

Исследование гидравлических сопротивлений в современных системах отопления

Д.Г. Усадский, К.А. Цибизова, Д.М. Бекларян

*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград
Институт архитектуры и строительства*

Аннотация: в данной статье выявлена проблема современной системы отопления, которая заключается в падении давления на конкретных участках, которые приводят к уменьшению тепловой производительности. Для практического исследования разработана схема, целью которой является определение гидравлических потерь на 2 участках, с установленными на них арматурами, которые имеют определенный коэффициент сопротивления. Основой для расчета выбран метод удельной потери давления.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, система отопления, местное сопротивление, потеря давления, линейная потеря, регулирующий клапан, тепловой поток, удельная потеря, предварительная настройка.

Потребление энергии в России, как и во всем мире, неуклонно растет и, прежде всего, для обеспечения теплотой инженерных систем зданий и сооружений. Основными тепловыми затратами на коммунально-бытовые нужды в зданиях являются затраты на отопление [1,2]. Современные отопительные установки являются динамичными системами, которые во время эксплуатации работают в разных режимах [3]. Потери возникают на разных участках из-за особенностей системы или из-за самостоятельного изменения давления с помощью балансируемой арматуры [4,5]. Падение давления на конкретном участке приводит к уменьшению его тепловой производительности [6]. Одна из основных задач – снизить возможные потери напора, что позволяет улучшить регулирование отдельных участков и системы в целом. Для того чтобы рассчитать оптимальные диаметры труб по участкам ответвления, определить потери давления на участках, произвести увязку приборов и запорно-регулирующей арматуры сети, оценить расходы теплоносителя на участках необходимо сделать гидравлический расчет системы [7,8]. Теоретически гидравлический расчет основан на уравнении:

$$\Delta P = R \cdot l + Z, \quad (1)$$

где ΔP – линейные потери давления; R – удельные потери давления в трубе;
 l – длина трубы; Z – потери давления в сопротивлении (отводы, краны и т.д).

Уравнение справедливо применимо для конкретного участка.

Для практического исследования, разработана схема исследования гидравлических сопротивлений системы отопления. Работа экспериментальной установки, заключается в моделировании гидравлических потерь на разных участках системы. Теплоноситель из емкости 1, поступает на участки системы с различными гидравлическими сопротивлениями, для определения потерь давления применяется U-образные жидкостные манометры, для подсчета количества теплоносителя установлен счетчик 6, для прокачки теплоносителя в емкость 1 применен насос 2, для предотвращения преждевременного выхода из строя насоса, применяется сетчатый фильтр 3 .

При проведении эксперимента выбрано 2 участка трубы $d = 15$ мм для измерения гидравлического сопротивления, на 1 участке в качестве арматуры используется терморегулирующий клапан Ra-N, обеспечивающий регулирование теплового потока отопительного прибора системы отопления путём изменения расхода теплоносителя через прибор в зависимости от изменения температуры воздуха в обслуживаемом помещении. Регулирующий клапан Ra-N оснащен встроенным устройством для предварительной настройки (примером является таблица №1) [9].

Прямой участок 2 без гидравлических потерь, используется для сравнения с предыдущими участками.

Состав экспериментальной установки (рис.1) включает в себя:

- мембранный бак 1;
- насос 2;
- сетчатый фильтр 3;

- U-образный жидкостный манометр 4;
- терморегулирующий клапан 5;
- счетчик 6;
- штуцер для подключения манометра 7;
- шаровой кран 8.

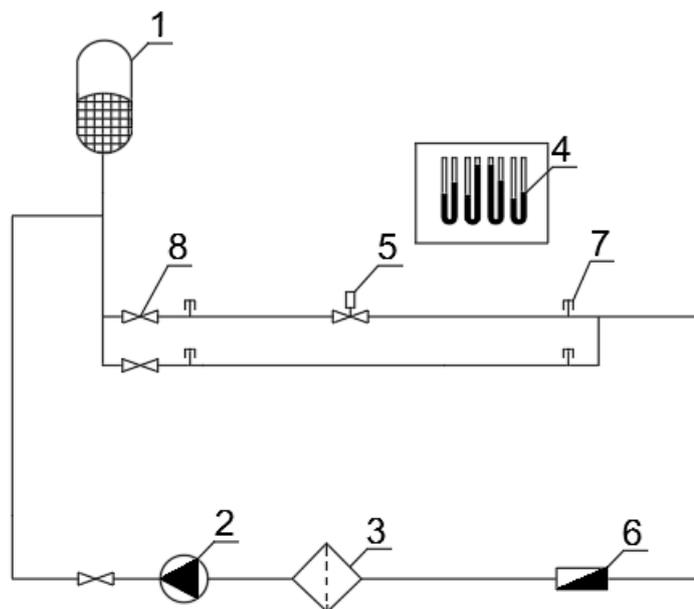


Рис. 1. - Схема экспериментальной установки

Таблица №1

Определение предварительной настройки клапана Ra-N 15

Перепад давл.,мм. вод. Стр-ка	Расход, кг/ч																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500	600	700
0,1	-	-	-	1	-	-	-	2	-	3	4	5	6	7	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,2	-	-	-	-	1	-	-	-	2	3	4	5	-	6	7	-	-	N	-	-	-	-	-	-	-
0,3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	3	4	-	5	-	6	-	7	N	-	-	-	-	-	-
0,4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	3	-	4	-	5	-	6	-	7	N	-	-	-	-	-
0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	3	4	-	-	5	-	6	7	N	-	-	-	-	-

