

ВЕЛИЧИНА ПРОБНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЕЖЕГОДНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

С.В. Чичерин

Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

В данной работе в сжатом виде приведена информация, которая может помочь сформулировать современные представления о выборе величины испытательного давления, а также хронологический порядок их становления. Источники, включенные в настоящий обзор, представляют собой традиционные печатные и электронные материалы российских и зарубежных научных журналов. Все авторы рассматривают повреждения коррозионной природы, а также используют связь давления с диаметром трубопровода. Почти все авторы принимают во внимание, что на выбор величины должны влиять как марка стали, так и геометрические характеристики трубопровода и прочностные характеристики сварной конструкции. Однако связь в виде прямо- и обратно пропорциональных зависимостей не соответствует современным представлениям о механизме разрушения металлического трубопровода. Выявлено, что положение, согласно которому разрушение стенки трубы при гидравлическом испытании происходит, когда напряжение в стенке достигает временного сопротивления разрыву, является чрезвычайно упрощенным. Приведена методика определения максимального давления опрессовки с учетом толщины стенки в рассматриваемый момент, скорости коррозии, величины диаметра и марки стали трубопровода. Имеется запатентованная методика, ее недостатками является сложность и отсутствие программной реализации. Кроме того, нет даже потенциальной возможности интеграции с современными программными расчетными комплексами. Рассмотрена статья, где давление определяется с учетом условий предельного нагружения и коррозионного износа сильфонных компенсаторов, секторных колен и других элементов. Одна из работ вводит понятие адекватной величины пробного давления и подробно показывает связь процесса разрушения металлической стенки и допустимых нагрузок. Предложена визуализация соотношения между глубиной и протяженностью повреждения. При выборе давления не учитываются вопросы потребления тепла и расположения тепловой сети относительно существующих построек. Работы не являются актуальными на международном уровне, где на первый план выходит концепт систем централизованного теплоснабжения четвертого поколения.

Ключевые слова: опрессовка, коррозия, трубопровод, срок службы, надежность, эксплуатация, подземный, углеродистая сталь.

Введение

Январь 2017 года начался с морозов, хотя о том, что минусовые температуры в этом сезоне будут рекордными, говорилось не раз. Тем не менее, ленты информагенств пестрят сообщениями: «В Красногорске после аварии в котельной введен режим ЧС. 12 тысяч человек остались без отопления». «Для жителей подмосковного Королева из-за аварии на теплотрассе организовали пункты обогрева. Без отопления остались 59 многоквартирных домов». «В Подмоскowie из-за аварии более 4 тысяч человек остались без тепла и горячей воды». «Десятки домов остались без тепла в Петербурге». «Из-за прорыва теплотрассы в Керчи без тепла остались почти 16 тысяч человек». «Из-за аварии на распределительной станции в Люберцах, Лыткарино, Котельниках без света Рождество встречают свыше 100 тысяч человек. В части домохозяйств нет и воды: лопнули замерзшие трубы на теплотрассе». «В Тутаеве (Ярославская область) из-за прорыва теплотрассы десятки жилых домов остались без горячей воды». Без теплоснабжения и горячей воды остался

микрорайон в Твери, те же проблемы – в Пскове, Новосибирске [1].

Основные причины проблемы (изношенность тепловых сетей, т. е. теплотрасс, связанная с постоянным недофинансированием программ ремонта коммунальной инфраструктуры, и низкое качество строительно-монтажных работ) понятны и не имеют научного решения [2]. Вместе с тем Федеральными нормами [3] предписывается проведение гидравлических испытаний в целях проверки плотности и прочности оборудования тепловых сетей перед началом отопительного периода. Их непроведение неминуемо приведет к санкциям по отношению к руководству организации, эксплуатирующей тепловые сети, со стороны федерального надзорного органа технической безопасности (Ростехнадзор). Изменение директивных требований едва ли что-то изменит, так как гидравлические испытания являются основным методом, посредством которого планируется 98 % работ по поддержанию надежности [4]. Вопрос выбора величины испытательного давления возник с момента начала проведения таких испытаний и до сих пор остается актуальным.

1. Методы

Был предпринят обзор русско- и англоязычных источников относительно данной тематики. В данной работе в сжатом виде приведена информация, которая может помочь сформулировать современные представления о выборе величины испытательного давления, а также хронологический порядок их становления. Автор делает попытку руководствоваться индуктивным методом построения научных гипотез, предполагающим логический вывод общей закономерности развития на основе знаний, полученных для отдельных объектов данного класса, а именно методов выбора пробного давления в зависимости от неких исходных данных [5]. Источники, включенные в настоящий обзор, представляют собой традиционные печатные и электронные материалы российских и зарубежных научных журналов. Мы уделили внимание также нормативно-технической документации и трудам ведущих ученых, по учебным изданиям которых велось и ведется обучение специалистов-энергетиков. Было проанализировано и сопоставлено состояние вопроса в разных странах.

