнання. Проте високі температури можуть становити проблему при використанні рівнемірів рідини на об'єктах хімічної промисловості, металургії, машинобудування.

## Постановка задачі

У накопичувальній титановій ємності об'ємом  $40 \text{ м}^3$  (рис. 1) знаходиться агресивна кипляча летюча рідина, температура якої може коливатись від  $240 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $380 \text{ }^\circ\text{C}$ , в залежності від вимог технологічного процесу. У верхній частині ємності 3 утворюються пари рідини під тиском від  $0,5 \text{ МПа}$  до  $0,9 \text{ МПа}$  з температурою  $t'_1$ , що залежить від температури киплячої рідини.



**Рис. 1.** Схема ємності з рівнеміром рідини: 1 – рівнемір рідини; 2 – полімерна проставка; 3 – бак з рідиною; 4 – поплавець рівнеміра; 5 – вентиль труби витоку рідини; 6 – вентиль труби подачі рідини в бак

У зв'язку з тим, що об'єм та рівень рідини постійно змінюється, з метою уникнення переповнення ємності рідиною необхідно постійно контролювати її рівень. Це роблять за допомогою електронного буйкового рівнеміра 1. Стабільна робота рівнеміра забезпечується при температурі його корпусу  $t_5 \leq 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , тому що рівнемір має у своїй конструкції мікросхеми та модулі, чутливі до перегріву. Рівнемір встановлено на патрубку титанової ємності з рідиною з товщиною стінки  $\delta_1 = 0,01 \text{ м}$  через теплоізоляційний прошарок у вигляді полімерної проставки 2 товщиною  $\delta_2$  та титанову шайбу товщиною  $\delta_3 = 0,01 \text{ м}$ . В якості матеріалу прошарку обрано полімер фторопласт.

Установка працює за умов навколишнього середовища від  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  взимку до  $+30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Поставлено задачу забезпечення нормальної роботи рівнеміра рідини при контакті корпусу рівнеміра з титановою ємністю з киплячою рідиною, температура якої  $t'_1$  змінюється в межах від  $240 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $380 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 2). Внутрішня поверхня стінки ємності має температуру  $t_1$ , а зовнішня, суміжна з полімерним прошарком,  $-t_2$ . В місці контакту проставки і шайби температура  $t_3$ , а на поверхні шайби  $-t_4$ .

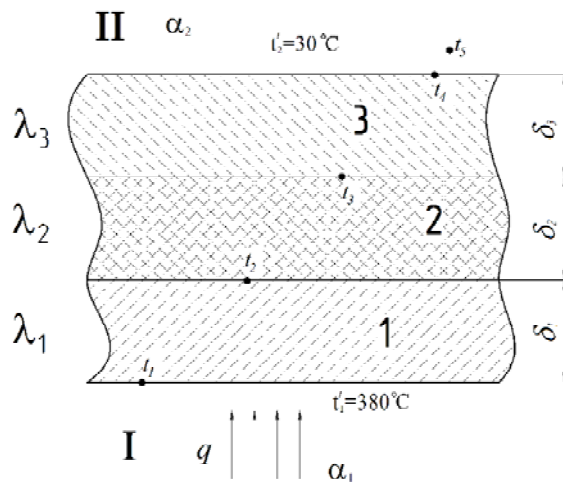
## Матеріали та методи дослідження

Розглянуто тепловий нагрів корпусу рівнеміра. Досліджено розподіл температури по товщині матеріалу 2 (шар полімеру) (див. рис. 1) товщиною  $\delta_1$ . Тепловий потік, який передається від киплячої рідини до основи рівнеміра  $q$  через прошарок 2, розраховуємо за формулою Ньютона-Ріхмана [2]

$$q = k(t'_1 - t'_2), \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт тепловіддачі, який враховує конкретні умови процесу тепловіддачі, що впливають на його інтенсивність

$$k = \left( \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} \quad (2)$$



**Рис. 2.** Схема розташування, розміри і теплофізичні характеристики (параметри) багатосарової стінки:

I – ємність грійоця; II – навколишнє середовище;

1 – титанова стінка ємності; 2 – прошарок температуростійкого полімерного матеріалу; 3 – титанова шайба;  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – товщина стінки, прошарку, шайби відповідно, м;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – теплопровідність стінки, прошарку, шайби відповідно,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;  $t'_1$  – температура розігрітого газу над киплячою рідиною всередині ємності, °C;  $t'_2$  – температура навколишнього середовища, °C;  $t_1, t_2, t_3, t_4$  – температури в характерних точках теплотехнічної системи;  $\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі від розігрітого газу до матеріалу ємності,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;  $\alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі від корпусу рівнеміра до навколишнього середовища,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$q$  – тепловий потік від розігрітого газу до стінки ємності,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

