

УДК 620.197.6:622.692.4.07

В.Н. Протасов<sup>1</sup>, e-mail: protasov1935@rambler.ru; Д.А. Коробов<sup>2</sup>; О.О. Штырев<sup>3</sup>, e-mail: olegshtyr91@gmail.com

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Москва, Россия).

<sup>2</sup> ООО «Ланкор» (Москва, Россия).

<sup>3</sup> ООО «НТЦ «Качество-Покрытие-Нефтегаз» (Москва, Россия).

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОГО РАСТРУБНОГО СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ С ВНУТРЕННИМ ЭПОКСИДНЫМ ПОКРЫТИЕМ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, ВЫПОЛНЕННОГО МЕТОДОМ «БАТЛЕР ТЭК»

В статье рассмотрены преимущества, недостатки, область рационального применения, технологические особенности и методы контроля качества механического раструбного соединения стальных труб с внутренним эпоксидным покрытием, выполненного методом «Батлер ТЭК», при строительстве нефтепромысловых трубопроводов. Отмечено, что фактором, обуславливающим ограниченное применение данного соединения, является толщина стенки труб. Этим объясняется тот факт, что основной областью применения данного метода соединения являются низконапорные нефтесборные трубопроводы. Высоконапорные трубопроводы системы поддержания пластового давления характеризуются значительной толщиной стенки труб, а потому на них метод «Батлер ТЭК» не может быть применен. Авторами статьи проанализированы особенности технологии сборки соединения с учетом применения как летнего, так и зимнего вариантов двухкомпонентного эпоксидного герметика. Описана процедура контроля качества соединения, включающая контроль его внешней дефектности, внешних конструктивных особенностей, несущей способности и герметичности. Рассмотрены этапы периодических испытаний, в рамках которых контролируется несущая способность соединения – сопротивление разрушению и герметичность при заданной величине давления модельной среды в исходном состоянии, после поперечного изгиба с заданной стрелой прогиба и циклического изменения температуры. Приведены схемы и описаны принципы работы стендов для проведения периодических испытаний. Представлен алгоритм опытно-промышленных испытаний, проводимых в течение 180 и 360 сут на байпасных линиях нефтепромысловых трубопроводов на образцах в виде трубных катушек, представляющих собой раструбное соединение отрезков труб, выполненное методом «Батлер ТЭК», с последующим контролем несущей способности и герметичности на специальном стенде.

**Ключевые слова:** механическое раструбное соединение, трубная катушка, фланцы, метод «Батлер ТЭК», герметик, технология сборки, периодические испытания, контроль качества, несущая способность, поперечный изгиб, термоциклическое воздействие, опытно-промышленное испытание, байпасная линия.

При строительстве нефтепромысловых трубопроводов в Российской Федерации успешно применяется механическое раструбное соединение стальных труб с внутренним эпоксидным покрытием, выполненное методом «Батлер ТЭК» (рис. 1). В целях выявления причин ограниченного использования этого метода были проанализированы его преимущества и недостатки в сравнении с широко применяемой сваркой стальных труб с внутренним эпоксидным покрытием и последующей противокоррозионной внутренней втулочной изоляцией сварного соединения, рассмотрены особенности технологии сборки и методы контроля качества.

**ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ, ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ**

К подтвержденным длительным опытом применения преимуществам соединения, выполненного методом «Батлер ТЭК», относятся:

- сохранение проходного сечения трубопровода в месте соединения труб, что обеспечивает на этапе строительства трубопровода проектное значение его гидравлического сопротивления и, как следствие, соответствующую энергоэффективность;
- высокую технологичность соединения труб, что обеспечивает минимальные затраты времени на монтаж трубопровода.

