

Расчёт на прочность тепловых сетей. РД 10-400-01 или ГОСТ 55596-2013?

к.т.н. В.Я. Магалиф, заместитель директора по вопросам прочности оборудования и трубопроводов;
к.т.н. А.В. Матвеев, старший научный сотрудник; к.т.н. Е.Е. Шапиро, разработчик ПС СТАРТ;
к.т.н. А.З. Миркин, генеральный директор АО «ИПН», директор, ООО «НТП Трубопровод», г. Москва

Документ РД 10-400-01 [1] был разработан в 2000 г. специалистами ООО «НТП Трубопровод» – авторами этой статьи. В то время в России началось активное строительство нового вида тепловых сетей в пенополиуретановой (ППУ) изоляции, прокладываемых под землёй без использования каналов – бесканальной прокладки. Необходимо было срочно создать нормы для расчёта на прочность тепловых сетей, заземлённых в грунте, т.к. существующие документы и справочники [2, 3] не учитывали особенностей взаимодействия трубы с ППУ изоляцией, амортизирующими подушками и окружающим её грунтом. Критерии прочности, использовавшиеся для надземных трубопроводов, не подходили для трубопроводов бесканальной прокладки.

За основу был взят документ [2], но были доработаны критерии прочности для учёта особенностей работы заземлённых трубопроводов, добавлена оценка циклической прочности тройников и отводов. Документ был реализован в программе СТАРТ-ПРОФ и стал активно использоваться для проекти-

рования и расчёта на прочность тепловых сетей надземной и бесканальной прокладки.

Более чем за 10 лет эксплуатации специалистами НТП «Трубопровод» был выявлен ряд существенных недостатков этого документа, а также была выявлена необходимость его усовершенствования и расширения охвата требований и методик расчёта, продиктованных практикой.

В 2011 г. принято решение об актуализации РД 10-400-01 [1].

К сожалению, отменить РД 10-400-01 и выпустить следующую версию этого документа, например, «РД 10-400-13» оказалось невозможно, так как Ростехнадзор утратил право выпускать нормативные документы. Было принято решение создать обновлённый РД 10-400-01 как документ Росстандарта, который, в итоге, получил название ГОСТ Р 55596-2013 [4].

Основные недостатки РД 10-400-01:

- не учитываются распорные усилия от внутреннего давления;
- расчёт на циклическую прочность содержит неточности в расчёте отводов и тройников;

