

# Технічні науки

УДК 628.81+628.1

*М.І. Бахмат, В.І. Овчарук, доктори с.-г. наук, професори,  
А.М. Божок, В.Ф. Понеділок, доценти ПДАТУ*

## ЗАХИСТ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ВОДОПОСТАЧАННЯ ВІД РУЙНУВАННЯ РОЗМОРОЖУВАННЯМ

*Представлено принципову схему та описано роботу пристрою для автоматичного захисту систем опалення і водопостачання від руйнування розморожуванням. Наведено методичку і результати теоретичних досліджень і дано рекомендації щодо визначення технологічних і конструктивних параметрів пристрою.*

**Ключові слова:** датчик температури, сиффон, зливний клапан, перепускний повітряний клапан, капіляр, шпindel, рукоятка, золотник, розширювальний бак, пружний елемент, автоматичний режим, ручний режим.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Для забезпечення комфортних умов проживання людей у своїх помешканнях, найвищої продуктивності сільськогосподарських тварин і рослин, що перебувають у комунально-побутових приміщеннях і виробничих об'єктах сільського господарства та промисловості, необхідно створювати оптимальний мікроклімат. Одним із найважливіших параметрів мікроклімату є температура, для підтримання якої у приміщенні передбачають систему опалення. Крім цього, застосовують системи гарячого і холодного водопостачання. Надійна і безперебійна робота цих систем часто порушується, особливо в холодну пору року, внаслідок їх руйнування, спричиненого розморожуванням. Однак, не зважаючи на гостру потребу, сучасні системи опалення і водопостачання не оснащені засобами автоматичного захисту їх від розморожування.

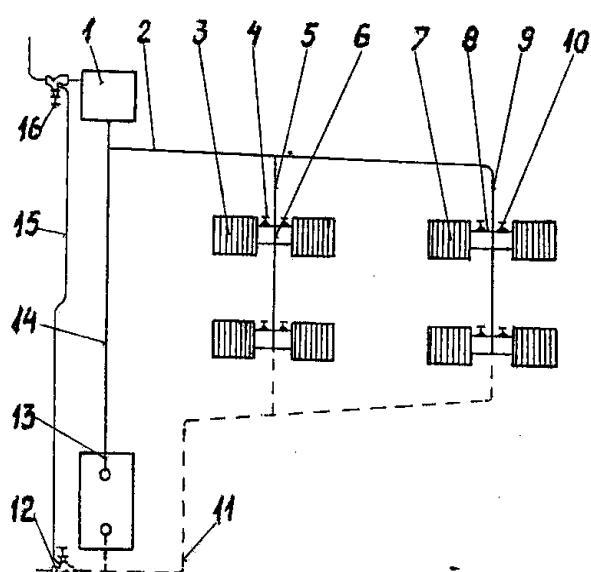


Рис. 1. Принципова схема системи опалення із запропонованим пристроєм

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Можливі аварії систем опалення і водопостачання здебільшого виникають внаслідок раптового зниження температури навколишнього середовища і при виході з ладу джерел теплової енергії. Для захисту їх використовується ручний спосіб своєчасного зливання з них води за допомогою вентилів [9, 10]. Проте недоліком останнього є обмеженість функціональних можливостей, оскільки при цьому не забезпечується своєчасне автоматичне зливання води, що є причиною частих аварій даних систем внаслідок їх розморожування при низьких температурах. А для відновлення роботоздатності систем необхідно використовувати додаткові матеріали і комплектуючі вироби, а також витрачати час і працю, що в цілому завдає значних матеріальних збитків. Крім цього, ручне обслуговування систем вимагає залучення додаткового обслуговуючого персоналу і створює пов'язані з цим незручності.

