

Рис. Основное окно программы решения задачи

Результаты исследования указывают на успешное выполнение упомянутых выше задач: представление численного решения уравнения теплопроводности неявным методом, образование связи между процессами на стенке и внутри трубопровода, разработка комплексной численной модели, описывающей процессы теплопереноса, выполненная в интегрированной среде разработки «Lazarus 1.6».

Перспективным представляется развитие представленной модели с включением механизмов, учитывающих гидродинамику и вибро-акустические эффекты, разработка алгебраических моделей теплообмена при ламинарном или турбулентном течении для сопряжения с уже выполненными расчетами.

Литература

1. Free Pascal и Lazarus: Учебник по программированию / Под ред. Е.П.Алексеева, О.В. Чесноковой, Т.В. Кучер. – М.: ALT Linux; Издательский дом «ДМК-пресс», 2010. – 440 с.: ил.
2. Kasagi N., Tomita Y., Kuroda A. Direct Numerical Simulation of Passive Scalar Field in a Turbulent Channel Flow. // 3- ASME-JSME Thermal Engineering Joint Conference. – Reno, 1991. – p. 598-606.
3. Marusic I., McKeon B.J., Monkewitz P.A., Nagib H.M., Smiths A.J. Wall-bounded turbulent flows at high Reynolds numbers: Recent advances and key issues. // Physics of Fluids. – Melville, 2010. – doi:10.1063/1.3453711
4. Rai M.M., Moin P. Direct Numerical Simulation of Transition and Turbulence in a Spatially Evolving Boundary Layer. // Journal of Computational Physics. – Amsterdam, 1993. – Vol. 109. – p. 169-192.
5. Алгоритмы при моделировании гидродинамических процессов. / Под ред. С.Н. Харламова. - Томск: Издательство ТПУ, 2008. – 80 с.: ил.
6. Харламов С.Н., Дедеев П.О. Исследование нелинейных взаимодействий акустических и гидродинамических пространственных процессов в трубопроводах сложной формы в режимах их возбуждения. // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвященной 50-летию создания Тюменского индустриального института. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. - с. 240-244.
7. Харламов С.Н., Терещенко Р.Е., Куделин Н.С. Гидродинамика и теплообмен в условиях установившегося неньютоновского течения нефтепродуктов в трубопроводах // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвященной 50-летию создания Тюменского индустриального института. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. - с. 244-248.
8. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. / Под редакцией С. Патанкара. – М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1984. – 130 с.: ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ ЧИГАС КМ. 418 «АЛЕКСАНДРОВСКОЕ-АНЖЕРО-СУДЖЕНСК»

Лыонг Тху Хыонг, М.Н. Мадракова

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск, Россия

Магистральные и технологические трубопроводы отличаются от других сооружений сложной схемой действующих силовых факторов, следовательно, неопределенностью уровня напряженно – деформированного состояния, масштабностью и т.п.

Повышение надежности трубопроводов становится актуальной проблемой на всех этапах: проектирования, сооружения и эксплуатации трубопроводных систем. Весьма важно установить адекватность поведения сооруженного трубопровода под действием эксплуатационных и внешних воздействий расчетной схеме, принятой в нормах и правилах, т.е. необходимо исследовать конструктивную надежность трубопроводов.

На первый план решения проблемы о надежности выдвигаются задачи расчета на прочность, устойчивость, долговечность. Для их решения необходимы: информация о нагрузках и воздействиях на

трубопровод, анализ напряженно – деформированного состояния, что в итоге позволит сделать расчеты надежности и ресурса.

Рассматриваемый подводный переход магистрального нефтепровода «Александровское - Анжеро-Судженск» диаметр (наружный) трубопровода 1220 мм. Давление продукта - 4,76 МПа; прокладка подвального перехода нефтепровода – наклонно-направленное бурение, грунт в зоне прокладки – суглинок, толщина слоя засыпки от верхней образующей трубы 1м, материал – сталь 17Г1С, толщина стенки – 12,5 мм, предел прочности $\sigma_B = 520$ МПа; предел текучести $\sigma_T = 360$ МПа.

