

1. Результаты численного моделирования позволяют оценить прочность проектируемых ремонтных конструкций.
2. При рабочем давлении в области дефекта в трубопроводе без ремонтной конструкции возникают напряжения, превышающие предел текучести и временный предел прочности стали 17Г1С, а значит, произойдет необратимая деформация трубопровода и его разрушение. Данную ситуацию можно определить как аварийную.
3. В расчетах получено, что в элементах ремонтной конструкции при рабочем и допустимом давлении в трубопроводе и упругом изгибе трубопровода не возникают напряжения, превышающие предельно допускаемые для стали уровни.
4. Ремонтная конструкция обеспечивает безопасную эксплуатацию трубопровода.
5. Непровары сварного шва при монтаже ремонтных конструкций значительно снижают прочность, долговечность и эксплуатационную надежность ремонтной конструкции, могут привести к аварийной ситуации на нефтепроводе.
6. При монтаже ремонтных конструкций необходим тщательный контроль качества сварных швов несколькими методами.

#### Литература

1. Васин Е.С. (RU), Кулешщв А.Н. (RU), Соловьев В.А. (RU) Способ испытания композитно-муфтовой ремонтной конструкции для труб магистральных трубопроводов. Класс МПК: G01M99/00, Патент РФ № 2531126, 2014 – 5 с.
2. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды. Практическое руководство // Под ред. проф. А. К. Любимова. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2006. 227 с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике.– М.: Мир, 1975 – 541 с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001 – 920 с.
5. ГОСТ 14637-89 Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества.

### РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЕМО-РАЗДАТОЧНОГО ПАТРУБКА С ВМЯТИНОЙ С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ANSYS

М.Н. Коваленко

*Научный руководитель доцент Крец В. Г.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

При проведении диагностики нефтегазового оборудования, часто встречаются с проблемой оценки по технической части состояния и дальнейшей его работы. В ходе проведения диагностики резервуара РВС с ПРП-900 в около шовной зоне технологического трубопровода был замечен дефект типа «вмятина». Благодаря РД 08-95-95 (АК «Транснефть»), допустимо выполнить уточняющие расчеты по результату диагностики металлоконструкций. Плановый ремонт невозможно провести вовремя это связано с сроком доставки ПРП. Для решения этой проблемы с помощью расчетов можно предугадать дальнейшую судьбу ПРП. Целью является с помощью расчетов определить возможность дальнейшей эксплуатации трубопровода с данным дефектом путем установления значений внутренних усилий, действующих в проблемном участке, и сравнить полученные значения максимальных напряжений с расчетными сопротивлениями материала трубопровода.

Цель работы заключается в том, что с помощью программы ANSYS определить значения и характер распространения напряжений в проблемном месте, используя расчет НДС модели трубопровода с дефектом.

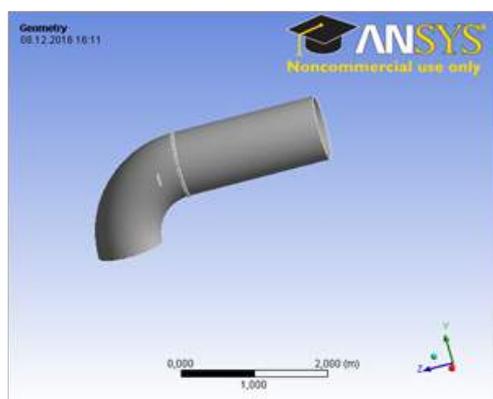


Рис. 1. Стык трубопровода прямо-раздаточного патрубка с дефектом

Чтобы сделать вывод о надежности данной конструкции необходимо сравнить предельно допустимые значения для данного материала с максимальными напряжениями, возникающие в наиболее опасных точках.

Предельным напряжением состояния конструкции является та граница, за которой невозможна её эксплуатация.

Расчетную модель принимаем только участок трубопровода в котором дефект, так как целью поставлено рассмотреть напряжения, возникающих в районе дефекта трубопровода. За рабочую нагрузку трубопровода примем внутреннее избыточное давление. Так же необходимо при расчете учитывать следующие нагрузки: нагрузка от ветра, снега, а так же сам вес патрубка.