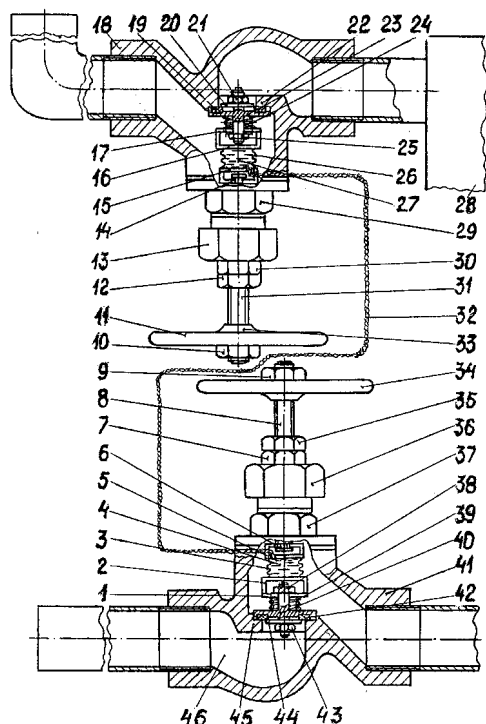


Рис. 2. Принципова схема пристрою

Вентиль 46 (рис. 2) складається з корпусу 41 з сідлом 45 і кришкою 37 з гайкою 36. У кришці 37 на різьбі установлений шпindel 8. Вентиль додатково оснащений датчиком 4 температури, виконаним у вигляді сильфона 3 з контактними торцями, зв'язаними з верхнім 6 і нижнім 2 фланцями. При цьому фланець 6 шарнірно з'єднаний з нижньою частиною шпінделя 8, а фланець 2 через пружину 39 і гайку 38 – із золотником 40, який має пружний елемент 42, що утримується через шайбу 44 гайкою 43. У верхній частині шпінделя 8 розміщена гайка 7 регульованого упора з контргайкою 35, а також рукоятка 34, що притискається гайкою 9.

Для зручностей виконання монтажно-демонтажних робіт фланці 2 і 6 оснащені легко приєднувальними кришками 1 і 5.

Настроювання потрібного ходу золотника 40, який забезпечує герметичність у з'єднанні сідро-пружний елемент, виконується гайками 7, 35, 36 від обертання рукоятки 34.

Порожнина сильфона 3 капіляром 32 сполучається з порожниною сильфона датчика температури води, додатково установленого в подавальній магістралі вентиля 33, який забезпечує надходження в систему атмосферного повітря. Вентиль 33 містить корпус 18 з сідлом 22 і з кришкою 29 з гайкою 13, а також додатково оснащений датчиком 27 температури теплоносія, виконаного у вигляді сильфона 26 з контактними торцями, зв'язаними з верхнім 16 і нижнім 15 рухомими фланцями. Фланець 15 шарнірно з'єднаний з верхньою частиною шпінделя 31, установленого в кришці 29, а фланець 16 через пружину 24 і гайки 25 – із золотником 23 та пружним елементом 19, що утримується через шайбу 20 гайкою 21. У нижній частині шпінделя 31 розміщена гайка 30 регульованого упора з контргайкою 12, а також рукоятка 11, що притискається гайкою 10.

Для зручностей виконання монтажно-демонтажних робіт фланці 16 і 15 вентиля 33 оснащені легко приєднувальними кришками 17 і 14.

Потрібний хід золотника 25, який забезпечує герметичність у з'єднанні сідро-пружний елемент, при певній температурі води в системі обертанням рукоятки 11 регулюється гайками 12, 13, 30.

При автоматичному зливанні води з системи при її охолодженні об'єм робочої рідини в сильфоні 3 датчика температури 4 зменшується. Унаслідок цього фланець 6, а разом з ним золотник 40, зв'язаний за допомогою пружини 39 і гайки 38, буде переміщатися вгору. При відповідному настроюванні і регулюванні жорсткості пружини 39 та забезпеченні при цьому

**Мета дослідження:** розробити і дослідити пристрій автоматичного захисту систем опалення і водопостачання від руйнування розморожуванням і дати рекомендації щодо визначення його технологічних і конструктивних параметрів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розроблено принципово новий (патент України № 60204) пристрій автоматичного захисту систем опалення і водопостачання від руйнування розморожуванням у вигляді окремої приставки, приєднаної до найнижчої і найвищої їх точок. У нижній точці захисних систем установлений зливний для води, а у верхній – перепускний для повітря клапани, дистанційно сполучені між собою.