В то же время к числу основных недостатков соединения, выполненного методом «Батлер ТЭК», относятся следующие:

- необходимо формировать раструб и конус на присоединительных концах труб. Это требует организации дополнительного производства, приобретения соответствующего технологического оборудования и инструмента, что, соответственно, повышает стоимость труб;
- раструбное соединение не подлежит ремонту. После вырезки разрушенного участка трубопровода устанавливаемые трубы или катушки соединяют сваркой с после-



Допустимая толщина стенки трубы при соединении, выполненном методом «Батлер ТЭК»

Наружный диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	
	Min	Max
57	2	4,5
76	2	5,5
89	2	7
102, 114	2	8
159, 168	3	10
168	3	10

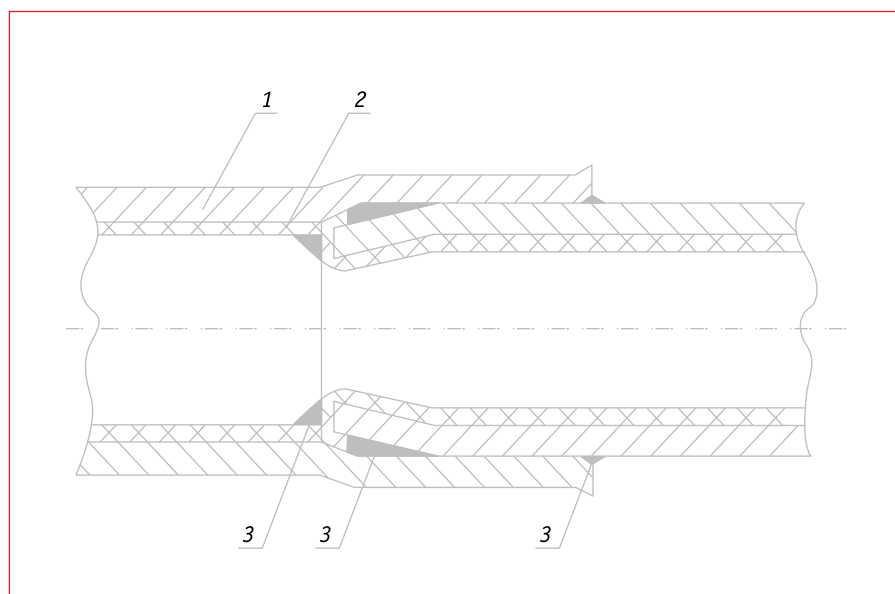


Рис. 1. Раструбное соединение стальных труб с внутренним эпоксидным покрытием, выполненное методом «Батлер ТЭК»:

1 – стальная труба; 2 – внутреннее эпоксидное покрытие трубы; 3 – герметик

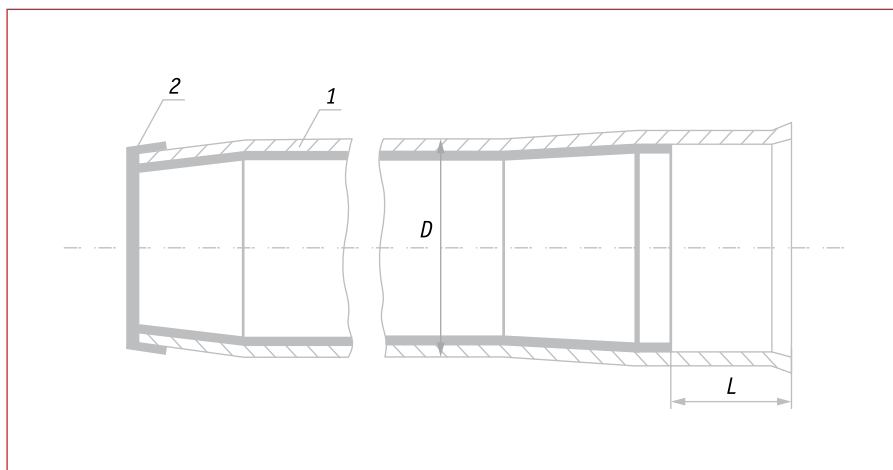


Рис. 2. Труба с внутренним эпоксидным покрытием, соединяемая в раструб методом «Батлер ТЭК»: 1 – стальная труба; 2 – внутреннее эпоксидное покрытие трубы;  $D$  – наружный диаметр трубы, мм;  $L$  – длина неизолированной части раструба, мм

дующей традиционной внутренней противокоррозионной втулочной изоляцией сварного соединения, существенные недостатки которой рассмотрены в работе [1];

- данное соединение можно применять только для труб с ограниченной толщиной стенки (табл.). Необходимо отметить, что технологическое оборудование фирмы Butler (США) не предназначено для формирования раструба и конуса на концевых участках труб (рис. 2) с толщиной стенки выше указанной. Это определяет область применения раструбного соединения, выполненного методом «Батлер ТЭК», – преимущественно низконапорные нефтесборные трубопроводы. Для высоконапорных трубопроводов системы поддержания пластового давления (ППД) со значительной толщиной стенки труб данный метод не может быть использован.

#### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ

Герметизация стыка между сопрягаемыми поверхностями в соединении, выполненном методом «Батлер ТЭК», обеспечивается применением двухкомпонентных эпоксидных герметиков зимнего и летнего вариантов. Летний вариант герметика используют при температуре выше  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при-

чем дополнительного нагрева компонентов перед смешением не требуется. Зимний вариант герметика применяют при температуре ниже  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  с дополнительным нагревом компонентов перед их смешением до температуры  $30\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Подготовка герметика предусматривает требуемую дозировку его компонентов и их смешение в соответствующей таре в условиях, указанных производителем герметика. Компоненты герметика должны иметь разный цвет для контроля качества их смешения. Цвет приготовленной смеси должен отличаться от цвета внутреннего эпоксидного покрытия трубы для облегчения визуального контроля выхода герметика из стыка между сопрягаемыми поверхностями раструбного соединения труб. Допустимый интервал времени между подготовкой герметика и его применением для герметизации раструбного соединения, выполненного методом «Батлер ТЭК», должен быть указан изготовителем герметика.

Сопрягаемые поверхности раструба и конуса труб должны быть очищены перед нанесением герметика от грязи и быть сухими. Не допускается наличие на них жировых и масляных загрязнений, влаги в виде пленки, капель, наледи, инея, а также жировых и масляных загрязнений. При очистке

и просушке внутренней полости раструба рекомендуется использовать горелку.

Герметик следует наносить шпателем на стыкуемые раструбную и конусную части поверхности трубы следующим образом:

- на конусную часть трубы – шириной не менее  $50\text{ мм}$  от торца по всему периметру толщиной не менее  $3\text{ мм}$  и на торец трубы;
- на раструбную часть трубы – на расстоянии  $50\text{ мм}$  от края внутреннего эпоксидного покрытия шириной не менее  $45\text{ мм}$  по всему периметру толщиной не менее  $3\text{ мм}$  и на торец трубы.

При стыковке электросварных труб сварной шов на внутренней поверхности раструба и риски на поверхности раструба покрывают слоем герметика толщиной не менее  $3\text{ мм}$ .

При температуре ниже  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  непосредственно перед нанесением герметика необходимо прогреть сопрягаемые поверхности раструба и конуса до температуры  $15\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Введение конусного конца трубы в раструбный конец необходимо производить до меловой отметки на конусном конце трубы сразу же после нанесения герметика, одновременно контролируя соответствие величины давления на манометре сборочного агрегата норме, приведенной в руководстве по эксплуатации агрегата для сборки механических раструбных соединений методом «Батлер ТЭК». Остановка в процессе запрессовки труб категорически запрещается. При несоответствии величины давления на манометре норме сборку стыка необходимо прекратить до обеспечения требуемого давления запрессовки.

После стыковки труб на торцах конусного и раструбного сопряженных концов труб должны образовываться валики герметика толщиной не менее  $2\text{ мм}$  по всему периметру сопряжения.

При отрицательных температурах после сопряжения конусного конца трубы с раструбным рекомендуется

# Российский нефтегазохимический форум



# ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ

XXVIII специализированная выставка



Нефтяное направление



Химия. Нефтехимия



Инновации газовой отрасли



Газомоторное топливо



Сервисное направление



Промышленная безопасность и экология

Новые сроки!

