

УДК 697.1(107), 697.03:5(107)

Валиуллин М.А. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: posohin@kgasu.ru

Замалеев З.Х. – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование гидравлических характеристик приборных узлов поквартирных систем отопления из РЕХ-труб

Аннотация

В настоящее время при проектировании систем отопления современных зданий находят широкое применение трубы из сшитого полиэтилена высокой прочности (РЕХ), которые имеют высокие эксплуатационные показатели. При расчете таких систем отопления необходимо иметь сведения о гидродинамических характеристиках РЕХ-труб и узлов из них, которые необходимы при выполнении гидравлического расчета. В работе экспериментально определяются приведенные коэффициенты местных сопротивлений различных приборных узлов из РЕХ-труб с использованием современной запорно-регулирующей арматурой, коэффициенты гидравлического трения и удельные характеристики сопротивления самих РЕХ-труб. Полученные данные необходимы для проектировщиков и специалистов в области отопления.

Ключевые слова: РЕХ-трубы, приведенный коэффициент местного сопротивления, коэффициент гидравлического трения, удельная характеристика сопротивления, приборный узел.

В поквартирных системах отопления [1] рекомендуется применять трубы из термостойких полимерных материалов, разрешенных к применению в санитарно-технических системах зданий [2]. Это могут быть трубы, выполненные из сшитого полиэтилена высокой прочности (далее – трубы РЕХ) и др. Труба РЕХ [3] представляет собой пятислойную конструкцию, состоящую из наружного и внутреннего слоев полиэтилена, среднего слоя алюминия и двух клеевых слоев. Алюминиевый слой толщиной от 0,5 до 0,8 мм армирует трубу и препятствует попаданию кислорода воздуха, защищая металлические части систем отопления от преждевременного износа. Наружный и внутренний слой из сшитого полиэтилена обеспечивают защиту алюминиевого слоя трубы от влаги и других агрессивных сред. Выпускаются трубы с наружным диаметром от 12 до 110 мм. Для соединения труб из сшитого полиэтилена используются латунные фитинги. Труба может эксплуатироваться при температуре воды до 90°C и рабочем давлении до 1,0 МПа не менее 25 лет. При этом вода, как теплоноситель, должна отвечать следующим требованиям:

- общее содержание хлорионов и сульфатных ионов не должно превышать 150 мг/л;
- содержание кислорода не должно превышать 0,1 мг/л;
- показатель рН воды должен находиться в пределах 8,0-9,5;
- общая жесткость не должна превышать 4,0 мг-экв/л.

В современных энергоэффективных зданиях тепловая мощность поквартирной системы отопления существенно уменьшилась, что позволяет использовать трубы малых диаметров. В настоящее время отсутствуют данные о гидродинамических характеристиках [4] РЕХ-труб (удельное гидродинамическое давление $P_{уд}$, Па/(кг/ч)², возникающее при расходе воды 1,0 кг/ч; приведенный коэффициент гидравлического трения $\frac{\lambda}{d_p} \cdot \frac{1}{m}$; удельная характеристика сопротивлений $S_{уд}$, Па/м·(кг/ч)²), которые так

необходимы для проведения гидравлического расчета поквартирных систем отопления методом характеристик сопротивлений.

Потери давления в приборных узлах можно определить по формуле:

$$\Delta P_{узда} = S_{узда} \cdot G^2, \quad (1)$$

где G – расход воды, кг/ч; $S_{узла}$ – характеристика гидравлического сопротивления узла, учитывающая потери давления, как на трение, так и в местах сопротивления, Па/(кг/ч)², которая включает в себя характеристики сопротивлений подводов к прибору и замыкающего участка. Согласно [5]:

$$S_{узла} = P_{уд} \left(\frac{\lambda}{d_p} \cdot l + \sum \xi \right) = P_{уд} \cdot \xi_{np}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения. Для РЕХ-труб при турбулентном движении, согласно [3]:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312(2-b) \cdot \lg(3,7 \cdot d_p / K_s)}{\lg Re_\phi - 1} \right]}{\lg(3,7 \cdot d_p / K_s)}, \quad (3)$$

где b – число подобия режимов течения воды; K_s – коэффициент эквивалентной шероховатости, м, принимается равным $1 \cdot 10^{-6}$ м; Re_ϕ – фактическое число Рейнольдса:

$$Re_\phi = \frac{d_p \cdot V}{\nu}. \quad (4)$$

Здесь V – скорость течения воды, м/с; d_p – расчетный диаметр трубы, м; ν – коэффициент кинематической вязкости воды, м²/с, принимается с учетом температуры воды. При температуре воды 70°C $\nu = 0,41 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

$$d_p = 0,5(2d_n + \Delta d_n - 4S^* - 2\Delta S^*), \quad (5)$$

где d_n – наружный диаметр трубы, м; Δd_n – допуск на наружный диаметр трубы, м; S^* – толщина стенки трубы, м; ΔS^* – допуск на толщину стенки трубы, м.