2. Результаты

2.1. Нормативные документы и реальная ситуация

Вступившими в силу с 1995 г. правилами эксплуатации [6] установлено минимальное значение пробного давления на уровне 1,25 рабочего давления. Максимальное значение пробного давления устанавливается с учетом максимальных нагрузок, которые могут принять на себя неподвижные опоры. В конечном итоге выбор значения пробного давления оставлен за техническим руководителем организации, эксплуатирующей тепловые сети, в допустимых пределах, указанных выше. В заменившем их в 2003 г. и действующем поныне отраслевом стандарте [7] эта формулировка сохранилась. Таким образом, уровень испытательного давления жестко не регламентирован, в каждой конкретной организации, эксплуатирующей тепловые сети, специалистами рассчитывается по своему и задается в приказах и инструкциях [8]. Часто он не рассчитывается, а принимается из года в год на одном уровне, или даже выбирается непосредственно при проведении испытаний, исходя из опыта мастера бригады и «задним числом» заносится в акт.

2.2. Формула профессора Е.Я. Соколова

Одним из самых ранних предложений является определение давления по формуле [9]

$$p_t = p_n + \frac{2\delta\sigma}{d}, \quad (1)$$

где p_t – испытательное давление (trial), Па; p_n – рабочее давление (normal), Па; δ – интенсивность коррозии в год, м; σ – временное сопротив-

ление разрыву металла, из которого выполнена стенка трубы, Па; d – внутренний диаметр трубопровода, м.

Согласно формуле (1) при прочих равных условиях испытательное давление зависит от диаметра трубопровода. Тогда трубопроводы малых диаметров должны испытываться при более высоком давлении. Этот тезис хорошо соотносится с тем, что мы видим на практике: так диаметр 800–600 мм прессуется давлением 2,6 МПа, а 500 мм и ниже – 2,8–3,0 МПа [10]. В целом же положение, согласно которому разрушение стенки трубы при гидравлическом испытании происходит, когда напряжение в стенке достигает временного сопротивления разрыву, является чрезвычайно упрощенным по сравнению с более поздними исследованиями [11].

2.3. Методика профессора А.А. Ионина

В 2001 г. А.А. Иониным [12] была предложена методика определения максимального давления опрессовки с учетом толщины стенки в рассматриваемый момент, скорости коррозии, величины диаметра и марки стали трубопровода.

Скорость коррозии определяется в отопительный сезон, и по диаграмме, на которой построены линии как отдельно для каждого номинального диаметра, так и для каждой марки стали в координатах «испытательное давление – толщина стенки», получают соответствующее давление разрушения при опрессовке. Величина давления опрессовки не должна превышать давления, при котором напряжения в теле трубы превышают предельно допустимые, с учетом уменьшения стенки трубопровода к концу отопительного сезона.

Автор акцентирует внимание на локальности коррозионных явлений и нежелательности ужесточенных испытаний на всем протяжении трубопровода. Развивая эту мысль, предлагается использовать современные ГИС, с помощью которых в настоящее время успешно решаются задачи картирования нагрузок и планирования развития систем централизованного теплоснабжения [13, 14].

Достоинством данной работы является также то, что автор отмечает недостатки гидравлических испытаний в целом такие как:

1) в результате коррозионного утонения стенки трубы растягивающее напряжение при опрессовках в ее теле может достигать пределы текучести, вызывая пластические деформации, ускоряя коррозионные процессы;

2) из статистического анализа повреждений теплопровода в отопительный период и в период летних гидравлических испытаний следует, что значение частот отказов примерно одинаковы. Это означает, что процесс вскрытия повреждений во время прессовок приводит к сокращению отказов в отопительный период, компенсируется встречным процессом активизации коррозии трубопровода.

2.4. Дифференцированная система проведения гидравлических испытаний

Известен способ гидравлических испытаний трубопроводов тепловых сетей повышенным давлением, при котором давление определяют с учетом предела текучести, скорости деградации, длительности эксплуатации и скорости суммарной коррозии металла трубопровода [15]. Это позволяет учесть скорость деградации, скорости общей и суммарной коррозии, которая, как отмечено, является причиной около 90 % от всех отказов. Экстраполируя данный тезис, мы видим аналогичную картину в целом по России [16] и в других странах, например, Латвии [17] и Великобритании [18].

Таким образом, имеется запатентованная [19] методика, ее недостатками является сложность и отсутствие программной реализации. Кроме того, предложен лишь способ определения давления для отдельных участков; нет даже потенциальной возможности интеграции с современными программными расчетными комплексами (Zulu, Гольфстрим, Ангара и др.).

