

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **4844**
(13) **С1**
(51)⁷ **G 01N 25/60**

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ СУХОСТИ ПАРА
В МАГИСТРАЛЬНОМ ПАРОПРОВОДЕ**

(21) Номер заявки: а 19990523

(22) 1999.05.25

(46) 2002.12.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный
технический университет (ВУ)

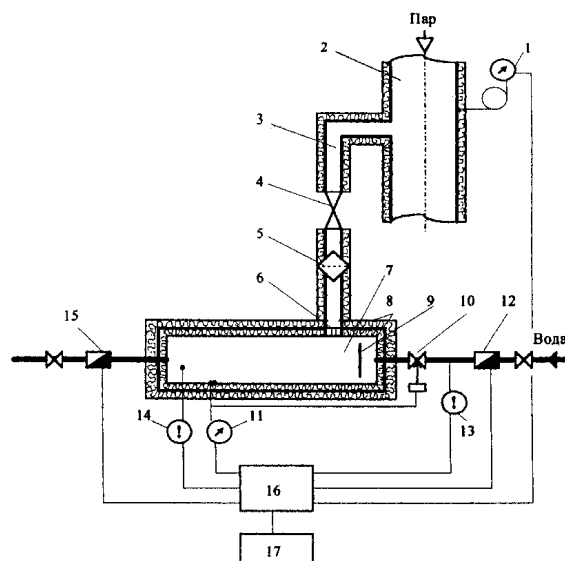
(72) Авторы: Захаревич Э.В., Покотилов В.В.,
Батраченко В.С., Шульман М.З., Сизов В.Д.,
Захаревич В.В. (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный
технический университет (ВУ)

(57)

Способ определения степени сухости пара в магистральном паропроводе, заключающийся в том, что из основного потока пара, проходящего по магистральному паропроводу, непрерывно отбирают часть пара, пропускают его через калиброванное отверстие, на котором поддерживают перепад давления, осуществляют конденсацию пара путем смешения с водой в смесителе, определяют расходы конденсата с водой и воды, отличающийся тем, что пар, отобранный от магистральном паропроводе, до пропуска его через калиброванное отверстие очищают при помощи фильтра, при этом величину отношения абсолютных давлений в смесителе и в магистральном паропроводе поддерживают не превышающей величины первого критического отношения для адиабатного истечения пара из калиброванного отверстия, измеряют температуру воды до смешения с конденсирующимся паром и после смешения, на основе полученных данных рассчитывают энтальпию пара на выходе из калиброванного отверстия с последующим расчетом степени сухости и энтропии пара на выходе из калиброванного отверстия по формулам:

$$x_2 = \frac{h_2 - 401,1 - 147,1 \cdot \ln P_2}{2274 - 101,4 \cdot \ln P_2}, \quad P_2 < 5,$$



ВУ 4844 С1

BY 4844 C1

$$x_2 = \frac{h_2 - 337 - 186,6 \cdot \ln P_2}{2352 - 148,7 \cdot \ln P}, \quad 5 \leq P_2 \leq 13,$$

$$S_2 = 1,19 + 0,4138 \cdot \ln P_2 + 6,189 \cdot x_2 - 0,7592 \cdot x_2 \cdot \ln P_2, \quad 2 \leq P_2 \leq 13,$$

где x_2 - степень сухости пара на выходе из калиброванного отверстия,

h_2 - энтальпия пара на выходе из калиброванного отверстия, кДж/кг,

P_2 - абсолютное давление в смесителе, бар,

S_2 - энтропия пара на выходе из калиброванного отверстия, кДж/(кг·°C),

затем, используя условие равенства энтропии $S_1 = S_2$ при адиабатном истечении пара через калиброванное отверстие, определяют степень сухости пара x в магистральном паропроводе по формуле:

$$x = \frac{S_1 - 1,19 - 0,4138 \cdot \ln P_1}{6,189 - 0,7592 \cdot \ln P_1},$$

где S_1 - энтропия пара в магистральном паропроводе, кДж/(кг·°C),

P_1 - абсолютное давление в магистральном паропроводе, бар.

(56)

SU 506794, 1976.

