



УДК 621.791.052.8:622.692

МОДЕЛИРОВАНИЕ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛА ТРОЙНИКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

DEVELOPMENT OF NEW CONSTRUCTIONS OF THE TEE PIPELINE ASSEMBLY ASSEMBLY IN ORDER TO INCREASE OPERATION

Файрушин Айрат Миннуллович
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры оборудования
и технологий сварки и контроля,
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
tna_ugntu@mail.ru

Яковлева Дарья Николаевна
магистрант кафедры «Оборудование
и технологии сварки и контроля»,
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
daria.yakovleva96@gmail.com

Аннотация. Система нефтегазового трубопровода на данный момент является самым распространенным способом транспортировки нефти и газа. Одним из основных опасных участков этой системы является тройниковое соединение.

Ключевые слова: трубопровод, трубопроводная система, узел ответвления, сосуды давления, накладное кольцо, поликарбамид.

Fireushin Airat Minnullovich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of Department
of Equipment and Technologies
for Welding and Control,
Ufa State Petroleum Technical University
tna_ugntu@mail.ru

Yakovleva Daria Nikolaevna
Undergraduate student
of Equipment and Technologies
of Welding Process
and Weld Control Procedure Department,
Ufa State Petroleum Technological University
daria.yakovleva96@gmail.com

Annotation. The oil and gas pipeline system is currently the most common way to transport oil and gas. One of the main hazardous areas of this system is the T-joint connection.

Keywords: pipeline, pipeline system, branch node, pressure vessel, ring, polyuria.

Тройниковый узел, включающий основную трубу и патрубков, испытывает напряженно-деформированное состояние, вызванное рядом причин, что относит его к задачам, требующим повышенного контроля и внимания. Отчеты предприятий об аварийных ситуациях подтверждают важность рассмотрения этой проблемы.

Авария, произошедшая в 2006 году на одном из магистральных нефтепроводов и повлекшая разрыв тройникового соединения, показывает последствия несоблюдения основных требований к обеспечению безопасности узла [1].

Основной способ укрепления данного узла – использование (накладных колец) накладок (ГОСТ 32569-2013) [2].

Основной задачей исследования является разработка конструкций тройникового соединения трубопровода. Первым техническим решением является использование двух накладных колец вместо одного [3]. Это перераспределит напряжения с основной трубы на кольцо меньшего диаметра (рис. 1) [4].

Использование двухслойной конструкции кольца снижает величину зазора между накладкой и корпусом. При снижении толщины пластины зона термического влияния в металле трубы значительно уменьшится, что подтверждают проведенные практические исследования на натуральных образцах пластин. Необходимо рассчитать геометрию накладных колец – диаметры и их соотношение между собой.

Напряжения, которые испытывает тройниковое соединение, много больше, чем на основной трубе.

Анализ этого технического решения проводился в программе ANSYS WORKBENCH. Эпюры напряжений представлены на рисунке 2. Модель представляла собой цилиндрическую трубу с врезанным ответвлением. Место врезки и укрепления отверстия усиливалось двумя накладными кольцами, сумма толщин которых составляет толщину одиночного кольца для укрепления. Накладные кольца имеют изгиб, равный диаметру основной трубы.

Сетка конечных элементов в зоне укрепления увеличена для повышения точности моделирования и результатов.

Для проведения выбора оптимального варианта были рассмотрены модели с различными размерами накладных колец.

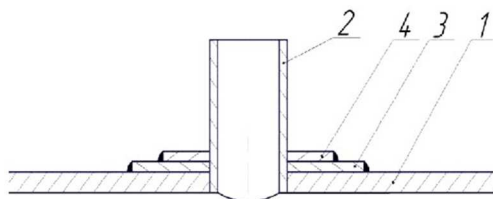


Рисунок 1 – Схема тройника с использованием двух накладных колец:
 1 – основная труба; 2 – ответвление трубы;
 3 – накладное кольцо большего диаметра; 4 – накладное кольцо меньшего диаметра

