

t_n – температура на поверхности ТС на расчётном участке;

$t_{гр}$ – температура грунта на расчётном участке;

$R_{гр}$ – радиус до точки замера температуры;

R_u – радиус наружной трубы ТС.

Величина теплосъёма с поверхности ТС определяем расчётно в результате суммирования показателей датчиков теплового расчёта на характерных плоскостях грунтового ТО ТС:

$$Q_T = q_{cp} \cdot F_{cp} \quad (2)$$

q_{cp} – средняя плотность теплового потока на поверхности грунтового ТО.

$$q_{cp} = \sum_{j=1}^m q_i / m \quad (3)$$

m – число датчиков.

Расход хладагента, циркулирующего в ТС:

$$\sigma = \frac{q_{cp} \cdot F_{cp}}{C_p \cdot \rho \cdot \Delta T} \quad (4)$$

$$q_{cp} = Q_T / F_{гр} (T_r - T_{ж}), \quad (5)$$

где, C_p , ρ – теплоёмкость, плотность фреона R22, соответственно.

T_r – средняя по высоте температура наружной трубы грунтового ТО ТС.

$T_{ж}$ – средняя по высоте температура хладагента в грунтовом ТО.

Для измерения и пропорционального преобразования давления в электрический сигнал, установим первичные тензопреобразователи давления конденсаторе ТС.

Ввиду того, что процесс изменения температуры теплового потока в грунте и ТС очень инерционен, примерно 1°C в сутки, то введение автоматической коммутации датчиков не приводит к значительным погрешностям в измерениях, а электрическая схема измерений, в противном случае существенно изменяется.[2]

Геометрические соотношения опытного образца представлены на рис. 1

Получены данные с опытного образца термостабилизатора в активном и пассивном режиме работы. Проведены сравнения с подобными испытаниями других авторов.

Литература

1. Евдокимов В.С., Фот А.Н., Аистов И.П., Галдин В.Д., Костюков В.Н. «Система автоматического мониторинга с удаленным доступом для холодильных и компрессорных систем» // Омский научный вестник, 2012. - № 2 (110). - С. 166-172.
2. Н.Н.Карнауков, С.Я. Кушнир, А.С. Горелов, Г.М. Долгих «Механика мерзлых грунтов и принципы строительства нефтегазовых объектов в условиях Севера: Учебник // Под ред. Н.Н. Карнаухова – М:Изд. ЦентрЛитНефтеГаз. – 2008. – с. 432.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТ ПО РАСШИРЕНИЮ И КАЛИБРОВКЕ СКВАЖИН, СООРУЖАЕМЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОМ БУРЕНИЕМ, ПРИ ПОМОЩИ РАСШИРИТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ДИАМЕТРА

Д.Г.Карзанов

Научный руководитель доцент С.В. Поварницын

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск, Россия

Бестраншейные способы прокладки трубопроводов и коммуникаций на сегодняшний день имеют очень широкое распространение, они являются экономичными и эффективными. Одним из таких способов является горизонтально-направленное бурение. Ощутимо меньший объем земляных и иных работ делает этот метод выгодной альтернативой традиционным траншейным способам прокладки трубопроводов и коммуникаций через водные преграды и иные препятствия [5].

Важным этапом прокладки трубопровода способом горизонтально-направленного бурения является расширение и калибровка ранее пробуренной пилотной скважины. На сегодняшний день существует большое многообразие конструкций расширителей для горизонтально-направленного бурения, позволяющих осуществлять работы в разных условиях [7]. Тем не менее вопросу повышения эффективности и оптимизации работ в горизонтально-направленном бурении, в том числе работ по расширению скважин, посвящено множество исследований. Для решения подобных задач необходимо выполнить целый комплекс работ, включающий в себя выбор конструкции расширителей, определение основных параметров взаимодействия расширителя с грунтом посредством экспериментальных исследований либо конечно-элементного моделирования, оптимизация данных параметров и, следовательно, оптимизация конструкции расширителя. Таким образом, работа по оптимизации конструкции расширителя является актуальной.

