



Определение расхода теплоносителя в импульсной системе теплоснабжения, работающей совместно с ёмкостным теплообменником

*Панов Алексей Владимирович,
аспирант Мордовского
государственного университета
имени Н.П. Огарёва, г. Саранск*

E-mail: magicbreton@rambler.ru

Аннотация. Данная статья посвящена определению расхода теплоносителя в импульсной системе теплоснабжения, работающей совместно с ёмкостным теплообменником. Приведён алгоритм расчёта на основе экспериментальных данных.

Ключевые слова: импульсные технологии, массовый расход, теплообменник.

Энергетика является одной из важнейших отраслей народного хозяйства. Научные исследования в этом направлении способны повлиять на уклад жизни всего общества.

В последнее время активно ведутся исследования по влиянию импульсных технологий на эффективность систем теплоснабжения. При использовании импульсного режима возрастает коэффициент теплопередачи и наблюдается явление самоочищения теплопередающих поверхностей.

При экспериментальных исследованиях возникает проблема точного определения расхода теплоносителя в импульсной системе теплоснабжения. Вследствие колебаний давления расход не является постоянным, в результате чего средства измерения дают не точный результат. Одним из путей решения этой проблемы является косвенное определение расхода в греющем контуре.

При экспериментальных исследованиях получены графики изменения температуры теплоносителей, изображённые на рис. 1.

Рассчитаем расход горячего теплоносителя в контуре импульсной системы отопления, используя следующие данные.

Время эксперимента:

$$\tau = 2088 \text{ с}$$

SCIENCE TIME

Начальная температура жидкости в баке:

$$t'_2 = 23,5^\circ\text{C}$$

Конечная температура жидкости в баке:

$$t''_2 = 27,5^\circ\text{C}$$

Температура на выходе из теплообменника в начальный момент времени:

$$t'_{1\text{ВЫХ}} = 30,6^\circ\text{C}$$

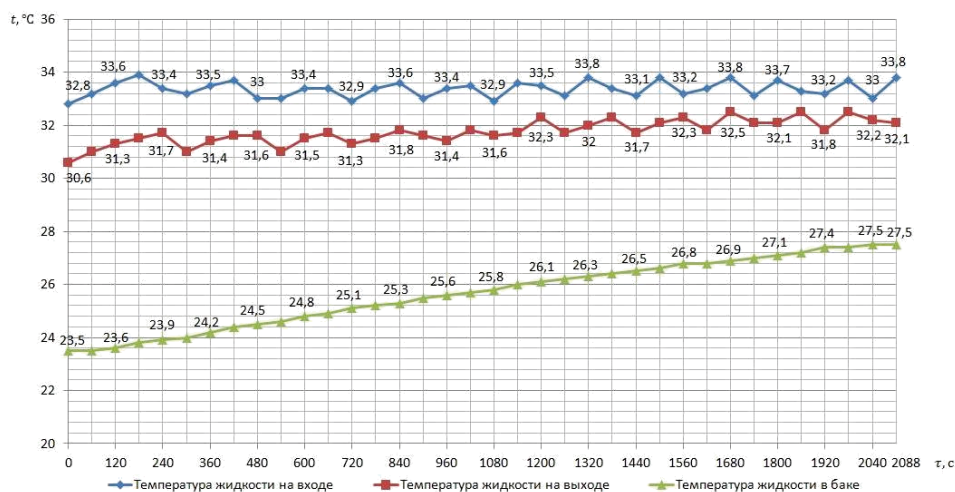


Рис.1 Нагрев в импульсном режиме

Температура на выходе из теплообменника в конечный момент времени:

$$t''_{1\text{ВЫХ}} = 32,1^\circ\text{C}$$

Максимальная температура на входе в теплообменник:

$$t_{1\text{ВХ.маx}} = 33,8^\circ\text{C}$$

Минимальная температура на входе в теплообменник:

$$t_{1\text{ВХ.миn}} = 32,8^\circ\text{C}$$

Средняя температура на входе в теплообменник:

$$t_{1\text{ВХ.ср}} = \frac{t_{1\text{ВХ.маx}} + t_{1\text{ВХ.миn}}}{2} = \frac{33,8 + 32,8}{2} = 33,3^\circ\text{C}$$

