



Рис. 2 График распределения напряжений

В сравнении с другими подходами компьютерное моделирование имеет несколько преимуществ. Оно позволяет получить прогноз и определить управляющие воздействия, которые приведут к более благоприятному развитию событий. Качественные выводы, которые сделаны по результатам компьютерного моделирования, позволяют обнаружить структуру сложной системы, ее динамику развития, устойчивость, целостность и др. Основное направление использования компьютерного моделирования – это поиск оптимальных вариантов внешнего воздействия на объект для получения наилучших показателей его функционирования. Результаты анализа сложного нелинейного НДС участка трубопровода, которые получены в результате моделирования, позволяют оценить его реальную несущую способность с учетом влияния на него всех действующих факторов, таких как: эксплуатационные нагрузки; данные технической диагностики (трехмерная форма дефектов, смещение от проектного положения и т.п.); остаточные упругие напряжения и пластические деформации.

#### Литература

1. Применение метода конечных элементов в решении задач прикладной механики : учеб.-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. – 61 с.
2. Строительные нормы и правила (СНиП) 2.05.06-85\* «Магистральные трубопроводы».
3. Бруяка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ. / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.: ил.
4. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
5. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общ. ред. Д.Г. Красковского. – М.: Компьютер Пресс, 2002. – 224 с.
6. Бурков П.В., Буркова С.П., Вертинская О.В. Исследование силовых факторов системы среда – трубопровод // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011, - № 2. – с. 153-157.

### КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДА

**А.В. Кравченко, Ф.Ж. Найманбаев**

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

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

Бестраншейный способ прокладки трубопроводов прочно завоевал свое место в ряду с традиционными способами. Этот способ на сегодняшний день является более экономичным и эффективным. Еще один фактор, почему бестраншейная прокладка трубопроводов находит все большее распространение, это постепенное освоение проектными организациями знаний о новых строительных технологиях. Сегодня становится совершенно очевидным, что бестраншейная прокладка коммуникаций и трубопроводов не имеет альтернативы для решения проблем восстановления и прокладки трубопроводов с применением специального оборудования.

На сегодняшний день в мире существует три основных способа укладки трубопроводов под водными препятствиями. Траншейный традиционный - самый старый метод укладки трубопровода. Характеризуется не просто большим объемом земляных работ, большим количеством рабочей силы и длительными сроками строительства, но, прежде всего, тяжелейшим воздействием на окружающую среду в полевых условиях и созданием серьезных неудобств людям в городских условиях. Второй способ – тоннелирование или микротоннелирование с обустройством стартовых и приемных шахт. Важной особенностью этого метода является высокая точность проходки и постоянный контроль над ее траекторией [2].

И, наконец, горизонтально направленное бурение (ГНБ) – управляемый бестраншейный метод прокладки подземных коммуникаций с помощью специальных буровых установок. Широко используемое в последнее время горизонтальное бурение позволяет снизить временные и трудовые затраты особенно при строительстве подземных линий под естественными препятствиями (реки, овраги, озера, лесные массивы, плавучие острова) и в городских условиях (железные дороги, трассы, скверы, парки, и другое). Этот способ, по сравнению с другими, предусматривает сохранение природного ландшафта и экологического баланса в местах проведения работ, исключение техногенного воздействия на флору и фауну, размыва берегов и донных отложений водоемов, а также минимизирует негативное влияние на условия проживания людей в зоне проведения работ. Не менее важен финансово-экономический аспект данного способа. За счет сокращения сроков производства работ, затрат на дополнительную рабочую силу и тяжелую землеройную технику идет уменьшение сметной стоимости строительства трубопроводов. При проектировании подземных сооружений приходится выполнять расчет напряженно-деформированного состояния грунта прилегающего к трубопроводу, залегающего на определенной глубине от поверхности, который в большинстве случаев включает поиск решения краевой задачи теории упругости в постановке плоской деформации. При решении данной задачи используется метод конечных элементов (МКЭ). К достоинствам МКЭ следует отнести минимум требований к исходной информации и оптимальную форму результатов [3].

В данной работе рассматривается конечно-элементная модель расширения скважины при прокладке подводного перехода магистрального нефтепровода. Расчет производился в программном пакете ANSYS. На рисунке 1 приведена расчетная схема.

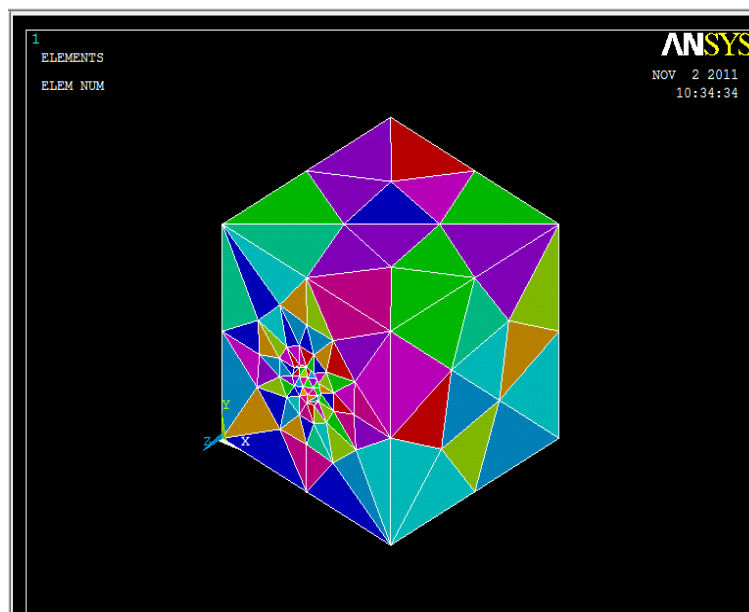


Рис.1 Расчетная схема конечно-элементной модели

Для моделирования напряженно-деформированного состояния грунта использовалась упруго-пластическая модель Друкера-Прагера. В таблице приведены характеристики грунта.