В ходе исследования рассматривалась модель патрубка со следующими характеристиками: наружный диаметр 900 мм; толщина трубы 9,2 мм; расчетное внутреннее давление 155 кПа; удельный вес стали 7850 кг/м<sup>3</sup>; E= 2\*10<sup>5</sup> МПа, коэффициент Пуассона для сталей 0,3. Полученные результаты с напряжениями показаны на рисунках 3 и 4.

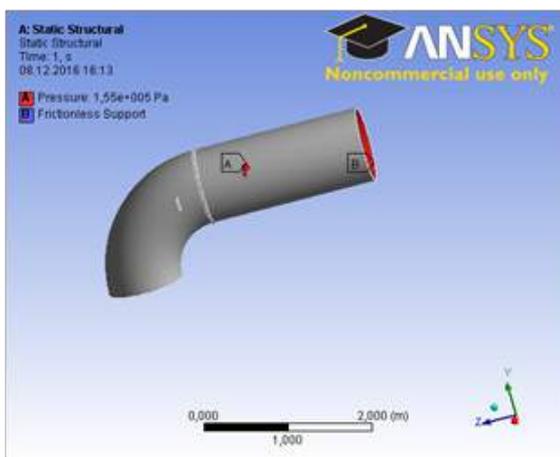


Рис. 2. ПРП с дефектом

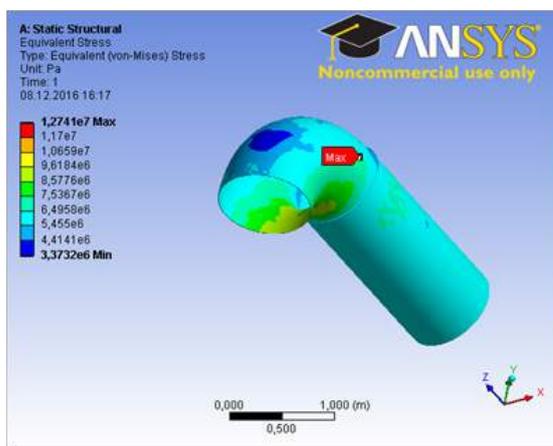


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений

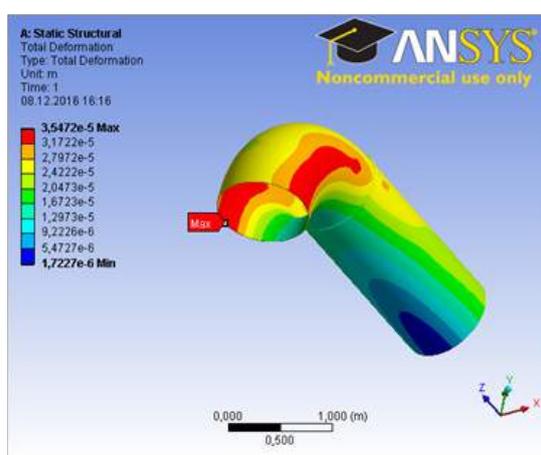


Рис. 4. Общая деформация патрубки

Полученные значения напряжений представлены в табл. 1, где также приведено сравнение полученных напряжений с расчетным сопротивлением стали трубопровода (189,58 МПа).

Таблица

Сравнение напряжений

Наименование	Значение	Соотношение с расчетным сопротивлением стали
max значение эквивалентных напряжений по фон Мизесу в районе дефекта	12,74МПа	6,7%
max значение эквивалентных напряжений по фон Мизесу за пределами области дефекта	9,62 МПа	5,06%

#### Выводы

В программе ANSYS выполнена модель ПРП с дефектом с реальными нагрузками. Условие прочности по Мизесу выполняется, то есть  $12,74 < 189,58$  МПа.

При данном внутреннем расчетном давлении ПРП, прочность данного участка сохранена и следовательно можно эксплуатировать его дальше.

Эксплуатация трубопровода ПРП может продолжаться при тех же нагрузках, на срок до проведения своевременной диагностики резервуара.