## 15-18 сентября 2020

УФА  
ВДНХЭКСПО



GAZNEFTUFA  
@GAZNEFTUFA  
#ГАЗНЕФТЬУФА  
#ГАЗНЕФТЬТЕХНОЛОГИИ  
#ГНТ  
#ГНТФОРУМ  
#GASOILEXPO



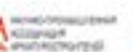
ОРГАНИЗАТОРЫ



ТРАДИЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



СОДЕЙСТВИЕ



НАУЧНАЯ ПОДДЕРЖКА



По вопросам выставки

Бронь стенда [www.gntexpo.ru](http://www.gntexpo.ru)  
+7 (347) 246-41-77  
gasoil@bvkexpo.ru

По вопросам форума

Регистрация на форум [www.gntforum.ru](http://www.gntforum.ru)  
+7 (347) 246-42-81  
kongress@bvkexpo.ru

применять нагревательный пояс для обеспечения требуемой температуры отверждения герметика.

### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СОЕДИНЕНИЯ

При приемо-сдаточных испытаниях раструбного соединения стальных труб с внутренним эпоксидным покрытием, выполненного методом «Батлер ТЭК», контролируют его внешнюю дефектность, внешние конструктивные особенности, несущую способность и герметичность в исходном состоянии.

Контролируемым показателем внешней дефектности соединения является его внешний вид. Контроль выполняют визуально непосредственно после присоединения очередной трубы. Не допускается наличие трещин, изломов и других видов разрушений.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемому показателю, если его внешний вид соответствует норме. Контролируемыми показателями внешних конструктивных особенностей соединения в исходном состоянии являются совпадение торца раструбного конца трубы с меловой рисккой-отметкой на наружной поверхности сопрягаемого конусного конца трубы и наличие валиков герметика толщиной не менее 2 мм у торцов сопряжения раструбного и конусного концов труб (рис. 1).

Контролируемые валики герметика должны быть непрерывными по всему периметру соединения. Для контроля валика у торца конусного конца трубы, расположенного во внутренней полости трубопровода, используют видеоголовку с подсветкой, установленную на транспортной штанге. Видеоголовку вводят во внутреннюю полость присоединенной к трубопроводу трубы и перемещают в осевом направлении в зону выполненного раструбного соединения. Контролируемый валик герметика должен перекрывать внутреннее эпоксидное покрытие трубы. При необхо-

димости фотографируют обнаруженные дефекты. По окончании процедуры контроля видеоголовку извлекают из внутренней полости трубы.

Контроль совпадения торца раструбного конца трубы с меловой рисккой-отметкой на наружной поверхности сопрягаемого конусного конца трубы выполняют визуально после присоединения очередной трубы.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемым показателям, если внешний вид и размер валиков герметика, прилегающих к торцам раструбного и конусного концов труб, и совпадение торца раструбного конца трубы с меловой рисккой-отметкой на наружной поверхности сопрягаемого с ним конусного конца трубы соответствуют норме.

Контролируемым показателем несущей способности соединения в исходном состоянии является отсутствие разрушения при заданных растягивающей нагрузке и опрессовочном давлении модельной средой.

Контроль осуществляют на опытном раструбном соединении, изготовленном на сборочном агрегате для механической сборки трубопроводов в трассовых условиях.

При контроле на сопротивление разрушению при осевой растягивающей нагрузке к свободным концам опытного раструбного соединения приваривают заглушки с хвостовиками для крепления каната лебедки с установленным на нем динамометром.

Величина растягивающей осевой нагрузки должна обеспечивать напряжение в трубной стали за пределами раструбного соединения не ниже предела ее текучести.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемому показателю, если его внешний вид после испытаний на растяжение соответствует норме.

При контроле на сопротивление разрушению при опрессовке

модельной средой к свободным концам опытного раструбного соединения приваривают фланцы, которые герметизируют заглушками с уплотнительными прокладками. На заглушках установлены впускной и выпускной краны. Опрессовку трубной катушки производят модельной средой при заданном давлении.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемому показателю, если его внешний вид после испытаний заданным давлением соответствует норме.

Контролируемым показателем герметичности соединения в исходном состоянии является сохранение величины опрессовочного давления модельной среды в течение заданного интервала времени.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемому показателю, если величина давления модельной среды в соединении после выдержки в течение заданного времени соответствует норме.

При периодических испытаниях раструбного соединения стальных труб с внутренним эпоксидным покрытием, выполненного методом «Батлер ТЭК», контролируют его несущую способность – сопротивление разрушению и герметичность после поперечного изгиба с заданной стрелой прогиба и циклического изменения температуры.

Несущую способность и герметичность соединения проверяют на образцах в виде трубной катушки, представляющей собой раструбное соединение отрезков труб, выполненное методом «Батлер ТЭК», к свободным концам которых приварены фланцы (рис. 3). При испытаниях соединения на поперечный изгиб с заданной стрелой прогиба на фланцах трубной катушки закрепляют удлинители из труб того же диаметра. Трубную катушку с трубными удлинителями устанавливают на опорные призмы стенда для поперечного

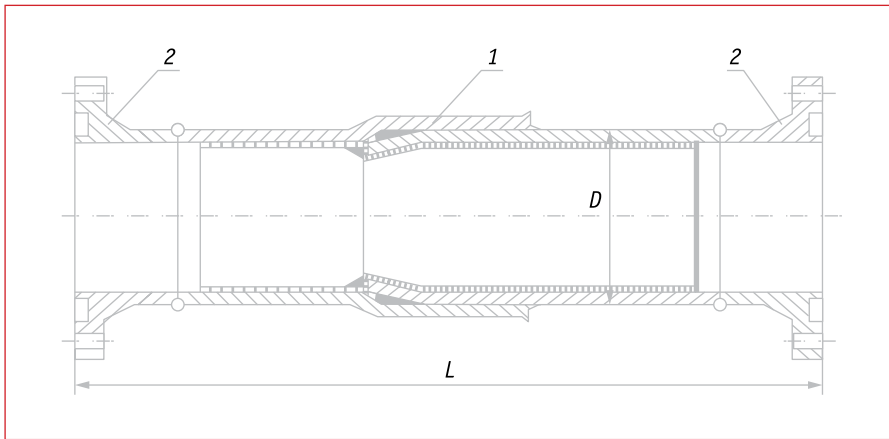


Рис. 3. Схема образца в виде трубной катушки, представляющей собой раструбное соединение отрезков труб с фланцами на свободных концах:

1 – раструбное соединение труб методом «Батлер ТЭК»; 2 – фланец;  $D$  – диаметр трубы, мм;  $L$  – длина катушки, мм

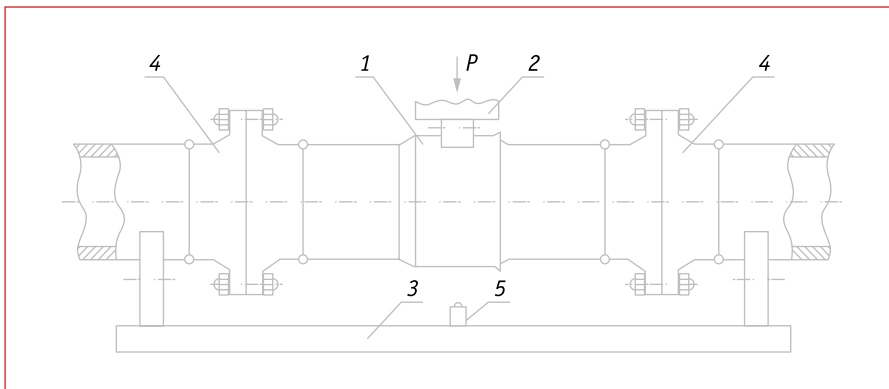


Рис. 4. Стенд для поперечного изгиба трубной катушки с удлинителями:

1 – трубная катушка с раструбным соединением, выполненным методом «Батлер ТЭК»; 2 – нажимная призма; 3 – плита с опорными призмами; 4 – удлинители трубные; 5 – лазерный дальномер

изгиба (рис. 4). Далее с помощью нажимной призмы 2, установленной на нагружающем устройстве, осуществляют поперечный изгиб. Стрелу прогиба контролируют лазерным измерителем 5, установленным на опорной плите 3 стенда. После испытаний на поперечный изгиб трубную катушку снимают с опорных призм стенда, демонтируют с нее трубные удлинители. Следующим этапом контроля является оценка сопротивления разрушению и герметичности при заданном давлении модельной среды на специальном стенде.