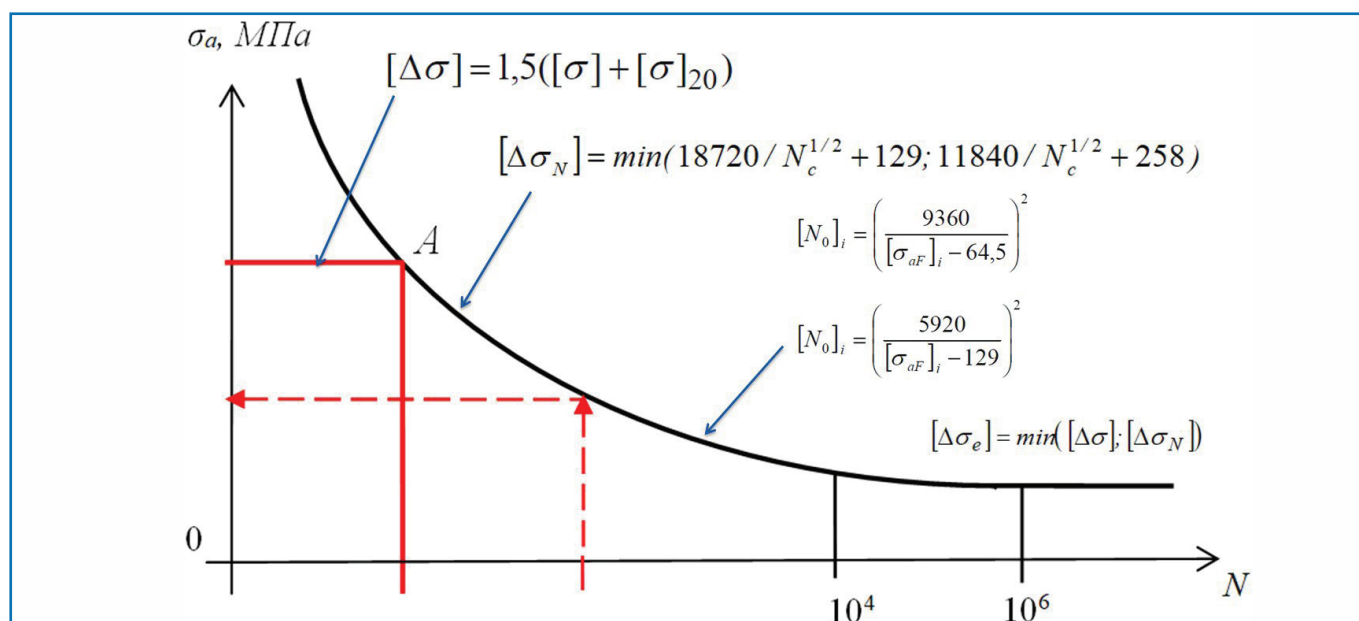


Рисунок 1. Кривая циклической прочности для углеродистой стали.

Редактирование Напряжения									
Режим работы		Размах напряжений с режимом							
1 'Основной режим'		Наиб. значения							
Элемент	Начальный конечный узел	Напряжения от весовой нагрузки в рабочем состоянии, (МПа)		Напряжения от всех воздействий в рабочем состоянии, (МПа)		Напряжения от всех воздействий в холодном состоянии, (МПа)		Повреждаемость	Примечание
		расч.	доп.	расч.	доп.	расч.	доп.		
Отвод секторный	2	74.37	158.62	371.25	Нет	244.92	Нет	0.119	
Подземный участок	2	74.37	158.62	146.17	216.30	170.98	220.50	0.096	2
	1	74.37	158.62	232.18	216.30	124.93	220.50	0.096	2
Подземный участок	3	74.37	158.62	1040.10	216.30	184.37	220.50	1.940	2
	2	74.37	158.62	606.96	216.30	80.79	220.50	0.187	2
Отвод секторный	2	74.37	158.62	371.25	Нет	244.92	Нет	0.119	

Редактирование Напряжения										
Режим работы		Размах напряжений с режимом								
1 'Main mode'		Наиб. значения								
Элемент	Начальный конечный узел	Напряжения от весовой нагрузки в рабочем состоянии, (МПа)		Напряжения от всех воздействий в рабочем состоянии, (МПа)		Напряжения от всех воздействий в холодном состоянии, (МПа)		Размах напряжений, (МПа)		Примечание
		расч.	доп.	расч.	доп.	расч.	доп.	расч.	доп.	
Отвод секторный	2	61.24	158.18	424.06	Нет	166.26	Нет	554.22	440.70	4
Подземный участок	2	65	158.18	239.41	215.70	109.23	225	157.85	440.70	2
	1	66.77	158.18	216.41	215.70	151.18	225	292.41	440.70	2
Подземный участок	3	66.27	158.18	936.79	215.70	195.72	225	725.47	440.70	2,4
	2	65.21	158.18	519.08	215.70	140.90	225	390.14	440.70	2
Отвод секторный	2	61.24	158.18	424.06	Нет	166.26	Нет	554.22	440.70	4

Рисунок 2. Расчётные и допускаемые напряжения для одной и той же схемы трубопровода по документам РД 10-400-01 (сверху) и ГОСТ 55596-2013 (снизу).

- отсутствуют требования и методика расчёта переходов, косых стыков, косых тройников, расчёта в режиме испытаний, расчёта на сейсмические воздействия, расчёта с ППМ-изоляцией, расчёта врезок из разных сталей ответвления и магистрали;

- формулы расчёта напряжений в тройниках содержат неточности.

Преимущества ГОСТ Р 55596-2013, который, как и РД 10-400-01, разработан специалистами НТП «Трубопровод», но с учётом 12-летнего опыта практического применения [1]:

- исправлен расчёт на циклическую прочность;

- добавлен учёт распорных усилий от внутреннего давления, теперь можно считать схемы с осевыми компенсаторами;

- уточнён расчёт напряжений в тройниках;

- добавлены отсутствовавшие в [1] разделы по расчёту переходов, косых стыков, косых тройников, оценке прочности в режиме испытаний, расчёту на сейсмические воздействия, применению ППМ-изоляции, врезок из разных сталей, расчёту гибких полимерных и стальных гофрированных труб и т.д.