RU 2046328 C1, 1995.

JP 02163644 A, 1990.

JP 02107954 A, 1990.

JP 02107953 A, 1990.

JP 01155256 A, 1989.

JP 62050653 A, 1987.

JP 01110246 A, 1989.

Изобретение относится к промышленной теплоэнергетике и может быть использовано в приборах, определяющих расход пара и количество теплоты, содержащейся в паре, транспортируемом по трубопроводу.

Известен способ определения степени сухости пара, в котором непрерывно отбирают пар из трубопровода и используют термодинамический процесс с постоянством одной и 5 его характеристик (изоэнтальпийное дросселирование) [1].

Недостатками данного способа являются дискретность получаемых результатов, длительность измерений и ограниченность применения.

Известен способ определения степени сухости пара, заключающийся в том, что из основного потока отбирают часть пара, пропускают его через калиброванное отверстие, на котором поддерживают постоянный перепад давления, затем осуществляют конденсацию пара путем смешения с водой и по измеренным расходам конденсата с водой и воды судят о степени сухости пара [2] (прототип).

Недостатками данного способа являются большая погрешность и низкая надежность определения степени сухости пара.

Задача, решаемая изобретением, заключается в повышении точности и надежности определения степени сухости пара.

Поставленная задача решается тем, что в способе определения степени сухости пара в магистральном паропроводе, заключающемся в том, что из основного потока пара, проходящего по магистральному паропроводу, непрерывно отбирают часть пара, пропускают его через калиброванное отверстие, на котором поддерживают перепад давления, осуществляют конденсацию пара путем смешения с водой в смесителе, определяют расходы конденсата с водой и воды, пар, отобранный от магистрального паропровода, до пропуска его через калиброванное отверстие очищают при помощи фильтра, при этом величину отношения абсолютных давлений в смесителе и в магистральном паропроводе поддерживают не превышающей величины первого критического отношения для адиабатного истечения пара из калиброванного отверстия, измеряют температуру воды до смешения с конденсирующимся паром и после смешения, на основе полученных данных рассчитывают энтальпию пара на выходе из калиброванного отверстия с последующим расчетом степени сухости и энтропии пара на выходе из калиброванного отверстия по формулам:

ВУ 4844 С1

$$x_2 = \frac{h_2 - 401,1 - 147,1 \cdot \ln P_2}{2274 - 101,4 \cdot \ln P_2}, \quad P_2 < 5,$$

$$x_2 = \frac{h_2 - 337 - 186,6 \cdot \ln P_2}{2352 - 148,7 \cdot \ln P_2}, \quad 5 \leq P_2 \leq 13,$$

$$S_2 = 1,19 + 0,4138 \cdot \ln P_2 + 6,189 \cdot x_2 - 0,7592 \cdot x_2 \cdot \ln P_2, \quad 2 \leq P_2 \leq 13,$$

где x_2 - степень сухости пара на выходе из калиброванного отверстия,

h_2 - энтальпия пара на выходе из калиброванного отверстия, кДж/кг,

P_2 - абсолютное давление в смесителе, бар,

S_2 - энтропия пара на выходе из калиброванного отверстия, кДж/(кг · °С),

затем, используя условие равенства энтропии $S_1 = S_2$ при адиабатном истечении пара через калиброванное отверстие, определяют степень сухости пара x в магистральном паропроводе по формуле

$$x = \frac{S_1 - 1,19 - 0,4138 \cdot \ln P_1}{6,189 - 0,7592 \cdot \ln P_1},$$

где S_1 - энтропия пара в магистральном паропроводе, кДж/(кг · °С),

P_1 - абсолютное давление в магистральном паропроводе, бар.

На чертеже показано устройство, осуществляющее описываемый способ.