При проведении испытаний соединения на сопротивление разрушению на нижний фланец трубной катушки устанавливают заглушку с уплотнительной прокладкой, гер-

метизируют фланцевое соединение и монтируют трубную катушку на раме испытательного стенда. Далее на верхний фланец трубной катушки устанавливают заглушку 2 с уплотнительной прокладкой и герметизируют фланцевое соединение (рис. 5). Открывают краны 4а и 4б, закрывают краны 4с и 4д. Закачивают насосом 6 модельную среду в трубную катушку до начала ее вытекания из крана 4а и закрывают этот кран. Создают насосом 6 заданное давление модельной среды в трубной катушке и визуально контролируют внешний вид раструбного соединения. После этого закрывают кран 4б, открывают кран 4д, сбрасывают давление и сливают модельную среду из трубной катушки.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемым показателям, если после поперечного изгиба результаты визуального контроля соединения при опрессовке модельной средой при заданном давлении соответствуют норме.

При термоциклических испытаниях соединения испытываемую трубную катушку подвергают термоциклическому воздействию в течение 10 циклов в режиме, включающем следующие этапы:

- выдержка в морозильной камере при температуре  $-60 \pm 3$  °С в течение 8 ч;
- выдержка в теплоизолированной камере при воздействии водяного пара при температуре  $110 \pm 5$  °С в течение 0,5 ч;
- охлаждение на воздухе при комнатной температуре.

После проведения термоциклических воздействий контролируют несущую способность и герметичность трубной катушки при заданном давлении модельной среды на специальном стенде. Для этого полностью повторяют описанную ранее последовательность действий, выполненных в ходе процедуры испытаний соединения на сопротивление разрушению.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемому показателю, если после термоциклического воздействия результаты его визуального контроля при опрессовке модельной средой при заданном давлении соответствуют норме.

### ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Опытно-промышленные испытания (ОПИ) раструбных соединений, выполненных методом «Батлер ТЭК», проводят на байпасных линиях нефтепромысловых трубопроводов. В рамках ОПИ контролируют несущую способность – сопротивление разрушению и герметичность раструбного соединения, внешний вид сопряженных поверхностей труб

