

## Вакуум-паровая система отопления с газоструйным инжектором

Кондрашов Ю. П., инж.

Предложена схема вакуум-паровой системы отопления с газоструйным инжектором и испарителем вторичного пара, позволяющая повысить коэффициент теплоиспользования системы отопления.

**Ключевые слова:** паровой котел, газоструйный инжектор, испаритель, вторичный пар.

Вакуум-паровая система отопления применяется в тех случаях, когда температура теплоносителя (сухого насыщенного пара) должна быть ниже  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На рис. 1 приведена типовая схема вакуум-паровой системы отопления, описанная в [1, 2]. Насыщенный пар из котла 1 поступает в нагревательный прибор 2, где конденсируется, а конденсат по трубопроводу попадает в конденсатный бак 3, откуда конденсатным насосом 4 перекачивается в котел 1. Для насыщенного пара с температурой ниже  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в системе поддерживается давление менее  $0,1\text{ МПа}$  с помощью вакуумного насоса 5.

Тепловая эффективность этой системы отопления характеризуется коэффициентом теплоиспользования

$$\xi = Q_o / Q_k, \quad (1)$$

где  $Q_o$  — теплота, отводимая из системы через нагревательные приборы, кВт;  $Q_k$  — тепловая мощность котла по пару, кВт.

Применительно к рассматриваемой системе парового отопления коэффициент  $\xi$  всегда меньше или равен единице, поскольку  $Q_o \leq Q_k$  из-за тепловых потерь в паропроводах. Таким образом,  $\xi \leq 1$  является пределом тепловой эффективности системы отопления,

в которой количество полученного в котле 1 пара равно количеству конденсата, образовавшегося в нагревательном приборе 2.

На рис. 2 приведена схема вакуум-паровой системы отопления с газоструйным инжектором, позволяющая получить коэффициент теплоиспользования  $\xi > 1$  за счет регенерации теплоты вторичного пара, когда часть вторичного пара сжимается в газоструйном инжекторе и в смеси с рабочим паром используется в качестве греющего пара в испарителе [3–5]. Рабочий пар с параметрами  $P_p = 0,1\text{ МПа}$ ,  $t_p = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  из котла 1 подается в сопло инжектора 2, где, расширяясь до давления насыщенного пара  $P_H = 0,05\text{ МПа}$ , инжектирует из испарителя 3 вторичный пар, который сжимается рабочим паром, образуя греющий пар с параметрами  $P_c = 0,06\text{ МПа}$ ,  $t_c = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Далее греющий пар поступает через сопла коллектора 4 в водяное пространство испарителя 3, где конденсируется, а поскольку его давление и температура несколько выше давления и температуры воды в испарителе