Число Рейнольдса $Re_{кв}$, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении воды, [6] определяется по формуле:

$$Re_{кв} = \frac{500d_p}{K_s}. \quad (6)$$

Число подобия режимов течения воды b определяют по формуле:

$$b = 1 + \frac{\lg Re_\phi}{\lg Re_{кв}}, \quad (7)$$

где l – длина участка труб, м; $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке; $P_{уд} = \frac{6,25}{10^8 \cdot \rho \cdot d_p^4}$ – удельное гидродинамическое давление, возникающее при расходе

воды 1 кг/ч, Па/(кг/ч)²; ρ – средняя плотность воды, кг/м³ (при температуре воды 70°C $\rho = 977,81$ кг/м³); ξ_{np} – приведенный коэффициент местного сопротивления приборного узла.

В автомодельной области, где имеет место устойчивый турбулентный режим, значения $P_{уд}$, $\frac{\lambda}{d_p}$ и $S_{уд}$ могут быть определены как постоянные для заданного диаметра труб d_p (табл. 1).

Таблица 1

$\frac{d_n, \text{ мм}}{d_p, \text{ м}}$	$P_{уд}, \frac{\text{Па}}{(\text{кг/ч})^2}$	$\frac{\lambda}{d_p}, \frac{1}{\text{м}}$	$S_{уд}, \frac{\text{Па}}{\text{м}(\text{кг/ч})^2}$
$\frac{15}{0,01065}$	$53,3 \cdot 10^{-4}$	2,065	$110 \cdot 10^{-4}$
$\frac{20}{0,01405}$	$16,4 \cdot 10^{-4}$	1,566	$25,68 \cdot 10^{-4}$
$\frac{25}{0,01755}$	$6,74 \cdot 10^{-4}$	1,254	$8,45 \cdot 10^{-4}$
$\frac{32}{0,02265}$	$2,43 \cdot 10^{-4}$	0,97	$2,36 \cdot 10^{-4}$
$\frac{40}{0,0284}$	$0,98 \cdot 10^{-4}$	0,775	$0,76 \cdot 10^{-4}$
$\frac{50}{0,03555}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	0,62	$0,25 \cdot 10^{-4}$

Учитывая тот факт, что приборный узел состоит из нескольких близко расположенных латунных соединений фитингов и терморегулирующей арматуры, приведенный коэффициент местного сопротивления определяется экспериментальным путем.

Значения ξ_{np} приборных узлов однотрубных вертикальных и горизонтальных систем отопления из РЕХ-труб при различных позициях регулирования расхода с использованием проходных клапанов [7] получены экспериментальным путем в лабораториях ТГВ КГАСУ, результаты которых представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

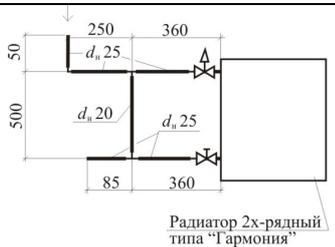
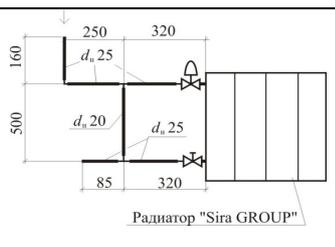
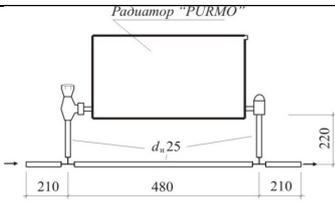
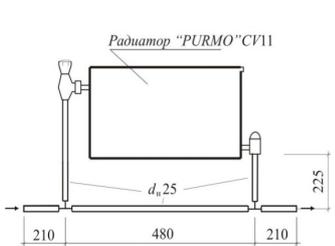
№	Эскиз приборного узла	ξ_{np} при различных позициях регулирования проходного клапана с термостатической головкой ГЕРЦ-ДИЗАЙН «МИНИ»					
		*	1	2	3	4	5
		6,5	12	16	20	24	28
1	2	3	4	5	6	7	8
1		38,48	36,55	29,7	24,79	23,34	23,2
2		30,2	28,64	25,19	20,6	19,2	19,03

Таблица 3

№	Эскиз приборного узла	ξ_{np} при различных оборотах штока регулирующего клапана				
		обороты				
		Закрыто	1	2	3	Открыто
		ход штока, %				
1	2	3	4	5	6	7
1		17,06	16,9	16,2	14,85	14,85
2		24,86	20,62	20,48	20,22	20,2

Из табл. 2 и 3 видно, что приведенные коэффициенты местных сопротивлений ξ_{np} для приборных узлов из РЕХ-труб значительно больше, чем ξ_{np} аналогичных приборных узлов из медных труб [8]. Такое расхождение полученных экспериментальных результатов можно объяснить использованием в приборных узлах соединительных латунных деталей (фитингов), внутренние диаметры которых оказались на 35 % меньше, чем внутренние диаметры подводок из РЕХ-труб.

На основе приведенных исследований определены гидродинамические характеристики самих РЕХ-труб и частично приведены коэффициенты местных сопротивлений приборных узлов из РЕХ-труб.

Список библиографических ссылок

1. Замалеев З.Х., Осипова Л.Э., Валиуллин М.А., Сафиуллин Р.Г. Примеры расчетов по отоплению и вентиляции жилого дома. – Казань: КГАСУ, 2007. – 176 с.
2. ТУ 2248-039-00284581-99. Трубы напорные из сшитого полиэтилена для систем холодного и горячего водоснабжения. – М.: НИИ сантехники, 1999. – 30 с.
3. СП 41-109-2005. Проектирование и монтаж внутренних систем водоснабжения и отопления зданий с использованием труб из сшитого полиэтилена. – М.: ГУП «НИИ Мосстрой», 2005. – 30 с.
4. Ганс Росс. Гидравлика систем водяного отопления 5-е изд. – СПб.: Питер, 2009, 2009. – 365 с.
5. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. ч. I. Отопление / Под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.
6. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 352 с.
7. Покотиллов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло – и холодоснабжения. – Вена: фирма «Herz Armaturen», 2010. – 176 с.
8. Гилязов Д.Г., Валиуллин М.А. Исследование гидравлических сопротивлений приборных узлов из медных труб с трехходовыми и проходными термостатическими клапанами // Известия КГАСУ, 2012, № 1 (19). – С. 89-93.

Valiullin M.A. – candidate of technical sciences, professor

E-mail: posohin@kgasu.ru

Zamaleev Z.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaja st., 1

The study of hydraulic characteristics of nodes of heating devices for residential heating systems made of PEX-pipes

Resume

At present days in reference literature there are practically no data on the hydraulic characteristics of pipes made from the sewn high strength polyethylene (PEX). However, these pipes are widely used in the residential heating systems of energy-efficient buildings. The way out of this situation can be found in the experimental investigations, the result of which would be the data on the hydraulic characteristics of knots consisting of modern locking-regulating valves, fittings and PEX-pipes. In apartment heating systems the various knots with various schemes of connection of heating devices can be used. For the hydraulic calculation of such heating systems it is necessary to have data on hydraulic resistance coefficient of knots of heating devices at various levels of setup of balancing valves and at various positions of adjustment of an expense of the heat carrier. The values of coefficient of hydraulic friction and the characteristics of resistance of PEX-pipes themselves, as well as the coefficients of local resistance of nodes for the apartment heating systems from PEX-pipes were obtained in the

KSUAE laboratories at different levels of customization balancing valves and different positions of the heat carrier flow control regulators, and this data can be used by designers and experts in the field of heating in the calculation of such systems.

Keywords: PEX-pipes, reduced coefficient of local resistance, coefficient of hydraulic friction, specific resistance characteristic, node of heating device.

Reference list

1. Zamaleev S.H., Osipova L.A., Valiullin M.A., Safiullin R.G. Examples of calculations for heating and ventilation of residential homes. – Kazan: KSUAE, 2007. – 176 p.
2. TU 2248-039-00284581-99. Pressure pipes from cross-linked polyethylene pipes for cold and hot water supply systems. – M.: НИИ Сантехники, 1999. – 30 p.
3. SP 41-109-2005. Design and assembly of water-supply and heating systems in buildings using cross-linked polyethylene pipes. – M.: НИИ Мосstroy, 2005. – 30 p.
4. Bogoslovskij V.N., Krupnov B.A., Skanavi A.N. and others. Internal sanitary-engineering systems. In Three Parts. Part 1. Heating / Edited by I.G. Staroverov and Y. Schiller, 4-th ed., reprocessing and add. – M.: Stroiizdat, 1990. – 344 p.
5. Hans Ross. Hydraulics of water heating systems. 5-th ed. – SPb.: Peter, 2009. – 365 p.
6. Zamaleev S.H., Posokhin, V.N., Chefanov V.M. Basics of hydraulics and heat engineering. – SPb.: Publishing house «LAN», 2014. – 352 p.
7. Pokotilow V.V. Control valves of automated heating and cooling systems. – Vienna: «Herz Armaturen», 2010. – 176 p.
8. Gilyazov D.G., Valiullin M.A. Study of hydraulic resistance of heating appliances made of copper tubes with three-way faucets and thermostatic valves // News of the KSUAE, 2012, № 1 (19) – P. 89-93.