

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Юршева Н.В, Григорьева А.Е.
Оренбургский государственный университет**

Аварии в коммунальных системах жизнеобеспечения населения – электроэнергетических, канализационных системах, водопроводных и тепловых сетях редко сопровождаются гибелью людей, однако они создают существенные трудности жизнедеятельности, особенно в холодное время года. Аварии в системах водоснабжения нарушают обеспечение населения водой или делают воду непригодной для питья.

В РФ общая протяженность подземных нефте-, водо- и газопроводов составляет около 20 миллионов километров, при этом из-за постоянных интенсивных волновых (колебаний давления, гидроударов) и вибрационных процессов, участки этих коммуникаций приходится постоянно ремонтировать и полностью заменять. При общей динамики аварийности, по оценкам экспертов, причинами разрыва трубопроводов являются:

- 60% случаев – гидроудары, перепады давления и вибрации
- 25% - коррозионные процессы
- 15% - природные явления и форс-мажорные обстоятельства.

В течение всего срока эксплуатации трубопроводы испытывают динамические нагрузки (пульсации давления и связанные с ними вибрации, гидроудары и т.д.). Они возникают при работе нагнетательных установок, срабатывании запорной трубопроводной арматуры, случайно возникают при ошибочных действиях обслуживающего персонала, аварийных отключениях электропитания, ложных срабатываниях технологических защит и т.п. Данная статья посвящена выявлению некачественно выполненных работ при монтаже систем водоснабжения.

В качестве объекта исследования было использовано соединение элементов шарового крана с металлической трубой:

- шаровой кран DN-25 СТАНДАРТ 220 ВхВ ГАЛЛОП Новосибирск; условный диаметр DN 25 мм; условное давление PN 16 Мпа; строительная длина 63 мм; max – min °t рабочей среды от -60 до +200 °С; масса 0,373 кг, имеющий с двух сторон внутреннюю резьбу (муфтовое соединение), с одной стороны на резьбе имеются остатки металлической трубы с коррозией.

- металлическая труба условным диаметром 1" (25,4 мм), с толщиной стенки 2,6 мм с нарезанной на одном конце резьбой. На втором конце исследуемой трубы имеется сварное соединение с другой трубой, причем толщина стенки этой трубы (3,15 мм) превышает толщину стенки разрушенной на 0,515 мм. Сварное соединение двух труб несоосно (рисунок 1)



Рисунок 1 – Общий вид разрушенного соединения

При первоначальном предварительном осмотре участка места соединения шарового крана с металлической трубой, с целью установления причины вызвавшей инцидент выявлено, что корпус шарового крана не имеет значительных деформаций (повреждений), которые могли бы привести к разуплотнению (разгерметизации) данного изделия. На кране в месте соединения с муфтой, наблюдаются следы окисных отложений и незначительных механических повреждений (рисунок 2), полученных вероятнее всего в процессе монтажа соединения (следы от газового ключа). Коррозия внутренней части с одной стороны крана отсутствуют. С другой стороны, где находятся остатки металлической трубы – коррозия поверхностная незначительная, в виде окислов железа, по причине коррозии части резьбового участка металлического ответвления.



Рисунок 2 – Шаровой кран

Магистральная оцинкованная труба ($D_{\text{внеш.}}=33,4$ мм) имеет приваренный отрезок трубы ($D_{\text{внеш.}}=33,6$ мм) без оцинкованного покрытия с резьбовой частью.

Труба, которая находилась в контакте с краном (без оцинкованного покрытия), имеет поверхностную коррозию на внешней стороне, и незначитель-

ную коррозию на внутренней стороне. Сварной шов (рисунок 3) выполнен с неравномерным усилением, имеется смещение поверхностей осей трубы на примерно 1,2 мм, состояние работоспособное. Т.к сварной шов не имеет следов разрушений и протечек на время исследований, как причина инцидента исключается и не исследуется.