В данной работе предлагается конструкция расширителя, изменяющего свой эффективный размер при помощи воздействия на его подвижные сегменты. Общий вид расширителя представлен на рисунке 1. Наиболее близкая по принципу действия конструкция представлена в патенте Соединенных Штатов Америки №4.618.009, обладает преимуществом в виде возможности значительного увеличения диаметра расширения (до 10 раз), но отличается более сложным механизмом увеличения диаметра [2].

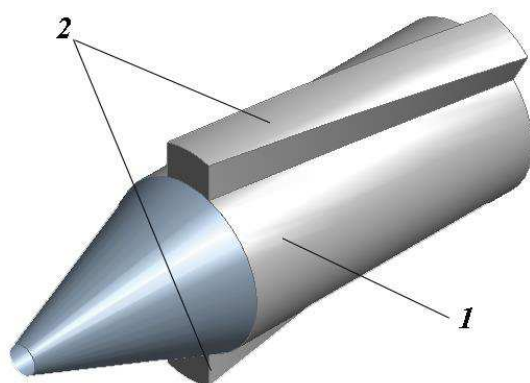


Рис.1 Общий вид расширителя переменного диаметра: 1 – корпус, 2 – подвижные сегменты

Расширитель переменного диаметра представляет собой обычный уплотняющий (бочковый) расширитель [7], с тем отличием, что его эффективный диаметр может изменяться под воздействием напора промывочной жидкости, либо посредством механического привода. Устройство состоит из корпуса 1 и подвижных сегментов 2 специальной формы. Принцип работы устройства состоит в вытеснении промывочной жидкостью, либо механическим приводом подвижных сегментов из положения покоя (Рисунок 2 а) в рабочее положение (Рисунок 2 б). Вытеснение подвижного сегмента в рабочее положение промывочной жидкостью будет достигаться особой формой нижней его части – на входе промывочной жидкости в канал расширителя между поверхностью канала и поверхностью сегмента имеется зазор, который уменьшается вдоль длины канала. Попадая в этот зазор, жидкость будет стремиться увеличить его и занять весь свободный объем канала в корпусе расширителя, при этом вытесняя подвижный сегмент. Возврат в положение покоя осуществляется за счет пружин. Активация подвижных сегментов за счет механического привода возможна в случае размещения внутри корпуса расширителя винта (червяка), который будет непосредственно соединяться с буровыми штангами, так что при вращении буровой колонны в одну сторону (например, по часовой стрелке) происходит вытеснение подвижных сегментов в рабочее положение, а при вращении в обратном направлении – их возврат в положение покоя.

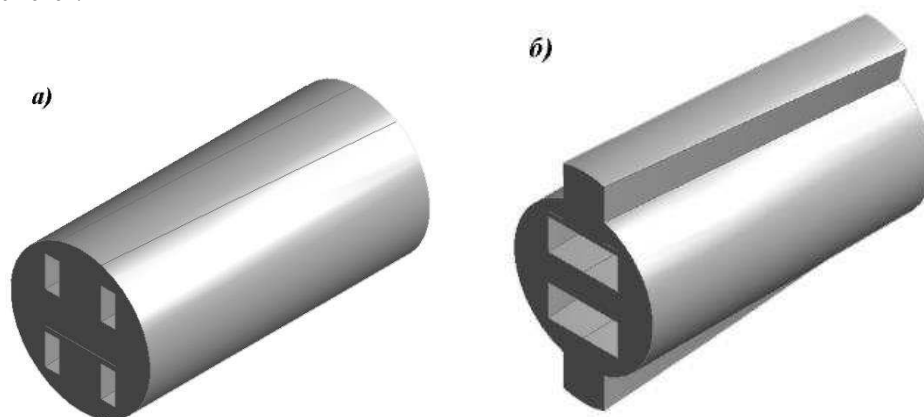


Рис.2 Положения подвижных сегментов расширителя:
а) положение покоя, б) рабочее положение

