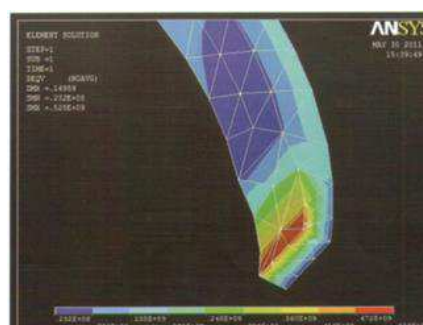


**Рис.3** Распределение напряжений в образце под воздействием внутреннего давления с минимальной шириной коррозионной области (25 мм).



**Рис.4** Распределение напряжений в образце под воздействием внутреннего давления в районе дефекта (ручейковой коррозии) с минимальной шириной коррозионной области (25 мм)

Из расчетов видно, что максимальные напряжения в трубе опять же возникают в области ручейковой коррозии с наименьшей остаточной величиной стенки трубы. В данном случае максимальное напряжение металла составляет 376 МПа (для ширины ручейковой коррозии 60 мм).

При ширине ручейковой коррозии равной 25 мм, максимальное напряжение металла составляет 528 МПа.

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что при уменьшении ширины ручейковой коррозии, при одной и той же глубине и других равных условиях, возникают большие напряжения металла в дефектной области с наибольшим уточнением.

Для водовода высокого давления расчетные максимальные напряжения металла (376 МПа и 528 МПа) выше предела текучести для стали 20, а в последнем расчете напряжение металла выше временного сопротивления стали 20. Следовательно, можно сказать, что на водоводе высокого давления с рабочим давлением 21 МПа и размерах ручейковой коррозии шириной 25 мм и глубиной 4,8 мм возможно разрушение стенки трубы, труба не выдержит рабочего давления.

Программный комплекс ANSYS позволяет получать наглядные картины распределения возникших напряжений в детали при воздействии на нее каких либо сил. В этом мы убедились на примере расчета реальных стальных трубопроводов с ручейковой коррозией. На основании проведенных расчетов можно анализировать и предполагать возможное разрушение участка трубы под воздействием внутреннего давления.

Так же в программном комплексе ANSYS можно моделировать различные условия для трубопроводов – рабочее давление, размер дефектов, трубы с разными диаметрами и т.д., после расчетов сравнить, как изменяются напряжения металла в тех или иных случаях, и строить различные зависимости.

#### Литература

1. Буркова С.П. Основы компьютерных технологий решения задач проектирования и эксплуатации газонефтепроводов и газонефтехранилищ. – Томск: Издательство ТПУ, 2007. – 53 с.
2. ГОСТ Р 53383-2009. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия. (Hot-deformed seamless steel pipes. Specifications).
3. ANSYS 14.5 Расчетные возможности // Интернет издание Cadfem-cis.ru, 2014. URL: [http://www.cadfem-cis.ru/fileadmin/data/file/content\\_prod/ansys/Cadfem\\_ANSYS%2014.5.pdf](http://www.cadfem-cis.ru/fileadmin/data/file/content_prod/ansys/Cadfem_ANSYS%2014.5.pdf) (дата обращения 09.01.2014)

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СВАРНОГО ШВА НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАННОГО ГАЗАПРОВОДА В УСЛОВИЯХ ОСАДКА СЛАБОСВЯЗАННЫХ ГРУНТОВ

До Тхи Тху Хиен, К.Г. Калмыкова

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

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

Объективными особенностями газопроводной сети России являются сложные природно-климатические условия эксплуатации, оказывающие негативное воздействие на функционирование газопроводов, что увеличивает риск экологической и технической безопасности. В процессе эксплуатации газопроводов в результате действия нагрузок, не предусмотренных проектом, могут возникать различные, в том числе и существенные, отклонения напряженно-деформированного состояния (НДС) от проектного. К существенному изменению НДС может приводить изменение пространственного положения газопровода [2]. Этому способствует осадка грунта, которая возникает за счет заполнения пустот, оставшихся после завершения

возведения насыпи: уплотнение за счет оттока излишней влаги; уплотнение - под действием веса самого грунта и вибрации газопровода [1].