Принципові особливості конструкції запропонованого пристрою і його роботу розглянемо на прикладі захисту від руйнування розмороженням локальної системи опалення. Система містить теплогенератор (котел) 13 (рис. 1), головний стояк 14, подавальну магістраль 2, розширювальний бак 1, призначений для видалення із системи повітря і компенсації теплового розширення при нагріванні води, стояки 5, сполучені через підводки 8 і регульовальні крани 10 з нагрівальними приладами 3, 7, ..., через замикаючі ділянки 6, зворотну магістраль 11 і вентиль 46 пристрою сполучаються з котлом 13.

потрібного ходу золотника 40 вода буде вилитися ще до замерзання в системі опалення, запобігаючи руйнуванню її елементів. У даному випадку гайка 7 повинна перебувати на упорі гайки 36.

Однак виливанню води із закритої системи буде перешкоджати створене в її верхній частині розрідження наявного повітря. Для запобігання цьому розрідженню повітря, що виникло від зменшення об'єму робочої рідини у порожнині сильфона 3, буде передаватися капіляром 32 в порожнину сильфона 26, який знаходиться вище, де температура теплоносія може бути дещо вищою. Початкове зменшення об'єму робочої рідини частково через капіляр і частково від зниження температури в зоні розміщення датчика 27 забезпечить його сумарне зменшення настільки, що фланець 16, а разом з ним зв'язаний пружиною 24 і гайкою 25 золотник 23 буде переміщатися вниз. Тому при відповідному настроюванні та регулюванні жорсткості пружини 24, а також забезпеченні ходу золотника 23 атмосферне повітря буде надходити через відкритий отвір у систему доти, поки з неї не вилетить вся вода.

Якщо температура води в системі вища від тієї, при якій автоматично спрацьовує вентиль 46 і золотник 40 через пружину 39 з фланцем 2, притиснутим пружним елементом 42 до сідла 45, вода зливається примусово.

Для цього обертанням рукоятки 34 необхідно підняти золотник 40 вгору разом з датчиком 4. При цьому через зливний отвір, утворений між пружним елементом 42 і сідлом 45, вода розпочне вилитися з порожнини водяної системи опалення при будь-якій її плюсовій температурі. Але повному виливанню води перешкоджатиме відсутність атмосферного тиску на її поверхню із-за закритого вентиля 33. Тому обертанням рукоятки 11 разом з датчиком 27 необхідно опустити золотник 23 донизу настільки, щоб через впускний отвір, утворений між пружним елементом 19 і сідлом 22, повітря надходило з атмосфери в порожнину системи опалення до тих пір, поки з неї повністю не вилетить вода.

Для запобігання втрати заливної гарячої води при заповненні нею системи у випадку знижених температур навколишнього середовища, коли зливний отвір вентиля 46 автоматично повністю відкритий, необхідно гайки 35, 7 відгвинтити і перемістити вгору вздовж шпінделя 8, забезпечуючи йому додаткове можливе переміщення донизу від обертання рукоятки 34. Далі, обертаючи її, переміщують шпіндель 8, а разом з ним датчик 4 з елементом 24, до сідла 45, повністю перекривають зливний отвір, утворений охолодженням датчика 4.

Якщо наповненню системи перешкоджатиме тиск повітря із-за закритого вентиля 33 від прогрівання датчиків 4, 27, необхідно гайки 12, 30 відгвинтити і перемістити донизу вздовж шпінделя 31, забезпечуючи йому додаткове переміщення донизу обертанням рукоятки 11. Далі, обертаючи її, переміщують шпіндель 31, а разом з ним датчик 27 з пружним елементом 19, від сідла 22, повністю відкривають закритий внаслідок нагрівання робочого тіла в датчиках 4 і 27 отвір, забезпечуючи вихід через нього в атмосферу стисненого повітря.