Таблица 1

Упруго-пластическая модель грунта

Параметры модели грунта Друкера-Прагера	Обозначение	Значение	Размерность
Плотность	$\rho$	1800	кг/м <sup>3</sup>
Модуль Юнга	$E$	56	МПа
Коэфф. Пуассона	$\nu$	0,2	д.ед.
Угол внутреннего трения	$\beta$	55	град.
Угол дилатансии	$\psi$	6	град.
Коэффициент трения	$f$	0,5	д.ед.

Итогом конечно-элементного моделирования является карта напряжений, изображенная на рисунке 2, наглядно демонстрирующая распределение напряжений в грунте при протаскивании расширителя. Максимальные напряжения выделены красным цветом и локализованы в области начала внедрения расширителя в грунт, величина напряжения составляет 424950 Па.

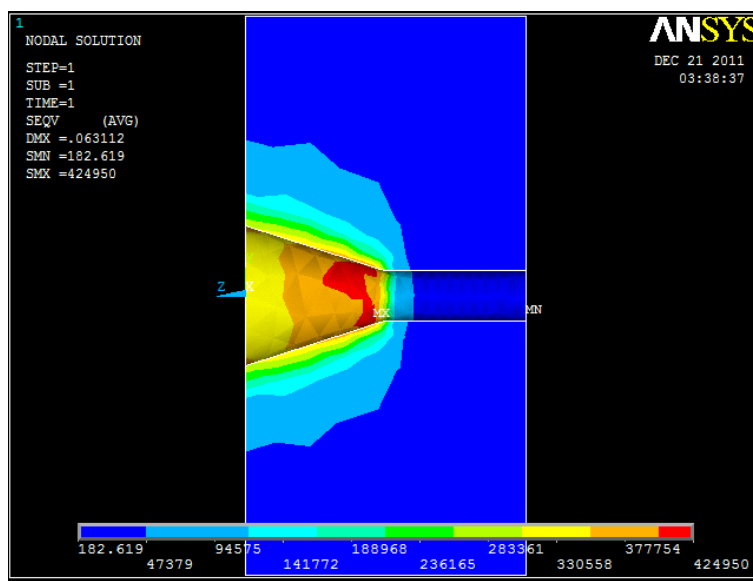


Рис. 2 Карта напряжений

На основе проведенных исследований можно сделать следующий вывод: построена конечно-элементная модель с помощью которой определено напряженно-деформированное состояние грунта вокруг трубопровода.

#### Литература

1. Зенкевич О., Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
2. Крец В.Г. Машины и оборудование газонефтепроводов: учебное пособие / В.Г.Крец, А.В.Рудаченко, В.А.Шмурыгин. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 328 с.
3. Проект производства работ по горизонтально-направленному бурению через реку Панинский Еган / ООО «Управляющая компания Томскподводтрубопроводстрой». – Томск, 2006. – 39 с.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА (ТРУБЫ), НАХОДЯЩЕГОСЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ, С УЧЕТОМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ В ТРУБЕ РУЧЕЙКОВОЙ КОРРОЗИИ В ПРОЦЕССЕ ЕЁ ЭКСПЛУАТАЦИИ

И.И. Гавриляк, М.Г. Муксунова

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Одной из проблем безопасной эксплуатации трубопроводов для повышения их надежности и долговечности, безусловно является сложная задача которая включает в себя решение технических, технологических, экономических и организационных аспектов. Этой проблеме посвящено большое количество исследований отечественных и зарубежных ученых, заметим что, в настоящее время она полностью не решена и многие вопросы остаются актуальными. В значительной степени интенсивностью коррозии стенок трубопровода определяется эксплуатационная надежность нефтепроводов. Трубопроводы подвергаются интенсивной внутренней коррозии которая зависит от концентрации и состава минеральных солей находящихся в пластовой воде, которая добывается и транспортируется в смеси с нефтью непосредственно до установок подготовки нефти, скорость внутренней коррозии превышает скорость коррозии на наружной поверхности трубопровода. Коррозия на внутренней поверхности трубопровода по числу и размеру дефектов идет в 3,0-3,5 раза быстрее, чем в наружной поверхности. Из-за внутренней коррозии количество отказов промысловых трубопроводов составляет по отрасли порядка 90% от их общего количества, это показывает анализ условий эксплуатации промысловых трубопроводов и существующий способ повышения их долговечности в условиях активизации внутренней коррозии. На специфическое разрушение в виде «канавочного» износа приходится свыше 70% аварий. Необходимо учесть, что большая часть трубопроводов, подверженных внутреннему интенсивному износу, эксплуатируются без наружной изоляции. Канавочный износ вызванный частыми прорывами труб, требует нового поиска решений, которые в свою очередь направлены на обеспечение безопасной эксплуатации, так же на повышение долговечности и стабильности функционирования. Утончение стенки трубы приводит к порывам трубопровода, загрязнению окружающей среды и остановкам перекачки продукта. Наиболее интенсивно внутренняя коррозия происходит на пониженных участках трубопровода, где может скапливаться вода. На нижней образующей трубы часто наблюдается так называемая *ручейковая коррозия*.