

Корисна модель відноситься до приладобудування, а саме - до пристроїв для градування проточних теплових витратомірів з місцевим прогріванням стінки трубопроводу.

Відомим є пристрій для градування проточних теплових витратомірів, виконаних у вигляді статичної витратомірної установки [див. книгу Б.В.Бирюков и др. "Испытания расходомеров", издательство стандартов, М., 1987, с.157-169, рис.52б], яка містить послідовно з'єднані проточний тепловий витратомір калориметричного типу і проточний тепловий витратомір з місцевим прогріванням стінки трубопроводу, що містить у себе виготовлену з теплопровідного матеріалу ділянку циліндричного трубопроводу з встановленими на його зовнішній стороні корпусами нагрівача і компенсатора, виконаними з теплопровідного матеріалу (міді), джерело теплової енергії, встановлене у корпусі нагрівача, термопару, вимірювальний спай якої встановлений у корпусі нагрівача між джерелом теплової енергії і стінкою трубопроводу, а її вільні кінці закріплені у корпусі компенсатора і підключені до входу підсилувача, вихід якого підключений до входу корегуючого дільника напруги, виконаного у вигляді послідовно з'єднаних першого змінного резистора, напівпровідникового терморезистора і другого змінного резистора, при цьому напівпровідниковий терморезистор встановлений у корпусі компенсатора, причому зона прогрівання стінки трубопроводу під корпусом нагрівача, корпуси нагрівача і компенсатора вкриті шаром теплоізоляції і закриті захисним кожухом. Тепловий витратомір з місцевим прогріванням стінки трубопроводу виконується [за авт. св. СРСР №1682798А1, МПК G01F1/68, 1989р.], а тепловий витратомір калориметричного типу – [за книгою П.П.Кремлевский "Расходомеры и счетчики количества", Л., "Машиностроение", 1989, с.377-379].

Градування проточного витратоміру проводять шляхом проливання через установку робочої рідини з різними об'ємними витратами Q , при цьому кожне значення об'ємного витрату Q робочої рідини, що створюють і градують, обчислюється за результатами вимірювання прирощення об'єму ΔV робочої рідини, що протікає через витратомір у сталому (статичному) режимі протягом часу $\Delta \tau$, а саме: $Q = \Delta V / \Delta \tau$, $\text{м}^3/\text{с}$; показання теплового витратоміру калориметричного типу при цьому використовуються як для скорочення часу налагодження статичної витратомірної установки, так і в якості оціночної градувальної характеристики теплового витратоміру з місцевим прогріванням стінки. У процесі проливання робоча рідина рухається вздовж осі трубопроводу з середньою поздовжньою швидкістю u біля стінки трубопроводу.

Недоліком відомого пристрою для градування проточних теплових витратомірів є його низькі експлуатаційні якості, тому що під час вимірювання середніх і великих витрат необхідно подавати і точно вимірювати великі прирощення об'ємів ΔV (наприклад, при $Q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Delta \tau = 100 \text{ с}$, $\Delta V = 100 \text{ м}^3$), що технічно складно.

Найближчим до запропонованого по технічному рішенню є вибраний як прототип пристрій для градування проточних теплових витратомірів, який описаний у [патенті України №19137, МПК G01F25/00, 1993р.]. Вказаний пристрій містить вертикальну ділянку трубопроводу з верхньою і нижньою торцевими кришками, на яких співвісно змонтований вал з порожнистим ротором, виконаним у вигляді паралельних дисків з вертикальними отворами, циліндричною сітчастою оболонкою і вузлами кріплення на валу, привод вала, водомірну трубку, нижній кінець якої з'єднаний зі штуцером на нижній торцевій кришці, нагрівач і компенсатор, у корпусах яких виконані вертикальні канали для розміщення і закріплення за допомогою клею джерела теплової енергії і напівпровідникового терморезистора відповідно, а також вертикальні канали для термопар, заправну і зливну магістралі з кранами, змонтовані відповідно на верхній і нижній торцевих кришках, для заправлення і зливання робочої рідини.

