

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.343

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-6-172-178

*Н.И. КУРИЛЕНКО, К.Е. КУЗЬМЕНКО,
Тюменский индустриальный университет*

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

В данной научно-исследовательской работе приведен анализ существующих методик проведения испытаний трубопроводов теплоснабжения на тепловые потери и гидравлические сопротивления, описаны отдельные этапы обработки данных. Методики испытаний рассмотрены с точки зрения корректности получения данных на стадии фактического этапа сбора информации. На основании полученных данных возможно оценить имеющийся потенциал принятых методов проведения испытаний.

Ключевые слова: централизованное теплоснабжение; тепловые потери; гидравлические потери; испытания; трубопроводы.

Для цитирования: Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е. Анализ существующих методов проведения испытаний на тепловых сетях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 6. С. 172–178. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-6-172-178

*N.I. KURILENKO, K.E. KUZMENKO,
Tyumen Industrial University*

ANALYSIS OF HEAT NETWORK TESTING METHODS

Purpose: Improvement of the heat network testing and data collection methods. The analysis of heat losses, hydraulic resistance, and data processing. The testing methods are considered from the point of view of the data correctness obtained during the data collection. **Methodology:** Heat network testing and the data processing analysis. **Findings:** The paper determines the need to adjust the heat network testing methods for thermal and hydraulic losses. **Practical implications:** The calculation inaccuracy is identified, and a set of measures is proposed to clarify the results obtained. The obtained data can be used to evaluate the heat network testing methods. **Value:** Regulatory documents and engineering requirements for heat network testing of resource-supplying organizations are insufficient since they do not allow for the use of modern control methods and measuring equipment.

Keywords: centralized heat supply; heat losses; hydraulic losses; heat network testing; pipelines.

For citation: Kurilenko N.I., Kuzmenko K.E. Analiz sushchestvuyushchikh metodov provedeniya ispytaniy na teplovykh setyakh [Analysis of heat network testing methods]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 6. Pp. 172–178.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-6-172-178

Общие положения проведения испытаний на наружных тепловых сетях систем теплоснабжения

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена несовершенством требований действующего нормативно-технического законодательства РФ к проведению испытаний на тепловых сетях ресурсоснабжающих организаций. Существующие методы проведения испытаний на тепловые и гидравлические потери не учитывают возможности использования современного контрольно-измерительного оборудования.

Аргументы, приведенные в статье, определяют необходимость корректировки принятых методик проведения испытаний на тепловые и гидравлические потери. В результате выполненной работы определены неточности при проведении расчётов, а также предложен комплекс мероприятий по уточнению получаемых результатов.

Целью представленной статьи является корректировка принятых методов по проведению испытаний на тепловых сетях, а также изменение концепции сбора исходных данных.

Целью проведения испытаний на тепловые и гидравлические потери является определение эксплуатационного износа тепловой изоляции тепловых сетей, а также изменение толщины стенок и коэффициента шероховатости трубопроводов.

При подготовке к проведению испытаний на тепловых сетях необходимо выполнить сборку циркуляционного кольца, определенного на основании расчетов [1]. Циркуляционное кольцо включает в себя типовые участки тепловых сетей, подключенных к источнику теплоснабжения, участвующего в испытаниях.

При выполнении испытаний используется различное контрольно-измерительное оборудование, приведенное в табл. 1.

Таблица 1

Фиксируемые параметры и применяемое оборудование

| Измеряемый параметр | Измерительный прибор | Требования к измерительным приборам |
|----------------------------------|--|---|
| 1. Давление, кгс/см ² | Манометр механический/цифровой | Измеряемые значения не должны превышать 2/3 шкалы измерений Класс прибора МТ:1 |
| 2. Температура, °С | Манометр механический | Допустимая погрешность при проведении измерений ± 1 % |
| 3. Расход, м ³ /ч | Расходомер ультразвуковой/электромагнитный | Допустимая погрешность при проведении измерений $\pm 2,5$ % Наличие поверки |

$$\Delta H = H_{\text{н}} - H_{\text{к}} = \left(\frac{p_{\text{н}} \cdot 10^4}{\rho} + h_{\text{т.н}} \right) - \left(\frac{p_{\text{к}} \cdot 10^4}{\rho} + h_{\text{т.к}} \right), \quad (1)$$

где $H_{\text{н}}$ и $H_{\text{к}}$ – полный напор в трубопроводе в начале и конце участка, м; $p_{\text{н}}$ и $p_{\text{к}}$ – показания манометров в начале и конце участка трубопровода, кг/см²; $h_{\text{т.н}}$ и $h_{\text{т.к}}$ – геодезические отметки (поправки) на положение манометров, установленных в начале и конце участка, м; определяются по следующей формуле:

$$h_{\text{т.н(к)}} = \frac{(p_{\text{т}}^{\text{ст}} - p_{\text{н(к)}}^{\text{ст}}) 10^4}{\rho}, \quad (2)$$

где $p_{\text{т}}^{\text{ст}}$ – давление на источнике тепла или в наиболее низкой точке наблюдения при статическом режиме, кгс/см²; $p_{\text{н(к)}}^{\text{ст}}$ – давление в рассматриваемой точке (в начале или конце участка) при статическом режиме, кгс/см²; ρ – плотность воды при температуре испытаний, кг/м³.