На первых двух наиболее важных пунктах остановимся подробнее.

Кривая циклической прочности (рис. 1), согласно РД 10-400-01 п. 5.5.9, не имеет ограничения в области малого количества циклов N . В результате допускаемые напряжения для отводов и тройников оказываются чрезмерно высокими. В новом документе [4] п. 8.12.7 эта ошибка исправлена. Кривая циклической прочности осталась та же (8.58), но увеличена в 2 раза, поскольку рассматривается не амплитуда, а размах напряжений, и введено дополнительное ограничение (8.59), которое не допускает превышение размахом напряжений величины двух пределов текучести. Введение этого ограничения обеспечивает надёжную и безопасную работу фитингов (отводов, тройников, переходов). К сожалению, документ РД 10-400-01 такую безопасность не обеспечивает, что может приводить к преждевременному разрушению фитингов.

На рис. 2 показаны таблицы расчётных и допускаемых напряжений по документам [1] и [4], вычисленные для одной и той же схемы трубопровода. Видно, что отвод в

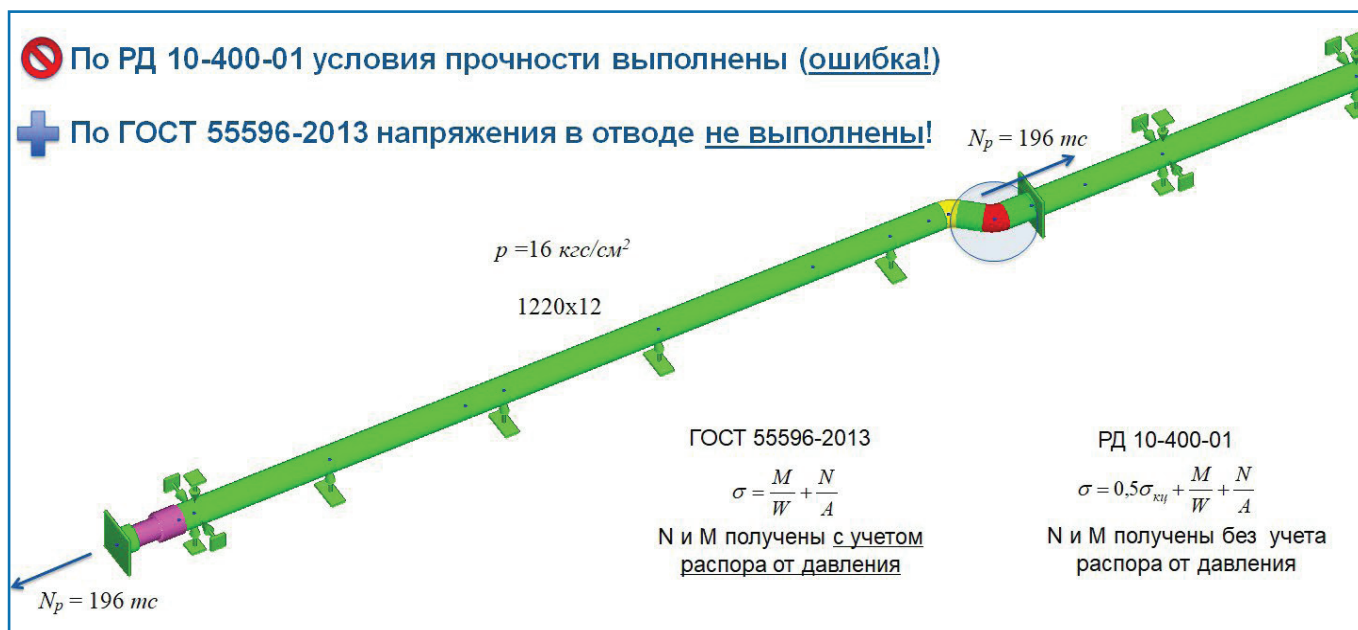


Рисунок 3. Схема тепловой сети с осевым неразгруженным компенсатором.

узле 2 удовлетворяет условиям прочности [1], но на самом деле не проходит на прочность согласно новому документу [4]. То же самое происходит с участком 2-1, но по другой причине – из-за неучёта в устаревшем документе [1] распорных усилий от давления.

Второй существенный недостаток РД 10-400-01, возникший как следствие использования в качестве его основы документа [2], заключается в том, что формулы 5.27 и 5.28 предполагают выполнение расчёта трубопровода без учёта сил распора от внутреннего давления. На рис. 3 показана схема тепловой сети с осевым неразгруженным компенсатором. Огромное распорное усилие от осевого компенсатора передаётся на отвод и вызывает большой изгибающий момент. Такая схема тепловой сети небезопасна и с большой вероятностью приведёт к аварии в виде разрушения отвода.

Расчёт по документу РД 10-400-01 не выявляет никаких проблем в данном трубопроводе (рис. 3). Однако применение нового ГОСТ Р 55596-2013 показывает истинное положение дел. Формулы (8.19) и (8.20) требуют выполнения расчёта с учётом распорных усилий от давления.

При расчёте по старому документу [1] напряжения в переходах и косых стыках, которые часто применяются в тепловых сетях,

вообще не удастся проверить, так как методика и нормативные требования отсутствуют в [1], что также небезопасно.

К сожалению, необходимо отметить, что:

- новый документ [4] автоматически не отменяет действия старого документа [1];
- устаревший документ РД 10-400-01 [1] включён в Перечень нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору П-01-01-2017 (Приказ Ростехнадзора от 10.07.2017 г. № 254);
- в СП 124.13330.2012 п. 10.1 «Тепловые сети» указано: «Расчёт стальных и чугунных трубопроводов на прочность следует выполнять по нормам расчёта, указанным в РД 10-400-01».

Самое удивительное, что, несмотря на многочисленные предупреждения авторов, в новом СП 315.1325800.2017 оставлена без изменения ссылка на давно устаревший документ РД 10-400-01.

Является абсурдным указание п. 12.2.2 СП 124.13330.2012 на то, что расчёт тепловых сетей на сейсмические воздействия следует производить по новому документу ГОСТ Р 55596-2013, но при этом расчёт на статическую прочность необходимо выполнять по устаревшему документу РД 10-400-

01 (п. 5.2.4). Напряжения, нагрузки на опоры и перемещения в трубопроводе с учётом сейсмических воздействий складываются из напряжений от статических и сейсмических воздействий. Поэтому данное требование невозможно выполнить в виду принципиальных отличий условий прочности в двух документах [1] и [4].

В итоге, некоторые экспертные организации требуют выполнение расчётов именно в соответствии с устаревшим документом РД 10-400-01.

Мы, как авторы обоих документов, считаем, что использование устаревшего документа РД 10-400-01 небезопасно и в некоторых ситуациях может привести к авариям.

Для того, чтобы исправить ситуацию, необходимо:

- внести ГОСТ Р 55596-2013 в перечень нормативных правовых актов и норматив-

ных документов, относящихся к сфере деятельности Ростехнадзора;

- внести ссылку на ГОСТ Р 55596-2013 [4] в обновлённую версию СП 124.13330 вместо РД 10-400-01 [1].

Пользователям программы СТАРТ-ПРОФ мы настоятельно рекомендуем выполнять расчёты в соответствии с новым документом [4].

Литература

1. РД 10-400-01 Нормы расчёта на прочность трубопроводов тепловых сетей, 2001.
2. РД 10-249-98 Нормы расчёта на прочность трубопроводов пара и горячей воды, 1998.
3. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. Под ред. А.А. Николаева. Москва, 1965.
4. ГОСТ Р 55596-2013 Сети тепловые. Нормы и методы расчёта на прочность и сейсмические воздействия, 2013.

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

УФИ
Approved Event

**XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**

КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ
BOILERS AND BURNERS

1-4 октября 2019
Санкт-Петербург

IX Международный конгресс
**Энергосбережение и
энергоэффективность –
динамика развития**

ОРГАНИЗАТОР: **FareXPO**
PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER

УФИ
MEMBER

УФИ
MEMBER

УФИ
MEMBER

Тел.: +7(812) 777-04-07; 718-35-37 st@farexpo.ru www.farexpo.ru
МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: КВЦ "Экспофорум", Петербургское шоссе, 64/1

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР:

**АВЕНТИЛЯЦИЯ
ОТОПЛЕНИЕ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ**