

К вопросу работы стеклопластиковых труб в инженерных системах теплоснабжения

И.Ф. Кочуров, К.Н. Южаков, Д.В. Лебедев, Л.В. Кочурова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Управление ЖКХ и Транспорта Чайковского городского округа Пермского края

Аннотация: Рассмотрен пример применения стеклопластиковых труб на эпоксидном связующем при замене стальных труб в системе теплоснабжения. Стеклопластиковые трубы в процессе транспортирования теплоносителя подверглись разрушению в местах сопряжения прямых участков с элементами компенсаторов, а также в местах сопряжения со стальными элементами системы в местах подачи и возврата теплоносителя. Целью работы явилось определение причин разрушения элементов трубопровода. В статье рассматривается влияние степени полимеризации связующего в композиционном материале труб, не соответствующей нормативным значениям работы элементов системы теплоснабжения при прохождении через неё теплоносителя. При устройстве трубопроводов из композиционных материалов на основе термореактивных полимеров, работающих в условиях повышенных температур, требуется проверять поставляемую продукцию на соответствие её требованиям нормативной документации с обязательным контролем степени полимеризации связующих.

Ключевые слова: стеклопластиковые трубы, степень полимеризации, линейное тепловое расширение, усадочные напряжения, показатели качества, эксплуатация.

Несмотря на серьёзные заделы в 60–80 годы прошлого столетия советских учёных, проектировщиков, производственников, в разработке, производстве и применении стеклопластиковых материалов в строительстве [1 - 3], а также в стабильном использовании таких материалов за рубежом [4 - 6], российскую строительную отрасль они прочно завоёвывают только в последние двадцать лет. На текущий момент в российских регионах работают предприятия по производству стеклопластиковых труб на основе эпоксидных, полиэфирных полимеров, обеспечивая нефтяников, химиков, строителей трубами разных диаметров и различных конструктивных решений стенок изделий и сопряжений труб [7 - 9]. Производство и применение стеклопластиковых труб привело к развитию нормативной базы по данному сегменту изделий, а именно - в России введёны в действие национальные стандарты: ГОСТ Р 55068-2012 «Трубы и детали трубопроводов из композитных материалов на основе эпоксидных

связующих, армированных стекло- и базальтоволокнами. Технические условия»; ГОСТ Р 54560—2015 «Трубы и детали трубопроводов из реактопластов, армированных стекловолокном, для водоснабжения, водоотведения, дренажа и канализации. Технические условия»; СП 40-104-2001 «Проектирование и монтаж подземных трубопроводов водоснабжения из стеклопластиковых труб». Проектные организации разрабатывают проекты инженерных систем по прокладке сетей холодного, горячего водоснабжения, водоотведения, отопления, в том числе и проекты по замене сетей из отслуживших стальных трубопроводов на изделия из полимерных материалов [10].

При проектировании, изготовлении, монтаже, эксплуатации стеклопластиковых трубопроводов, при специфичности материалов труб, как любого нового материала, необходимо учитывать конструктивную особенность сетей, способную обеспечить одинаковую работоспособность систем, как для металла, так и для стеклопластика [11, 12]. При полноценном подходе в процессе проектирования трубопроводов из стеклопластиковых труб для конкретной транспортируемой жидкости должны учитываться также вопросы: химии, физикохимии силикатов и полимеров, их совместной работы; гидравлики; сопротивления материалов; строительной механики; теплотехники. При реализации проектных решений используемые материалы должны проверяться на соответствие требованиям нормативной документации [12].

Среди публикаций, анализирующих работу трубопроводных систем из стеклопластиков, интерес представляет статья генерального директора ООО «НПП «Завод стеклопластиковых труб» Волкова С.А. [11]. В ней рассматриваются вопросы не только влияния прочностных характеристик армированных связующих, их модулей упругости на работу систем, но и анализируется определение факторов, влияющих на напряженно -

деформированное состояние участков проектируемых инженерных систем, что отражается на их работе.