У процесі градування використовується обмежений об'єм робочої рідини (менше 1 м^3), яка розташована у внутрішній порожнині вертикальної ділянки трубопроводу (з радіусом R) і якій надається обертальний рух з кутовою швидкістю ω навколо поздовжньої осі трубопроводу. При цьому швидкість робочої рідини по колу складає $u = \omega \cdot R$ біля стінки трубопроводу і еквівалентна поздовжній швидкості під час проливання. Розташування теплового витратоміра вертикально виключає негативну дію сили тяжіння на результати градування.

Запропонований пристрій дозволяє використовувати у якості робочих рідин значно забруднені, екологічно шкідливі рідини (нафта), а також суміші рідин з твердими частками (промислові стоки, суміші для бурових установок).

Недоліком відомого пристрою є його невисокі експлуатаційні якості, такі як:

- можливість виходу шкідливих випаровувань через водомірну трубку;
- забрудненість внутрішньої порожнини ділянки трубопроводу після зливання шкідливих робочих рідин.

В основу корисної моделі поставлена задача створення удосконаленої конструкції пристрою для градування проточних теплових витратомірів, яка б дозволила забезпечити підвищення його експлуатаційних якостей шляхом введення в нього нових елементів і технічних рішень, таких як:

- порожнистий ротор споряджається вертикальними стягуючими болтами, встановленими у вертикальних отворах паралельних дисків і рівномірно розташованими по колу, та проміжними втулками, встановленими співвісно на валу і розташованими між паралельними дисками, а вузли кріплення виконуються у вигляді кільцевих виступів на верхньому і нижньому паралельних дисках з радіальними гвинтами, рівномірно розташованими по колу і контактуючими з зовнішньою поверхнею вала, що дозволяє зробити порожнистий ротор знімним і розбірним і, таким чином, забезпечити універсальність використання вала і порожнистого ротору для градування теплових витратомірів різних розмірів шляхом переміщення порожнистого ротору вздовж вала, збільшення висоти порожнистого ротору і заміни паралельних дисків;

- вертикальні канали у корпусах нагрівача і компенсатора для розміщення відповідно циліндричного джерела теплової енергії і циліндричного напівпровідникового терморезистора виконуються у вигляді конічних отворів, при цьому їх кут конусності не перевищує 2° , що дозволяє забезпечити високу щільність заповнення конічних отворів клеєм під час складання нагрівача і компенсатора;

- у кожному корпусі нагрівача і компенсатора, у його середній частині, виконаний наскрізний горизонтальний отвір для виходу надлишків клею, який з'єднує внутрішню порожнину конічного отвору з атмосферою і розташований у радіальній площині, що дозволяє забезпечити відведення бульбашок повітря з внутрішньої порожнини конічного отвору під час складання нагрівача і компенсатора;

- у кожному корпусі нагрівача і компенсатора виконується 2-5 конічних отворів, розташованих у відповідній тангенціальній площині, а відповідні джерела теплової енергії і напівпровідникові терморезистори з'єднуються паралельно, що дозволяє підвищити потужність нагрівача і чутливість компенсатора;

- наявність додаткового корпусу нагрівача з додатковими джерелами теплової енергії і додатковими термопарами, закріпленим на вертикальній ділянці трубопроводу і розташованим нижче корпусу нагрівача, а джерела теплової енергії корпусу і додаткові джерела теплової енергії додаткового корпусу з'єднуються паралельно, що дозволяє сконцентрувати джерела теплової енергії на меншій площині і таким чином підвищити потужність теплового потоку нагрівача;

- вертикальні канали для термопар у корпусах нагрівача і компенсатора виконуються у вигляді канавок з відбортовкою і розташовуються на бічних поверхнях корпусів, що дозволяє зменшити висоту корпусів нагрівача і компенсатора і таким чином підвищити потужність теплового потоку нагрівача і чутливість компенсатора;

- вертикальні канали у корпусах нагрівача для розміщення плоских джерел теплової енергії виконуються у вигляді вертикальних прорізів на поверхні корпусу, що прилягає до зовнішньої поверхні вертикальної ділянки трубопроводу, що дозволяє спростити виготовлення корпусу нагрівача;

- верхній кінець водомірної трубки з'єднується з заправною магістраллю після крану, що дозволяє виключити вихід шкідливих випаровувань робочої рідини у атмосферу у процесі градування;

- на верхній торцевій кришці монтується магістраль підведення газу, яка сполучається зі зливною магістраллю після крану, що дозволяє забезпечити надійне відведення шкідливої пари робочої рідини у зливну магістраль під час заправлення і гарантоване наддування під час зливання.