Часть пара, давление которого измеряют манометром 7, отбирается от магистрального паропровода 2 с помощью отборочного трубопровода 3 с вентилем 4 и фильтром 5, через калиброванное отверстие 6 тангенциально поступает в смеситель 7, имеющий внутреннюю и наружную теплоизоляцию 8 и отбойную пластину 9. С помощью регулятора давления 10 поддерживают перепад давлений, измеряемых в магистральном паропроводе 2 манометром 1 и в смесителе 7 манометром 11 таким образом, чтобы отношение абсолютных давлений в смесителе 7 и в магистральном паропроводе 2 было не более первого критического отношения для адиабатного истечения пара через калиброванное отверстие 6. При этом измеряют расход и температуру воды соответственно измерителями 12 и 13 до смесителя 7, а также измеряют температуру смеси конденсата с водой измерителем 14 и ее расход после смесителя 7 с помощью расходомера 15. Аналоговые сигналы от приборов 1, 11, 12, 13, 14 и 15 поступают на аналого-цифровой преобразователь 16, а затем - на ЭВМ 17. ЭВМ 77 на основании полученных данных рассчитывает энтальпию, степень сухости и энтропию пара после калиброванного отверстия 6, а также степень сухости пара в магистральном паропроводе 2 по формулам

$$h_2 = \frac{(V_2 \cdot t_2 \cdot p_2 - V_1 \cdot t_1 \cdot p_1) c_v}{V_2 \cdot p_2 - V_1 \cdot p_1}$$

где h_2 - энтальпия пара на выходе из калиброванного отверстия 6, кДж/кг;

V_2 и V_1 - расходы воды с конденсатом и воды соответственно по приборам 15 и 12, м³/ч;

c_v - удельная массовая теплоемкость воды, кДж/(кг · °С);

t_2 и t_1 - температуры по приборам 14 и 13, °С;

p_2 и p_1 - плотности смеси воды с конденсатом и воды, кг/м³.

$$x_2 = \frac{h_2 - 401,1 - 147,1 \cdot \ln P_2}{2274 - 101,4 \cdot \ln P_2}, \quad P_2 < 5,$$

$$x_2 = \frac{h_2 - 337 - 186,6 \cdot \ln P_2}{2352 - 148,7 \cdot \ln P_2}, \quad 5 \leq P_2 \leq 13,$$

где x_2 - степень сухости пара на выходе из калиброванного отверстия 6;

P_2 - абсолютное давление в смесителе 7, рассчитанное на ЭВМ 17 по данным манометра 11, бар;

$$S_2 = 1,19 + 0,4138 \cdot \ln P_2 + 6,189 \cdot x_2 - 0,7592 \cdot x_2 \cdot \ln P_2, \quad 2 \leq P_2 \leq 13,$$

где S_2 - энтропия пара на выходе из калиброванного отверстия 6, кДж/(кг · °С);

$$x = \frac{S_1 - 1,19 - 0,4138 \cdot \ln P_1}{6,189 - 0,7592 \cdot \ln P_1},$$

где x - искомая степень сухости пара в магистральном паропроводе 2;

S_1 - энтропия пара в магистральном паропроводе 2, кДж/(кг · °С);

ВУ 4844 С1

P_1 - абсолютное давление в магистральном паропроводе 2, рассчитанное на ЭВМ 17 по данным манометра 1, бар.

Здесь используют условие равенства энтропии ($S_1 = S_2$) при адиабатном истечении пара через калиброванное отверстие 6.

Измерения температуры воды до смешения с конденсирующимся паром и после смешения, а также расчет энтальпии, степени сухости и энтропии пара после калиброванного отверстия позволяют более точно определять степень сухости пара в магистральном паропроводе по полученным нами эмпирическим формулам, так как для более точного определения степени сухости необходимо знать температуры воды до смешения с конденсирующимся паром и после смешения. Повышение точности достигается также тем, что поддерживают отношение абсолютных давлений в смесителе и в магистральном паропроводе не более первого критического отношения для адиабатного истечения пара из калиброванного отверстия, в результате чего обеспечивается оптимальное соотношение расходов воды и конденсата для достижения максимальной точности определения степени сухости пара. Предусмотренная очистка пара фильтром, установленным на отборочном трубопроводе, повышает надежность осуществления способа, так как предотвращается засорение калиброванного отверстия.

Источники информации:

- 1 Цветков В.В. Организация пароснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергия, 1980. - С. 164-165.
2. А.с. СССР 506794, МПК² G 01 N 25/60, 1976.