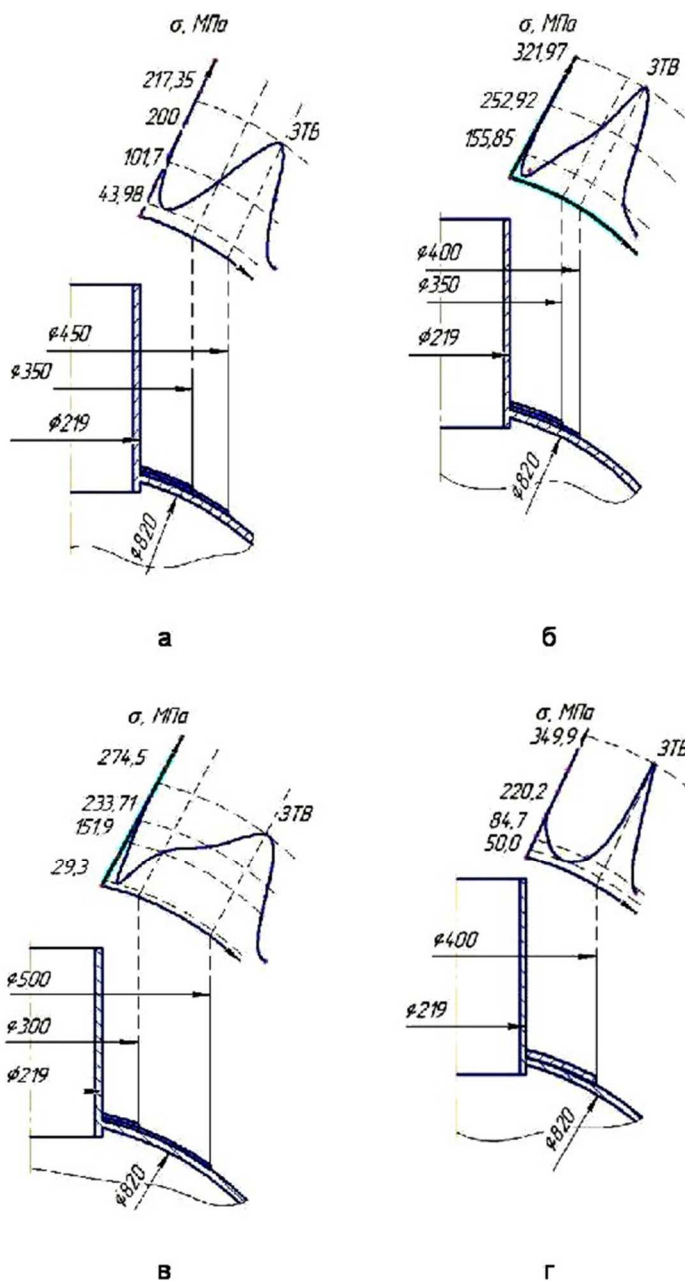


Рисунок 2 – Графики распределения напряжений по поперечному сечению

Самым важным вопросом является подбор соотношения размеров диаметров накладных колец. После анализа моделей с разным соотношением размеров в программе ANSYS была выведена формула расчета. Техническая задача достигается тем, что на патрубке соосно расположен прилегающий кольцевой элемент, сваренный с трубопроводом и патрубком угловыми кольцевыми сварными швами, кольцевой элемент представляет собой два накладных кольца разного диаметра, сумма тол-



щин стенок которых равна толщине стенки трубопровода. Накладное кольцо меньшего диаметра приваривается к накладному кольцу большего диаметра, которое в свою очередь приваривается к основной трубе.

$$k1 = \frac{D_{\text{б}}}{D_{\text{п}}} = 2,2;$$

$$k2 = \frac{D_{\text{м}}}{D_{\text{п}}} = 1,7,$$

где $k1$ – коэффициент, который характеризует отношение диаметров большего накладного кольца и патрубка; $k2$ – коэффициент, который характеризует отношение диаметров меньшего накладного кольца и патрубка; $D_{\text{б}}$ – диаметр большего накладного кольца, мм; $D_{\text{м}}$ – диаметр меньшего накладного кольца, мм; $D_{\text{п}}$ – диаметр патрубка, мм.

Данных коэффициентов достаточно для практического использования на основных типоразмерах патрубков на магистральном трубопроводе.

Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и натурные исследования показали возможность использования конструкции двух накладных колец на тройниковом соединении трубопровода с целью увеличения работоспособности и надежности узла.

Еще одно техническое решение, которое мы предлагаем для увеличения работоспособности узла – использование угловой накладной конструкции из поликарбамида. Поликарбамид (полиметилметакрилат) – современное изоляционное покрытие, обладающее целым рядом уникальных свойств, которые смогли сделать этот материал самым перспективным среди современных эластомеров, например быстрое отверждение, устойчивость к воздействию влаги, химических веществ и высоких температур, сопротивляемость на разрыв и растяжение [6].