Поставлена задача вирішується таким чином, що у запропонованому пристрої для градування проточних теплових витратомірів, який містить вертикальну ділянку трубопроводу з верхньою і нижньою торцевими кришками, на яких співвісно змонтований вал з порожнистим ротором, виконаним у вигляді паралельних дисків з вертикальними отворами, циліндричною сітчастою оболонкою і вузлами кріплення до вала, привод вала, водомірну трубку, нижній кінець якою з'єднаний зі штуцером на нижній торцевій кришці, нагрівач і компенсатор, у корпусах яких виконані вертикальні канали для розміщення і закріплення за допомогою клею джерела теплової енергії і напівпровідникового терморезистора відповідно, а також вертикальні канали для термопар, заправну і зливну магістралі з кранами, котрі змонтовані відповідно на верхній і нижній торцевих кришках для заправлення і зливання робочої рідини, в ньому порожнистий ротор споряджений вертикальними стягуючими болтами, встановленими у вертикальних отворах паралельних дисків і рівномірно розташованими по колу, та проміжними втулками, встановленими співвісно на валу і розташованими між паралельними дисками, а вузли кріплення виконані у вигляді кільцевих виступів на верхньому і нижньому паралельних дисках з радіальними гвинтами, рівномірно розташованими по колу і контактуючими з зовнішньою поверхнею вала. Вертикальні канали у корпусах нагрівача і компенсатора для розміщення відповідно циліндричного джерела теплової енергії і циліндричного напівпровідникового терморезистора виконані у вигляді конічних отворів, при цьому їх кут конусності не перевищує 2° . У кожному корпусі нагрівача і компенсатора, у його середній частині, виконаний наскрізний горизонтальний отвір для виходу надлишків клею, який з'єднує внутрішню порожнину конічного отвору з атмосферою і розташований у радіальній площині. У кожному корпусі нагрівача і компенсатора виконано 2-5 конічних отворів, розташованих у відповідній тангенціальній площині, а відповідні джерела теплової енергії і напівпровідникові терморезистори з'єднані паралельно. Нагрівач споряджений додатковим корпусом з додатковими джерелами теплової енергії і додатковими термопарами, закріпленим на вертикальній ділянці трубопроводу і розташованим нижче корпусу нагрівача, а джерела теплової енергії корпусу і додаткові джерела теплової енергії додаткового корпусу з'єднані паралельно. Вертикальні канали для термопар у корпусах нагрівача і компенсатора виконані у вигляді канавок з відбортовкою і розташовані на бічних поверхнях корпусів. Вертикальні канали у корпусах нагрівача для розміщення плоских джерел теплової енергії виконані у вигляді вертикальних прорізів на поверхні корпусу, що прилягає до зовнішньої поверхні вертикальної ділянки трубопроводу. Верхній кінець водомірної трубки з'єднаний з заправною магістраллю після крану. На верхній торцевій кришці змонтована магістраль підведення газу, яка сполучена зі зливною магістраллю після крану.

Для пояснення конструкції пристрою і його роботи додаються креслення та його детальний опис. На кресленнях зображено:

на Фіг.1 - загальний вид пристрою;

на Фіг.2 - виносний елемент А Фіг.1 (загальний вид порожнистого ротору);

на Фіг.3 - вид Б Фіг.1 (розташування компенсатора і нагрівача);

на Фіг.4 - розріз В-В Фіг.3 (поперечний розріз компенсатора);

на Фіг.5 - розріз Г-Г Фіг.3 (поперечний розріз нагрівача з циліндричними джерелами теплової енергії);

на Фіг.6 - розріз Г-Г Фіг.3 (поперечний розріз нагрівача з плоскими джерелами теплової енергії);

на Фіг.7 - розріз Д-Д Фіг.5 (поздовжній розріз корпусу нагрівача).

Запропонований пристрій складається з теплового витратоміру з місцевим прогріванням стінки трубопроводу, верхньої 1 і нижньої 2 торцевих кришок з вузлами кріплення, вала 3 з порожнистим ротором 4, привода 5 і пульта 6 керування (Фіг.1).

