

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОВОДА НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА АЛЕКСАНДРОВСКОЕ-АНЖЕРО-СУДЖЕНСК

Д.Ю. Чернявский, В.П. Тардакин

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Развитие нефтегазовой промышленности на основе мощных трубопроводов и эксплуатация их в районах со сложными природными условиями поставили на повестку дня вопросы контроля и оценки прочности и работоспособности этих конструкций. При этом теоретические расчеты прочности магистральных нефтепроводов, закладываемые в проекты, являются ориентировочными, т.к. в принципе не могут учесть всех эксплуатационных факторов. Магистральные нефтепроводы, поставляя нефть в центральные районы страны и на экспорт, пересекают водные преграды различной протяженности. Пересечение водных преград чаще всего решается путем строительства подводных переходов. К надежности подводных переходов предъявляются высокие требования, так как даже незначительные повреждения переходов с потерей герметичности приводят к тяжелым экологическим последствиям. Магистральный нефтепровод «Александровское – Анжеро-Судженск» на своем протяжении пересекает 98 водных преград. Участок представляет собой незастроенную, заросшую смешанным лесом территорию вдоль трассы нефтепровода, расположенный на 208 км нефтепровода «Александровское – Анжеро-Судженск» [1].

Целью данной работы является исследование напряженно-деформированного состояния подводного перехода заболоченного участка нефтепровода.

Расчет напряженно-деформированного состояния трубопроводных конструкций, базирующийся на методах сопротивления материалов и строительной механики не позволяет провести адекватный анализ прочности трубопроводов топливно-энергетического комплекса с требуемой точностью. В настоящее время наибольшее распространение получил метод конечных элементов. Информация, полученная в результате оценки напряженно-деформированного состояния трубопроводов, позволяет определить участки с предаварийной ситуацией и предпринять все необходимые меры для их устранения, повышая тем самым надежность трубопроводной системы [2-3]. Диаметр исследуемого нефтепровода 1220 мм, рабочее давление 3,7 МПа. Нефтепровод проходит через заболоченный участок. Характеристика материала трубы: сталь 13ГС со следующими механическими характеристиками $\sigma_{\text{нп}} = 510 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{с}} = 335 \text{ МПа}$ [4]. На нефтепровод, кроме рабочего давления, действуют следующие нагрузки: распределенная нагрузка от веса самой трубы с изоляцией и перекачиваемой нефти – q , выталкивающая сила воды – $q_{\text{в}}$, гидростатическое давление – $q_{\text{гид}}$. В расчетах приняты допущения об отсутствии нагрузок, действующих в зимний период и температурного влияния на нефтепровод. Расчетная схема представлена на рисунке 1 и представляет собой место перехода нефтепровода из грунта в воду.

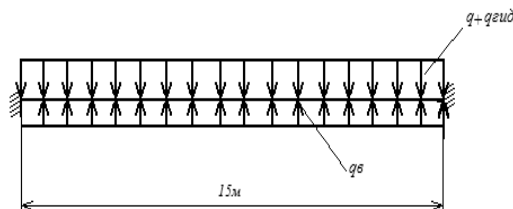


Рис. 1 Расчетная схема нефтепровода

Результаты расчета представлены на рисунках 2 и 3.

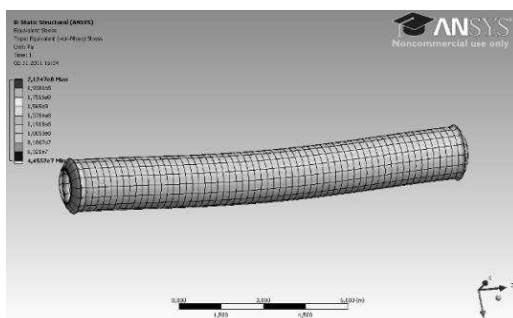


Рис. 2 Расчетные напряжения по Мизесу на исследуемом участке

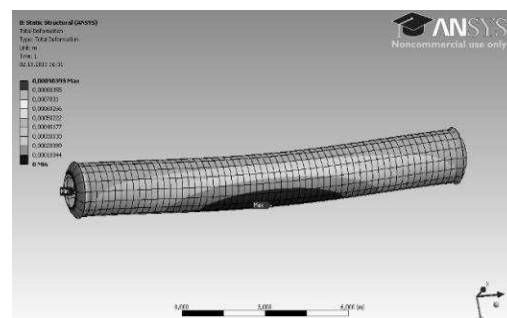


Рис. 3 Суммарные перемещения

Рассчитав исследуемый участок нефтепровода, проверим соответствие расчета модели в Ansys общепринятым. Для этого используем созданную модель участка нефтепровода. Приложим только расчетное давление и произведем расчет по кольцевым напряжениям.

