

Было обнаружено, что толщина слоя коррозионной пленки увеличивается с повышением температуры примерно до 40 °С. При повышении температуры от 20 до 40 °С происходит увеличение толщины корродированного слоя примерно в 2 раза. Повышение температуры до 60 °С (как на поверхности грунта) показали еще больший темп роста скорости коррозии. Проведенные авторами [1] расчеты показали, что при повышении температуры до 80 °С наблюдается практически линейная зависимость скорости коррозии подземной металлоконструкции от температуры. Далее скорость общей коррозии уменьшается, активизируется язвенное поражение, причем скорость его на оголенных участках трубопровода может достигать 2,5–3,0 мм/год.

Очевидным решением в условиях высоких температур окружающей среды и транспортируемого газа, а также при наличии сероводорода, углекислого газа и повышенной влажности, является использование коррозионно-устойчивых легированных сталей. В данной ситуации, когда месторождение находится длительный период в эксплуатации и производить замену всей сети шельфовых труб и сборных коллекторов, этот способ защиты от коррозии не является экономически выгодным.

На основании проведенных исследований выработаны следующие рекомендации:

- обновить изоляцию части шлейфовых труб, выходящих на поверхность;
- заменить участки трубопроводов, где выявлена высокая степень коррозионного повреждения;
- на блоках DB-1 и DB-2, находящихся на стадии обводнения, установить дополнительную ступень сепарации и теплообменники для более высокой степени снижения температуры газа и отбивки влаги;
- проводить ингибирование подземного, наземного оборудования и шлейфовых труб эффективными ингибиторами коррозии;
- обеспечить снижение влияния температуры на скорость коррозии за счет углубления трубопроводов в грунт на 0,8–1,1 м.

Литература

1. Аскаров, Г. Р. Зависимость активности процесса подземной коррозии от средней температуры при нестабильном температурном режиме трубопровода [Текст] / Г. Р. Аскаров, Н. А. Гаррис, О. Н. Миронова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2012. – № 2. – С. 28 – 30.
2. Бабаев, А. Г. Жизнь в науке о пустынях [Текст] / А. Г. Бабаев. – Ашхабад: Ылым, 2014. – 358 с.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ГАЗОПРОВОДА НА УЧАСТКЕ ПРОСАДКИ ГРУНТА Плужнова А.Ю.

Научный руководитель доцент Н.А. Антропова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из наиболее актуальных задач трубопроводного транспорта углеводородов является безопасная эксплуатация подземных магистральных трубопроводов. Опасные геологические процессы, происходящие в грунте, могут привести к авариям. Необходимыми мерами для предотвращения аварии являются выявление потенциально опасного участка прокладки трубопровода, а также анализ и оценка напряженно-деформированного состояния и прочности трубопровода на этом участке [6].

Цель работы – анализ участка трубопровода на прочность в условиях просадки грунта.

Объектом исследования является модельный участок магистрального газопровода, имеющий наружный диаметр 1420 мм, толщину стенки 29 мм и толщину изоляции 3 мм, выполнен из стали К65. Рабочее давление в газопроводе 9,8 МПа. Известно, что газопровод проложен в Восточной Сибири, где широко распространен такой тип грунта, как суглинок льдистый слоистой криотекстуры, который подвергается влиянию опасных геологических процессов, вследствие чего возникает его просадка. Глубина залегания трубы на участке с просадкой 1 м. Длина участка с просадкой грунта составляет 28 м; глубина просадки – 0,2 м. Схема состояния трубопровода на участке просадки изображена на рисунке 1.

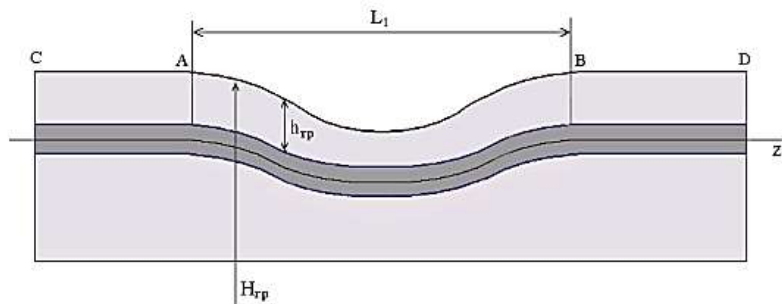


Рис. 1. Схема состояния трубопровода в зоне просадки грунта

Виды нагрузок, оказывающие воздействие на трубопровод определяются исходя из нормативного документа [2]. Вес продукта (газа) в рассматриваемом участке МГ, методика и формулы для расчета нагрузок взяты, в том числе,

из таких нормативных документов как СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы и СП 33.13330.2012 Расчет на прочность стальных трубопроводов [3,4]. Для определения свойств грунта, в котором залегает рассматриваемый участок трубопровода, используется ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация [1].