По мірі прогрівання робочої рідини в сильфонах 3, 26 датчиків 4, 27 температури води можливі переміщення фланця 2 вентиля 46 донизу, а фланця 16 вентиля 33 вгору будуть забезпечуватися стиском відповідно пружин 39, 24. Після наповнення системи і прогрівання датчиків 4, 27 температури води, обертанням у зворотному напрямку рукояток 34, 11 шпінделів 8, 31 разом із їх датчиками 4, 27, необхідно повернути у вихідне положення відповідно догори і донизу на фіксовані рівні, на яких забезпечується їх нормальна робота в автоматичному режимі, яка запобігає через з'єднання вентиля 46 зливанню води з системи, а вентиля 33 – надходженню в систему атмосферного повітря.

Виведемо диференціальне рівняння руху води, який відбувається внаслідок її зливання з системи опалення після автоматичного відкривання зливного отвору, прийнявши, що швидкість руху пропорційна наявному об'єму води в системі опалення.

Нехай  $V_0$  – початковий об'єм води, яка повністю заповнює систему опалення;  $V$  – об'єм зливої з системи води в будь-який момент часу  $t$ , що пройшов від початку зливання;  $v$  – швидкість витікання води з системи в будь-який момент часу  $t$ ;  $k$  – коефіцієнт пропорційності, що визначається конструктивними особливостями і параметрами системи опалення. Тоді

$$v = k \cdot (V_0 - V). \quad (1)$$

Оскільки  $V = F \cdot v \cdot t$ , де  $F$  – площа зливного отвору, то рівняння (1) представимо у вигляді

$$v = k(V_0 - F \cdot v \cdot t). \quad (2)$$

Враховуючи те, що  $v = \frac{dV}{dt}$ , залежність (2) представимо так:

$$\frac{dV}{dt} = k \left( V_0 - F \cdot t \cdot \frac{dV}{dt} \right). \quad (3)$$

Після тотожних перетворень, виконаних над рівнянням (3), одержимо:

$$dV = \frac{k \cdot V_0}{1 + k \cdot F \cdot t} \cdot dt. \quad (4)$$

Інтегруючи рівняння (4), одержимо його загальний розв'язок:

$$V = \frac{V_0}{F} \cdot \ln(1 + k \cdot F \cdot t) + C, \quad (5)$$

де  $C = const$ .

Якщо  $t = 0$ , то  $V = 0$ , тому, з урахуванням цієї початкової умови, залежність (5) матиме вигляд:

$$V = \frac{V_0}{F} \cdot \ln(1 + k \cdot F \cdot t). \quad (6)$$

Із рівняння (6) визначимо час  $t_0$  повного витікання води з системи опалення, врахувавши, що в цей момент  $V = V_0$ . Одержимо:

$$t_0 = \frac{e^F - 1}{k \cdot F}. \quad (7)$$

Оскільки площа зливного отвору визначається за формулою  $F = \frac{\pi d^2}{4}$ , де  $d$  – діаметр отвору, то залежність (7) запишемо у вигляді

$$t_0 = \frac{4 \left( \exp\left(\frac{\pi d^2}{4}\right) - 1 \right)}{\pi k d^2}. \quad (8)$$

Швидкість витікання води з системи опалення в будь-який момент часу, з урахуванням (4), виразиться рівністю:

$$v = \frac{4k \cdot V_0}{4 + k \pi d^2 t}. \quad (9)$$

Із залежності (9) слідує, що в початковий момент зливання швидкість води  $v_0 = k V_0$ , а в кінцевий момент, коли система опалення повністю звільняється від води,  $v_1 = k V_0 e^{-\frac{\pi d^2}{4}}$ .

Використовуючи співвідношення (8), одержимо рівняння

$$d^2 = \frac{4}{\pi} \cdot \ln\left(\frac{\pi k d^2 t_0}{4} + 1\right), \quad (10)$$

яке дозволяє обчислити потрібне значення діаметра зливного отвору залежно від часу повного зливання води з системи опалення.

Наведені теоретичні дослідження підтверджують роботоздатність системи водяного опалення із запропонованим пристроєм. За допомогою одержаних формул (7), (8) і (9) можна розрахувати час і швидкість витікання води з порожнини системи опалення залежно від об'єму води, яка її заповнює, та конструкції системи.