На основе проведенных исследований в ANSYS удалось прийти к выводу, что наилучший вариант обеспечения прочности узла наблюдается при диаметре накладной угловой конструкции на основной трубе, равному удвоенному значению диаметра отверстия под патрубок. Высота накладной угловой конструкции обеспечивает оптимальную прочность при 75 % от диаметра патрубка.

$$D_{\text{накл.}} = 2 \cdot d_{\text{пат}},$$

где $D_{\text{накл.}}$ – диаметр накладной угловой конструкции на трубе, мм; $d_{\text{пат}}$ – диаметр патрубка, мм.

$$H_{\text{накл.}} = 0,75 \cdot d_{\text{пат}},$$

где $H_{\text{накл.}}$ – высота накладной угловой конструкции на трубке, мм.

После трехмерного моделирования следующим этапом исследования станет испытание на лабораторных установках. Модель лабораторного образца представлена на рисунке 3.

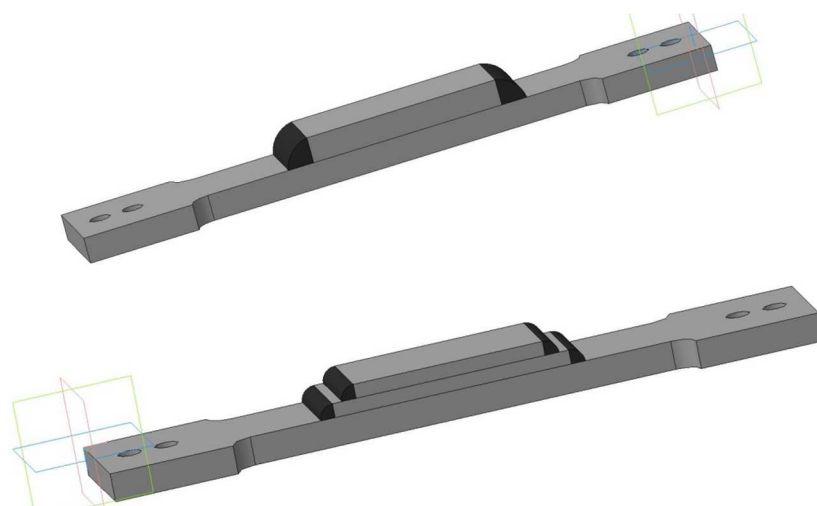


Рисунок 3 – Модели лабораторных образцов для испытания на циклический изгиб

Для сравнения использования двух накладок и одной накладки на установке для испытания плоских образцов типа IV на циклический изгиб мы подготовили две модели. Таким образом, будет подтверждена работоспособность технических решений методами расчетного анализа в инженерных программах и испытаниями.

**Литература:**

1. Гумеров А.К. Механизмы разрушения магистральных трубопроводов с приварными элементами / А.К. Гумеров, А.К. Шмаков, Ф.Ш. Хайрутдинов // Нефтегазовое дело. – 2007. – № 1.
2. Яковлева Д.Н. Об использовании терминов «кольцо» и «накладка» при обозначении отдельных узлов сооружений в нефтегазовой отрасли / Д.Н. Яковлева, А.М. Файрушин, И.А. Марченко // Нефтегазовое дело. – 2020. – № 1. – С. 114.
3. Яковлева Д.Н. Повышение безопасности при эксплуатации узлов ответвления трубопроводов с помощью укрепляющих (накладных) колец / Д.Н. Яковлева, А.М. Файрушин, А.В. Исламова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2018. – № 6. – С. 43–59.
4. Яковлева Д.Н. Повышение безопасности при эксплуатации узлов ответвления трубопроводов с укрепляющей накладной конструкцией из поликарбамида / Д.Н. Яковлева, А.В. Исламова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2019. – № 5. – С. 86–99.

References:

1. Gumerov A.K. Destruction mechanisms of main pipelines with welded elements / A.K. Gumerov, A.K. Shmakov, F.Sh. Hajrutdinov // Oil and gas engineering. – 2007. – № 1.
2. Yakovleva D.N. On the use of the terms «ring» and «patch» when designating individual units of structures in the oil and gas industry / D.N. Yakovleva, A.M. Fajrushin, I.A. Marchenko // Oil and gas engineering. – 2020. – № 1. – P. 114.
3. Yakovleva D.N. Improving safety during operation of pipeline branch nodes using reinforcing (laid on) rings / D.N. Yakovleva, A.M. Fajrushin, A.V. Islamova // Oil and gas engineering. – 2018. – № 6. – P. 43–59.
4. Yakovleva D.N. Improving safety during operation of pipeline branch units with a reinforcing laid on polycarbamide construction / D.N. Yakovleva, A.V. Islamova // Oil and gas engineering. – 2019. – № 5. – P. 86–99.