РАЗДЕЛ XXIX. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Ростова М.С.

Исследование изменения скорости и давления при разных углах поворота регулирующего элемента в клапане с использованием программы STAR-CCM+

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/sr-10-04-2021-110

Аннотация

В статье представлено исследование изменений параметров рабочей среды при прохождении через балансировочный клапан при использовании программы математического моделирования STAR CCM+. На основе практической работы выявлены представлено наглядно, насколько важен грамотный подбор регулирующей (балансирующей) арматуры, описаны требования, которые необходимо выполнять при подборе. Приведен процесс моделирования исследуемого объекта, отображены результаты анализа параметров: скорости и давления. Сделаны выводы о правильном подборе балансировочного клапана, и также о последствиях, к которым может приводить не правильный подбор.

Ключевые слова: балансировочный клапан, STAR CCM+, скорость, давление, тепловой пункт, моделирование.

Abstract

The article presents a research of changes in the parameters of the working fluid when passing through a balancing valve using the STAR CCM+mathematical modeling program. Based on practical work, it is clearly shown how important the correct choice of regulating (balancing) valves is, and describes the requirements that must be completed when choosing. The process of modeling the object under research is presented, the results of the analysis of parameters are shown: speed and pressure. Conclusions about the correct choice of the balancing valve and about the consequences that can lead to a wrong choice are made.

Для работы тепловых пунктов используется трубопроводная арматура разного назначения, в том числе и балансировочная [1]. В системе отопления (холодоснабжения) балансировочный клапан служит для увязки нескольких веток между собой. В рамках теплового пункта данный клапан может использоваться для разных целей: увязка ветвей коллектора отопления, например, одна ветка питает жилую часть, другая – места общего пользования, а также может использоваться как местное сопротивление при большом напоре подающей и обратной магистрали тепловой сети. И в данной случае на балансировочном клапане теряется часть давления [2].

Клапаны могут быть ручными или автоматическими. В тепловых пунктах используются ручные клапаны, которые подбираются на стадии проекта полностью открытыми, а на стадии пуско-наладки настраиваются на расчётные (проектные) потери один раз.

Анализ параметров будет производиться визуально с помощью математического моделирования в программе STAR-CCM+. Программа позволяет наглядно увидеть поле изменения скорости и давления.

Для исследования принята базовая модель на основе клапана *Leno MVT* [3], состоящая из: регулирующего элемента (шара), трубопровода, на котором установлен сам клапан (рис.1).

Характеристики моделей:

- температура теплоносителя равна 130°C ;
- максимальное значение давления в расчетном диапазоне - 10 бар;
- скорость теплоносителя на входе в трубопровод равна 1 м/с;
- углы поворота (в градусах) регулирующего элемента: 0, 15, 30, 45, 60 (рис.2-рис.5).

Рис. 1. Геометрия базовой модели при угле поворота регулирующего элемента 0 гр.

Рис. 2. Геометрия модели при угле поворота регулирующего элемента 15 гр, вид сверху.

Рис. 3. Геометрия модели при угле поворота регулирующего элемента 30 гр, вид сверху.

Рис. 4. Геометрия модели при угле поворота регулирующего элемента 45 гр, вид сверху.

Рис.5. Геометрия модели при угле поворота регулирующего элемента 60 гр, вид сверху.

Для каждой модели был произведен расчёт изменения скорости и давления в пределах плоского сечения, проходящего через трубопровод и регулирующий элемент.

Существует прямая зависимость между скоростью теплоносителя и шумом, который он создает. Поскольку начальная скорость (1 м/с) одинакова во всех случаях, её изменения будут происходить в сечении регулирующего элемента. Соответственно, при уменьшении проходного сечения из-за угла поворота регулирующего элемента скорость будет возрастать. При скорости более 3,5 м/с уровень шума будет являться недопустимым [4].

В таблице представлены результаты изменения скорости. После таблицы на рис. 6-рис.10 показаны линии тока скорости теплоносителя.

Таблица 1

Результаты математического моделирования. Скорость.

Угол поворота регулирующего элемента, градус	Поле изменения скорости
0	
15	

30
45
60
Шкала

Рис.6. Линии тока скорости при угле поворота регулирующего элемента 0 гр.

Рис.7. Линии тока скорости при угле поворота регулирующего элемента 15 гр.