2.5. Учет критически нагруженных и ответственных элементов трубопроводов тепловой сети

Была изучена статья [20], подготовленная по результатам работы, выполненной по заказу ОАО «Московская теплосетевая компания» специалистами ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» и НП «Российское теплоснабжение». Она касается разработки рекомендаций по предельным параметрам и условиям проведения гидравлических испытаний трубопроводов тепловых сетей для оценки их эксплуатационной надежности. В качестве критически нагруженных и ответственных элементов трубопроводов тепловой сети при обосновании условий и параметров проведения гидравлических испытаний с учетом условий предельного нагружения и коррозионного износа рассматривались сильфонные компенсаторы, секторные колена с разным числом секторов и неуравновешенные по нагрузке узлы закрепления трубопроводов в неподвижных опорах.

Подчеркивается, что при назначении давления гидравлического испытания необходимо учитывать технические возможности по созданию реальных значений испытательного давления. В свою очередь такая возможность зависит от схемных решений, принимаемых по мере проектирования новых и расширения существующих сетей. Ключевая характеристика, определяющая схему сети – это надежность. Наиболее совершенным методом ее оценки является метод аварийно-ремонтных зон, который позволяет оценить вероятность поступления теплоносителя конкретному потребителю с учетом структуры сети и надежности функционирования отдельных ее элементов. Анализ этой [21, 22] и других методик [23] показал, что при этом не

принимается в расчет возможность проведения гидравлических испытаний, которые, повторяясь, являются основным методом, посредством которого планируется большая часть работ по поддержанию надежности.

При составлении маршрута сети не уделяется внимание расположению элементов опорно-подвесной системы и количеству отводов: так тепловая сеть, имеющая несколько углов поворота на небольшом участке, может быть признана оптимальной [24, 25].

2.6. Учет прочностных характеристик сварной конструкции

Отраслевым стандартом [26] предусмотрен расчет пробного давления по следующей формуле

$$p_t = \frac{1,8\varphi(s-c)\sigma}{d-(s-c)}, \quad (2)$$

где p_t – испытательное давление (trial), МПа; φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении; s – номинальная толщина стенки трубы, мм; c – суммарная прибавка к толщине стенки, мм; σ – минимальное значение предела текучести при температуре 20С, МПа; d – внутренний диаметр трубопровода, мм.

Таким образом, на выбор величины должны влиять как марка стали, так и геометрические характеристики трубопровода и прочностные характеристики сварной конструкции. Однако связь в виде прямо- и обратнопропорциональных зависимостей не соответствует современным представлениям о механизме разрушения металлического трубопровода [27]. Кроме того, находящаяся и в числителе, и в знаменателе величина $(s - c)$ приведет опять же к связи с толщиной стенки трубы, что сильно затрудняет определение фактического состояния трубопроводов тепловых сетей и не является обоснованным [28].

2.7. Адекватная величина и визуализация

Исследование [29] вводит понятие «адекватная величина пробного давления» – это максимальное значение внутреннего давления рабочей среды (воды) при испытании трубопроводного участка на прочность, необходимое и достаточное для определения технического состояния участка к моменту испытания и для обеспечения его работоспособного состояния в течение прогнозируемого срока дальнейшей эксплуатации (до следующего очередного испытания).

Как и в предыдущих работах рассматриваются повреждения коррозионной природы, однако здесь достаточно подробно показана связь процесса разрушения металлической стенки и допустимых нагрузок, что хорошо соотносится с материалом статьи [30]. Предложено соотношение между глубиной и протяженностью повреждения. Рекомендуется пользоваться графической визуализацией областей параметров коррозионных поврежде-

ний, соответствующих каждому виду технического состояния трубопровода. Примененная теория деградации участка тепловой сети напоминает содержащуюся в работах, посвященных оценке срока службы [31]. Рассмотренный авторами пример показал адекватную величину в 2,8 МПа, т. е. давление, в 1,75 раза превышающее рабочее (1,6 МПа).

Заключение

Работы не являются актуальными на международном уровне, где на первый план выходит концепт систем централизованного теплоснабжения четвертого поколения [32–34], предполагающий отказ от использования графиков регулирования с высокими расчетными температурами, вовлечение в общий контур возобновляемых источников и др. В странах Западной Европы [35], Скандинавии и США [36] ежегодные гидравлические испытания и вовсе не проводятся.

Обращает на себя внимание то, что все рассмотренные авторы напрямую или опосредованно используют связь давления с диаметром трубопровода. В то же время существует сложившееся в работах некоторых авторов [37, 38] предложение об определении диаметра путем решения задачи оптимизации суммы затрат, связанных со строительством и эксплуатацией трубопровода. В силу упомянутой специфики развитых стран затраты, связанные с проведением гидравлических испытаний, не входят в расчет, однако их включение может сместить приоритет в пользу больших диаметров в силу меньшего рекомендуемого испытательного давления.

