

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НДС УЧАСТКА ГАЗОПРОВОДА С АБРАЗИВНЫМ ИЗНОСОМ ДНА ВСЛЕДСТВИИ НАЛИЧИЯ В ПОТОКЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Р.Г. Афанасьев

Научный руководитель доцент, кандидат технических наук В. Г. Крец

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Объектом исследования настоящей работы является абразивное влияние твердых частиц, транспортируемых вместе с потоком природного газа в магистральных газопроводах. Конечной целью моделирования любого дефекта является проверка его влияние на прочностные свойства исходного материала. В связи с этим, естественным представляется создание методики расчета, позволяющего, с использованием некоторых средств компьютерного моделирования, без лишних усилий рассчитать напряженно-деформированное состояние материала.

Исследования, касающиеся абразивного износа магистральных газопроводов актуальны, поскольку, хоть и природный газ перед поступлением в транспортную сеть проходит серьёзную очистку, в эксплуатационной практике встречаются ситуации, когда системы очистки дают сбой, либо когда само сырьё, поступающее с месторождений, имеет специфичный состав с большим содержанием твердых частиц. Более того, в свете недавних открытий относительно влияния наночастиц на интенсивность турбулентных пульсаций в потоках движущихся сред [1], появляется возможность использовать в производственной практике свойства взаимовлияния твердых частиц и транспортируемого потока.

Опыт транспортировки потоков со взвешенными твердыми частицами показывает, что, при отсутствии поворотов трубопровода, абразивный износ его поверхности происходит в районе дна, поскольку твердые частицы стремятся вниз под действием силы тяжести, и, соответственно, максимально интенсивно взаимодействуют именно с донной поверхностью [2].

Принимая во внимание, что абразивный износ, как правило, равномерен по длине трубопровода, задача моделирования абразивного износа носит поверхностный, двумерный характер. В данной работе основными параметрами износа являются: максимальная глубина износа - H , и максимальная ширина износа - B .

В качестве примера мы смоделируем абразивный дефект как вырез одной фигуры из тела другой с геометрическими размерами $H=3$ мм и $B=40$ мм, и, в дальнейшем, проанализируем напряженно-деформированное состояние получившегося дефектного трубопровода.

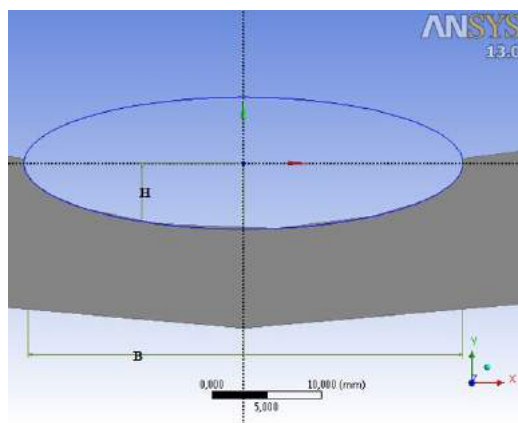


Рис. 1. Эскиз смоделированного дефекта

В качестве примера для расчета напряженно-деформированного состояния был смоделирован газопровод с параметрами, указанными в Таблице 1. После расчета всех геометрических параметров исследуемого участка газопровода, необходимо задаться нагрузками, действующими как со стороны грунта, так и со стороны грунта, транспортируемого продукта, изоляционного покрытия и металла трубы, а также давлением, действующим на внутреннюю поверхность стенки [3].

Таблица 1

<i>Общие параметры газопровода:</i>	
Внутренний диаметр, d :	1000 мм
Толщина стенки, δ :	15 мм
Длина трубопровода, L :	11 м
Глубина залегания по верхней образующей, h_0 :	1,5 м
Плотность природного газа, ρ_g :	0,770 кг/м ³
Рабочее давление, P :	5,8 МПа
<i>Характеристики грунта [по Тугунову]</i>	
Тип:	Суглинки
Удельный вес, γ :	19000 Н/м ³
Угол внутреннего трения, $\phi_{гр}$:	20°
<i>Характеристика материала газопровода [4]</i>	
Наименование материала:	Сталь 13Г1С-У
Плотность металла, ρ_m :	7850 кг/м ³
Предел текучести, $\sigma_{тек}$:	390 МПа