Рис.8. Линии тока скорости при угле поворота регулирующего элемента 30 гр.

Рис.9. Линии тока скорости при угле поворота регулирующего элемента 45 гр.

Рис.10. Линии тока скорости при угле поворота регулирующего элемента 60 гр.

При сравнительном анализе видно, что при углах поворота 45 и 60 гр. скорость в регулирующем элементе больше, чем 3,5 м/с из-за чего возрастает уровень шума. Такой шум будет переходит в свист, что создает недопустимые условия эксплуатации теплового пункта, если он находится в подвале жилого или общественного здания.

Также можно оценить режим течения теплоносителя в трубопроводе и регулирующем элементе по линиям тока. Во входном трубопроводе наблюдается ламинарное течение, однако, начиная с угла поворота 30 гр., вблизи регулирующего элемента начинается зона переходного режима течения, то есть поток имеет завихрения.

При угле поворота 0 гр. через регулирующий элемент теплоноситель протекает ламинарно. При 15 гр. наблюдаются небольшие завихрения потока. При рассмотрении последующих случаев можно увидеть увеличение турбулентности потока.

В выходящем трубопроводе при 0 гр. течение всё еще ламинарно. При 15 гр. видны еле заметные завихрения. В случае с углом поворота 30 гр. завихрения более заметны, но распределены равномерно вблизи выхода из регулирующего элемента. После угла поворота 45 гр. и 60 гр. образуются зоны с разными режимами течения жидкости: у выходного отверстия регулирующего элемента – ламинарный, далее – переходный и турбулентный. Чем больше угол поворота и, соответственно, меньше проходное сечение отверстия регулирующего элемента, тем ярче выражены зоны, их границы и размер.

При подборе клапана должны выполняться условия [5]:

- 1) клапан полностью открыт;
- 2) потери давления на полностью открытом клапане не должны превышать 1 м. в. ст;

3) диаметр клапана меньше либо равен диаметру трубопровода.
В данной ситуации диаметр клапан равен диаметру трубопровода, то есть $D_u=40$ мм.

Ниже представлены результаты изменения давления (рис.11-рис.15).

Рис.11. Изменение давления при угле поворота регулирующего элемента 0 гр.

Рис.12. Изменение давления при угле поворота регулирующего элемента 15 гр.

Рис.13. Изменение давления при угле поворота регулирующего элемента 30 гр.

Рис.14. Изменение давления при угле поворота регулирующего элемента 45 гр.

Рис.15. Изменение давления при угле поворота регулирующего элемента 60 гр.

Первый случай с углом поворота регулирующего элемента ноль осуществляется в ситуации подбора, когда клапан полностью открыт. Исходя из расчёта видно, что потери давления в клапане составляют 430 Па, что равно 0,04 м. Данное значение удовлетворяет условию, указанному выше, но при этом клапан переразмерен и можно использовать клапан меньшего диаметра (например, $D_y=32$). В данном случае принимаем этот клапан.

Последующие ситуации уже рассматриваются на этапе пуско-наладочных работ. Примем, что углы поворота клапана соответствуют настройкам (позициям) регулирующего элемента. Здесь уже давление, «срезаемое» балансировочным клапаном, будет влиять на увязку гидравлики теплового пункта. Но опять же стоит учитывать значение скорости.

Таким образом, с помощью математического моделирования можно создать ситуацию, чтобы проверить, как теория будет работать на практике. В статье наглядно показано, как правильный (неправильный) подбор клапана будет отражаться на гидравлике участка трубопровода.

При исследовании большее внимание стоит обратить именно на возрастание скорости и последующем шуме. Потому что в реальных условиях скорее возникает именно шум, чем кавитация, связанная с падением давления внутри клапана.

1. Пособие. Особенности проектирования тепловых пунктов систем централизованного теплоснабжения зданий с применением приборов и устройств Данфосс. М: ООО «Данфосс», 2018, с 8;

-
2. Пособие. Основы проектирования тепловых пунктов на базе оборудования Данфосс. М: ООО «Данфосс», 2018, с 65;
 3. Технический каталог. Балансировочные клапаны Danfoss. М: ООО «Данфосс», с 153;
 4. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1). М.: Стандартиформ, 2017;
 5. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. К: П ДП «Такі справи», 2007, с 252.
-