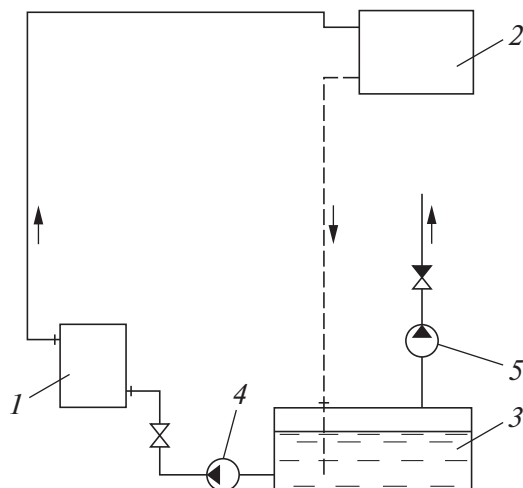


Рис. 1. Схема вакуум-паровой системы отопления

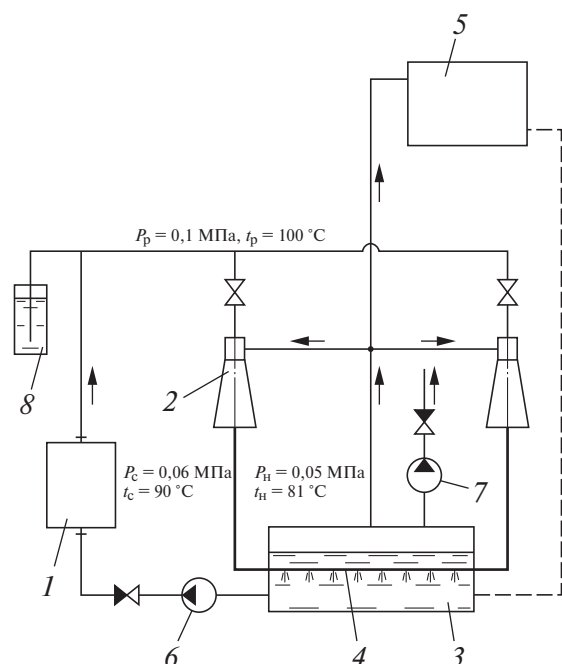


Рис. 2. Схема вакуум-паровой системы отопления с газоструйным инжектором

3, он нагревает воду, которая испаряется с поверхности водяного объема с образованием вторичного насыщенного пара с параметрами  $P_H = 0,05$  МПа,  $t_H = 81$  °С. Большая часть вторичного пара поступает в нагревательный прибор 5, где конденсируется, а конденсат по трубопроводу направляется в испаритель 3 и из него перекачивается конденсатным насосом 6 в котел 1. Давление  $P_H = 0,05$  МПа в испарителе 3 создает вакуум-насос 7, необходимый при запуске и выходе системы отопления на рабочий режим. Гидравлический затвор 8 служит в качестве предохранительного устройства при превышении давления рабочего пара в котле 1 выше 0,1 МПа или внезапном его падении ниже 0,1 МПа.

Параметры теплоносителя, приведенные в данной статье, подтверждены расчетом газоструйного инжектора по методике [6] при следующих условиях: расход рабочего пара  $G_p = 0,11$  кг/с, температура рабочего пара  $t_p = 100$  °С, температура насыщения конденсата в испарителе  $t_H = 81$  °С при давлении насыщения вторичного пара в испарителе  $P_H = 0,05$  МПа, коэффициент инжекции  $U = 1$ .

Определим зависимость коэффициента  $\xi$  от коэффициента инжекции.

Примем, что теплота парообразования  $\tau$  не зависит от давления (такое предположение уместно для испарительных установок [7]). Тогда  $Q_k = G_p \tau$ , а количество греющего пара согласно [3, 4]

$$G_{гр} = (1 + U)G_p. \quad (2)$$

В отличие от данных [3, 4], где часть вторичного пара теряется с конденсатом греющего пара, в рассматриваемой схеме все количество греющего пара возвращается в испаритель 3 и участвует в образовании вторичного пара. Обозначим количество вторичного пара  $G_{вт}$ , кг/с. Для вакуумных испари-

телей можно предположить, что  $G_p \approx G_{вт}$ . Вместе с тем, допуская, что все количество вторичного пара поступает в нагревательный прибор 5, получаем  $Q_o = G_{вт} \tau$ . Подставляя  $G_{гр}$  из формулы (2), имеем

$$Q_o = (1 + U)G_p \tau. \quad (3)$$

С учетом выражений (2) и (3) определим коэффициент теплоиспользования:

$$\xi = Q_o / Q_k = 1 + U. \quad (4)$$

В рассматриваемом случае (см. рис. 2) при  $U = 1$   $\xi = 1 + 1 = 2$ , что явно больше, чем  $\xi \leq 1$  в схеме на рис. 1. Конечно, при этом сделано много допущений и предположений, но качественная картина процессов в вакуум-паровой системе отопления с газоструйным инжектором отражена.

Таким образом, есть возможность создания систем отопления с тепловой мощностью, во много раз превосходящей тепловую мощность используемого парового котла.

#### Список литературы

1. Каменев П. Н., Сканави А. Н. Отопление и вентиляция. Ч. 1. Отопление. — М.: Стройиздат, 1975.
2. Голубков Б. Н., Пятачков Б. И., Романова Т. М. Кондиционирование воздуха, отопление и вентиляция. — М.: Энергоиздат, 1982.
3. Коваленко В. Ф., Лукин Г. Я. Судовые водоопреснительные установки. — Л.: Судостроение, 1970.
4. Лукин Г. Я., Колесник Н. И. Опреснительные установки промыслового флота. — М.: Пищевая промышленность, 1970.
5. Бакластов А. М. Промышленные теплообменные процессы и установки. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Соколов Е. Я., Зингер Н. М. Струйные аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. Голубков Б. Н. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. — М.: Энергия, 1979.

[aleksandraasaeva@mail.ru](mailto:aleksandraasaeva@mail.ru)

## Уважаемые читатели!

Вы можете подписаться на наш журнал на I полугодие 2014 года через редакцию. Для отдельных физических лиц (студентов, аспирантов) возможна скидка.