

Литература

1. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общ.ред. Д.Г.Красновского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – 224 с.
2. Противокоррозийная защита трубопроводов и резервуаров : учебник для вузов / М.В.Кузнецов, В.Ф.Новоселов, П.И.Тугунов, В.Ф.Котов. – М.: Недра, 1992. – 237 с.
3. Рябов А.А. Трубопроводный транспорт – 2011: диагностика, эксплуатация и реконструкция. // Безопасность труда в промышленности.
4. Строительные нормы и правила: СНиП 2.05.06 – 85*. Магистральные трубопроводы. – М.: ФГУП ЦПП, 2005 – 60с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА
ТРУБОПРОВОДА В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Д.У. Момунов, М.Ю. Чухарев

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время одним из определяющих требований, предъявляемых к магистральным трубопроводам, является обеспечение их надежного, безопасного функционирования при длительных сроках эксплуатации. Связано это со сложными условиями работы конструкций, обусловленными повышением рабочих напряжений, расширением температурного интервала эксплуатации, работой конструкций в различных агрессивных средах. Необходимость выполнения этого требования диктуется высоким уровнем затрат на строительство и ремонт трубопроводов, серьезными экологическими проблемами при авариях, ужесточением законодательных норм по охране окружающей среды. Балластировка трубопроводов – способ закрепления трубопроводов с помощью утяжеляющих грузов или бетонированием при прокладке их на заболоченных или обводненных грунтах. Балластировкой трубопроводов называется также сам процесс производства работ, связанных с установкой грузов или бетонированием труб. Утяжеляющие грузы – седловидные, шарнирные, с гибкими элементами и др. – укладывают на трубы при сооружении трубопроводов с помощью трубоукладчика, болотного экскаватора, крана-амфибии, вертолета. Для балластировки трубопровода бетонированием производят сплошное равномерное покрытие труб (внешнее бетонирование), осуществляемое часто на стационарной базе, или заполнении бетоном пространства между трубопроводом и внешним кожухом (конструкция типа «труба в трубе»).

Цель работы - моделирование напряженно-деформированного состояния участка промыслового нефтепровода в осложненных условиях и определение условий балластировки или применение поплавковых конструкций для участков трубопровода, пролегающих по болоту III типа, при помощи программы обеспечения ANSYS. ANSYS является универсальной конечно-элементной программой, применяемой для решения прочностных, тепловых, акустических, гидро- и газодинамических задач.

Наибольшее распространение при анализе напряжений и деформаций в инженерных конструкциях получил метод конечных элементов (МКЭ). Первые разработки МКЭ были выполнены в 50-х годах двадцатого столетия для решения задач сопротивления материалов. В 60-е годы математики получили строгое обоснование этого метода, после чего он стал общим средством изучения задач в частных производных, постепенно вытесняя метод конечных разностей, который рассматривался в то время, как универсальное средство решения названных задач. Благодаря работам О.Зенкевича, Р.Галлагера, Дж.Одена и других ученых, начиная с 1970 г., МКЭ становится все более популярным среди инженеров всех специальностей. Тогда же были разработаны первые программные комплексы, в которых реализовался метод конечных элементов. [1, 4] В настоящее время программным комплексом, в котором в наибольшей степени реализованы возможности МКЭ, является ANSYS.

Для реализации данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

Определение характеристик расчетных трубопроводов

Расчет изменения напряженно-деформированного состояния 1-го и 2-го участков трубопроводов, вследствие влияния веса трубы и выталкивающей силы водной фазы.

Необходимые значения соответствующих нагрузок находим согласно СНиП 2.05.06-85*. [2, 5, 6]

Технические характеристики участков трубопровода:

В данной работе представлена марка стали, используемая в районах крайнего севера при температуре окружающей среды от -60 оС до 40 оС – 13ХФА. Конструкционная легированная сталь повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости. Трубы отличаются от нефтегазопроводных труб обычного исполнения по ГОСТ 8731, ГОСТ 8732, повышенной хладостойкостью, повышенной стойкостью к общей и язвенной коррозии, стойкостью к сульфидному коррозионному растрескиванию и образованию водородных трещин.

- | | |
|---|---|
| • $D = 0,219 \text{ м}$ | • $\sigma_{\text{текуч.}} = 353 \text{ Н/мм}^2$ |
| • $S = 0,008 \text{ м}$ | • $m_{\text{трубы}} = 41,36 \text{ кг}$ |
| • $L = 10 \text{ в}$ | • $m_{\text{нефти}} = 27 \text{ кг}$ |
| • $\rho_{\text{воды}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ | • $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ |
| • $\rho_{\text{нефти}} = 850 \text{ кг/м}^3$ | • $h = 1,5 \text{ м}$ |
| • $\sigma_{\text{прочн.}} = 520 \text{ Н/мм}^2$ | |