Согласно ГОСТ 3262-75 «Трубы стальные водопроводные. Технические условия» сортамент предусматривает в зависимости от условного прохода и наружного диаметра 3 вида труб, отличающихся по толщине стенки: легкие, обыкновенные и усиленные.



Рисунок 3 – Общий вид сварного соединения

Согласно замерам стенок и сортаменту ГОСТ 3262-75, разрушенная труба принадлежит к категории легких (толщина стенки 2,60 мм), а труба, приваренная к разрушенной (оцинкованная) – к категории обыкновенных (толщина стенки 3,15 мм). При этом наблюдается некоторое незначительное, предусмотренное ГОСТ, несоответствие размерам толщин труб данным ГОСТ 3262-75: толщина легких – 2,80 мм, толщина обыкновенных – 3,20 мм.

Ввиду отсутствия на поверхности характерных следов, наблюдаемых при нарезании резьбы плашкой (клубком), что подтверждается значениями шероховатости $R_a = 8,19$ мкм (по ГОСТ 9740-71 «Плашки круглые. Технические условия» $R_a = 2,5$ мкм), вероятнее всего резьба была нарезана при помощи резцов на станках токарно-винторезной группы. Также это подтверждается присутствием цветов побежалости синего цвета (рисунок 4 поз. 1) на оставшейся части резьбы трубы, что дает сделать вывод о достижении в данной месте трубы температуры около 300 °С. Такая температура цветов побежалости может быть достигнута только при использовании при нарезании резьбы механизированных средств (станки токарно-винторезной группы). Сталь, нагретая до температур цветов побежалости, обладает худшими механическими свойствами; это объясняется выпадением по границам зерен оксидов и нитридов, ослабляющих связь между зернами (синеломкость).

Для соблюдения параметров резьбы и ее прочностных свойств, согласно ГОСТ 6357-81, для резьбовых соединений стальных труб следует исполнять цилиндрическую трубную резьбу накаткой при помощи накатного автомата на легких трубах и нарезкой резьбы на обыкновенных и усиленных трубах. (СТО НОСТРОЙ 2.15.3-2011 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство систем отопления, горячего и холодного водоснабжения»).

В результате осмотра места соединения крана с трубой выявлено разрушение нарезанной на внешней стенке трубы резьбы в месте соединения с краном (рисунок 4 поз.2), а также деформация и остатки разрушенной резьбы трубы во внутренней части крана по нитям витков резьбы (рисунок 5 поз. 1), причем данная деформация и разрушение резьбы неравномерное (рисунок 5 поз. 2). Вероятнее всего это произошло из-за эксцентриситета патрона токарного станка при нарезании резьбы.