Розподіл температури по товщині розраховується за формулами [3, 4]:

$$t_2 = t_1 - q \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right), \quad (3)$$

$$t_3 = t_2 - q \frac{\delta_2}{\lambda_2}, \quad (4)$$

$$t_4 = t'_2 + q \frac{1}{\alpha_2}. \quad (5)$$

### Результати дослідження

За залежностями (1–5) отримані значення густини теплового потоку  $q$  (рис. 3) та розподілу температур  $t_1 \dots t_5$  в багатосаровій стінці в залежності від товщини температуростійкого полімеру з різними значеннями  $\delta_2 = 0,01 \dots 0,25$  м (рис. 4).

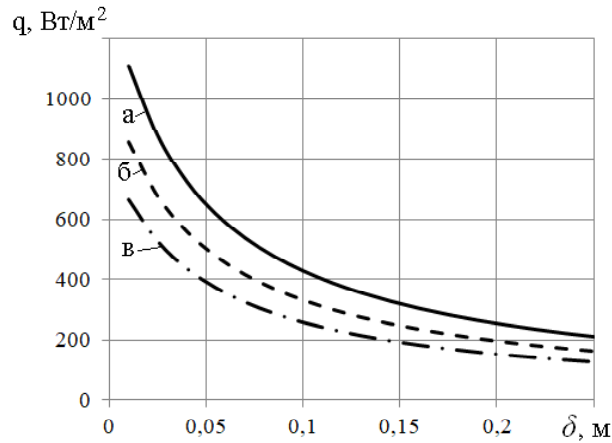


Рис. 3. Густина теплового потоку при різних температурах в середині ємності

————— а –  $t'_1 = 240$  °C;  
 - - - - - б –  $t'_1 = 300$  °C;  
 - · - · - в –  $t'_1 = 380$  °C

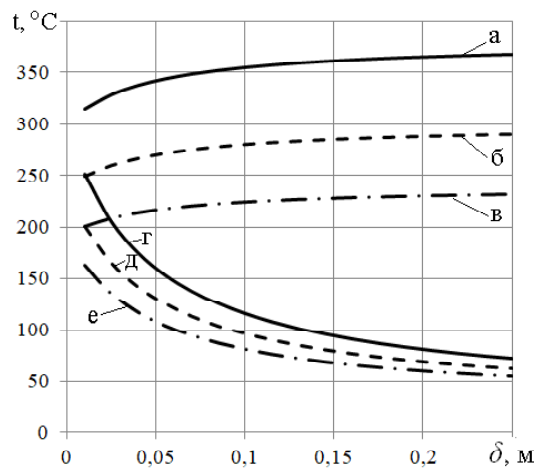


Рис. 4. Залежність температур внутрішньої стінки ємності  $t_1$  (а–в) та корпусу рівнеміра рідини  $t_5$  (г–е) від товщини полімерної проставки  $\delta_2$  в багатошаровій стінці

————— а, г –  $t'_1 = 380$  °C;  
 - - - - - б, д –  $t'_1 = 300$  °C;  
 - · - · - в, е –  $t'_1 = 240$  °C

Аналізуючи отриману залежність температури корпусу рівнеміра рідини від товщини полімерної проставки в багатошаровій стінці (рис. 4) можна зробити висновок, що необхідну температуру  $t_5 \leq 100$  °C можна досягти при товщині прошарку з температуростійкого полімеру не менше  $\delta_2 = 0,135$  м при температурі рідини в ємності  $t'_1 = 380$  °C. При зниженні температури киплячої рідини до  $t'_1 = 240$  °C товщину прошарку може бути зменшено до  $\delta_2 = 0,065$  м.

#### Висновки

Вирішено задачу забезпечення працездатності електронного рівнеміра рідини при роботі в умовах високих температур з використанням теплотехнічного методу. При конструюванні багатошарової стінки необхідно застосовувати проставку з температуростійкого полімеру товщиною не менше 0,135 м.