В данной статье рассмотрен пример реализации проекта: «Реконструкция систем отопления и горячего водоснабжения в городе Очёр Пермского края в части системы отопления. Рабочий проект РП -03-11». Реконструкция системы отопления рассматривает замену стальных труб отопления на стеклопластиковые в соответствии с ГОСТ Р 55068-2012. Теплотрасса, выполненная из стальных труб, имела канальную прокладку с прямолинейными участками в железобетонных конструкциях, с имеющимися компенсаторами через 98, 140 м. Общая длина трассы в одну трубу составляла 1099 м. Замена стальных труб на стеклопластиковые прошла без изменения геометрической схемы прокладки каналов, расчётной схемы трубопровода, имеющиеся опоры были использованы под трубы. В соответствии с проектом, замена стальных труб должна была быть произведена на трубы стеклобазальтокомпозитные номинальным диаметром 250 мм, толщиной стенки 6 мм, номинальным давлением 1,6 МПа, номинальной длиной 13000 мм, для соединения «РКР», максимальной температурой транспортируемой среды 115°C, по показателю взрывоопасности соответствующие группе горючести «горючие». Маркировка трубы по проекту для системы отопления: Т-СБК/Э-Г-250-1,6-13000-РКР-115-Г2 ГОСТ Р 55068-2012.

По окончании монтажа стеклопластикового трубопровода в процессе опрессовки (при температуре +60...+65°C) произошли протекания теплоносителя через угловые соединения в компенсаторах (рис. 1).

В процессе ремонтно-восстановительных мероприятий работоспособность системы была восстановлена в данном интервале температур. При повышении температуры теплоносителя до +75°C после первых дней работы произошли отрывы композитной трубы от переходных буртов на участке сопряжения со стальными трубами: сначала в месте подачи

теплоносителя (рис. 2), а через два дня после восстановления работоспособности сопряжения в месте возврата теплоносителя (рис.3). Разрывы произошли также и в местах опор с жесткой фиксацией труб от перемещений.



Рис. 1. - Наличие брызг теплоносителя через повреждения в угловых соединениях прямой линии трубы с элементами компенсаторов

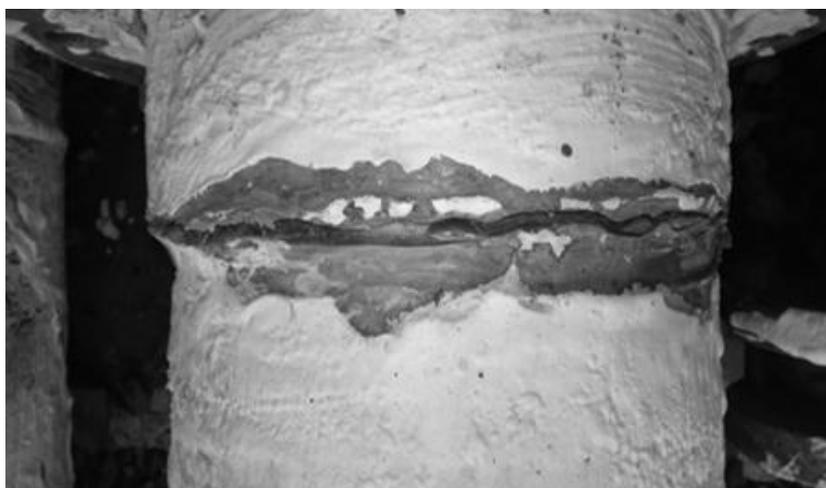


Рис. 2. - Отрыв прямого участка трубы от переходного бурта в месте сопряжения стеклопластиковой трубы со стальной в месте подачи теплоносителя

Для определения причины повреждений трубопровода его материал подвергался комплексному испытанию на соответствие требованиям

нормативного документа ГОСТ Р 55068-2012 «Трубы и детали трубопровода из композитных материалов на основе эпоксидных связующих, армированных стекло- и базальтоволокнами. Технические условия».



Рис. 3. - Отрыв прямого участка трубы от переходного бурта в месте возврата теплоносителя

Результаты испытания показали несоответствие показателей качества материала стеклопластиковых труб требованиям ГОСТ Р 55068-2012 по всему спектру свойств за исключением плотности композиционного материала. Исходя из характера повреждений материала труб (рис.1 – 3), особое внимание при испытании было уделено определению степени полимеризации, среднему коэффициенту линейного теплового расширения и величине относительного удлинения в температурных интервалах опрессовки. Так, фактическая степень полимеризации составила 78,6% при минимальной 95% по ГОСТ Р 55068-2012, а средний коэффициент линейного теплового расширения материала стеклопластиковых труб в осевом направлении $6,7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$ (по ГОСТ Р 55068-2012 этот показатель $13 \dots 17 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$) сохраняет своё значение до 65°C при максимальном относительном удлинении 0,27 мм/м (рис.4).

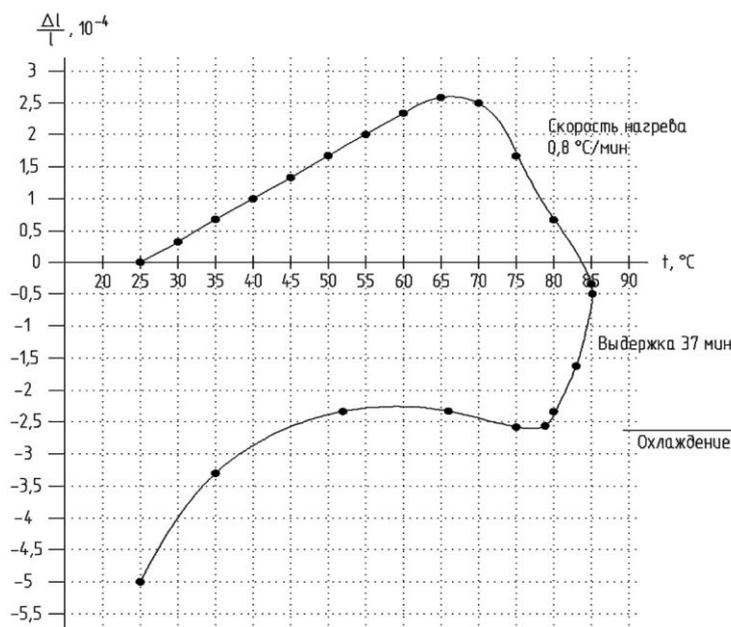


Рис. 4. - Относительное удлинение материала труб в осевом направлении от температуры

При дальнейшем повышении температуры до 85°C наблюдалось обратное поведение материала, выражающееся в его усадке до значения 0,25 мм/м, а при охлаждении до 25°C суммарная усадка составила 0,5 мм/м.

Фактические данные по степени полимеризации связующего и поведение материала труб при его нагреве объясняют механизмы повреждения стеклопластиковых труб при подаче в них теплоносителя. При поступлении в трубы теплоносителя с температурой до +65°C участки труб между компенсаторами, имеющие длину 98, 140 м, удлинялись, имея коэффициент линейного теплового расширения в пределах $6,7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$. На внешних углах соединений труб в компенсаторах растягивающие напряжения привели к локальным повреждениям, через которые произошли протечки (рис.1).

После ремонтно-восстановительных работ угловых соединений подача воды в систему с температурой до +75°C привела к повышению степени полимеризации эпоксидного полимера и соответственно к усадочным

процессам в материале труб. Усадочные напряжения в материале труб в свою очередь привели к их разрушению.

Анализ работы стеклопластиковых труб, использованных при реконструкции системы отопления, путём замены отслуживших стальных труб на трубы из композиционных материалов на основе термореактивных полимеров свидетельствует о необходимости проверки поставляемой продукции на соответствие её требованиям нормативной документации с обязательным контролем степени полимеризации связующих.

Литература

1. Стеклопластиковые трубы в России. URL: genotek.ru. (дата обращения 18.03.2019).
2. Стеклопластиковые трубы. «Полимерные материалы» (История). [Polymerbranch.com>publ/view/50.html](http://Polymerbranch.com/publ/view/50.html). (дата обращения 10.11.2018).
3. Стекловолоконные трубы: прошлое настоящее, будущее. Стеклопластиковые-трубы.рф/articles/future. (дата обращения 18.03.2019).
4. Sullivan D. Curran P.E., Former Executive Director. Fiberglass Pipe Past, Present and Future. [fiberglasstankandpipe.com>...piping/fiberglass-pipe](http://fiberglasstankandpipe.com...piping/fiberglass-pipe). (дата обращения 11.03.2019).
5. Contents.Buried Pipe Design 39. [awwa.org >portals/0/files/publications/documents/](http://awwa.org/portals/0/files/publications/documents/) (accessed 17.03.2009).
6. Fiberglass Reinforced Piping Systems Guide PIPING GUIDE. pipingguide.net>2015/11/fiberglass...systems.html (дата обращения: 17.03.2019).
7. Мясоедова В.В. Применение стеклопластиковых труб и новых композиционных материалов для инженерных сетей водоснабжения и водоотведения // Сантехника, Отопление Кондиционирование, 2004, №6. – С. 28-31.



8. Мишнёв М.В., Асташкин В.М., Маликов Д.А., Королёв А.С., Зырянов Ф.А. Основные принципы технологии изготовления дымовых труб из полимерных композиционных материалов способом вертикальной намотки с подращиванием // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1837.

9. Волков С.А. Стеклопластик - очевидное решение многих проблем нефтянки и ЖКХ // Босс, 2013, №2. – С. 58-61.

10. Давыденко О.В. Обзор современных проблем и перспектив развития водоснабжения и водоотведения на территории Ставропольского края // Инженерный вестник Дона, 2011, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/427.

11. Волков С.А. Стеклопластиковые трубопроводы, особенности работы и ошибки монтажа. URL: zst.ru/company/news/107. (дата обращения 18.03.2019г.).

12. Исаев В.Н., Мхитарян М.Г. Особенности применения пластмассовых трубопроводов // Сантехника, 2006, №1. – С. 54-59.

Reference

1. Stekloplastikovye truby v Rossii. URL: renotek.ru. (date accessed 18.03.2019).

2. Stekloplastikovye truby. «Polimernye materialy» (Istoriya [Fiberglass pipes. "Polymer Materials" (History)]. Polymerbranch.com>publ/view/50.html. (Date accessed 10.11.2018).

3. Steklovolokonnyye truby: proshloe nastoyashhee, budushhee [Fiberglass pipes: past present, future]. stekloplastikovye-truby.rf/articles/future. (date accessed 18.03.2019).

4. Sullivan D. Curran P. E., Former Executive Director. Fiberglass Pipe Past, Present and Future. fiberglassstankandpipe.com"...piping/fiberglass-pipe. (date accessed 11.03.2019).



5. Contents.Buried Pipe Design 39. [awwa.org ›portals/0/files/publications/documents](http://awwa.org/0/files/publications/documents). (date accessed 17.03.2019).
6. Fiberglass Reinforced Piping Systems Guide / PIPING GUIDE. [pipingguide.net"2015/11/fiberglass...systems.html](http://pipingguide.net/2015/11/fiberglass...systems.html) (date accessed 17.03.2019).
7. Myasoedova V. V. Santekhnika. Otopleniye, Konditsionirovaniye, 2004, №6. pp. 28-31.
8. Mishnyov M.V., Astashkin V.M., Malikov D.A., Korolyov A.S., Zy`ryanov F.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1837.
9. Volkov S.A. Boss, 2013, №2. pp. 58-61.
10. Davy`denko O.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/427.
11. Volkov S.A. Stekloplastikovyye truboprovody, osobennosti raboty i oshibki montazha. URL: zst.ru/company/news/107. (date accessed 18.03.2019).
12. Isaev V.N., Mxitaryan M.G. Application features of plastic pipelines. Santexnika, 2006, №1. pp. 54-59.