Целью данной работы является изучение поведения газопровода в условиях осадки слабосвязанных грунтов, а также исследование его напряженно – деформированного состояния.

Допустим, что газопровод уложен в слабом водонасыщенном грунте. В водонасыщенном грунте осадка выявляется в предположении уплотнения грунта под трубой. На основе механики грунтов известно, что полностью водонасыщенный грунт можно рассматривать как двухфазную систему, уплотняемость которой определяется отфильтровыванием воды из пор скелета грунта под воздействием уплотняющей нагрузки.

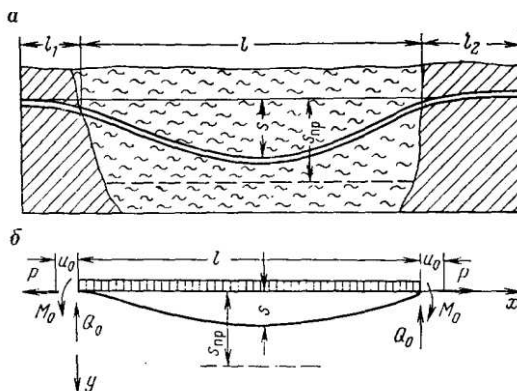


Рис. 1 Перемещение типа осадка: а - общий вид; б – схема

Пусть предельная осадка газопровода  $S_{np}$ , называемая стабилизированной.  $S_{np}$  по длине трубопровода показана пунктирной линией на рис. 1. Если бы слабый грунт равномерно распределялся по всей длине газопровода, то и осадка была бы по всей длине одинакова. Однако на практике наиболее характерно чередование слабых грунтов, обладающих близко большой несущей способностью. В середине участка слабого грунта осадка могла бы достичь предельного значения  $S_{np}$ . Газопровод на участке I изгибается. Поскольку удлинение труб возможно только вследствие их растяжения на участке I и прилегающих к нему участках II и I2, то в трубах возникает растягивающая продольная сила  $P$ , и участок I начинает работать как жесткая нить. Действительная осадка  $S$  оказывается действительно меньше  $S_{np}$ . В трубах появляются напряжения от продольной силы, изгиба под действием давления вышележащего грунта, веса самой трубы с изоляцией и перекачиваемого продукта, действующего внутреннего давления и температурного перепада стенок трубы.

Для определения в стенке трубы напряжений, превышающих допустимые, и установления диапазона изменений численных характеристик процессов, которые влияют на деформацию, проводится расчет напряжений (на прочность), возникающих при наличии осадки газопровода, с помощью программного продукта ANSYS.

Исследуется схема опускания участка газопровода со следующими параметрами: наружный диаметр - 530 мм, толщина стенки трубы – 11 мм, длина - 12 м, рабочее давление - 9,0 МПа. Газопровод изготовлен из стали 17Г1С со следующими механическими характеристиками: предел кратковременной прочности  $\sigma_b$  – 490 МПа, предел текучести для остаточной деформации  $\sigma_t$  – 350 МПа. На газопровод, кроме рабочего давления, действуют следующие нагрузки: распределенная нагрузка от веса самой трубы с изоляцией, перекачиваемого газа и давления вышележащего грунта –  $q_{общ}$ , давление грунта снизу на газопровод –  $q_{гр}$ .

Нагрузки, действующие на газопровод, рассчитываются согласно СНиП 2.05.06-85\* «Магистральные трубопроводы».

Принимаются допущения, которые соответствуют наиболее простому из разных вариантов взаимодействию трубы и контактирующего с ней грунта: в начале и конце газопровода отсутствуют перемещения по оси X, давление грунта принято 20% от действующей нагрузки сверху, не учитывается температурный перепад стенок трубы.

С учетом принятых допущений и схемой, изображенной на рис.1, расчетная схема представлена на рис. 2.