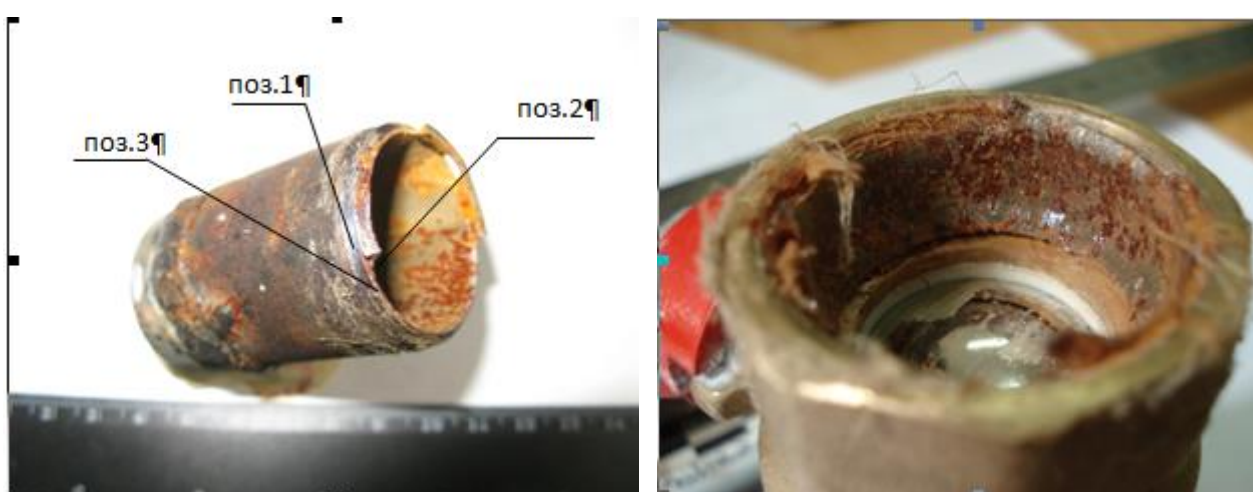


Рисунок 4 – Разрушенная резьба на трубе и в кране

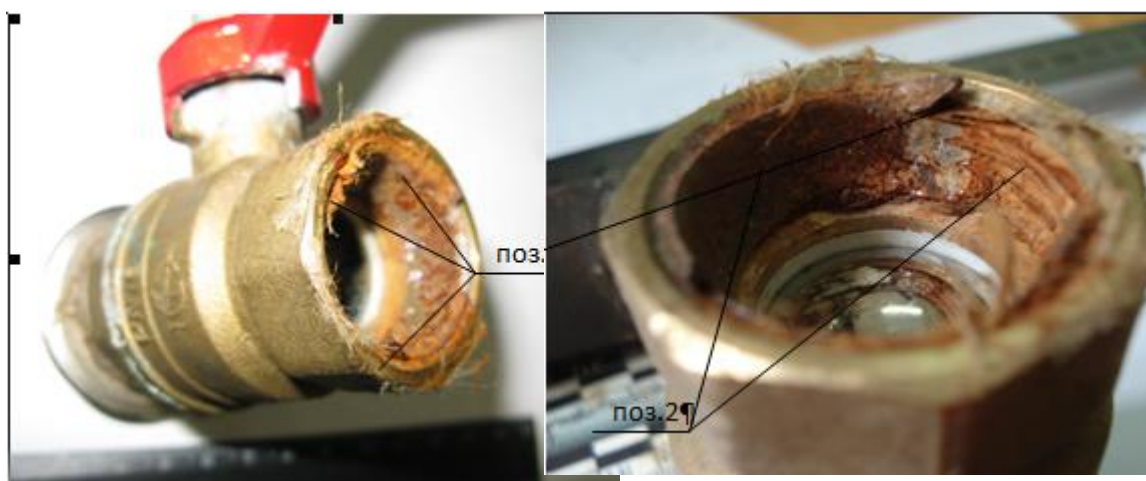


Рисунок 5 – Разрушенная резьба в кране

Кроме того, на трубе выявлены места уменьшения толщины стенки, вызванные нарезанием резьбы (рисунок 4 поз.3, $D_{внеш.} = 33,6$ мм, $D_{внутр} = 29,6$ мм), что не соответствует ГОСТ 6357-81 «Резьба трубная цилиндрическая», в частности значения внутреннего диаметра резьбы (по ГОСТ 6357-81 для труб легкой категории $D_{внеш.} = 33,2$ мм, $D_{внутр} = 30,3$ мм, для труб обыкновенной категории $D_{внеш.} = 33,5$ мм, $D_{внутр} = 33,2$ мм). Таким образом, толщина стенки разрушенной трубы полученной в результате нарезания резьбы уменьшилась на 0,35 мм, по сравнению со значениями указанными в ГОСТ 6357-81 для труб легкой категории, и на 1,45 мм по сравнению со значениями указанными в ГОСТ 6357-81 для труб обыкновенной категории.