Напряженно-деформированное состояние любого несущего элемента линейной части промышленного трубопровода однозначно определяется характеристиками воздействующих на него нагрузок. На подземные трубопроводы, проложенные в болотах, действуют постоянная нагрузка от выталкивающей силы водной среды (q выт. Воды) и длительная нагрузка от внутреннего давления перекачиваемого продукта, так же имеет место воздействие собственного веса трубы при наличии жесткой заделки трубопровода. [4]

В данной работе рассматриваются 2 варианта заделки трубопровода в грунт:

- 1) Трубопровод «жестко» закреплен с обеих сторон перехода. В качестве «жесткой» заделки используется вид грунта – глина.
- 2) Трубопровод «жестко» закреплен с одной стороны перехода, а с другой допускаются продольные перемещения. В качестве «скользящей» опоры используется вид грунта – суглинки.

Температурные воздействия и воздействия веса перекачиваемого продукта не учитываются. Геологические условия для участка:

- Тип грунта с правой стороны болота, по ходу прокладки трубопровода : глина
- Тип грунта с левой стороны болота, по ходу прокладки трубопровода: суглинки
- Тип болота : III

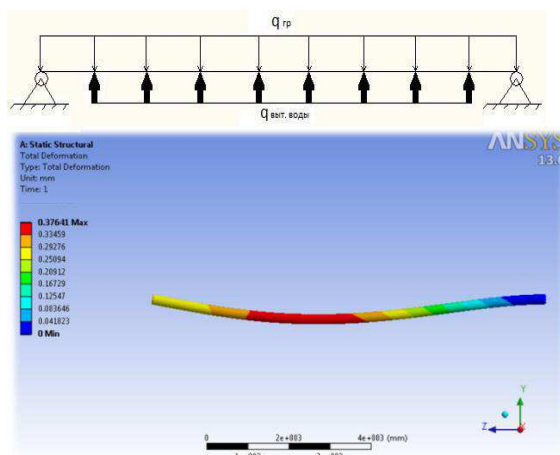


Рис.1 Трубопровод жестко закреплен с обеих сторон

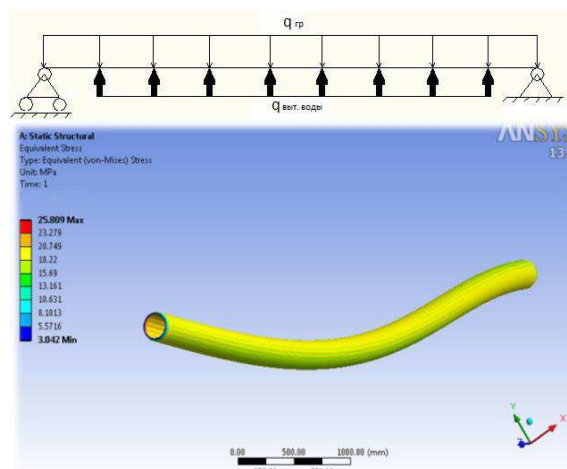


Рис.2 Трубопровод жестко закреплен с одной стороны, с другой допускаются продольные перемещения

Максимальное значение деформации на участке трубопровода = 0,37мм в поперечном направлении, в то время как в продольном направлении, это значение = 0,25мм. Максимальное напряжение равно 25,8 МПа будет наблюдаться внутри полости трубопровода и не будет влиять на его устойчивость.

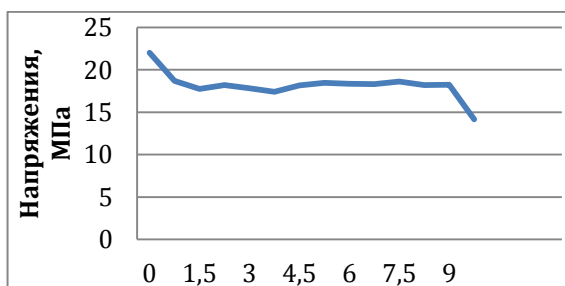


Рис.3 Распределение суммарных напряжений, полученных в расчете

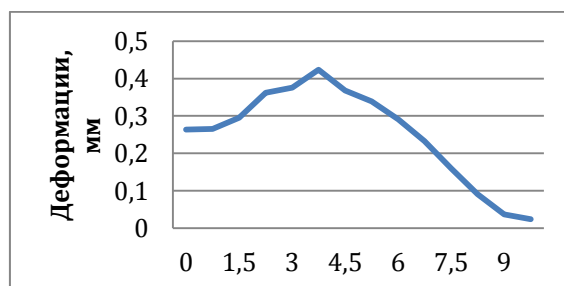


Рис.4 Распределение суммарных деформаций, полученных в расчете

В результате расчета было установлено: в данных условиях, при жесткой заделке трубопровода в грунт, с одной стороны перехода, и допустимых перемещениях в продольном направлении с другой, трубопровод не нуждается в дополнительной установке поплавковых приспособлений, так как его деформации являются незначительными и не могут повлиять на его прочность и устойчивость.