Форму канала вдоль корпуса расширителя и форму подвижного сегмента предлагается выполнить в виде винтовой линии, чтобы в рабочем положении подвижный сегмент образовывал шнековый транспортер. Шнековый способ бурения с большой эффективностью применяется при проходке скважин в мягких и средней крепости породах, а также в слабо цементированных галечниках, если размеры гальки меньше шага витка реборды. При движении породы от забоя к устью некоторая ее часть прижимается торцевой частью реборды к стенкам скважины, ошугатуривая и закрепляя их. Высокая скорость проходки скважины обуславливается быстрым разрушением и транспортом шнеками крупных кусков породы без дополнительного дробления [4]. Благодаря перечисленным достоинствам шнековый способ бурения нашел широкое применение в практической деятельности [1, 4, 7, 9].

Для оценки эффективности данной конструкции будет производиться ее моделирование с применением метода конечных элементов, а так же оптимизация ее геометрических параметров [3, 8, 9]. Оптимизация геометрии расширителя переменного диаметра должна сводиться к минимизации осевой реакции и момента сопротивления вращению, возникающих в процессе бурения скважины в грунте при заданном режиме работы силового оборудования. С учетом системы координат цифровой модели это осевая реакция R_x и момент

сопротивления вращению M_x . (Рис.3). Уравнение минимизируемого функционала оптимизационного алгоритма имеет вид:

$$F = \frac{R_y}{R_y^{\max}} + \frac{M_y}{M_y^{\max}} \quad (1)$$

где F – минимизируемый функционал;
 R_x, R_y, R_z – максимальное абсолютное значение реакции в опоре (ось X, Y, Z), кН;
 M_x, M_y, M_z – максимальное абсолютное значение момента вращения и изгибающих моментов (ось X, Y, Z), Н×м;
 $R_x^{\max}, R_y^{\max}, R_z^{\max}$ – максимальные значения реакций в опоре (ось X, Y, Z) по всей выборке, кН;
 $M_x^{\max}, M_y^{\max}, M_z^{\max}$ – соответственно максимальные значения момента вращения и изгибающих моментов по всей выборке, Н×м.

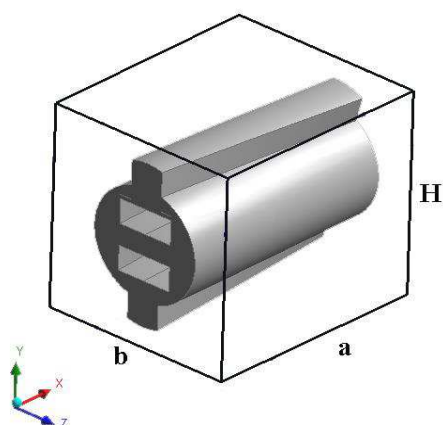


Рис.3 Расчетная схема модели: H – высота массива грунта, a – длина массива грунта, b – ширина массива грунта

подстановки значений геометрических параметров $X_1 \dots X_n$;

3. объединение сетки конечных элементов расширителя с основной сеткой грунтового массива, создание контактной поверхности и другие параметров модели;

4. после расчета модели по выходным файлам определяются значения целевого функционала F , а также параметры, заданные как ограничения;

5. оптимизационный алгоритм Эволюционная стратегия получает значение функционала F и генерирует новый набор параметров X_1, \dots, X_n , после чего повторяется шаг 2; расчет будет завершен по истечению заданного числа шагов цикла [8, 9].