При выборе давления не учитываются вопросы потребления тепла (летом на нужды ГВС) и расположения тепловой сети относительно существующих жилых и административных зданий [39], влияние неизбежных порывов на находящиеся неподалеку объекты городской инфраструктуры [40].

Несмотря на отмеченные отрицательные последствия гидравлических испытаний в целом [41] и новые разработанные методики диагностирования, такие как [42, 43] опрессовка остается основным методом, посредством которого планируется большая часть работ по поддержанию надежности.

Литература

1. Григорьева, Л. Изношенные на 70 % тепло-трассы будут «штопать» за счет повышения тарифов на услуги ЖКХ. – <https://versia.ru/iznoshennyye-na-70-teplotrassy-budut-shtopat-za-schet-povysheniya-tarifov-na-uslugi-zhkh> (дата обращения: 16.01.2017).
2. Чичерин, С.В. Повышение надежности и сокращение тепловых потерь путем устройства продольного дренажа на магистральных тепловых сетях города Омска / С.В. Чичерин // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – № 4. – С. 61–66. DOI: 10.17213/0321-2653-2016-4-61-66
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (приказ Ростехнадзора № 116 от 25.03.2014 г.)
4. Гончаров, А.М. Методы диагностики тепловых сетей, применяемые в реальных условиях эксплуатации действующих тепловых сетей ОАО «МТК» / А.М. Гончаров // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 6 (82). – С. 31–34.
5. Рузавин, Г.И. Методология научного исследования / Г.И. Рузавин. – М.: Юнити, 2000. – 317 с.
6. РД 34.20.501-95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.
7. СО 153-34.20.501-2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.
8. Рожков, Р.Ю. Управление режимом теплоснабжения в зоне эксплуатационной ответственности ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» / Р.Ю. Рожков // Новости теплоснабжения. – 2012. – № 1 (137). – С. 26–30.
9. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / Е.Я. Соколов. – 7-е изд., стереот. – М.: Изд-во МЭИ, 2011. – 472 с.
10. Липовских, В.М. Опыт опрессовки трубопроводов тепловых сетей на повышенное давление / В.М. Липовских // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 6 (10). – С. 19–21.
11. Kozak, D. Determination of the critical pressure for a hot-water pipe with a corrosion defect / D. Kozak, Z. Ivandić, P. Konjatić // Materials and Technology. – 2010. – Vol. 44, no. 6. – P. 385–390.
12. Ионин, А.А. Обоснование уровня давления при летних гидравлических испытаниях теплопроводов / А.А. Ионин, Я.Х. Фридман // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 6 (10). – С. 22–27.
13. Nielsen, S. GIS based analysis of future district heating potential in Denmark / S. Nielsen, B. Möller // Energy. – 2013. – Vol. 57. – P. 458–468. DOI: 10.1016/j.energy.2013.05.041
14. GIS-based assessment of the district heating potential in the USA / H.C. Gils, J. Cofala, F. Wagner, W. Schöpp // Energy. – 2013. – Vol. 58. – P. 318–329. DOI: 10.1016/j.energy.2013.06.028
15. Плишивцев, В.Г. Дифференцированная система проведения гидравлических испытаний магистральных тепловых сетей / В.Г. Плишивцев, Ю.А. Пак, М.В. Глухих и др. // Тепловые сети. Современные практические решения: тр. Третьей науч.-практ. конф. – М.: Новости теплоснабжения, 2008.
16. Москалёв, И.Л. Повреждаемость основных узлов сетей теплоснабжения городов Российской Федерации / И.Л. Москалёв, В.В. Литвак // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326, № 7. – С. 70–80.

