

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И ДИАГНОСТИКИ ПО УЧАСТКУ НЕФТЕПРОВОДА

Рассмотрена проблема движения средств очистки и диагностики (СОД) по участку магистрального нефтепровода. Создана программа, в которой реализован расчет параметров движения жидкости и внутритрубного снаряда. Получены результаты расчетов для различных случаев движения СОД.

Issues of pig movement inside an oil trunk pipeline are studied. A program is created to calculate parameters of liquid and pig movement. Calculations results for various modes of pig movement are received.

При эксплуатации магистральных нефтепроводов большое внимание уделяется системам сбора информации, автоматического контроля и управления. Эта информация необходима для контроля всех параметров системы, необходимых для нормального функционирования ее элементов. Именно поэтому диагностирование линейной части является неотъемлемой составляющей эксплуатации нефтепроводов.

Для успешной диагностики внутренней поверхности нефтепровода внутритрубные инспекционные приборы должны свободно проходить через внутреннее сечение трубы. Это достигается путем выполнения ряда ограничений, налагаемых на нефтепровод: радиус изгиба трубы не должен быть менее $1,5 D_n$ нефтепровода, все отводы, имеющие угол больше 30° с магистральным участком трубы, должны иметь заслонки, минимальным допустимым сужением проходного сечения является 85 % от D_n , а внутренняя поверхность трубы должна быть полностью очищена от всевозможных отложений, загрязнения и посторонних предметов [4]. Последнее условие необходимо для того, чтобы профилемеры, а также магнитные и ультразвуковые дефектоскопы считывали верную информацию, искажению которой в большой степени способствует сильное загрязнение внутренней полости нефтепровода. Это условие выполняется путем запуска в трубопровод специальных очистных устройств. Двигаясь в потоке перека-

чиваемого продукта, очистное устройство соскребают парафиносмолистые отложения и гонит их перед собой в потоке перекачиваемого продукта вместе с посторонними предметами, попавшими в трубопровод.

Существует большое количество конструкций скребков, каждая из которых имеет свои особенности. Например, ОАО «АК Транснефть» серийно выпускает скребки нескольких типов: стандартные типа СКР-1 с чистящими дисками; двухсекционные типа СКР-2 с чистящими и щеточными дисками и подпружиненными щетками; магнитные скребки типа СКР-3, предназначенные для сбора металлических предметов из полости трубы и некоторые другие [4].

Движение средств очистки и диагностики (СОД) в потоке нефти является малоизученным процессом, представляющим довольно сложную математическую задачу. Для решения указанной задачи была предложена идея моделирования движения СОД в трубопроводе.

Расчет нестационарных режимов работы нефтепроводов выполняют численно с использованием компьютеров. Основным алгоритмом расчета переходных процессов является метод характеристик (рис.1) [2,3].

Суть его заключается в следующем. Параметры движения жидкости – p и V – в первом временном слое t_{m-1} известны. Для нахождения параметров в следующий момент времени t_m в точке C необходимо составить два уравнения вдоль отрезков AC и BC .

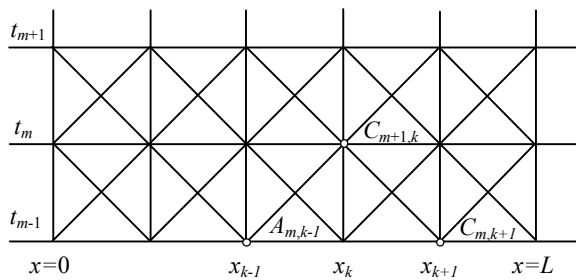


Рис.1. Расчетная схема метода характеристик

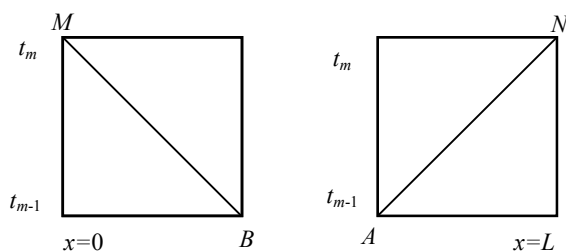


Рис.2. Расчет краевых условий

$$\begin{cases} p_M + \rho c V_M = p_A + \rho c V_A - \Delta x \varphi_A; \\ p_M - \rho c V_M = p_B - \rho c V_B + \Delta x \varphi_B, \end{cases}$$

где ρ – плотность нефти; c – скорость распространения волн давления; Δx – шаг по координате; $\varphi(x, t) = \rho g \sin(\alpha) + (\lambda \rho / 2d) V |V|$; α – угол наклона оси нефтепровода к горизонту.

В результате решения этих двух уравнений находим значения p и V в новом временном слое.

Исключением являются краевые точки, в которых можно записать уравнение только вдоль одной наклонной. Вторым условием может быть дифференциальная или алгебраическая связь между давлением и скоростью. Например, характеристика перекачивающей станции или закрытая задвижка в конце участка трубопровода (рис.2).

Левое краевое условие будет иметь вид

$$\begin{cases} p_M + \rho c V_M = p_B + \rho c V_B - \Delta x \varphi_B; \\ F(p_M, V_M) = 0, \end{cases}$$

правое краевое условие

$$\begin{cases} p_N + \rho c V_N = p_A + \rho c V_A - \Delta x \varphi_A; \\ G(p_N, V_N) = 0. \end{cases}$$

Движение скребка описывается обыкновенным дифференциальным уравнением второго порядка, выражающим второй закон Ньютона. В этом уравнении присутствуют три основные силы, влияющие на характер движения СОД: сила давления, сила трения, сила тяжести. Движущая сила давления перекачиваемой нефти определяется напором, создаваемым нефтеперекачивающей станцией, и площадью поперечного сечения нефтепровода. Сила трения СОД о внутренние стенки определяется коэффициентом трения, массой СОД и углом наклона оси трубопровода к горизонту. Сила тяжести также определяется массой СОД и углом наклона оси трубопровода к горизонту [1].

При решении данной задачи учитывался переток жидкости через поршень, так как средства очистки и диагностики при движении в потоке нефти имеют определенный зазор с внутренней поверхностью нефтепровода.

Разработана программа в среде Delphi. В программе реализован расчет значений давления и скорости перекачиваемой нефти, скорости и координаты перемещения СОД.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контейнерный трубопроводный пневмотранспорт / А.М.Александров, В.Е.Аглицкий, П.В.Кованов, М.В.Лурье и др. М.: Машиностроение, 1979.
2. Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта углеводородов. М.: Нефть и газ, 2002.
3. Трубопроводный транспорт нефти / Г.Г.Васильев, Г.Е.Коробков, А.А. Коршак, М.В.Лурье, В.М.Писаревский и др.; Под ред. С.М.Вайнштока. М.: Недра, 2002 Т.1.
4. Трубопроводный транспорт нефти / С.М.Вайншток, В.В.Новоселов, А.Д.Прохоров, А.М.Шаммазов др.; Под ред. С.М.Вайнштока. М.: Недра, 2004. Т.2.