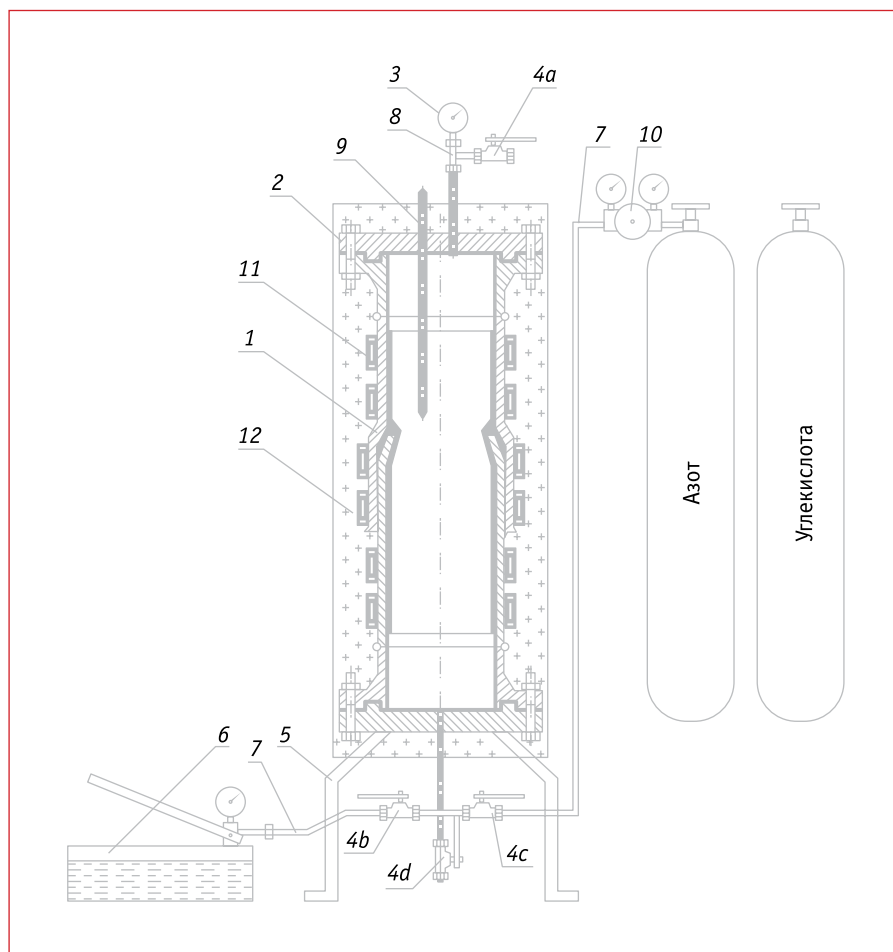


Рис. 5. Стенд для испытаний трубных катушек с различными конструкциями соединений на сопротивление разрушению и герметичность при опрессовке модельными средами:

1 – трубная катушка с раструбным соединением, выполненным методом «Батлер ТЭК»; 2 – заглушка фланца трубной катушки; 3 – манометр; 4а, 4b, 4с, 4d – краны; 5 – опоры испытательного стенда; 6 – насос ручной опрессовочный; 7 – шланг высокого давления; 8 – тройник; 9 – термокарман для монтажа термопары; 10 – газовый редуктор; 11 – нагреватель ленточный; 12 – теплоизоляция

после испытаний в течение 180 и 360 сут. Стоит отметить, что некоторые нефтегазовые компании увеличивают продолжительность ОПИ до двух лет. Испытания проводят на образцах в виде трубных катушек (рис. 3), причем на каждом этапе параллельно испытывают не менее двух трубных катушек, предварительно маркированных индексами 1 и 2. По окончании первого этапа (180 сут) демонтируют трубную катушку с индексом 1, а по завершении второго этапа (360 сут) – трубную катушку с ин-

дексом 2. После окончания каждого этапа испытаний составляют акт внешнего осмотра испытанной трубной катушки с указанием срока испытаний, режима работы трубопровода, результатов осмотра внешнего вида. Кроме того, составляют акт сдачи-приемки испытанной трубной катушки, которую затем направляют в аттестованную лабораторию для контроля несущей способности раструбного соединения, его герметичности при заданной величине давления модельной среды, внешнего вида

сопряженных поверхностей раструбного соединения.

Методики испытаний при контроле несущей способности и герметичности соединения после комплекса внешних воздействий на трубную катушку на байпасной линии трубопровода в рамках ОПИ аналогичны методикам, примененным при периодических испытаниях.

Для контроля внешнего вида сопряженных поверхностей раструбного соединения после первого и второго этапов испытаний на байпасной линии у испытанных катушек отрезают фланцы. Затем раструбное соединение разрезают вдоль продольной оси на два полуцилиндра. Свободные концы каждого полуцилиндра зажимают за пределами конического сопряжения в зажимах разрывной машины и, включив ее на растяжение, осуществляют относительный сдвиг соединенных слоев эпоксидного герметика поверхностей конусного и раструбного концов труб, обеспечив их разделение. После этого разрывную машину выключают, а раструбный и конусный концы труб демонтируют из ее зажимов.

Контроль внешнего вида сопряженных поверхностей конусного и раструбного концов труб на отсутствие на них коррозионных разрушений или продуктов коррозии осуществляют визуально или с применением лупы и подсветки.

Соединение соответствует техническим требованиям по контролируемым показателям, если результаты контроля несущей способности и герметичности соединения при заданной величине давления модельной среды, а также внешнего вида сопряженных поверхностей раструбного соединения после испытаний в течение 180 и 360 сут на байпасной линии нефтепромыслового трубопровода соответствуют нормам.

#### Литература:

1. Протасов В.Н., Коробов Д.А. Обеспечение требуемого уровня качества внутренней противокоррозионной изоляции сварных соединений стальных элементов нефтепромысловых трубопроводов с внутренним эпоксидным покрытием // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2018. № 12. С. 48–55.