Литература

1. Применение метода конечных элементов в решении задач прикладной механики: учебн.-метод. пособие для студентов технических специальностей / А.О.Шимановский, А.В.Путятю; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2008. – 61с.
2. Строительные нормы и правила (СНиП) 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы». – М., 1997. – 59 с.
3. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – М.: Мир, 1984.- 428 с.

4. Бурков П.В., Буркова С.П., Вертинская О.В. Исследование силовых факторов системы среда – трубопровод // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011, - №2. – с.153-157.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА КОНВЕРТЕРНЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ШЛАКОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОГО ГАРНИСАЖА НА ФУТЕРОВКЕ АГРЕГАТА

А.Н. Калиногорский

Научный руководитель профессор Е.В. Протопопов

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Нанесение гарнисажа при раздувке конвертерного шлака является важной составляющей технологии горячих ремонтов футеровки агрегатов. Для повышения износоустойчивости гарнисажа предлагается формирование конвертерных магнезиальных шлаков с рациональным соотношением высоко- и низкотемпературных фаз [1].

С целью определения изменений, происходящих в конвертерном шлаке при вводе в него определенного количества специальных добавок, в частности высокомагнезиальных флюсов, наряду с химическим анализом проведены исследования минерального состава, текстурно-структурных, кристаллохимических и кристаллофизических особенностей шлаков².

Минераграфические исследования проводили в поляризованном отраженном свете на исследовательском металлографическом микроскопе МИМ-8-М, МИМ-10 и микроскопе поляризационном рабочем проходящего и отраженного света с цифровой камерой OLYMPUS E 420 ЛабоПол-2 РПО вариант 2, а текстурно-структурные – на натуральных обломках проб на стереографических микроскопах МБС-2 и ЛабоСтеми-4 зум.

Пробы для минераграфических исследований цементировали эпоксидной смолой в брикеты диаметром 20 мм и подвергали мокрой шлифовке, доводке на алмазных брусках и алмазной пасте и полировке с использованием окиси хрома. Исследования проводили в широком диапазоне увеличений от натуральных размеров до 3000× с обязательным фотографированием наиболее интересных структур. При больших увеличениях (500 – 3000×) в качестве иммерсионной жидкости использовали кедровое масло. Исследования проводили, как в обычном, так и в поляризованном свете.

Предварительно были проведены опытные плавки в 350-т конвертерах с промежуточными повалками для исследования физико-химических свойств шлака [2]. В таблице приведены минералы, присутствующие в опытных образцах шлака (1, 2, 3 и 4), отобранных, соответственно, на 4-й, 12-й минутах, по окончании продувки и после нанесения шлакового гарнисажа характерной конвертерной плавки. Минеральный состав рассчитывали по данным химического анализа с учетом результатов минераграфических исследований опытных образцов шлака.

Таблица

Минеральный состав опытных образцов шлака

Минерал (соединение)	Равновесная температура, °С	Содержание минерала в опытных образцах, %			
		1	2	3	4
Периклаз (MgO)	2800	3,97	1,91	11,45	20,29
Кальцоксид (CaO)	2570	1,2	14,44	25,05	34,04
Вюстит (FeO)	1370	1,23	2,67	3,63	1,01
Манганозит (MnO)	1850	2,94	2,51	3,49	2,61
Шпинель (MgAl ₂ O ₄)	2135	1,29	1,4	0,82	0,25
Галаксит (MnAl ₂ O ₄)	1870	1,29	0,47	0,27	0,11
Герценит (FeAl ₂ O ₄)	1750	1,29	0,47	0,27	0,44
Якобсит (MnFe ₂ O ₄)	1500	1,94	1,48	0,81	0,37
Магнезиоферрит (MgFe ₂ O ₄)	1810	0,65	3,69	2,73	2,39
Магнетит (FeFe ₂ O ₄)	1592	1,37	1,18	0,81	1,56
Маггемит (γ-Fe ₂ O ₃)	-	0,69	3,04	0,26	0,23
Кальциооливин (Ca ₂ SiO ₄)	2130	29,79	26,49	22,64	8,56
Форстерит (Mg ₂ SiO ₄)	1890	14,9	15,89	9,28	6,95
Фаялит (Fe ₂ SiO ₄)	1205	7,45	5,89	2,91	4,55
Тефроит (Mn ₂ SiO ₄)	1345	7,45	5,89	2,83	1,07
Витлокит (Ca ₅ (PO ₄) ₃)	1720	1,51	0,99	0,91	0,61
Волластонит (CaSiO ₃)	1540	-	0,39	-	2,85
Пироксен ((Mg,Fe,Mn,Ca) ₂ Si ₂ O ₆)	1500	8,68	0,39	-	2,23

² Исследования выполнены под руководством к.г.-м.н., профессора Пермякова А.А.