З метою мінімізації часу витікання можна розрахувати оптимальний діаметр зливного отвору, використовуючи залежність (10).



Таким чином, запропонований пристрій забезпечує автоматичне зливання води з опалювальної чи іншої системи у випадку зниження температури до величини, при якій вона починає замерзати, запобігаючи цим руйнуванню від розморожування її елементів, і дає можливість злити воду з порожнини водяної системи при будь-якій її плюсовій температурі, а також запобігає втратам води при її заливанні в опалювальну систему при знижених температурах оточуючого середовища. Простота конструкції і технічного обслуговування, висока надійність в роботі, відсутність потреби залучення джерела додаткової енергії і можливість використання вентилів та інших серійних елементів водопровідної арматури сприятимуть широкому застосуванню його у вигляді окремої приставки у сучасних системах тепловодопостачання.

**Висновки.** Одним із заходів підвищення надійної і безперебійної роботи систем опалення, гарячого і холодного водопостачання, а також створення зручностей є захист їх від руйнування розморожуванням шляхом установки в них багатофункціональних пристроїв повного зливання води, автоматичного – при мінімально допустимій і ручного – при будь-якій плюсовій температурі, а також усунення втрат при заливанні її в охоложені системи. При цьому доцільно використовувати спарені серійні вентиля, один з яких переобладнати для зливання води із системи, а другий – для подачі в неї повітря. Перший вентиль установити в нижній, а другий – у верхній частині системи та обладнати їх датчиками температури води, які розмістити між перепускними клапанами і шпинделями та дистанційно сполучити їх капіляром.

Застосування запропонованого пристрою дасть можливість надійно захистити системи опалення і водопостачання від руйнування розморожуванням, запобігти матеріальним збиткам, зменшити експлуатаційні витрати, а також створити певні зручності при їх використанні.

#### Список використаних джерел

1. Драганов Б.Х., Бесараб О.С., Долінський В.П. та інш. Теплотехніка. Підручник /за ред. Б.Х. Драганова. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Фірма „ІНККОС”, 2005. – 400 с.
2. Проектування систем тепlopостачання сільського господарства. Навч. посібник / Б.Х. Драганов, О.С. Бесараб, А.В. Міщенко, В.В. Шутюк. За ред. Б.Х. Драганова. – К.: Техніка, 2003. – 161 с.
3. Справочник по теплоснабженню сільського господарства / Л.С. Герасимович, А.Г. Цубанов, Б.Х. Драганов и др. – Мн.: Ураджай, 1993. – 368 с.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Изд. 2-е, исправл. и доп. – М.: Наука, 1972. – 768 с.
5. Емельянов А.И., Емельянов В.А., Калинина С.А. Практические расчеты в автоматике. – М.: Машиностроение, 1967. – 316 с.
6. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 1986. – 416 с.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Главная ред. физ.-мат. л-ры, 1987. – 720 с.
8. Кожевников С.Н., Есипенко Я.И., Раскин Я.М. Механизмы. Справочник. Изд. 4-е, перераб. и доп. Под ред. С.Н. Кожевникова. – М.: Машиностроение, 1976. – 784 с.
9. Патент США, № 3601362.
10. Патент України, № 60204.

**Аннотація.** Представлена принципиальная схема и описана работа устройства для автоматической защиты систем отопления и водоснабжения от разрушения размораживанием. Приведена методика и результаты теоретических исследований, даны рекомендации по определению технологических и конструктивных параметров устройства.

**Ключевые слова:** датчик температуры, сиффон, сливной клапан, перепускной воздушный клапан, капилляр, шпиндель, рукоятка, золотник, расширительный бак, пружинистый элемент, автоматический режим, ручной режим.

**Annotation.** The basic scheme, and describes how the device for automatic protection systems, heating and water damage from thawing. The method and results of theoretical studies, recommendations on the definition of technological and design parameters of the device.

**Key words:** temperature sensor, bellows, drain valve, a bypass air valve, capillary, spindle, lever, valve, expansion tank, springy element, auto mode, manual mode.