Тепловий витратомір містить ділянку циліндричного трубопроводу 7, на якій змонтовані компенсатор 8 і нагрівач 9. Компенсатор 8 встановлений поза зоною 10 прогрівання, яка утворюється у стінці трубопроводу 7 біля нагрівача 9. Зовні трубопровід 7, включаючи зону 10 прогрівання, разом з компенсатором 8 і нагрівачем 9 вкритий шаром теплоізоляції 11 і закритий захисним кожухом 12. Компенсатор 8 містить корпус 13, в якому виконані конічні отвори 14 для циліндричних напівпровідникових терморезисторів 15, вертикальні канавки 16 з відбортовкою 17 для термопар 18 і наскрізні горизонтальні отвори 19 (Фіг.4). Нагрівач 9 містить корпус 20, в якому виконані конічні отвори 21 ($d < D$) для циліндричних джерел 22 теплової енергії, вертикальні канавки 23 з відбортовкою 24 для термопар 25 і наскрізні горизонтальні отвори 26 (Фіг.5, 7). На ділянці трубопроводу 7 монтується додатковий корпус 27 нагрівача 9 (Фіг.3). При використанні плоских джерел 2 8 теплової енергії у корпусі 29 нагрівача 9 виконуються вертикальні прорізи 30 (Фіг.6).

Порожнистий ротор 4 містить паралельні диски (проміжний 31, верхній 32 і нижній 33) з вертикальними отворами 34, вертикальні стягуючі болти 35, проміжні втулки 36 і циліндричну сітчасту оболонку 37 (Фіг.2 - компенсатор 8, нагрівач 9 і теплоізоляція 11 не зображені). На верхньому 32 і нижньому 33 паралельних дисках виконані кільцеві виступи 38 з радіальними гвинтами 39.

На верхній торцевій кришці 1 змонтовані заправна магістраль 40 з краном 41 і магістраль 42 підведення газу з краном 43 (Фіг.1) На нижній торцевій кришці 2 змонтовані зливна магістраль 44 з краном 45 і штуцер 46 кріплення водомірної трубки 47 для вимірювання рівня 48 робочої рідини. Водомірна трубка 47 з'єднується з заправною магістраллю 40, а магістраль 42 підведення газу з'єднується зі зливною магістраллю 44 за допомогою магістралі 49 з краном 50.

У корпусі 13 компенсатора 8 циліндричні напівпровідникові терморезистори 15 і термопари 18 кріплять за допомогою теплопровідного клею. Спочатку у конічні отвори 14 заливають клей, а потім у них вставляють напівпровідникові терморезистори 15 з натиском з боку великого діаметру D (Фіг.7), при цьому надлишки клею і бульбашки виходять у наскрізні горизонтальні отвори 19. Після цього у вертикальні канавки 16 встановлюють термопари 18, заливають їх клеєм і відгинають пелюстки відбортовки 17, виконаної з мідної фольги товщиною 0,2-0,3 мм. Аналогічно кріплять циліндричні джерела 22 теплової енергії і термопари 25 у корпусі 20 нагрівача 9.

Робота запропонованого пристрою для градування проточних теплових витратомірів здійснюється наступним чином.

Для виконання градування тепловий витратомір встановлюють вертикально. На валу 3 на заданій висоті монтують порожнистий ротор 4 з заданими габаритами (висотою і діаметром). Потім на ділянці трубопроводу 7 монтують торцеві кришки 1 і 2, а також вал 3 з порожнистим ротором 4.