Исследование напряженно-деформированного состояния трубопровода и вывод о его прочности провели методом конечных элементов в программной платформе ANSYS Workbench. В анализе учитываются такие нагрузки и воздействия, как: собственный вес трубы; собственный вес грунта, находящийся на трубе; вес изоляции трубопровода; на границах участка, близких к области просадки – сила реакции грунта; рабочее давление газопровода.

При расчете были приняты следующие допущения:

- Отсутствует моделирование грунта, его воздействие представлено в виде сил реакции грунта в местах прогиба трубопровода;
- На CAD-модели трубопровода отсутствует сварной шов, принимается, что прочность сварного шва равна прочности металла трубы;
- Не смоделирована изоляция трубы, но нагрузка от ее веса учитывается;
- Вес продукта (газа) в трубе при расчете нагрузок не учитывается.

Расчет на прочность в ANSYS в менеджере Static Structural показал следующие результаты:

1. Максимальное перемещение составляют 1,6 см по вертикали (в отрицательном направлении оси Y). Из рисунка 2 видно, что такой максимальной осадке подвержена центральная часть трубы (примерно 1/5 от всей длины).

2. Анализ упругих деформаций показал, что максимальных значений деформация достигает на концах трубопровода по верхней половине трубы (рисунок 3). Длина участка с максимальными деформациями составляет всего несколько сантиметров и показана на рисунке красным цветом.

3. Распределение напряжений по Мизесу аналогично распределению упругих деформаций (рисунок 4), максимальное значение составляет 307,7 МПа, что более чем в 2 раза меньше допустимого напряжения (785 МПа) [5].

4. Минимальное значение коэффициента запаса по прочности составляет 2,55 (рисунок 5), это означает, что условие прочности выполняется (т.к. для стали коэффициент запаса прочности 1,4 – 3), максимальное значение 15. Распределение запаса прочности соответствует картине распределения напряжений и деформаций.

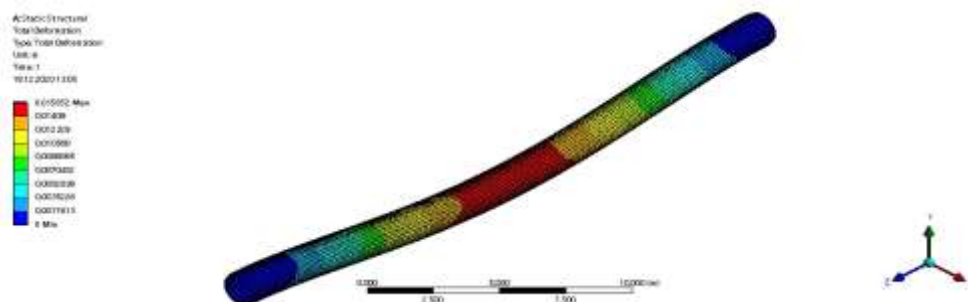
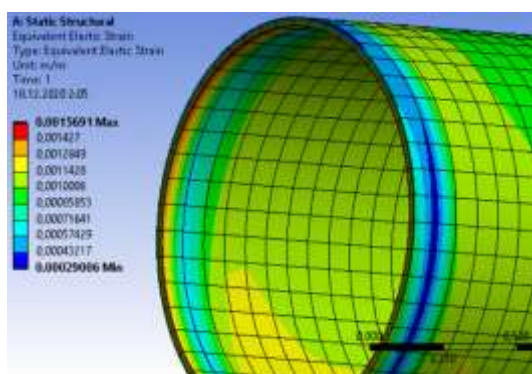
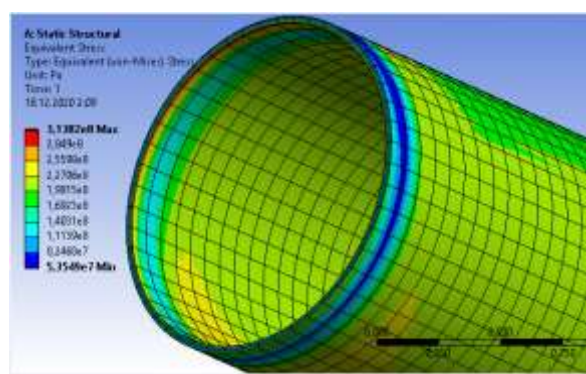