17. Damages of the Tallinn district heating networks and indicative parameters for an estimation of the networks general condition / A. Hlebnikov, A. Volkova, O. Džuba et al. // *Scientific Journal of Riga Technical University. Environmental and Climate Technologies*. – 2010. – Vol. 5, no. 1. – P. 49–55. DOI: 10.2478/v10145-010-0034-3
18. Duffy, P.F. Underground district heating mains: Causes of failure / P.F. Duffy // *Building Services Engineering Research and Technology*. – 1991. – Vol. 12, no. 3. – P. 111–113. DOI: 10.1177/014362449101200305
19. Пат. 2364849 Российская Федерация. Способ гидравлических испытаний трубопроводов тепловых сетей повышенным давлением / В.Г. Плишивцев, Ю.А. Пак, М.В. Глухих, Г.А. Филиппов; заявитель и патентообладатель Плишивцев Всеволод Георгиевич – № 2008108269/28; заявл. 05.03.2008; опубл. 20.08.2009, Бюл. № 23. – 18 с.
20. Определение оптимальных параметров гидравлических испытаний тепловых сетей / В.Н. Скоробогатых, А.Б. Попов, О.Н. Жарикова и др. // *Новости теплоснабжения*. – 2008. – № 7. – С. 22–26.
21. Горбунова, Т.Г. Надежность тепловых сетей различных схем при развитии систем теплоснабжения: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т.Г. Горбунова. – Казань, 2014. – 16 с.
22. Ziganshin, S.G. Reliability of Thermal Networks for City Development / S.G. Ziganshin, Y.V. Vankov, T.G. Gorbunova // *Procedia Engineering*. – 2016. – Vol. 150. – P. 2327–2333. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.315
23. Tian, Y. Connection Method between Urban Heat-supply Systems Based on Requirement of Limited-heating / Y. Tian, Z. Zhou, Z. Wang // *Procedia Engineering*. – 2016. – Vol. 146. – P. 386–393. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.417
24. Optimal lay-out and operation of district heating and cooling distributed trigeneration systems / D. Buoro, M. Casisi, P. Pinamonti, M. Reini // *ASME Turbo Expo 2010: Power for Land, Sea, and Air*. – American Society of Mechanical Engineers. – 2010. – P. 157–166. DOI: 10.1115/GT2010-23416
25. Chinese, D. Optimal size and layout planning for district heating and cooling networks with distributed generation options / D. Chinese // *International Journal of Energy Sector Management*. – 2008. – Vol. 2, no. 3. – P. 385–419. DOI: 10.1108/17506220810892946
26. СТО Ростехэкспертиза 10.001–2009 «Тепловые сети. Нормы и методы расчета на прочность». – М., 2009.
27. Cronin, D.S. Prediction of the failure pressure for complex corrosion defects / D.S. Cronin, R.J. Pick // *International journal of pressure vessels and piping*. – 2002. – Vol. 79, no. 4. – P. 279–287. DOI: 10.1016/S0308-0161(02)00020-0
28. Чичерин, С.В. Повышение надежности систем централизованного теплоснабжения с использованием результатов технического диагностирования тепловых сетей / С.В. Чичерин, В.М. Лебедев, С.В. Глухов // *Промышленная энергетика*. – 2016. – № 11. – С. 28–32.
29. Муравин, Е.Л. Оценка адекватной величины пробного давления при выполнении гидравлических испытаний трубопроводных участков городских тепловых сетей / Е.Л. Муравин, Ю.П. Бородин, В.Г. Харебов // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. – 2011. – № 2 (24). – С. 39–45.
30. Cole, I.S. The science of pipe corrosion: A review of the literature on the corrosion of ferrous metals in soils / I.S. Cole, D. Marney // *Corrosion science*. – 2012. – Vol. 56. – P. 5–16. DOI: 10.1016/j.corsci.2011.12.001
31. Hallberg, D. Status, needs and possibilities for service life prediction and estimation of district heating distribution networks / D. Hallberg, B. Stojanović, J. Akander // *Structure and Infrastructure Engineering*. – 2012. – Vol. 8, no. 1. – P. 41–54. DOI: 10.1080/15732470903213740
32. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems / H. Lund, S. Werner, R. Wiltshire et al. // *Energy*. – 2014. – Vol. 68. – P. 1–11. DOI: 10.1016/j.energy.2014.02.089
33. Tol, H.I. Improving the dimensioning of piping networks and network layouts in low-energy district heating systems connected to low-energy buildings: A case study in Roskilde, Denmark / H.I. Tol, S. Svendsen // *Energy*. – 2012. – Vol. 38, no. 1. – P. 276–290. DOI: 10.1016/j.energy.2011.12.002
34. Dalla Rosa, A. The Development of a New District Heating Concept. Network Design and Optimization for Integrating Energy Conservation and Renewable Energy Use in Energy Sustainable Communities. PhD thesis / A. Dalla Rosa. – Technical University of Denmark, 2012.
35. MacKenzie-Kennedy, C. District Heating, Thermal Generation and Distribution: A Practical Guide to Centralised Generation and Distribution of Heat Services / C. MacKenzie-Kennedy. – Oxford: Pergamon Press Ltd., 1979. – 198 p. DOI: 10.1016/B978-0-08-022711-5.50002-5
36. District Heating Guide / G. Phetteplace et al. – Atlanta: ASHRAE, 2013. – 374 p.
37. Phetteplace, G. Optimal design of piping systems for district heating / G. Phetteplace. – Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, NH, 1995. – No. CRREL-95-17.
38. Ulloa, P. Potential for Combined Heat and Power and District Heating and Cooling from Waste-to-Energy Facilities in the U.S. – Learning from the Danish Experience. PhD thesis / P. Ulloa. – Columbia University, 2007.
39. Delmastro, C. The evaluation of buildings energy consumption and the optimization of district heating networks: a GIS-based model / C. Delmastro, G. Mutani, L. Schranz // *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. – 2015. – P. 1–9.