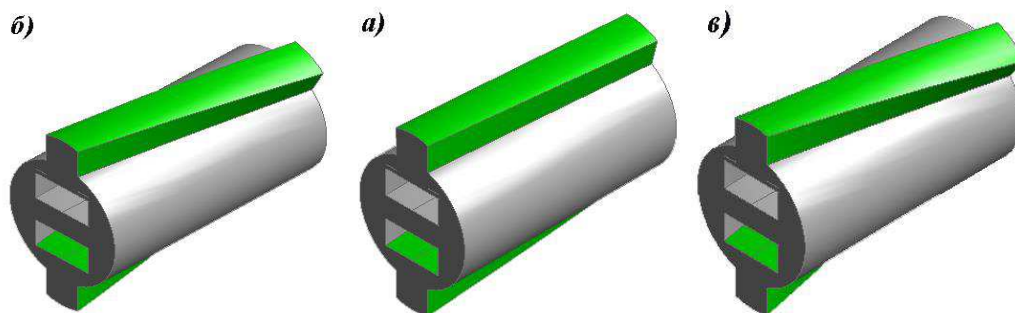


Рис.4 Зависимость формы расширителя от коэффициента поворота шнека вокруг оси расширителя: а) коэффициент поворота равен 0,04;

б) коэффициент поворота равен 0,08; в) коэффициент поворота равен 0,1

Данный метод оптимизации был успешно применен в [8, 9]. В этих работах с помощью конечно-элементного моделирования и алгоритма Эволюционная стратегия были получены значения для момента сопротивления вращению M_z и осевой реакции R_z в зависимости от варьируемых параметров геометрии породоразрушающего инструмента, полученные результаты были подтверждены полевыми испытаниями, что говорит о целесообразности применения подобного метода оптимизации в будущих исследованиях.

Вышеописанный метод оптимизации предполагается использовать для выбора геометрических параметров расширителя переменного диаметра, конструкция которого представлена в данной работе, которые позволят наиболее эффективно производить работы по расширению и калибровке скважин, сооружаемых горизонтально-направленным бурением в мягких деформируемых грунтах (глинистые, песчаные).

Изменение геометрии расширителя осуществляется путем варьирования числовых значений конечного числа параметров X_1, \dots, X_n , задающих его форму. В процессе оптимизации необходимо варьировать ширину и высоту подвижных сегментов, а так же коэффициент поворота шнека, образованного подвижными сегментами, вокруг оси расширителя. При одинаковых параметрах ширины и высоты подвижных сегментов именно коэффициент поворота шнека вокруг оси наиболее сильно влияет на форму расширителя и, соответственно, на его взаимодействие с грунтом (Рис.4). К постоянным параметрам геометрии расширителя переменного диаметра относятся его радиус и длина.

Оптимизация происходит с применением алгоритма Эволюционная стратегия и включает следующие процедуры [8, 9]:

1. создание начального варианта геометрии расширителя путем задания значений параметров X_1, \dots, X_n , а также несколько вариантов с параметрами геометрии расширителя, состоящие из случайных чисел;

2. построение сетки расширителя посредством

Преимуществами предложенной конструкции являются возможность создания скважин различного диаметра при помощи одного расширителя, возможность силового воздействия на стенки скважины с целью их уплотнения, возможность избавления от "сальников" на инструменте, снижение вероятности "прихвата" инструмента в процессе расширения. К недостаткам относится сложность в изготовлении.

Предложенный расширитель переменного диаметра может быть особенно актуальным при прокладке трубопроводов большого диаметра, то есть при сооружении подводных переходов магистральных трубопроводов, при прокладке канализации в городе в условиях плотной застройки, а так же при сооружении переходов трубопроводов через автомобильные и железные дороги.