Рис.2. Максимальное перемещение газопровода



**Рис.3. Упругая деформация трубопровода,
увеличенный масштаб**



**Рис.4. Распределение напряжений по Мизесу,
увеличенный масштаб**

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что трубопровод выдержит воздействующие при просадке нагрузки. Наибольшее напряжение испытывают участки на границах трубы (начало области просадки). Однако, коэффициент запаса прочности, который и определяет устойчивость конструкции к разрушению, превышает минимальное значение равное 1. Таким образом, просадка грунта не повлияет на техническое состояние и безопасную эксплуатацию трубопровода.

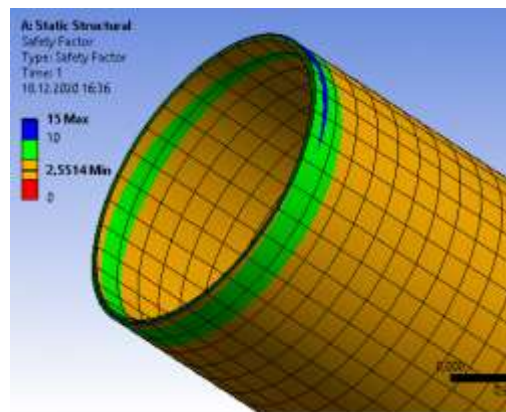


Рис.5. Распределение значений коэффициента запаса прочности

Литература

1. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095052>
2. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>
3. СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>
4. ТУ 1381-012-05757848-2005 Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 508-1420 мм для магистральных трубопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа. Технические условия.
5. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс]: Сталь марки 65. – [metallcheckiy-portal.ru](http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/65) 2009- 2019. – Режим доступа: http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/65
6. Чужинов С.Н., Новиков П.А., Ларионов Ю.В. Анализ прочности трубопровода на участках просадки грунта// Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. – №4(90) – С. 92-99.

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ И ПЕРСПЕКТИВНОМУ РАЗВИТИЮ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Рюмкин К.К., Овчаренко Д.М.

Научный руководитель доцент О.В. Брусник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Трубопроводный транспорт Российской Федерации является стратегическим видом перекачки углеводородов в различных агрегатных состояниях. Ввиду того, что общая доля грузооборота газа по магистральным трубопроводам составляет 100 %, нефти 99 % и 50 % – продуктов их переработки, то важным является периодический осмотр состояния объектов трубопроводной системы для предотвращения аварийных ситуаций. На основании нормативной документации осмотр трубопровода воздушным путем должен проводиться не менее одного раза в неделю, наземным – один раз в 3 дня в соответствии с планом-графиком. Способы, которые применяются, на сегодняшний день, с этой целью, считаются дорогостоящими, рискованными и в какой-то мере могут нанести вред окружающей среде. Кроме того, существуют определенные условия, при которых человек не может визуализировать отклонения невооруженным глазом. Поэтому становится актуальным внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при мониторинге трубопроводных систем [2].

Целью работы является разработка комплекса технических мероприятий для эффективного мониторинга состояния объектов магистрального трубопровода.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- Проанализировать существующие недостатки используемых способов осмотра объектов трубопроводной системы;
- Привести характеристику объекта исследования и предлагаемого беспилотного летательного аппарата;
- Разработать схему передачи данных и передвижения беспилотного летающего аппарата вдоль полосы землеотвода;
- Оценить эффективность применения беспилотного летательного аппарата по сравнению с воздушным патрулированием с использованием вертолета;

В ходе анализа текущего подхода к осмотру магистральных трубопроводов был выявлен ряд недостатков (табл. 1).