Для определения степени корректности расчетов на гидравлические потери необходимо рассмотреть метод определения расчетного параметра, в данном случае – гидравлическое сопротивление для вводимого в эксплуатацию трубопровода [4]. Гидравлическое сопротивление определяем по формуле

$$\Delta H = s_{\text{уч}}^{\text{п(о)}} \cdot G^2, \quad (3)$$

где G – ожидаемый расход воды при испытаниях, м³/ч; $s_{\text{уч}}^{\text{п(о)}}$ – сопротивление каждого участка магистрали по подающему и обратному трубопроводу, ч²/м⁵, определяется по формуле

$$s_{\text{уч}}^{\text{п(о)}} = s_{\text{л}} \cdot L + s_{\text{м}} \Sigma \xi, \quad (4)$$

где $s_{\text{л}}$ – удельное сопротивление 1 м трубопровода, ч²/м⁶ или м/[(м³/ч)²·м]; $s_{\text{м}}$ – удельное сопротивление единицы коэффициента местных сопротивлений, ч²/м⁵ или м/(м³/ч)²; $\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений по участкам; L – длина участка трубопровода, м.

Рассмотрев приведённые методы расчета потерь напора, а также схему сборки циркуляционного кольца, делаем вывод, что испытания, организованные согласно данной методике, не учитывают эффект Вентури, который является следствием закона Бернулли [5–7].

Эффект Вентури определяет зависимость внутреннего давления от диаметра трубопровода и скорости движения теплоносителя. Принцип действия закона Вентури заключается в падении давления при движении потока жидкости или газа через участок меньшего диаметра [8, 9]. Для определения изменения давления при увеличении/уменьшении диаметра трубопровода необходимо рассмотреть уравнение Бернулли:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{u_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{u_2^2}{2 \cdot g}, \quad (5)$$

где P – давление, Па; ρ – плотность жидкости, кг/м³; u – скорость движения жидкости, м/с; Z – высота, м; g – ускорение свободного падения.

Для расчета приняты три трубопровода: Ду1000, Ду500 и Ду300, принципиальная схема расчетного трубопровода приведена на рис. 2. Исходные данные и результаты расчетов приведены в табл. 2.

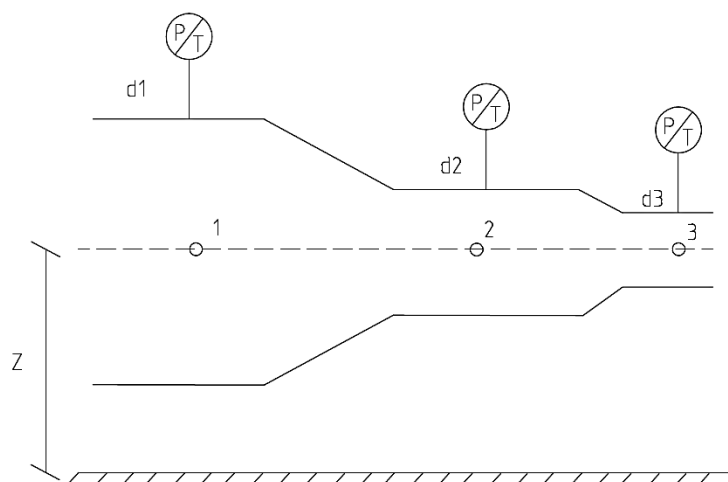


Рис. 2. Принципиальная схема расчетного трубопровода

Таблица 2

Фиксируемые параметры и применяемое оборудование

| Точка измерения давления № 1 | | | Точка измерения давления № 2 | | | Точка измерения давления № 3 | | |
|------------------------------|----------|-------------------|------------------------------|----------|-------------------|------------------------------|----------|-------------------|
| D | 1080 | мм | D | 630 | мм | D | 325 | мм |
| G | 6000 | м ³ /ч | G | 6000 | м ³ /ч | G | 6000 | м ³ /ч |
| u | 2,22 | м/с | u | 5,8 | м/с | u | 23,5 | м/с |
| P | 60 | м.в.ст. | P | 58,53614 | м.в.ст. | P | 32,10413 | м.в.ст. |
| | 588408,3 | Па | | 574052,6 | Па | | 314839 | Па |
| ρ | 1000 | кг/м ³ | ρ | 1000 | кг/м ³ | ρ | 1000 | кг/м ³ |
| Z | 1 | м | Z | 1 | м | Z | 1 | м |

Из полученных результатов следует, что изменение давления внутри трубопровода пропорционально изменению внутреннего диаметра трубопровода и, как следствие, изменению скорости движения жидкости [10]. Несмотря на то, что в приведенных расчетах не учтено влияние местных и линейных гидравлических потерь, с учетом эффекта Вентури уменьшение давления в трубопроводе Ду500 по отношению к Ду1000 составило 2,44 %, при сравнении падения давления в Ду1000 и Ду300 данное значение составляет 46 %.