40. Kulawiak, M. *SafeCity – A GIS-based tool profiled for supporting decision making in urban development and infrastructure protection* / M. Kulawiak, Z. Lubniewski // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2014. – Vol. 89. – P. 174–187. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.08.031

41. Матвеев, В.И. *Последствия проведения гидравлических испытаний и альтернативные пути обеспечения надежной эксплуатации тепловых сетей* / В.И. Матвеев, С.Я. Алибеков // *Новости теплоснабжения*. – 2007. – № 8 (84). – С. 19–20.

42. Чичерин, С.В. *Новая методика определения степени коррозионного поражения элементов систем трубопроводного транспорта* / С.В. Чичерин // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2016. – Т. 327, № 12. – С. 110–115.

43. Чичерин, С.В. *Методика планирования и организации работ по тепловой инфракрасной аэро съемке тепловых сетей* / С.В. Чичерин // *Энергобезопасность и энергосбережение*. – 2016. – № 6. – С. 32–36. DOI: 10.18635/2071-2219-2016-6-32-36

Чичерин Станислав Викторович, аспирант, кафедра «Теплоэнергетика», Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск; man_csv@hotmail.com.

Поступила в редакцию 24 января 2017 г.

DOI: 10.14529/power170102

PRESSURE VALUE DURING ANNUAL PRESSURE TESTS OF HEAT DISTRIBUTION SYSTEM

S.V. Chicherin, man_csv@hotmail.com

Omsk State Transport University, Omsk, Russian Federation

This paper gives insight into the use of pressure tests in Russia. The country has a wide underground district heating distribution network that degrades. Therefore test procedures have to be utilized. The decision-making history of the pressure prediction is described step-by-step. The reviewed literature includes traditional research such as scientific Russian and European papers, practical guides and web sources. Some examples of equations are also given. The focus of this paper is on the sustainability issues related to the methods of pressure prediction, including its contribution to the sustainability, anticipated structural longevity and maintaining the opportunity for development. Reliable prediction of pressure enhances overall safety and economic efficiency. The need for this approach has grown rapidly since the late 20th century; at the same time, the necessity to systematically process the large amount of consistent and high-quality data has also increased.

Keywords: corrosion, pipeline, lifetime, reliability, maintenance, strategy, management, underground, carbon steel.

References

1. Grigor'eva L. *Iznoshennye na 70 % teplotrassy budut "shtopat" za schet povysheniya tarifov na usluzhi ZhKH*. Available at: <https://versia.ru/iznoshennye-na-70-teplotrassy-budut-shtopat-za-schet-povysheniya-tarifov-na-uslugi-zhkh> (accessed 16.01.2017)

2. Chicherin S.V. [The Reliability Improvement and Reducing Heat Losses by Forming the Groundwater Drainage System of Omsk Heat Transmission Mains]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [University News North-Caucasian Region Technical Sciences Series], 2016, no. 4, pp. 61–66. (in Russ.) DOI: 10.17213/0321-2653-2016-4-61-66

3. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Pravila promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'yektov, na kotorykh ispol'zuyetsya oborudovaniye, rabotayushcheye pod izbytochnym davleniyem"* [The Federal Rules and Regulations in the Field of Industrial Safety "Industrial Safety Requirements of Hazardous Production Facilities Dealing with Pressurized Units"] (the Rostekhnadzor decree 25 March 2014 no. 116).

4. Goncharov A.M. [The Distribution System Test Methods Used During the Actual Maintenance of "MTK", JSC Working Heating Utility Pipelines]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat Supply News], 2007, no. 6, pp. 31–34. (in Russ.)