При определении надежности трубопроводов Западной Сибири необходимо проанализировать работоспособность подводных переходов нефтепровода. При этом требуется количественно оценить действие сил на напряженно-деформированное состояние конструкции[1,2].

Действие всех сил можно представить как равномерно распределенную нагрузку (рис. 1), что позволяет упростить задачу и провести расчет напряженно-деформированного состояния в программе ANSYS.

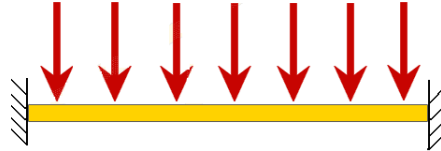


Рис.1. Равномерно распределенная нагрузка

Изменение геометрии трубопровода при длительной эксплуатации в условиях предельного состояния подводного перехода меняет напряженно-деформированное состояние (НДС), что предопределяет необходимость полного анализа величины НДС с учетом физической и геометрической нелинейности системы «труба-вода».

Для определения в стенке трубы напряжений, превышающих допустимые, и установления диапазона изменения численных характеристик процессов, влияющих на деформацию, проводится расчет напряжений (на прочность). При этом принимаются допущения, соответствующие наиболее простому из возможных вариантов взаимодействию трубы и контактирующего с ней воды: в начале и конце трубопровода отсутствуют перемещения по оси Y.

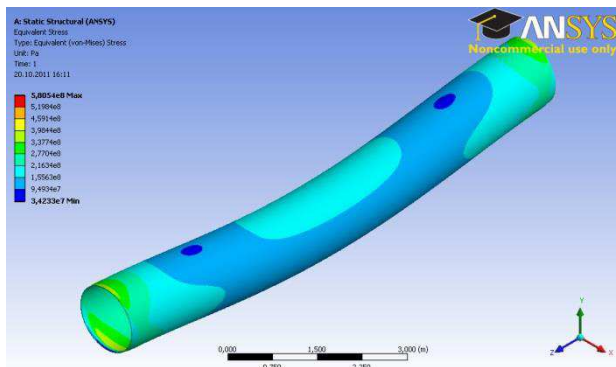


Рис. 2. Напряжения по Мизесу.

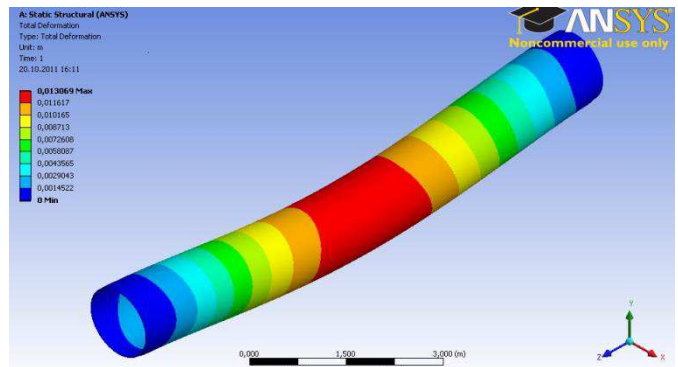


Рис. 3. Деформации по оси Y, возникающая при действии распределенной нагрузки на подводный переход трубопровода.



Рис. 4. Распределение напряжений (δ) по длине (L) участка трубопровода.

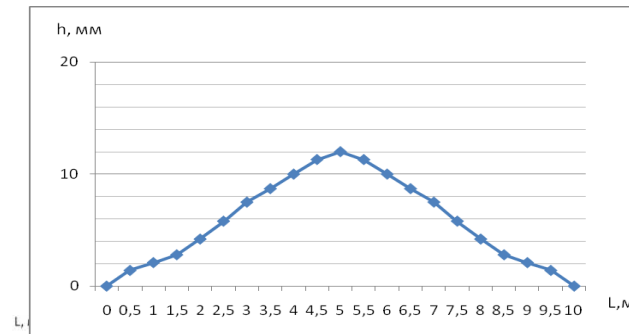


Рис. 5. Распределение деформаций (h) по длине (L) участка трубопровода.

