

## ТЕРМОСТАТИЧНІ КОНДЕНСАТОВІДВІДНИКИ З ПОДВІЙНИМ ЕФЕКТОМ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ

*Наведено опис конструкції термостатичного конденсатовідвідника, розробленого на основі досліджень характеристик силових приводів із сплавів з ефектом пам'яті форми.*

**Ключові слова:** термостатичний конденсатовідвідник, силовий привід, сплав з ефектом пам'яті форми.

*Приведено описание конструкции термостатического конденсатоотводчика, разработанного на основании исследований характеристик силовых установок из сплавов с эффективной памятью формы.*

**Ключевые слова:** термостатический конденсатоотводчик, силовой привод, сплав с эффектом памяти формы.

*Description of construction of thermostatic condensate derivator developed on the base of investigations of characteristics of force drivers with memory form effect alloys is presented.*

**Keywords:** thermostatic condensate derivator, force driver, memory form effect alloy.

### Аналіз проблеми та постановка задачі дослідження

У теперішній час в Україні існує тенденція до різкого підвищення цін на енергоносії і у першу чергу, на природний газ. У зв'язку з цим підвищення енергетичної ефективності всіх промислових систем, де використовуються паливно-енергетичні ресурси, має велике значення для національної економіки.

Енергетична ефективність систем паропостачання промислових підприємств значною мірою залежить від типу конденсатовідвідників, які в них використовуються. Втрати пари тільки через невдалу конструкцію конденсатовідвідників і неправильні умови їх експлуатації можуть досягти в середньому 25 % від кількості пари, яка подається в систему [6; 8].

У системах паропостачання найбільш широко використовуються поплавкові, термодинамічні та термостатичні (з термосиловим приводом робочого органу у вигляді сільфону) конденсатовідвідники [3; 4; 6; 8; 9]. Основні недоліки цих типів конденсатовідвідників:

- втрати теплової енергії з прольотною парою;
- великі габарити та металоємність (поплавкові);
- невисока надійність роботи (в особливості термостатичних).

Найбільш прийнятними, з точки зору енергоефективності, є термостатичні конденсатовідвідники. У них прольот пари відсутній. Термосиловий привід запірною органу (тарілки клапану) одночасно виконує функції силового приводу та датчика температури. Низька надійність роботи сільфону викликала необхідність створення більш надійних термосилових приводів.

У роботах [1; 2; 7] показано, що для конденсаторівідвідників найбільш прийнятним термосиловим приводом є циліндрична пружина стиснення, виготовлена з нікелиду титану марки ВСП-1. Середній діаметр пружини 6,3 мм, діаметр дроту 2 мм. Крок навивки термосилового елемента при термообробці в печі складає 8 мм. Проведене після термообробки термосилове циклування (ТСЦ) пружинних елементів дозволило виявити зворотний ефект пам'яті форми [1]. Він проявляється в самодовільному стисненні пружини при охолодженні її нижче температури прямого фазового перетворення. Крім того, показано, що при цьому максимальне корисне зусилля, яке розвиває пружинний елемент при нагріві його вище температури зворотного мартенситного перетворення, зростає.

**Мета дослідження** – визначення доцільної кількості циклів термосилового циклування пружинного силового елемента.

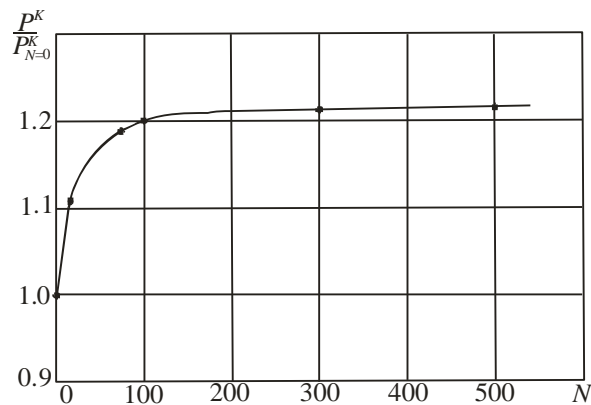
#### Результати дослідження

Цикл ТСЦ – це нагрів термосилового елемента, стиснутого до зіткнення витків, до температури вище температури зворотного мартенситного перетворення з послідовним охолодженням до температури нижче температури прямого фазового перетворення.