#### Литература

1. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ. / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.: ил
2. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. [текст] – СПб.: Недра, 2008. – 488с.
3. URL: <http://www.magistral-s.com/article/171/index.html>. Дата обращения: 07.12.2016.
4. Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов. Учебно-практическое пособие. – М.: «Инфра-Инженерия», 2006. – 928 с.

### МЕТОДЫ УЧЕТА ЛОГИСТИКИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАВОДНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

К. К. Курин

*Научный руководитель доцент кафедры РЭНГМ, д. т. н. В. В. Паникаровский  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия*

На данный момент, этап проектирования наземной распределительной сети следует за этапом гидродинамического моделирования. После геологического и гидродинамического моделирования, в распоряжении инженера оказываются координаты будущих скважин, проектные давления и дебиты. Кроме этих данных, инженер, при расчете вариантов развития транспортной сети, должен руководствоваться тщательным рассмотрением всех вариантов (от 3 до 20) разработки месторождения, и для каждого варианта рассмотреть различные транспортные схемы, при различных диаметрах труб, с различным количеством кустовых насосных станций (КНС). Инженер выполняет расчет капитальных затрат на строительство труб заданного диаметра (2-3), учитывает граничные скорости течения воды в трубопроводе. Цель этих подсчетов — подбор значения, удовлетворяющего требованиям минимальных капитальных затрат (меньший диаметр для меньшей металлоемкости труб, меньше КНС за счет большего диаметра труб), находя равновесие между уменьшением потерь и уменьшением металлоемкости, не нарушая технологических норм течения жидкости в трубопроводе. Как правило, оптимальные технологические требования разнятся с оптимальными затратами на строительство. Так, например, капитальные затраты на исследуемом опытным месторождении при замене труб с диаметром 1020 мм на трубы с диаметром 1420 мм увеличились примерно в 1,4 раза. Для уточнения необходимого диаметра труб, а так же количества КНС выполняется расчет эксплуатационных затрат выбранных вариантов для труб с различными диаметрами, с учетом многочисленных факторов. Также необходимо выполнить уточнение размещения КНС, для уменьшения эксплуатационных затрат на потери давления в трубе, а следственно и на электричество при разработке месторождения [1,2]. Основным критерием является соблюдение планируемых отборов на месторождении. В результате расчета по каждому варианту рассчитывается доходность, срок окупаемости и многие другие параметры. Исходя из них происходит окончательный выбор экономически эффективного варианта. В упрощенном виде критерий оценки варианта можно представить в виде формулы 1.

$$Z_{п} = C_{э} + K/T \quad (1)$$

где  $Z_{п}$  - приведенные затраты по варианту;

$C_{э}$  - годовые эксплуатационные расходы;

$K$  - капитальные вложения в строительство распределительных центров;

$T$  - срок окупаемости варианта.

Интересно то, что при всей тщательности расчета диаметров трубопровода, количества ДКС, редко подробно рассматривается разнообразие путей прокладки трубопровода. Особо остро этот вопрос стоит, когда рассматриваются КНС. На практике инженер принимает решение о расположении КНС, исходя из близости КНС к источникам материального потока (естественным водным ресурсам на поверхности, либо артезианским скважинам), топологии и геологии местности. Например, отсыпка на болотистой местности составляет 20% от всей стоимости трубопровода на этом участке. Именно поэтому, инженер может принять решение обойти некоторые проблемные участки, упрощая обслуживание трубопровода. В случаях, если месторождение осложнено наличием реки, которую необходимо форсировать, инженер также проектирует систему так, чтобы мест форсирования рек было как можно меньше. Учитывается строение пласта и, как следствие, проектируемая долговечность работы скважины, куста, месторождения. На промысле, также, нередки случаи перевода добывающих скважин в нагнетательные. Таким образом, наиболее грамотно было бы расположить КНС ближе к куполу месторождения. В то же время, при законтурном заводнении больших месторождений, имеет смысл задуматься о большем количестве КНС. Однако, редок математический подход во всех перечисленных случаях.

Определив идеальное положение КНС относительно планируемых дебитов, необходимо найти оптимальную траекторию прокладки труб от места забора воды до КНС, и от КНС до нагнетательных скважин. В случае с проектированием систем ППД, нередко возникают ситуации, когда незначительное удлинение маршрута