5. Ruzavin G.I. *Metodologiya nauchnogo issledovaniya* [Methodology of Scientific Research]. Moscow Juniti Publ., 2000. 317 p.
6. RD 34.20.501-95. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii elektricheskikh stantsiy i setey Rossiyskoy Federatsii* [Russian Federation Code of Operation for Electrical Power Plants and Grids].
7. SO 153-34.20.501-2003. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii elektricheskikh stantsiy i setey Rossiyskoy Federatsii* [Operational Requirements for Electrical Power Plants and Networks in the Russian Federation].
8. Rozhkov R.Yu. [The Administering the Heating Regime of the “St. Petersburg Heating Grid”, JSC Operation Area]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat Supply News], 2012, no. 1 (137), pp. 26–30. (in Russ.)
9. Sokolov E.A. *Teplofikatsiya i teplovye seti* [Direct Heat Supply and Heating Network]. Moscow, MEI Press, 2011. 472 p.
10. Lipovskikh V.M. [The Upper Pressure Tests Experience of District Heating Pipelines]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat Supply News], 2001, no. 6 (10), pp. 19–21. (in Russ.)
11. Kozak D., Ivandić Z., Konjatić P. Determination of the Critical Pressure for a Hot-Water Pipe with a Corrosion Defect. *Materials and Technology*, 2010, vol. 44, no. 6, pp. 385–390.
12. Ionin A.A., Fridman Ya.Kh. [Rationale for the Pressure Levels During Summer Hydraulic Heat Distribution Lines Tests]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat Supply News], 2001, no. 6 (10), pp. 22–27. (in Russ.)
13. Nielsen S., Möller B. GIS Based Analysis of Future District Heating Potential in Denmark. *Energy*, 2013, vol. 57, pp. 458–468. DOI: 10.1016/j.energy.2013.05.041
14. Gils H.C., Cofala J., Wagner F., Schöpp W. GIS-Based Assessment of the District Heating Potential in the USA. *Energy*, 2013, vol. 58, pp. 318–329. DOI: 10.1016/j.energy.2013.06.028
15. Pleshivtsev V.G., Pak Yu.A., Glukhikh M.V., Filippov G.A., Chevskaya O.N., Pozdnyakov V.A. [Differentiated System for Main Heating Network Hydraulic Tests]. *Trudy III nauchno-prakticheskoi konferentsii “Teplovye seti. Sovremennye prakticheskie resheniya”* [Abstracts of the Third Scientific and Practical Conference. “Heat Networks. Modern Practical Solutions”]. Moscow, Novosti teplosnabzheniya Publ., 2008.
16. Moskalev I.L., Litvak V.V. [The Level of Damage of the Main Knots of Heat Supply Networks in the Cities of the Russian Federation]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2015, vol. 326, no. 7, pp. 70–80. (in Russ.)
17. Hlebnikov A., Volkova A., Džuba O., Poobus A., Kask Ü. Damage of the Tallinn District Heating Networks and Indicative Parameters for an Estimation of the Networks General Condition. *Scientific Journal of Riga Technical University. Environmental and Climate Technologies*, 2010, vol. 5, no. 1, pp. 49–55. DOI: 10.2478/v10145-010-0034-3
18. Duffy P.F. Underground District Heating Mains: Causes of Failure. *Building Services Engineering Research and Technology*, 1991, vol. 12, no. 3, pp. 111–113. DOI: 10.1177/014362449101200305
19. Pleshivtsev V.G., Pak Yu.A., Glukhikh M.V., Filippov G.A. *Sposob gidravlicheskikh ispytaniy truboprovodov teplovykh setey povyshennym davleniem* [Method for Hydraulic Tests of Heating Utility Pipelines with High Pressure]. Patent RF, no. 2364849, 2009.
20. Skorobogatykh V.N., Popov A.B., Zharikova O.N., Rotmistrov Ya.G., Agapov R.V., Alimov Kh.A. [Selecting the Rational Testing Mode of Heating Utility Pipelines Hydraulic Tests]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat Supply News], 2008, no. 7, pp. 22–26. (in Russ.)
21. Gorbunova T.G. *Nadezhnost' teplovykh setey razlichnykh skhem pri razvitii sistem teplosnabzheniya: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Reliability of Thermal Networks of Various Schemes at Development of Systems of Heat Supply. Abstract of cand. diss.]. Kazan, 2014. 16 p.
22. Ziganshin S.G., Vankov Y.V., Gorbunova T.G. Reliability of Thermal Networks for City Development. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 150, pp. 2327–2333. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.315
23. Tian Y., Zhou Z., Wang Z. Connection Method between Urban Heat-Supply Systems Based on Requirement of Limited-Heating. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 146, pp. 386–393. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.417
24. Buoro D., Casisi M., Pinamonti P., Reini M. Optimal Lay-Out and Operation of District Heating and Cooling Distributed Trigenation Systems. *ASME Turbo Expo 2010: Power for Land, Sea, and Air*, American Society of Mechanical Engineers, 2010, pp. 157–166. DOI: 10.1115/GT2010-23416
25. Chinese D. Optimal Size and Layout Planning for District Heating and Cooling Networks with Distributed Generation Options. *International Journal of Energy Sector Management*, 2008, vol. 2, no. 3, pp. 385–419. DOI: 10.1108/17506220810892946
26. *STO Rostekhekspertiza 10.001–2009 “Teplovye seti. Normy i metody rascheta na prochnost”* [Rostekh ekspertiza Standard 10.001–2009. Heat Distribution System. Strength Calculating Materials and Methods]. Moscow, 2009.
27. Cronin D.S., Pick R.J. Prediction of the Failure Pressure for Complex Corrosion Defects. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 2002, vol. 79, no. 4, pp. 279–287. DOI: 10.1016/S0308-0161(02)00020-0
28. Chicherin S.V., Lebedev V.M., Glukhov S.V. [Increased Reliability of District Heating System Based

on the Results of Technical Diagnostics of Thermal Networks]. *Promyshlennaya energetika* [Industrial Power], 2016, no. 11, pp. 28–32. (in Russ.)