Дослідження деформаційно-силових характеристик пружинного зразка визначались на спеціальній експериментальній установці за методикою, що наведена в [1].

Дослідження проводились з пружинним силовим елементом, який має чотири витка. Геометричні характеристики пружини наведені вище.

Результати досліджень показали, що пружинний силовий елемент, що пройшов ТСЦ з кількістю циклів не менше 100, має довільну осадку 60...70 % від максимально можливої (до зіткнення витків) при його охолодженні нижче температури прямого фазового перетворення. Крім того, корисне зусилля ( $P^k$ ), яке він розвиває при виникненні прямого ефекту пам'яті форми (нагрів до температури вище температури зворотного мартенситного перетворення), вище зусилля  $P_{N=0}^k$ , яке він розвиває без ТСЦ, на 20 % (рис. 1).



**Рис. 1. Залежність відносного корисного зусилля пружини з кроком навивки 4d від кількості термоциклів**

З рис. 1 видно, що доцільна кількість циклів ТСЦ не перевищує 100. При збільшенні кількості циклів більше 100 величина корисного зусилля збільшується незначно.

При дослідженнях також встановлено, що термосилові елементи з подвійним ефектом пам'яті форми мають дуже низьку інерційність. Час відновлення форми термосилового елемента при температурі вище температури початку зворотного фазового перетворення не перевищує 1 с.

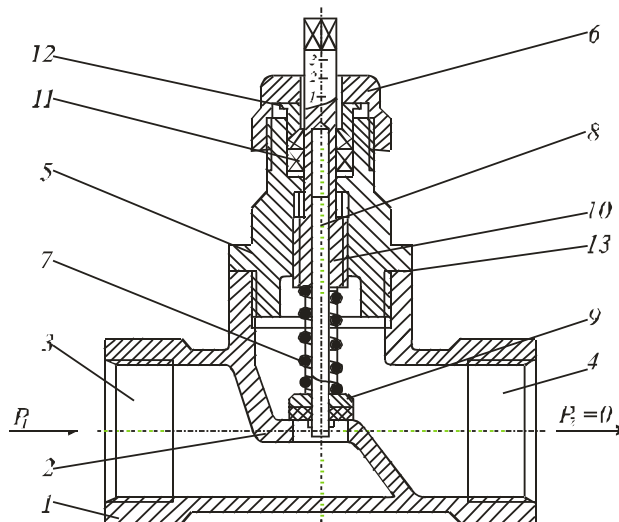
Використання таких термосилових елементів у якості термосилових приводів робочого органу дозволило створити конструкції енергетично ефективних конденсаторівідвідників з подвійним ефектом пам'яті форми, які мають значно менші масогабаритні показники, ніж поплавкові конденсаторівідвідники.

**Розробка конструкцій термостатичних конденсатовідвідників з подвійним ефектом пам'яті форми**

За результатами досліджень розроблені муфтові і фланцеві конденсатовідвідники з умовним проходом від 15 до 50 мм. При цьому для конденсатовідвідників з умовним проходом 15 і 25 мм використовуються корпуси стандартних парових вентилів.