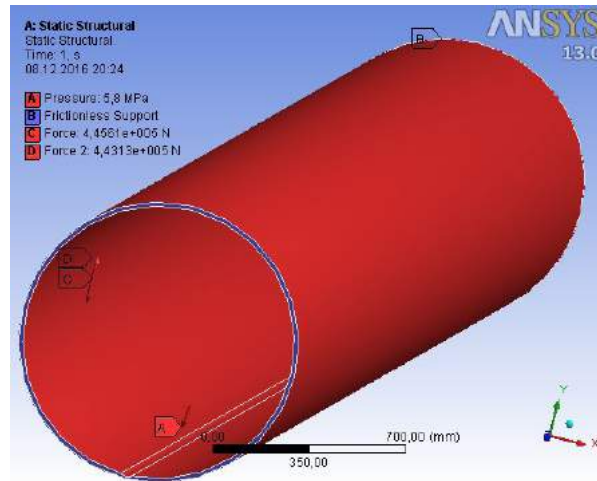


Рис. 2. Нагрузки, действующие на стенку газопрово

Одна из особенностей данного расчета состоит в использовании соотношений, дающих величину в размерностях силы - Н. Это связано с тем, что моделирование напряженно-деформированного состояния газопровода проводилось в среде ANSYS Mechanical, где данный вид нагрузок удобнее задавать в размерностях силы. Следует помнить, что расчетная сила действует на всю полуплощадь газопровода.

Сила, действующая со стороны грунта сверху:

$$F_{\text{сверху}} = \left\{ n_{\text{гр}} \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot D \cdot \left[\left(h_0 + \frac{D}{8} \right) + \left(h_0 + \frac{D}{2} \right) \cdot \left(\tan \left(45^\circ - \frac{\varphi_{\text{гр}}}{2} \right) \right)^2 \right] \right\} \cdot L = 443130 \text{ Н}, \quad (1)$$

где n коэффициент надежности по нагрузке от веса грунта; D - наружный диаметр газопровода, м.

Сила (реакция), действующая со стороны грунта, веса транспортируемого продукта, изоляционного покрытия и материала газопровода

$$F_{\text{снизу}} = \left\{ \frac{F_{\text{сверху}}}{L} + 1,1 \cdot n_{\text{св}} \cdot \gamma_{\text{м}} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) + 10^{-2} \cdot P \cdot D^2 \right\} \cdot L = 445611 \text{ Н} \quad (2)$$

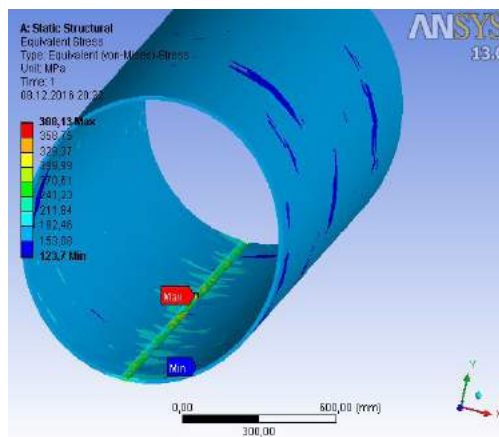


Рис. 3. Эквивалентные напряжения фон Мизеса при абразивном износе

Таким образом, по результатам моделирования напряженно-деформированного состояния газопровода можно сделать вывод, что максимальное эквивалентное напряжение фон Мизеса равно 388,13 МПа и не превышает предела текучести стали 13Г1С-У равное 390 МПа.

Литература

1. Liang-Shih Fan, Chao Zhu. Principles of Gas-Solid Flows. Cambridge University Press, 2005.
2. Путилова И.В. Абразивный износ трубопроводов пневмотранспортных установок систем золошлакоудаления и пылеприготовления ТЭС, М.: - 2004.
3. Тугунов П.И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Уфа - ДизайнПолиграфСервис, 2002.
4. ГОСТ 20295-85: Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов.