

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сафин Р.Р. Современные тенденции развития технологии сушки древесины // Вестник ТГУ, т.11. – 2006. N 4.
2. Кизина О.А., Адамович А.Л. Анализ современных методов и оборудования для сушки древесины // Вестник полоцкого государственного университета. Серия В. – 2011.
3. Морозов Г.А. Микроволновые технологии в промышленности и сельском хозяйстве: современные тенденции и новые подходы / Материалы научно-техн. Конф. - Казань 2000.
4. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Галяветдинов Н.Р., Валиев Ф.Г. Разработка энергосберегающих технологий сушки древесины в жидкостях //
5. Проблемы энергетики. – 2008. - № 11-12.
6. Расеев А.И Сушка древесины: учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2014.
7. Лыков А.В. Сушка древесины. - М., 1937. – 471 с.
8. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности Учебное пособие. Издательство ТПУ: Томск, 2007.
9. Рыкунин С.Н. Технология деревообработки. Учебник для образовательных учреждений начального профессионального образования / С. Н. Рыкунин, Л. Н. Кандалина. Москва, 2007. Сер. Федеральный комплект учебников (3-е изд., стер.)
10. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Том 1, Москва: «Мир», 1991.
11. Самарский А.А. Моисеенко Б.Д. Экономическая схема сквозного счета для многомерной задачи Стефана // Вычислительной математики и математической физики. – 1965. - №5.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

В.А. Сергиенко
Томский политехнический университет
ЭНИН, ТПТ, гр.5БМ62

Аннотация. Представлены результаты математического моделирования тепловых режимов запорной арматуры тепловых сетей. Показано, что для запорной арматуры с относительно не большими условными проходами эквивалентную длину трубопровода можно сократить более чем в два раза.

Ключевые слова: запорная арматура, тепловые сети, тепловые потери
Известно [1], что тепловые потери тепловой сети слагаются из линейных (тепловых потерь участков трубопровода, не имеющих арматуры и фасонных частей) и местных потерь тепловой энергии (тепловых потерь фасонных частей, запорной арматуры, опорных конструкций, фланцев и т.д.)

Тепловые потери отводов, гнутых компенсаторов и других деталей, периметр поперечного сечения которых близок к периметру трубопровода, подсчитываются по формулам для прямых труб круглого сечения [1], а тепловые потери фланцев, фасонных частей и арматуры определяются в эквивалентных длинах трубы того же диаметра по формуле [1]:

$$Q_{\text{м}} = ql_{\text{э}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{м}}$ – местные тепловые потери, Вт; q – линейные тепловые потери, Вт/м; $l_{\text{э}}$ – эквивалентная длина трубы, м.

Тепловые потери от неизолированного вентиля или задвижки принимаются равными тепловым потерям изолированного трубопровода длиной $l_{\text{э}} = 12-24$ м того же диаметра [1]. Эквивалентную длину изолированного на $3/4$ поверхности вентиля или задвижки в зависимости от диаметра трубопровода и температуры теплоносителя можно принимать равной 4-8 м изолированного трубопровода. Меньшие значения относятся к трубопроводу диаметром 100 мм и температуре теплоносителя 100 °С, большие – к трубопроводу диаметром 500 мм и температуре 400 °С. Эквивалентную длину неизолированного фланца можно принимать равной 4–5 м изолированного трубопровода [1].

Описанный выше подход к оценке местных тепловых потерь [1] носит эмпирический характер, основан на многолетней эксплуатации тепловых сетей, однако не имеет теоретического обоснования. Основная причина отсутствия теоретических исследований тепловых режимов арматуры и фасонных частей (фланцы, задвижки и др.) теплопроводов тепловых сетей заключается в достаточно сложной геометрии этих источников местных тепловых потерь.

Решить эту задачу можно с использованием современных подходов к моделированию тепловых режимов и тепловых потерь систем транспортировки тепла [2], основанных на численном моделировании физических процессов.

Целью данной работы является анализ тепловых потерь шаровых кранов, как одного из видов типичной запорной арматуры тепловых сетей.

В качестве примера рассматривается не изолированный шаровой кран фирмы Броен Балломас модельного ряда 62.102.000 (Интернет сайт ООО «БРОЕН», 2016, URL: <http://www.broen.ru/> (дата обращения: 21.04.2016)). На рисунке 1 приведено схематическое изображение рассматриваемого крана. Предполагается, что перенос тепла на внешних поверхностях крана осуществляется в условиях радиационного теплообмена и естественной конвекции, кран находится в открытом состоянии, а на внутренних поверхностях поддерживается постоянная температура, равная температуре теплоносителя.

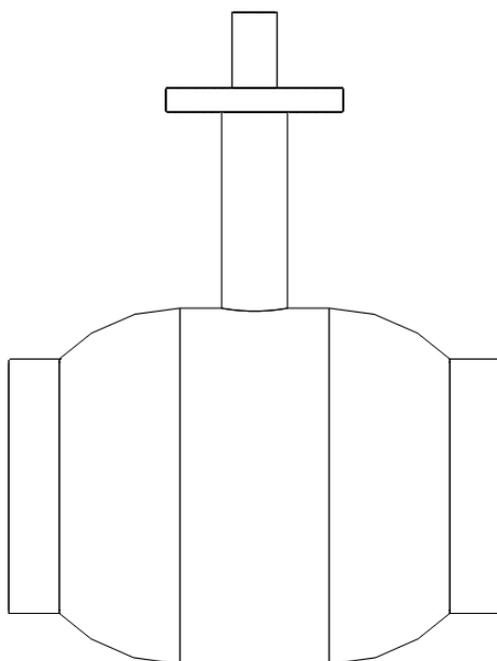


Рис. 1. Схематическое изображение шарового крана.