На рис. 2 показано переріз муфтового термостатичного конденсатовідвідника. Конденсатовідвідник складається з корпусу 1 із сідлом клапана 2, яке розміщено між вхідним 3 і вихідним 4 каналами, кришки 5, що має вигляд стакана з накидною гайкою 6. Всередині корпусу розміщений термосиловий привід у вигляді гвинтової циліндричної пружини 7 з титано-нікельового сплаву. Пружина 7 надіта на шток 8 запірного органу (тарілки) 9. Вона розміщена між тарілкою 9 і основою регулювального штока 10, у глухому отворі якого центрується шток 8 запірного органу. Регулювальний шток 10 в стакані 5 ущільнюється сальниковою набивкою 11, яка видавлюється гнундбуксою 12 за допомогою накидної гайки 6. Герметизація внутрішньої порожнини конденсатовідвідника, що утворюється корпусом 1 і стаканом 5, здійснюється за допомогою ущільнювальної прокладки 13. Для зручності настроювання конденсатовідвідника на регулювальному штоці 10 нанесені горизонтальні поділки. Кожній поділці відповідає певне зусилля, яке розвиває пружина 7 при температурі вище температури початку зворотного фазового перетворення і витрата конденсату, що проходить через конденсатовідвідник при температурі нижче температури початку прямого фазового перетворення. Показником є верхній торець накидної гайки 6.

Конденсатовідвідник працює таким чином. Якщо пароконденсатна суміш або конденсат із споживача пари не надходить, то температура пружини 7 нижче температури прямого фазового перетворення і дорівнює температурі навколишнього середовища. Пружина 7 має максимальну вільну осадку, зумовлену наявністю зворотного ефекту пам'яті форми у титано-нікелевого сплаву. Запирний орган 9 під дією сили тяжіння лягає на сідло клапана 2.



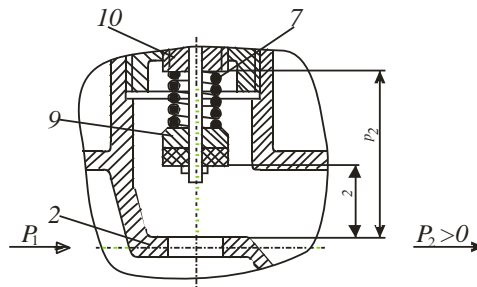
**Рис. 2. Поперечний переріз муфтового термостатичного конденсатовідвідника**

При надходженні у вхідний канал 3 конденсатовідвідника конденсату з температурою, що дорівнює або нижче температури кінця прямого фазового перетворення, і тиском  $P_1$  тарілка 9 під дією сили, зумовленої тиском речовини, піднімається над сідлом клапана 2 на відстань  $\delta_2$  (рис. 3). При цьому виникає додаткове гідродинамічне зусилля, яке діє на тарілку 9, значення якого залежить від перепаду тиску на клапані ( $\Delta P = P_1 - P_2$ ). Тарілка 9 займає рівноважне положення, при якому пружина 7 має максимальну осадку (до стикання витків). Це забезпечує найбільшу витрату рідини через конденсатовідвідник при відповідній відстані між основою

регулювального штоку 10 і сідлом клапана 2 (наприклад,  $\delta_{p_2}$ ). З підвищенням температури конденсату і пружини 7 зазор між сідлом клапана 2 і тарілкою 9 зменшується.

Якщо в конденсатовідвідник надходить пароконденсатна суміш, пружина 7 нагрівається до температури вище температури початку зворотного фазового перетворення, внаслідок чого жорсткість пружини збільшується настільки, що під дією зусилля, що виникає в ній, тарілка 9 переміщується і притискається до сідла клапана 2. При цьому зазор між тарілкою 9 і сідлом 2 відсутній. Конденсат через конденсатовідвідник не проходить. Прольоту пари немає. Цьому сприяє низька інерційність термосилового приводу з титано-нікелевого сплаву.

Внаслідок теплообміну з навколишнім середовищем температура пружини 7 стає нижче температури початку зворотного фазового перетворення. Жорсткість пружини 7 зменшується внаслідок прямого фазового перетворення. Під дією тиску конденсату на тарілку 9 і внаслідок виникнення зворотного ефекту пам'яті форми тарілка 9 відходить від сідла клапана 2 на деяку відстань і займає рівноважне положення. Воно залежить від значення додаткового гідродинамічного зусилля, що діє на тарілку 9 і визначає витрату конденсату, який протікає через конденсатовідвідник. При надходженні пароконденсатної суміші з температурою вище температури зворотного мартенситного перетворення конденсатовідвідник закривається.