Литература

1. Prasenjit Basu, Monica Prezzi, Dipanjan Basu Drilled displacement piles – current practice and design//DFI Journal–Hawthorne NJ, 2010 – Vol.4 №1. – С. 3 – 21
2. Пат. 4.618.009. United States Reaming tool Thurman B.Carter, Carl D. Reynolds, Larry R. Mundorf. Оубл. 21.10.1986
3. Компьютерное моделирование технологий в нефтегазовом деле. Лабораторный практикум: учебное пособие / Под ред. П.В. Бурков, С.П. Буркова – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 143 с.
4. Современные способы бурения скважин: учебное пособие / Под ред. Воздвиженский Б.И., Сидоренко А.К., Скорняков А.К. – М.: Недра, 1970. – 350 с.
5. Машины и оборудование газонефтепроводов: учебное пособие / Под ред. В.Г.Крец, А.В.Рудаченко, В.А.Шмурыгин. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 328 с.
6. Методы оптимизации / Под ред. Н. Н. Моисеев, Ю. Н. Иванилов, Е. М. Столярова – М.: Наука, 1978. – 352 с.
7. ООО ТД «БурСвязьКомплект» – оборудование для горизонтально-направленного бурения: Расширители [Электронный ресурс]: сайт компании / ООО ТД «БурСвязьКомплект» / URL: <http://gnb-ustanovki.ru/produkcija/burovoy-instrument/rasshiriteli.html> (дата обращения: 16.02.2014)
8. Поварницын С. В., Рудаченко А. В., Ревазов А. М. Определение деформаций грунта в процессе бестраншейной прокладки трубопровода // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 4. – С. 61–63.
9. Поварницын С. В., Рудаченко А. В. Методика расчета силовых характеристик взаимодействия инструмента вращательно-вдавливающего действия с окружающим грунтом // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № ОВЗ. – С. 391–398.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

И.М. Комлев, И.Е. Чаплин

Научный руководитель доцент Н.В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Трубопроводный транспорт является наиболее экономичным и эффективным видом транспорта жидких и газообразных. В настоящее время на территории России эксплуатируется более 200 тыс. км магистральных нефтегазопроductопроводов и 350 тыс. км промысловых [1]. Однако состояние трубопроводных транспортных систем оставляет желать лучшего. Число аварий увеличивается с каждым годом ввиду их изношенности (около 70% трубопроводов эксплуатируются более 20 лет, срок службы более 300 тыс. км нефтегазопроводов диаметром от 219 до 1600 мм истек или истекает в ближайшие годы) [2]. Очевидно, что проблема заключается в разработке износостойких трубопроводов, которые в свою очередь будут позволять, ввиду своих конструктивных особенностей, увеличивать пропускную способность, снижая при этом мощность, необходимую для перекачки.

Одним из современных перспективных средств совершенствования систем трубопроводного транспорта является широкое внедрение хорошо зарекомендовавших себя в авиа- ракетно-космической технике композиционно-волоконистых материалов (КВМ).

Однако в настоящее время пока еще симпатии проектировщиков трубопроводов ориентированы на использование широко распространенных, но не всегда надежных, традиционных конструкционных материалов. Связано это, в первую очередь, с тем, что потенциальные возможности КВМ не всегда реализуются в конструкциях полностью. В ряде случаев это обусловлено тем, что практика создания трубопроводов из КВМ столкнулась с рядом сложных проблем, требующих научного изучения и исследований. К ним относятся низкая трещиностойкость композитных труб при действии внутреннего давления, приводящая к потере герметичности; недостаточная надежность работы соединительных элементов при длительной эксплуатации композиционных труб; высокая стоимость композиционных материалов и, соответственно, готовой продукции.

Автором [3] была разработана конструкция композиционной трубы с внутренним рифленным герметизирующим слоем, позволяющая решить ряд из вышеперечисленных проблем.

В основе конструкции композиционной трубы с рифленным герметизирующим слоем лежит интегральная схема комплексного спиральноперекрестного и тангенциального армирования 3D. Непрерывная высокоскоростная спиральная намотка, перекрестная под углом $\pm 45^\circ$, с бандажирующим винтовым слоем обеспечивает технологическую рациональность изготовления трубы на самом высоком уровне. Спирально-перекрестное армирование позволяет направить энергию упругой деформации стенки от действия внутреннего давления на внутрискрустные силовые смещения спиральных линий (волокон арматуры) от углов $\pm 45^\circ$ в сторону равновесных $\pm 55^\circ 44''$. Образовавшиеся трансверсальные микротрещины при этом спонтанно смыкаются