Полученные и представленные на рис. 4 и 5 результаты позволяют сделать следующие выводы:

- изменение значений напряжений, возникающих при эксплуатации трубопровода, может достигать величин, близких к пределу текучести стали, что снижает уровень надежности трубопровода;
- суммарные перемещения переменны по длине трубы, и существенно зависят от действия распределенных нагрузок от веса самой трубы и перекачиваемой нефти, а также гидростатического давления и выталкивающей силы воды;
- изменение условий взаимодействия трубы с окружающей средой (вода) усложняют процессы деформации, что вызывает необходимость более детального исследования напряженно-деформированного состояния нефтепровода с учетом различных физико-механических свойств среды.
- значение максимального напряжения $330 < 360$ Мпа.

Литература

1. Шаммазов А. М., Мугаллимов Ф. М., Нефедова Н. Ф. Подводные переходы магистральных нефтепроводов. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. — 237 с.: ил. - ISBN 5-8365-0049-5.
2. П.В. Бурков, С.П. Буркова, В.Ю. Тимофеев, Д.Ю. Черявский, А.А. Ащеулова, О.В. Ключ. Исследование напряженно-деформированного состояния участка магистрального нефтепровода Александровское-Анжеро-Судженск методом конечных элементов.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СВАРНОГО ШВА НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА Ф.Ю. Маркаускас

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Основным технологически процессом при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и техническом обслуживании на магистральных нефте-газопроводах является сварка. Одним из определяющих требований, предъявляемых к магистральным, является обеспечение их надежного, безопасного функционирования при длительных сроках эксплуатации. При сварке в каждой точке сварного соединения или конструкции возникают напряжения и деформации. В начальный период сварки, когда происходит нагрев металла, и в процессе последующего охлаждения они существенно изменяются по величине, знаку, характеру распределения в том или ином сечении и их принято называть временными. Временные напряжения и деформации по мере охлаждения постепенно переходят в остаточные, которые для большинства конструкционных материалов существуют в металле в течение всего дальнейшего периода эксплуатации.

В результате образования в каждой точке металла деформаций, формируются перемещения свариваемых элементов и за счет этого возникает формоизменение свариваемых изделий. Можно выделить несколько наиболее типичных видов формоизменения, которые проявляются отдельно или в определенных комбинациях друг с другом. Принято различать перемещения в плоскости свариваемых листов - продольное укорочение от продольной усадки металла, поперечное укорочение от поперечной усадки, изгиб в плоскости. Связано это со сложными условиями работы конструкций, обусловленными повышением рабочих напряжений, расширением температурного интервала эксплуатации, работой конструкций в различных агрессивных средах, применением сварки для изготовления конструкций, конфигурация и размеры которых создают возможность возникновения опасных концентраций напряжений и т. д. Последовательность сварки отдельных элементов конструкции может оказывать существенное влияние напряженно-деформированное состояние в связи с изменением условий закрепления свариваемых элементов.

Остаточные напряжения и деформации в сварных изделиях необходимо уменьшать. В настоящее время наука сделала большой прорыв в сварке магистральных трубопроводов. Увеличилась скорость сварки, качество сварных швов. Аварий на магистральных трубопроводах стало меньше.

Целью данной работы является моделирование напряженно-деформированного состояния сварного шва на участке магистрального газопровода в программе ANSYS. ANSYS является универсальным расчётным программным комплексом, основанном на методе конечных элементов, предназначенным для моно- и многодисциплинарных расчётов.

Демонстрация работы программы

Расчет ANSYS

Расчет производился с помощью трехмерного моделирования и решения пространственной задачи определения напряженно-деформированного состояния трубопровода, находящейся под действием внутреннего давления и веса от грунта насыпки. Рассматриваем 1 м длины трубы со сварным швом.

Механические свойства стали: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$.
Внутренне давление $P = 7,45$ МПа, $p_{cp} = 35054,86$ МПа

Этапы строительства трубопровода в программе

Создание модели

Toolbox-> Analysis systems->Static Structural

Свойства материала (В данной задаче задается изотропный материал с постоянными свойствами)

Engineering Data-> Outline Pane ->Material>Structural steel ->Engineering Data-> Properties Pane