Окончание таблицы №1

0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	-	4	-	5	-	^{6/7}	-	N	-	-	-	-	-
0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	-	-	4	-	-	5	^{6/7}	N	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	-	-	4	-	-	5	6	7	N	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	3	-	-	-	4	5	6	7	N	-	-	-

Основой для расчета выбран метод удельной потери давления [10,11]. Цель, которого заключается в подсчете потерь давления на трение и на местные сопротивления каждого участка системы. Данный метод применяется для расчета систем с естественной циркуляцией. Потери давления расчетного циркуляционного кольца определяются по формуле (2):

$$\Delta P_{\text{уч}} = l_{\text{уч}} \cdot R + Z = l_{\text{уч}} \cdot R + P_{\text{д}} \cdot \sum \xi \quad (2)$$

где $l_{\text{уч}}$ – длина участка, м; R – удельная потеря давления на трение, Па/м;

$P_{\text{д}}$ – динамическое давление, Па; $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Удельная потеря давления на трение R прямо пропорциональна коэффициенту трения λ и динамическому давлению $P_{\text{д}}$ и обратно пропорциональна диаметру трубы d , определяется по формуле (3).

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot P_{\text{д}} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad (3)$$

где d - внутренний диаметр трубы, м; $P_{\text{д}}$ - динамическое давление, Па;

v - скорость потока, м/с; ρ – плотность теплоносителя, кг/м³.

Потери давления в местных сопротивлениях Z зависят от направления движения теплоносителя и изменения его скорости и определяются по формуле (4):

$$Z = P_d \cdot \sum \xi = \frac{v^2}{2} \cdot \rho \cdot \sum \xi \quad (4)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке.

Таким образом, экспериментальная установка даст возможность исследовать и рассчитать конкретные гидравлические сопротивления, с помощью метода удельных линейных потерь давления, современных систем отопления.

Литература

- 1.Скорик Т.А., Галкина Н.И.,Василенко А.И., Энергоэффективность присоединения водяного отопления к тепловым сетям, // Инженерный вестник Дона, 2017,№1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4016.
2. Bhatia A. Heat Loss Calculations and Principles, M04-003 Continuing Education and Devekopment, NY. 52 p.
3. Сканави А.Н., Махов Л.М, Отопление: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 576 с.
4. Дьяченко А.С., Руденко Н.Н. Исследование и моделирование динамики потерь тепла, // Инженерный вестник Дона, 2017 №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4105.
- 5.Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. – К.: ДП «Такісправи», 2010. – 304 с.: ил.
6. Hans U. Fuchs. The Dynamics of Heat: A Unified Approach to Thermodynamics and Heat Transfer. 734 p.
7. Коврина О.Е. Отопление гражданского здания. Примеры расчета: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / М-во образования и наука Рос. Федерации. Волгоград: ВолгГАСУ 2014. – 35 с.

8. Снежко В.Л. Современные способы обработки данных в исследованиях гидравлических сопротивлений турбулентных потоков. Научно-технический вестник Поволжья, 2011, №1. URL: elibrary.ru/item.asp?id=16313442.
9. Паспорт. Клапаны регулирующие типа RA-N. URL: logika-consortium.ru/wp-content/uploads/2017/01/Pasport-termoregulyatora-RA-N.pdf (Дата обращения 31.01.2018)
10. Альтшуль А.Д. Гидравлическое сопротивление. 2-е перераб. И доп. – М.Недра, 1982. -224 с.
11. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. 2-е изд., перераб. И доп. – К.: ПДП Такі справи, 2003. – 58 с.

References

1. Skorik T.A., Galkina N.I., Vasilenko A.I., Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4016.
2. Bhatia A. Heat Loss Calculations and Principles, M04-003 Continuing Education and Devekopment, NY. 52 p.
3. Skanavi A.N., Mahov L.M, Otoplenie: Uchebnik dlja vuzov [Heating: Textbook for high schools]. M.: Izdatel'stvo ASV, 2008. 576 p.
4. D'jachenko A.S., Rudenko N.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017. №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4105.
5. Pyrkov V.V. Gidravlichekoe regulirovanie sistem otopleniya i ohlazhdeniya, [Hydraulic control of heating and cooling systems]. 2010. 304 p.: il.
6. Hans U. Fuchs. The Dynamics of Heat: A Unified Approach to Thermodynamics and Heat Transfer. 734 p.
7. Kovrina O.E. Otoplenie grazhdanskogo zdanija [Heating of a civil building]. Volgograd: VolgGASU 2014. 35 p.
8. Snezhko V.L. Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja, 2011, №1. URL: elibrary.ru/item.asp?id=16313442.



9. Pasport.Klapany reguliruyushchie tipa RA-N URL [Passport. Control valves type RA-N]. URL: logika-consortium.ru/wp-content/uploads/2017/01/Pasport-termoregulyatora-RA-N.pdf (Date of access 31.01.2018)
10. Al'tshul' A.D. Gidravlichesкое soprotivlenija. [Hydraulic resistance]. I dop. M.Nedra, 1982. 224 p.
11. Pyrkov V.V. Osobennosti sovremennyh sistem vodyanogo otopeniya. [Features of modern water heating systems]. 2-e izd., pererab. I dop. K.: IIDP Taki spravi, 2003. 58 p.