**Рис. 3. Положення запірної органу-тарілки клапана при температурі пружини нижче температури початку прямого фазового перетворення  $M_{\Pi}$**

Таким чином пружина виконує функції датчика температури і виконавчого органа.

Регулювання пропускної здатності і допустимого робочого тиску конденсатовідвідника здійснюється шляхом змінювання відстані  $\delta_p$  між основою регулювального штока 10 і пружиною 7, що змінює зусилля, яке виникає в пружині при зворотному фазовому перетворенні і, таким чином, змінює допустимий робочий тиск.

Конструкція термостатичного конденсатовідвідника з ефектом пам'яті форми захищена патентом України [5].

Зіставлення масогабаритних показників розробленого та поплавкового (фірма «Armstrong») конденсатовідвідників з однаковим діаметром умовного проходу ( $d_{y20}$ ) показало, що маса термостатичного конденсатовідвідника менше в 6,5 рази. Висота та ширина менше майже в 2 рази.

### Висновки

1. Доцільна кількість циклів ТСЦ складає 100. При цьому величина корисного зусилля, яке розвиває пружинний силовий елемент із нікеліду титану марки ВСП-1 (діаметр дроту 2 мм) при виникненні прямого ефекту пам'яті форми, вище зусилля, яке він розвиває без ТСЦ, на 20 %.

2. ТСЦ пружинного силового елемента з кількістю циклів не менше 100 забезпечує його довільну осадку в межах 60...70 % від максимально можливої (до зіткнення витків) при температурах нижче температури прямого фазового перетворення.

3. Термосилові приводи з подвійним ефектом пам'яті форми мають дуже низьку інерційність. Час відновлення форми привода при температурі вище температури зворотного фазового перетворення не перевищує 1 с.

4. Конденсаторівідвідники з термосиловим приводом з подвійним ефектом пам'яті форми мають значно менші масогабаритні показники при порівнянні з поплавковими конденсаторівідвідниками.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Исследование влияния геометрических параметров на характеристики силовых элементов из сплавов с эффектом памяти формы / А.К. Албантов, В.И. Пилипчак, В.А. Полищук, В.В. Ершов, В.Н. Мирошниченко // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв, УДМТУ, 2002. – № 1 (379). – С. 46-51.
2. Исследование влияния термической и термомеханической обработки на характеристики силовых элементов из сплавов с памятью формы / А.К. Албантов, В.И. Пилипчак, В.А. Полищук, В.В. Ершов, В.Н. Мирошниченко // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – № 1 (373). – С. 54-60.
3. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. – М.: Энергия, 1972. – 368 с.
4. Материалы для участников семинара «Мировой опыт повышения эффективности производства и использования пара в конденсатных системах». – К.: Альянс по сохранению энергии (США). Агентство по рациональному использованию энергии и экологии (Украина), 2000. – 99 с.
5. Патент 557568А України. Термостатичний конденсаторівідвідник / В.І. Пилипчак (Україна). – Заявлено 11.06.2002. Надруковано 15.04.2003. Бюл. № 4.
6. Поршньов И.Н. Автоматические конденсатороотводчики. – Л.: Госиздат, 1957. – 122 с.
7. Совершенствование термосиловых приводов с эффектом памяти формы и расширение области их применения в промышленности / А.К. Албантов, В.И. Пилипчак, В.Н. Мирошниченко и др. // Проблемы энергосбережения и экологии в судостроении: Тез. докл. 2-й Междунар. научн.-техн. конф. – Николаев: УДМТУ, 1998. – С. 27.
8. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий / Б.Н. Голубков, О.Л. Данилов, Л.В. Зосимовский и др. – М.: Энергия, 1979. – 544 с.
9. Якадин А.И. Конденсатное хозяйство промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1972. – 319 с.

Рецензенти: д.т.н., професор Кутковецький В.Я.,  
к.т.н., доцент Коновалов Д.В.

© Пилипчак В.І., Ершов В.В., 2009

Стаття надійшла до редколегії 05.05.09