29. Muravin E.L., Borodin Yu.P., Kharebov V.G. [Adequate Trial Pressure Value Estimation at Pipeline Sites of City Thermal Networks Hydraulic Testing Performance]. *Truboprovodnyy transport: teoriya i praktika* [Pipeline Transport: Theory and Practice], 2011, no. 2 (24), pp. 39–45. (in Russ.)

30. Cole I.S., Marney D. The Science of Pipe Corrosion: A Review of the literature on the Corrosion of Ferrous Metals in Soils. *Corrosion Science*, 2012, vol. 56, pp. 5–16. DOI: 10.1016/j.corsci.2011.12.001

31. Hallberg D., Stojanović B., Akander J. Status, Needs and Possibilities for Service Life Prediction and Estimation of District Heating Distribution Networks. *Structure and Infrastructure Engineering*, 2012, vol. 8, no. 1, pp. 41–54. DOI: 10.1080/15732470903213740

32. Lund H., Werner S., Wiltshire R., Svendsen S., Thorsen J.E., Hvelplund F., Mathiesen B.V. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating Smart Thermal Grids into Future Sustainable Energy Systems. *Energy*, 2014, vol. 68, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.energy.2014.02.089

33. Tol H.I., Svendsen S. Improving the Dimensioning of Piping Networks and Network Layouts in Low-Energy District Heating Systems Connected to Low-Energy Buildings: A Case Study in Roskilde, Denmark. *Energy*, 2012, vol. 38, no. 1, pp. 276–290. DOI: 10.1016/j.energy.2011.12.002

34. Dalla Rosa, A. The Development of a New District Heating Concept. Network Design and Optimization for Integrating Energy Conservation and Renewable Energy Use in Energy Sustainable Communities. PhD thesis; Technical University of Denmark, 2012.

35. MacKenzie-Kennedy C. District Heating, Thermal Generation and Distribution: A Practical Guide to Centralized Generation and Distribution of Heat Services, Oxford, Pergamon Press Ltd., 1979. 198 p. DOI: 10.1016/B978-0-08-022711-5.50002-5

36. Phetteplace G. et al. District Heating Guide. Atlanta, ASHRAE, 2013. 374 p.

37. Phetteplace G. Optimal Design of Piping Systems for District Heating. Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, NH, 1995. – No. CRREL-95-17.

38. Ulloa P. Potential for Combined Heat and Power and District Heating and Cooling from Waste-to-Energy Facilities in the U.S. – Learning from the Danish Experience. PhD thesis. Columbia University, 2007.

39. Delmastro C., Mutani G., Schranz L. The Evaluation of Buildings Energy Consumption and the Optimization of District Heating Networks: a GIS-Based Model. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 2015, pp. 1–9.

40. Kulawiak M., Lubniewski Z. SafeCity – A GIS-Based Tool Profiled for Supporting Decision Making in Urban Development and Infrastructure Protection. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, vol. 89, pp. 174–187. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.08.031

41. Matveyev V.I., Alibekov S.Ya. [The Pressure Test Adverse Effect and Alternatives of Ensuring the District Heating Systems Failure-Free Maintenance]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat Supply News], 2007, no. 8 (84), pp. 19–20. (in Russ.)

42. Chicherin S.V. [New Approach to Determination of Corrosion Damage Degree of Pipeline System Elements]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2016, vol. 327, no. 12, pp. 110–115.

43. Chicherin S.V. [An Aerial Infrared Thermography Planning and Processing Methodology]. *Energo-bezopasnost' i energosberezhenie* [Energy Safety and Energy Economy], 2016, no. 6, pp. 32–36. DOI: 10.18635/2071-2219-2016-6-32-36

Received 24 January 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Чичерин, С.В. Величина пробного давления при проведении ежегодных гидравлических испытаний тепловых сетей / С.В. Чичерин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 13–20. DOI: 10.14529/power170102

FOR CITATION

Chicherin S.V. Pressure Value During Annual Pressure Tests of Heat Distribution System. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 13–20. (in Russ.) DOI: 10.14529/power170102