Масса жидкости в баке:

$$m_2 = 60 \text{ кг}$$

Площадь теплопередающей поверхности:

$$F = 0,2041 \text{ м}^2$$

SCIENCE TIME

Средняя температура жидкости в баке[1]:

$$t_{2\text{cp}} = t_{1\text{вх.ср}} - \frac{t_2'' - t_2'}{\ln\left(\frac{t_{1\text{вх.ср}} - t_2'}{t_{1\text{вх.ср}} - t_2''}\right)} = 33,3 - \frac{27,5 - 23,5}{\ln\left(\frac{33,3 - 23,5}{33,3 - 27,5}\right)} = 25,67^\circ\text{C}$$

Средняя температура греющей жидкости:

$$t_{1\text{cp}} = \frac{t_{1\text{вх.ср}} + \frac{t_{1\text{вых}}' + t_{1\text{вых}}''}{2}}{2} = \frac{33,3 + \frac{30,6 + 32,1}{2}}{2} = 32,33^\circ\text{C}$$

Массовая теплоёмкость греющей жидкости при $\frac{t_{1\text{cp}}}{2}$ [2]:

$$c_1 = 4179,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$$

Массовая теплоёмкость жидкости в баке при $\frac{t_{2\text{cp}}}{2}$:

$$c_2 = 4180,3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$$

Средняя разность температур $\frac{\Delta t}{2}$:

Определяем

$$\Delta t_{\delta} = t_{1\text{вх.ср}} - t_2' = 33,3 - 23,5 = 9,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{1\text{вх.ср}} - t_2'' = 33,3 - 27,5 = 5,8^\circ\text{C}$$

Так как $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = 9,8/5,8 = 1,69 < 2$, то средняя разность температур вычисляется как среднеарифметическая крайних температурных напоров,

$$\Delta t = \Delta t_{\text{cp}}$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = \frac{9,8 + 5,8}{2} = 7,8^\circ\text{C}$$

Если бы $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} \geq 2$, то средняя разность температур вычислялась бы как среднелогарифмическая по формуле

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{л}} = \frac{t_{1\text{вх.ср}} - t_{1\text{вых}}''}{\ln\left(\frac{t_{1\text{вх.ср}} - t_2''}{t_{1\text{вых}}'' - t_2''}\right)}$$

Коэффициент теплопередачи:

SCIENCE TIME

$$k = \frac{m_2 c_2 (t_2'' - t_2')}{F \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot \tau} = \frac{60 \cdot 4180,3 \cdot (27,5 - 23,5)}{0,2041 \cdot 7,8 \cdot 2088} = 301,82 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$$

Тепловая мощность теплообменника:

$$Q = \frac{m_2 c_2 (t_2'' - t_2')}{\tau} = \frac{60 \cdot 4180,3 \cdot (27,5 - 23,5)}{2088} = 480,49 \text{ Вт}$$

Дифференциальные уравнения теплопередачи и теплового баланса имеют вид

$$dQ = kF\Delta t d\tau = G_1 c_1 (t_{1\text{вх.ср}} - t_{1\text{вых}}'') dt = m_2 c_2 dt$$

Из выражения для $\frac{dQ}{kF\Delta t}$ выразим массовый расход $\frac{G_1}{kF\Delta t}$

$$kF\Delta t = G_1 c_1 (t_{1\text{вх.ср}} - t_{1\text{вых}}'')$$

Следовательно

$$G_1 = \frac{kF\Delta t}{c_1 (t_{1\text{вх.ср}} - t_{1\text{вых}}'')} = \frac{301,82 \cdot 0,2041 \cdot 7,8}{4179,00 \cdot (33,3 - 32,1)} = 0,096 \text{ кг/с}$$

Таким образом, используя методику, изложенную выше, можно точно определить расход теплоносителя в контуре импульсной системы теплоснабжения.

Изучение импульсных технологий открывает новый этап в теплоэнергетике. Системы теплоснабжения изменяются и совершенствуются. На основе принципа импульсного движения теплоносителя разрабатываются новые модели теплообменных аппаратов, так называемые теплообменники с активной трубной частью, изучение теплотехнических характеристик которых активно ведётся в настоящее время [3].

Литература:

1. Голубков Б.Н., Данилов О.Л., Зосимовский Л.В. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1979. – 544 с., ил.
2. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 80 с. с ил.
3. Теплообменник : пат. 134308 Рос. Федерация : МПК F28F 1/00 / А.В. Панов, В.А. Панов ; заявитель и патентообладатель Мордовский гос. ун-т.им. Н.П. Огарёва. – №2013124166/06 ; заявл. 27.05.2013 ; опубл. 10.11.2013, Бюл. №31. 2 с.