

5. Нефтегазовые технологии, 2001, № 5.
6. Драцковский К.М., Евтихин В.Ф., Николаев В.Н. Очистка нефтяного резервуара с плавающей крышей.- М.: ЦННИТ Энефтехим. НТРС. Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 1981, № 1.
7. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод.-М.: Химия, 1984.
8. Коновалов Н.И., Мустафин Ф.М., Коробков Г.Е., Ахияров Р.Ж., Лукьянова И.Э. Оборудование резервуаров. Уфа:ДизайнПолиграфСервис, 2005.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПРОКЛАДКИ НЕФТЕПРОВОДА НА БОЛОТЕ

Я. Ю. Евдокимова

Научный руководитель доцент В.Г. Крец

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

Нефтепроводы в Западной Сибири сооружают со второй половины прошлого века. Проектировщики, строители и эксплуатация столкнулись с серьезной проблемой: прокладки трубопроводов на болотах.

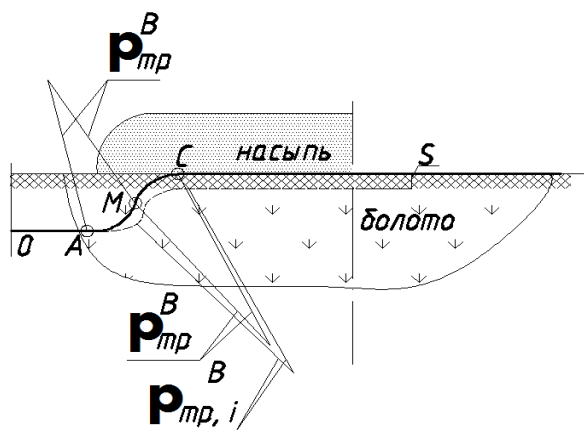
Нефтепроводы требуют качественной проверки на прочность в значительно большей мере, чем в обычных минеральных грунтах. Это связано с низкими деформационными и прочностными характеристиками торфа, что не способствует закреплению трубы в грунте. Поэтому трубопровод на болоте не испытывает большого сопротивления основания в продольно-поперечных направлениях и может перемещаться на значительные величины.

Технические решения для наземных в насыпи и подземных трубопроводов на болотах, позволяющие исключить развитие дополнительных напряжений в трубе при ее осадке в торфе, были разработаны и запатентованы в России [6].

Суть решений в том, что в местах перехода из минерального грунта в торф профиль продольной оси трубопровода в исходном положении должен быть зеркальным отображением эпюры прогибов трубопровода.

Технология работ по данному методу не отличается от обычной. Способ не требует применения кривых вставок искусственного гнутья, придания трубопроводу выпуклой формы для создания в нем предварительных растягивающих напряжений, использования утяжелителей [2].

При наземной в насыпи прокладке трубопровода на переходе через болото переход из подземного в наземный способ и наоборот необходимо осуществлять по кривым поворота с минимальным допустимым из условия прочности начальным радиусом упругого изгиба трубопровода. Кривые поворота нужно расположить в слое торфа и обеспечить совмещение их начала с краями болота. В горизонтальной плоскости трубопровод следует уложить по поверхности болота под насыпью также с искривлением продольной оси упругим изгибом трубы по большому радиусу с расположением вершины поворота посередине перехода через болото [6].



**Рис. 1** Изменение геометрических параметров трубопровода при его осадке на переходе через болото;  $R_{tr}^B, R_{tr,i}^B$  – минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода в вертикальном профиле;  $S$  – осадка трубопровода в болоте;  $OA$  – подземный профиль трубопровода;  $AC$  – профиль трубопровода при выходе его из подземного в наземный вариант;  $M$  – середина профиля трубопровода  $AC$

нефтепровода на болоте в программе ANSYS представлены в таблице 1.

После определения границ участков, т.е. местоположения края болота (точка А), трубопровод упругим изгибом трубы выводится из подземного в наземный вариант прокладки по поверхности болота (рис. 1).

Фактически участок нефтепровода в пределах болота по данному способу прокладки является компенсатором, что положительно сказывается на работе трубопровода. Основание компенсатора  $OA$  зашпелено в минеральном грунте (рис. 1), а его деформируемая часть располагается в торфе под насыпью.