Для рассматриваемой области (рисунок 1) решается трехмерная стационарная задача теплопроводности в системе «шаровой кран – окружающая среда». Математическая модель для рассматриваемой задачи включает в себя уравнение теплопроводности для корпуса крана с соответствующими постановке задачи граничными условиями. Решение задачи получено с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics. Исследования проводились на неравномерной конечно-элементной сетке. Количество элементов выбиралось из условий сходимости решения.

Исследования проводились для шаровых кранов с диаметрами условного прохода 125, 250 и 500 мм. Краны изготовлены из стали ST 37, степень черноты поверхности принималась равной – 0.8. Температуры теплоносителя и окружающей среды составляли 100 °С и 25 °С соответственно. Среднее значение коэффициента теплоотдачи на внешней поверхности корпуса крана принималось равным – 5 Вт/(м²·°С).

Основные результаты численного исследования тепловых режимов и тепловых потерь рассматриваемых шаровых кранов приведены в таблице на рисунке 2.

Обоснованность и достоверность результатов исследований следует из проведенных проверок используемых методов на сходимость и устойчивость решений на множестве сеток, выполнения условий баланса энергии на границах области расчета. Относительная погрешность расчетов во всех вариантах численного анализа не превышала 0,1 %, что является приемлемым при оценке местных тепловых потерь в тепловых сетях.

В таблице в зависимости от диаметра условного прохода трубопровода приведены результаты численного расчета тепловых потерь от не изолированных шаровых кранов Q , местные тепловые потери Q_m , вычисленные по формуле (1), значения нормативных линейных тепловых потерь q [3], эквивалентные

длины труб l_3 , выбранные на основе рекомендаций [1], эквивалентные длины труб l , рассчитанные в зависимости от Q , а так же представлено сопоставление Q и Q_M между собой.

Табл. 1. Результаты численного анализа

| Условный проход трубопровода, мм | 125 | 250 | 500 |
|-----------------------------------|-------|-------|--------|
| Q , Вт | 204.2 | 633.9 | 1894.6 |
| Q_M , Вт | 456 | 855 | 1764 |
| q , Вт/м [3] | 38 | 57 | 98 |
| l_3 , м [1] | 12 | 15 | 18 |
| $l = \frac{Q}{q}$, м | 5.37 | 11.12 | 19.33 |
| $\frac{ Q - Q_M }{Q} \cdot 100\%$ | 123.3 | 34.9 | 6.9 |

Результаты численного моделирования тепловых потерь от не изолированных шаровых кранов, приведенные в таблице, свидетельствуют о закономерном росте теплопотерь с увеличением диаметра условного прохода (увеличением площади поверхности) крана.

Сопоставление между собой результатов численного моделирования Q и местных тепловых потерь Q_M (таблица) позволяет сделать вывод о том, что расхождение между ними составляет от 6.9 % до 123.3 % в зависимости от величины условного прохода трубопровода. Это обстоятельство свидетельствует о возможности снижения расчетной эквивалентной длины трубопровода l_3 для относительно не больших условных диаметров при проведении оценки местных тепловых потерь в тепловых сетях.

Пересчет эквивалентных длин трубопроводов l в соответствии с результатами численного моделирования (таблица) позволяет говорить о том, что для кранов с относительно не большими условными проходами l_3 можно сократить более чем в два раза.

На рисунке 2, в качестве иллюстрации результатов моделирования, приведено типичное температурное поле шарового крана с диаметром условного прохода 500 мм для условий, рассматриваемых в данной работе.

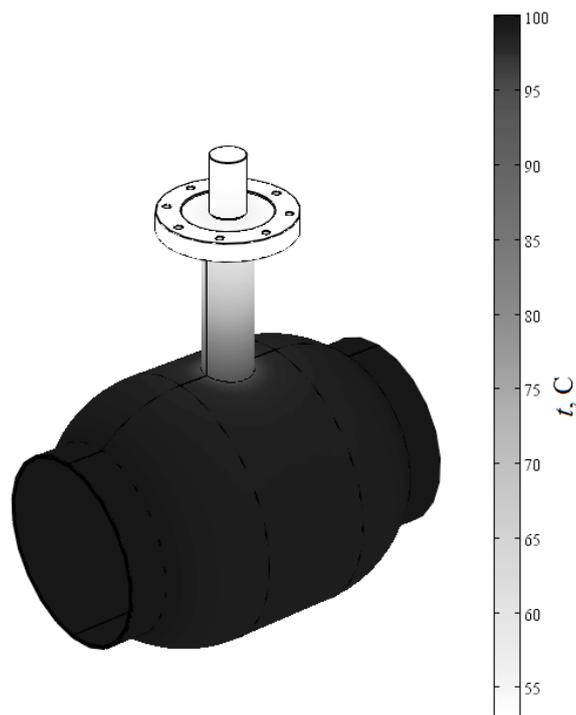


Рис. 2. Температурное поле шарового крана с диаметром условного прохода 500 мм.

Основные выводы по исследованию состоят в следующем:

На основании проведенного численного моделирования тепловых режимов типичной запорной арматуры тепловых сетей впервые теоретически установлены масштабы тепловых потерь шаровых кранов.

Показано, что для кранов с относительно не большими условными проходами эквивалентную длину трубопровода можно сократить более чем в два раза.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 2006.
2. Половников В.Ю., Губанов Ю.Ю. Тепловые потери в бесканальных тепловых сетях в условиях эксплуатации // Электрические станции, 2014 - № 8. - С. 19-23.
3. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: Минрегион России, 2012.

Научный руководитель: Половников В.Ю., к.т.н., доцент каф. ТПТ ЭНИН ТПУ.