На основании анализа методов проведения испытаний на тепловых сетях на гидравлические потери, а также принципов сборки циркуляционного

кольца при проведении испытаний сделан вывод о некорректности принятых методик. При фиксировании необходимых данных на стадии экспериментальной фазы проведения испытаний манометр, установленный на меньшем диаметре трубы, учитывает не только возникающие линейные и местные гидравлические сопротивления, но и уменьшение давления, возникающее вследствие эффекта Вентури.

С целью повышения точности проводимых испытаний требуется внести изменения в процесс сборки циркуляционного кольца, выполнив установку группы манометров как в начале испытуемого участка (диаметра одного размера), так и в конце. Установка манометров на трубопроводе одного диаметра даст возможность выполнить фиксацию линейных потерь и местных сопротивлений, участвующих в дальнейших расчетах, а также позволит избежать фиксации некорректных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е. Актуализация методов проведения испытаний на тепловых сетях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 1. С. 116–123.
2. Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери : РД 34.20.519-97 : утв. Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» 24.04.97. Москва, 1989. 22 с.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Ленинград : Энергоиздат, 1982. 141 с.
4. Агапкин, В.М., Борисов С.Н., Кривошеин Б.Л. Справочное руководство по расчетам трубопроводов. Москва : Недра, 1987. 53 с.
5. Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хин Э.Б. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей : справочник. Москва : Стройиздат, 1988. 241 с.
6. Николаев А.А. Проектирование тепловых сетей : справочник. Москва : Стройиздат, 1965. 347 с.
7. Tuomas E., Skriniska A. An exploration of heat consumption for production of domestic hot water in central heat substations // Statyba. 1998. V. IV. № 3. P. 196–201.
8. Williams B. Point Arguello Project Start-up Blocked Again // Oil and Gas Journal. 1990. V. 88. № 47. P. 34–36.
9. Zemenkov Yu.D., Moiseev B.V., Toropov S.Y. Industrial power system: Textbook. Tyumen : Oil and Gas University Publishing House, 2014. 236 p.
10. Krylov G.V., Moiseev B.V., Stepanov O.A. Fundamentals of Heat Power Engineering in Gas Industry. Moscow : Nedra-Business Center, 1999. 239 p.

REFERENCES

1. Kurilenko N.I., Kuzmenko K.E. Aktualizatsiya metodov provedeniya ispytaniy na teplovykh setyakh [Heat network testing actualization]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 1. Pp. 116–123. (rus)
2. Metodicheskiye ukazaniya po ispytaniyu vodyanykh teplovykh setey na gidravlicheskiye poteri: RD 34.20.519-97 [Guidelines for testing hydraulic losses of heat networks]. Moscow, 1989. 22 p. (rus)
3. Chugayev R.R. Gidravlika [Hydraulics]. Leningrad: Energoizdat, 1982. 141 p. (rus)
4. Agapkin V.M. Spravochnoye rukovodstvo po raschetam truboprovodov [Reference guide for pipeline calculations]. Moscow: Nedra, 1987. 53 p. (rus)
5. Manyuk V.I., Kaplinskiy Ya.I., Khin E.B. Naladka i ekspluatatsii vodyanykh teplovykh setey [Adjustment and operation of heat networks]. Moscow: Stroyizdat, 1988. 241 p. (rus)

6. *Nikolayev A.A.* *Proyektirovaniye teplovykh setey* [Heat network design]. Moscow: Stroyizdat, 1965. 347 p. (rus)
7. *Tuomas E., Skrinska A.* An exploration of heat consumption for production of domestic hot water in central heat substations. *Statyba*. 1998. V. 4. No. 3. Pp. 196–201.
8. *Williams B.* Point Arguello Project start-up blocked again. *Oil and Gas Journal*. 1990. V. 88, No. 47. Pp. 34–36.
9. *Zemenkov Yu.D., Moiseev B.V., Toropov S.Y.* Industrial power system. Tyumen, 2014. 236 p.
10. *Krylov G.V., Moiseev B.V., Stepanov O.A.* Fundamentals of heat power engineering in gas industry. Moscow: Nedra-Business Center, 1999. 239 p.

Сведения об авторах

Куриленко Николай Ильич, канд. физ.-мат. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, Kurilenkoni@tyuiu.ru

Кузьменко Кирилл Евгеньевич, аспирант, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, Kyzmenkoke@suenco.ru

Authors Details

Nikolai I. Kurilenko, PhD, A/Professor, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, Kurilenkoni@tyuiu.ru

Kirill E. Kuzmenko, Research Assistant, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, KyzmenkoKE@suenco.ru