Список літератури

1. Слинько Г. І. Теплотехнічні методи забезпечення роботоздатності рівнеміра рідини при високих температурах [Електронний ресурс] / Г. І. Слинько, П. В. Цокотун // Тиждень науки : щоріч. наук.-практ. конф., 16–20 квітня 2018 р. : тези доп. / Редкол. : В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – С. 149–151.
2. Исаченко В. П. Теплопередача : учебник / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М. : Энергия, 1975. – 483 с.
3. Слинько Г. І. Теплотехнічні процеси та теплова обробка матеріалів і виробів / Г. І. Слинько, С. Б. Беліков, О. М. Улітенко. – Мелітополь : ООО «Издательский дом Мелитопольской городской типографии». – 2011. – 258 с.
4. Єгоров Я. О. Теоретичні основи теплотехніки у системах машинобудування / Я. О. Єгоров, С. Б. Беліков, О. М. Улітенко. – Запоріжжя, 2004. – 286 с.

Одержано 04.02.2019

© Д-р техн. наук Слинько Г. І., Цокотун П. В., Сухонос Р. Ф.

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

**Slyn'ko G., Tsokotun P., Sukhonos R. Conditions for ensuring the efficiency of fluid level sensor operated at high temperatures**

## ЩОДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ЗАВІХРЮВАЧ» ДЛЯ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА

Жароміцні сплави або суперсплави – сплави на нікелевій, залізохромо-нікелевій, кобальтовій або змішаній основі, що відзначаються високим опором пластичній деформації та руйнуванню в умовах високих температур та окислювальних середовищ.

Висока жароміцність сплавів визначається двома основними фізичними чинниками – міцністю міжатомних зв'язків в сплаві і його структурою. Зазвичай необхідну для високої міцності структуру отримують термічною обробкою (гомогенізувальним гартуванням і старінням металів), що призводить до гетерогенізації мікроструктури, а також у процесі легування тугоплавкими хімічними елементами (вольфрамом, молібденом, ванадієм) і елементами-зміцнювачами (титаном, алюмінієм, ніобієм, бором). В цьому випадку зміцнення обумовлено головним чином появою в сплавах рівномірно, розподілених вельми дрібних часток хімічних сполук (інтерметалідів, карбідів та ін.) і мікроспотвореннями кристалічної решітки основи сплаву, викликаними наявністю цих часток. Відповідна структура жароміцного сплаву утрудняє утворення і рух дислокацій, а також підвищує кількість зв'язків між атомами, що одночасно беруть участь в опорі деформації. З іншого боку, високе значення величини міжатомних зв'язків дозволяє зберегти необхідну структуру при високих температурах протягом тривалого часу. Крім того, високу жароміцність забезпечують, зменшуючи вміст свинцю, олова, сурми, вісмуту і сірки, додаючи рафінуючі елементи (кальцій, церій, барій і бор). Якщо вироби з жароміцних сплавів призначені для тривалої експлуатації при температурі понад 800 °С, їхню поверхню додатково піддають дифузійній термохімічній обробці (алітуванню, хромоалітуванню, емалюванню, нанесенню тугоплавких оксидів тощо).

Різновидом жароміцних сплавів є композити: сплави, зміцнені дисперсними частинками тугоплавких оксидів або високоміцними волокнами. Такі матеріали характеризуються надзвичайно високою стабільністю властивостей, мало залежних від часу перебування в умовах високих температур.

На підприємстві ДП «Івченко-Прогрес» виготовляється велика номенклатура деталей. Для виготовлення кожної деталі розробляються технологічні процеси для отримання виливки. Технологічний процес виконується на технологічних картах, в яких вказується послідовність усіх операцій, первинних та вторинних, а також рекомендації до їх виконання.

Для виготовлення деталі «Завіхрювач» обирали сплав ВХ4Л-ВИ ОСТ 1-90126-25 (див. табл. 1). Механічні властивості сплаву ВХ4Л-ВИ ОСТ 1-90126-25 при  $T = 20$  °С для деталі «Завіхрювач» подано у табл. 2.

Послідовність операцій для виготовлення виливки «Завіхрювач» методом лиття по виплавленим моделям подано на рис. 1.

Основні вимоги до керамічних форм для виготовлення виливки «Завіхрювач» методом лиття по виплавленим моделям: низька міцність після охолодження виливка, стабільність розмірів та форми, достатня міцність при кімнатних та високих температурах, термічна стійкість, відсутність поверхневих дефектів, низька газотворююча здатність, висока газопроникненість. Властивості матеріалу керамічних форм (КФ) для виготовлення виливки «Завіхрювач» методом лиття по виплавленим моделям подано у табл. 3.

© Прочан В. В., Гуляева Л. В., 2018

DOI 10.15588/1607-6885-2018-2-18