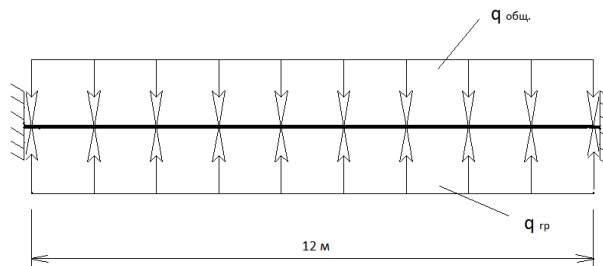
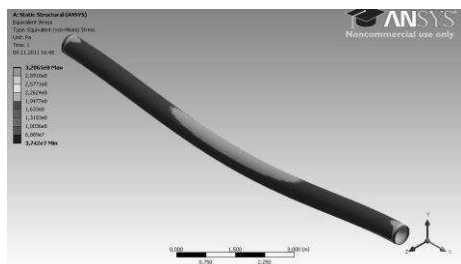
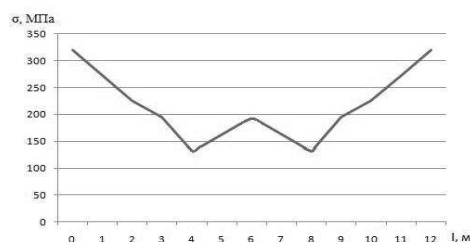


Рис. 2 Расчетная схема газопровода

На рисунках 3 и 5 показан результат расчета участка газопровода, полученный с помощью программы ANSYS, а на рисунках 4 и 6 показана интерпретация данного результата в графическом виде.



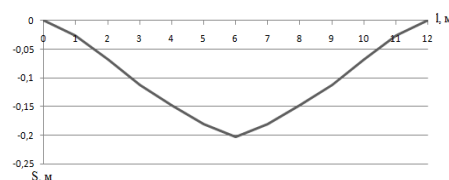
**Рис. 3** Напряжения, возникающие в газопроводе при осадке грунта



**Рис. 4** Распределение напряжений ( $\sigma$ ) по длине ( $l$ ) участка газопровода



**Рис. 5** Деформации, возникающие в газопроводе при осадке грунта



**Рис. 6** Распределение деформаций ( $S$ ) по длине ( $l$ ) участка газопровода

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- изменение значений напряжений, возникающих при осадке газопровода, может достигать величин, близких к пределу текучести стали, что снижает уровень надежности газопровода;
- величина напряжений переменна по длине газопровода. Участки газопровода, расположенные в зоне перехода слабых грунтов, обладающих достаточно большой несущей способностью, характеризуются повышенным уровнем напряжения;
- полученные результаты не дают полную картину для принятия проектного решения, необходимо детальные исследования НДС газопровода с учетом физико-механических свойств грунта.

#### Литература

1. Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М. Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах // Нефтегазовое дело, 2006.
2. Оборудование резервуаров: учебное пособие для вузов /Р.А.Ахияров, Г.Е.Коробков, Н.И.Коновалов, И.Э. Лукьянова, Ф.М.Мустафин. – 2-е изд., перераб. и доп.- Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2005. – 214 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДНИЩА РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ

**Лам Бик Хонг, А.А. Алёшкина**

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

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

Согласно действующим нормативным документам, регламентирующим техническое диагностирование стальных вертикальных резервуаров (РВС), основой оценки технического состояния при проведении экспертизы промышленной безопасности является диагностическое обследование всех элементов конструкции РВС, в том числе днища и стенки. От полноты и качества информации, получаемой при обследовании, зависит, с одной стороны, безопасность при эксплуатации РВС, а с другой, стоимость обеспечения приемлемого уровня безопасности, которая определяется объемом ремонтных и восстановительных работ, предписываемых к проведению по результатам технического диагностирования.

Неблагоприятные эксплуатационные и технологические факторы, оказывающие сильное влияние на днище и первый пояс стенки РВС: коррозией внутренней и внешней поверхности; качеством изготовления РВС; эффективностью электрохимической защиты (ЭХЗ); механическими воздействиями.

По действующим правилам для контроля состояния металла днища и стенки РВС рекомендовано использование следующих методов:

- при частичной диагностике – акусто-эмиссионное обследование (АЭ), визуальный