Согласно ГОСТ 3845-75 «Трубы металлические. Метод испытания гидравлическим давлением» наибольшее пробное давление для сварных труб диаметром до 480 мм включительно (P_1), МПа (кгс/см^2) вычисляют по формуле:

$$P_1 = \frac{200sR}{D_p};$$

где s – минимальная (с учетом минусового допуска) толщина стенки трубы, мм;

D – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

R – допускаемое напряжение в стенке трубы при испытании, МПа (кгс/мм^2);

D_p – расчетный диаметр трубы, мм, в качестве которого может быть использован:

средний диаметр $D_p = D - s$ (для бесшовных, в том числе котельных, свертопаемых и сварных труб с отношением:

$$\frac{s}{D} \leq 0,13$$

для обследуемой трубы (легкая):

$s = 0,6$ мм; $D = 33,6$ мм; $R = 16$ МПа; $D_p = 33,0$ мм.

Тогда наибольшее пробное давление $P_1 = 58,18$ МПа.

Для трубы (легкой) с резьбой соответствующей ГОСТ 6357-81:

$s = 0,95$ мм; $D = 33,2$ мм; $R = 16$ МПа; $D_p = 31,25$ мм.

Наибольшее пробное давление $P_1 = 97,28$ МПа.

Для трубы (обыкновенной) с резьбой соответствующей ГОСТ 6357-81:

$s = 1,45$ мм; $D = 33,5$ мм; $R = 16$ МПа; $D_p = 32,05$ мм.

Наибольшее пробное давление $P_1 = 144,77$ МПа.

Таким образом, максимальное давление, которое способно выдержать данное соединение, примерно в 2 раза меньше давления для соединения, выполненного по ГОСТ 6357-81 для легких труб и примерно в 3 раза меньше для соединения, выполненного по ГОСТ 6357-81 из обыкновенных труб.

Согласно рекомендациям СНиП (СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»; СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы»; «Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок» №115 (утверждено Приказом Минэнерго России от 24.03.2003)), отопительные системы проверяются давлением, превышающим рабочее в 1,5 раза (при этом не менее 0,6 МПа).

Таким образом, данное соединение способно выдержать давление опрессовки (24МПа), но при этом его запас прочности ниже, ввиду уменьшения толщины стенки, за счет несоблюдения параметров ГОСТ при нарезании резьбы. К тому же данные расчеты справедливы лишь при использовании материалов соответствующих и пригодных для работы в системах холодного водоснабжения, а также при условии отсутствия коррозионного износа резьбового участка металлической трубы и самой трубы, находящейся на момент аварии в соединении с шаровым краном.

Выводы

1 Нарушение целостности соединения (разгерметизация) могло произойти при длительном превышении рабочего давления или резком кратковременном повышении давления в системе ХВС здания.

2 Дефект возник с большой вероятностью в результате отступления от ГОСТ 6357-81 при нарезании резьбы на трубе в из-за уменьшения толщины стенки на величину 0,35 мм для труб легкой категории и на величину 0,85 мм для труб обыкновенной категории, что подтверждается расчетами, представленными выше, и коррозионным износом трубы с нарезанной на ней резьбой, а также использования при нарезании резьбы неисправного оборудования и нерекондованной технологии получения резьбы.

Список литературы

1. ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6) Введ. 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 17 с.

2. ГОСТ 6357-81 «Резьба трубная цилиндрическая» Введ. 1983-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 8 с.

3. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» Введ. 2004-01-01. – М. : Госстрой России, 2004. – 89 с.

4. СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» М. : Госстрой России – ФГУП ЦПП, 2007 – 40 с.

5. «Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок» №115 (утверждено Приказом Минэнерго России от 24.03.2003) Зарегистрировано в Минюсте РФ 02.04.2003 N 4358, 2003 – 117 с.

6. ГОСТ 3845-75 «Трубы металлические. Метод испытания гидравлическим давлением» Введ. 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 6 с.

7. ГОСТ 9740-71 «Плашки круглые. Технические условия» Введ. 1973-06-30. – М. : Изд-во стандартов, 1973. – 65 с.

8. СТО НОСТРОЙ 2.15.3-2011 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство систем отопления, горячего и холодного водоснабжения» Введ. 2011-04-20. – «ИСЗС-Консалт» М. : ООО Издательство «БСТ, 2011. – 50 с.