Известно, что сопротивление торфа и насыпи поперечному перемещению трубы намного меньше, чем минерального грунта природного сложения. Этот фактор используется для снижения напряженно-деформируемого состояния трубопровода от эксплуатационных нагрузок [1].

В программной системе конечно-элементного анализа ANSYS были смоделированы модели: трубопровод, залегающий по-новому способу прокладки, и труба, залегающая в болоте прямолинейно на переходе болота в минеральный грунт (рис.2).

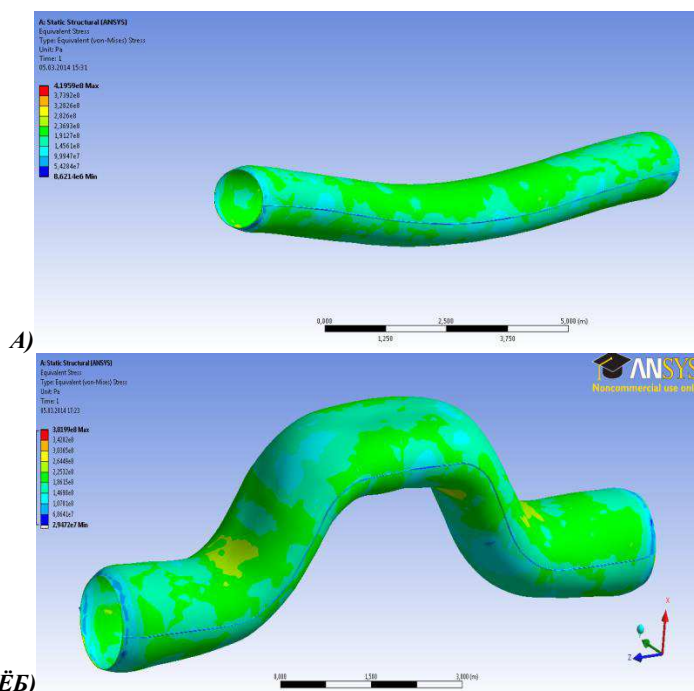
Подсчитанные напряжения по Мизесу

Таблица 1

**Результаты расчетов напряжений и деформация нефтепровода на болоте в ANSYS**

Модель трубопровода	Максимальные напряжения, МПа
Трубопровод с использованием традиционного способа прокладки на болоте	420
Трубопровод с использованием нового способа прокладки на болоте	382

Напряжения нефтепровода, проложенного новым способом прокладки меньше, чем у нефтепровода, проложенного традиционным способом. Данные таблицы 1 меньше предела текучести  $\sigma_T = 460$  МПа стали класса прочности К60, принятой за материал трубопровода. Следовательно, предлагаемый новый способ прокладки является более рациональным для снижения напряженного состояния нефтепроводов на болоте.



**Рис. 2 Модель нефтепровода: А – расчетные напряжения по Мизесу нефтепровода с использованием традиционного способа прокладки на болоте Б) – расчетные напряжения по Мизесу нефтепровода с использованием нового способа прокладки на болоте;**

Таблица 1

**Результаты расчетов напряжений и деформация нефтепровода на болоте в ANSYS**

Модель трубопровода	Максимальные напряжения, МПа
Трубопровод с использованием традиционного способа прокладки на болоте	420
Трубопровод с использованием нового способа прокладки на болоте	382

## Литература

1. Богушевская Е.М., Димов Л. А. Анализ напряженного состояния нефтепроводов на болотах// Трубопроводный транспорт нефти. – Москва, 2002.– №2. – С. 32– 35.
2. Богушевская Е. М., Димов Л. А. Магистральные трубопроводы в условиях болот и обводненной местности. – М: Горная книга, 2010 г. – 387 с.
3. Дерцакян А.К., Макуров Б. Д. Новые проектные материалы по строительству газопроводов на болотах// ЭИ по строительству магистральных трубопроводов: сборник трудов ВНИИСТ. – Москва, 1963. – Т. 4. – С.7-12.
4. СНиП 2.05.06-85\*. Магистральные трубопроводы.
5. СНиП III-42-80\*. Магистральные трубопроводы.
6. Пат. 2117846 Россия МКИ 6 F 16 L 1/028 №96121264/06. Способ прокладки трубопровода на заболоченной местности Вершинин В. Н., Димов Л. А., Богушевская Е. М. Заявлено 30.10.1996; Опубл. 20.08.1998, Бюл. №23.