Результаты расчета приведены на рисунке 4.

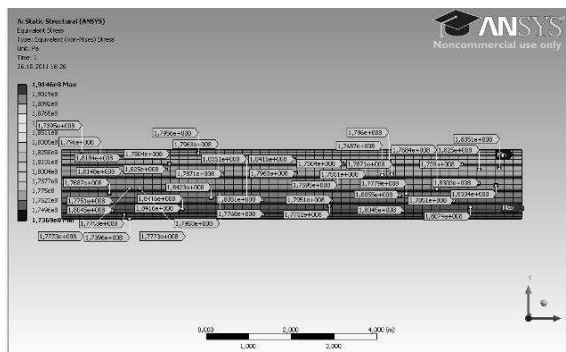


Рис. 4 Кольцевые напряжения в нефтепроводе

Максимальные кольцевые напряжения участка нефтепровода под действием расчетного давления по методу конечных элементов $\sigma_{кр,пл} = 191 \text{ МПа}$.

Кольцевые напряжения по расчету $\sigma_{кр,з} = 188 \text{ МПа}$.

Погрешность расчета:

$$\frac{191 - 188}{191} \cdot 100\% = 1,57\% \quad (1)$$

Таким образом, принятая модель дает адекватный результат. Распределение суммарных перемещений и напряжений, полученных в расчете представлены на рисунках 5 и 6.

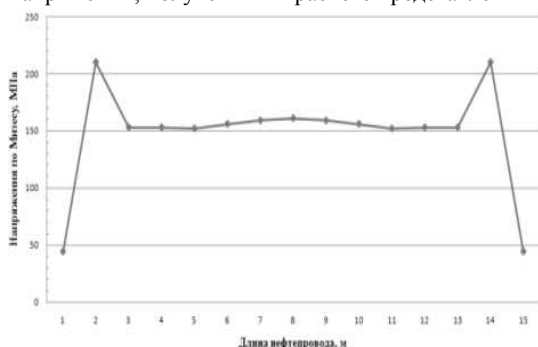


Рис.5 Распределение напряжений по длине нефтепровода

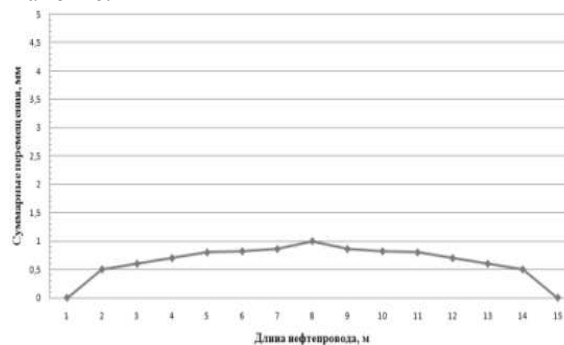


Рис. 6 Распределение суммарных перемещений по длине нефтепровода

Из полученных и представленных результатов можно сделать следующие выводы:

- наиболее опасное сечение нефтепровода находится в месте перехода из одной среды в другую; здесь наблюдаются максимальные напряжения, снижающие уровень надежности нефтепровода;
- 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. Наиболее опасное сечение находится в центре нефтепровода.

Литература

1. Шаммазов А. М., Мугаллимов Ф. М., Нефедова Н. Ф. Подводные переходы магистральных нефтепроводов. - М.: ООО «Нсдра-Бизнесцентр», 2000. — 237 с.: ил. - ISBN 5-8365-0049-5.
2. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах [Текст]. – М.: Компьютер Пресс, 2002. – 224 с.
3. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. Ansys для инженеров: Справ.пособие. –М.: Машиностроение 1, 2004.- 512 с.
4. Методические указания по освидетельствованию и идентификации стальных труб для газонефтепроводов. ВРД 39-1.11-014-2000.: Москва, 2000. - 58 с.