Потім проводять градування теплового витратоміру у такій послідовності. При закритих кранах 43 і 45 відкривають крани 41 і 50 і через заправну магістраль 40 подають робочу рідину з заданою температурою у внутрішню порожнину ділянки трубопроводу 7 до рівня 48, при цьому повітря з парою по магістралі 49 виходить у зливну магістраль 44. Крани 41 і 50 закривають. За допомогою привода 5 починають обертати вал 3 з порожнистим ротором 4 з кутовою швидкістю, величину якої задають за допомогою пульту 6, при цьому порожнистий ротор 4 з аналогічною швидкістю обертає робочу рідину. Для кожного значення витрачання Q робочої рідини задають відповідне значення кутової швидкості ω порожнистого ротору 4, при цьому виходять з умови, що швидкість робочої рідини по колу біля стінки трубопроводу 7 під час градування дорівнює поздовжній швидкості робочої рідини під час роботи витратоміру. Для зняття показників з теплового витратоміру вмикають живлення для джерел 22 теплової енергії нагрівача 9, який безперервно виділяє сталу теплову потужність. Основна частина цієї потужності проходить через корпус 20 нагрівача 9, стінку трубопроводу 7 і відбирається потоком робочої рідини. При цьому у стінці трубопроводу 7 під корпусом 20 і у прилеглих ділянках створюється зона 10 прогрівання, розміри і температура якої залежить від коефіцієнту теплообміну α між стінкою трубопроводу 7 і робочою рідиною, а коефіцієнт теплообміну α залежить від швидкості рідини, яка омиває стінку трубопроводу 7. Оскільки корпус 13 компенсатора 8 встановлений на трубопроводі 7 поза зоною 10 його прогрівання, то температура корпусу 13 не залежить від швидкості u робочої рідини. Різниця температур, яка утворюється між корпусом 20 нагрівача 9 (зона прогрівання) і корпусом 13 компенсатора 8 (непрогріта зона) перетворюється термопарами 18 і 25 у термічну електрорушійну силу (термо-ЕРС) і значно залежить від величини швидкості робочої рідини u (витрачання Q) і мало залежить від температури робочої рідини. Отже вихідний сигнал теплового витратоміру ($U_{вих.}$) не залежить від температури робочої рідини, а залежить тільки від швидкості робочої рідини (u), тобто залежить тільки від витрачання Q .

Після проведення градування здійснюють зливання робочої рідини з внутрішньої порожнини ділянки трубопроводу 7. Для цього відкривають крани 43 і 45 і робоча рідина під дією газу наддування поступає по зливній магістралі 44 у систему нейтралізації. Потім у внутрішню порожнину ділянки трубопроводу 7 подають воду або миючий розчин через заправну магістраль 40, вмикають привод 5 на деякий час і суміш з залишками робочої рідини зливають по зливній магістралі 44. Далі з ділянки трубопроводу 7 демонтують верхню 1 і нижню 2 торцеві кришки, а також вал 3 з порожнистим ротором 4. Потім тепловий витратомір встановлюють у робочу схему у горизонтальному або вертикальному положенні.

Запропонований тепловий витратомір може встановлюватися на заправні і витрачальні магістралі у пневмогідравлічних системах ракет, наприклад, [за патентом України №63553А, МПК В64D37/24, F42B15/00, 2003р.].

Таким чином, запропонований пристрій, який має просту і надійну конструкцію, дозволяє забезпечити високу точність вимірювань для теплових витратомірів.

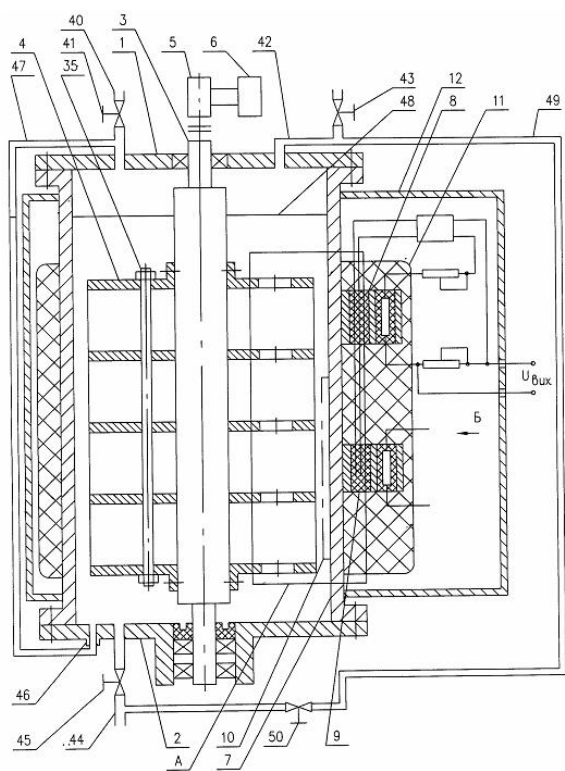


Fig. 1

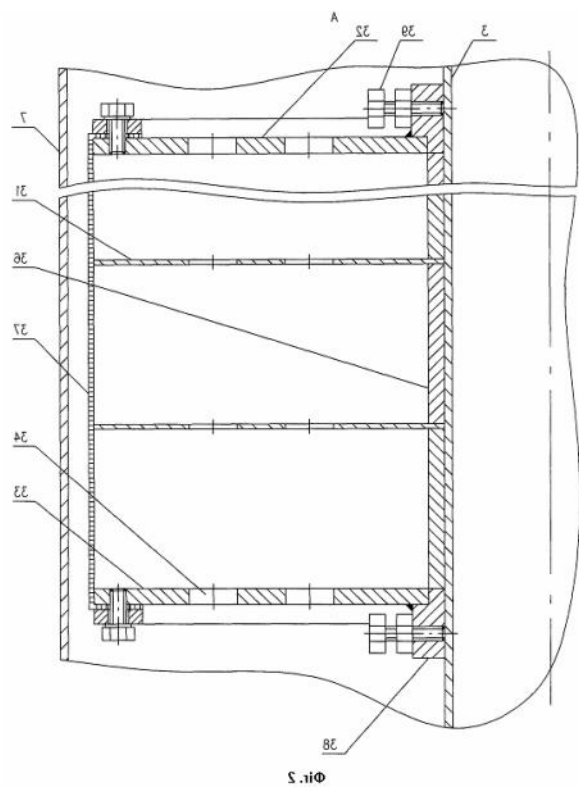


Fig. 5

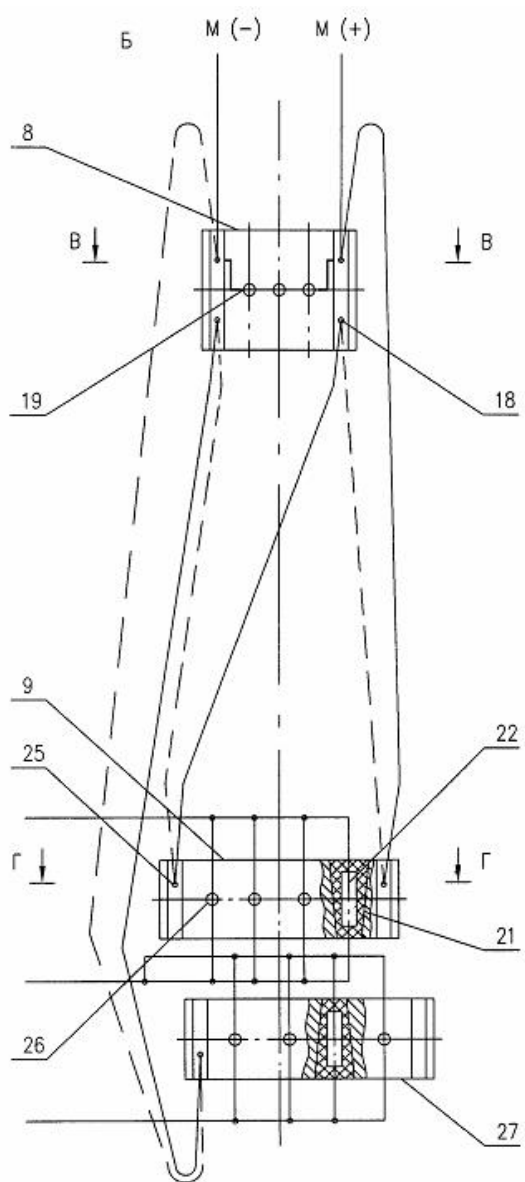


Fig. 3

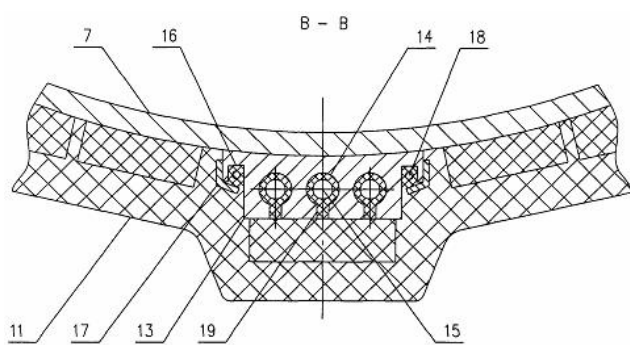


Fig. 4

