**Решение уравнения на давление в наклонной трубе**.

Начало координат расположим в устье скважины, расчет разностной схемы будем вести вниз от устья по стволу скважины, против направления потока и оси .

Дополним уравнение на градиент давления законом сохранения массы (уравнение неразрывности), уравнением состояния флюида (плотность от давления) и начальными условиями, получим систему уравнений:

Здесь – диаметр трубы, – коэффициент сжимаемости жидкости, – плотность жидкости, В таком случае в разностной схеме приращение аргумента будет отрицательным, это нужно будет учесть при расчете:

Разделим трубу длины на участков равной длины . На Рис.3 Без ограничения общности изображено разбиение на 3 участка:

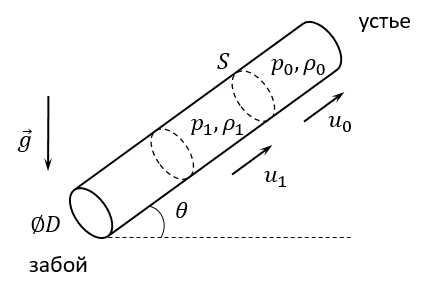


Рис.3 Дискретизация потока в наклонной трубе

Рассмотрим нулевой (устье) и первый участок. Поток на каждом участке характеризуется своими параметрами – скоростью, давлением и плотностью жидкости. Если смотреть со стороны первого участка, то через сечение на за время из первого участка в нулевой проходит масса жидкости . В то же время, если смотреть со стороны нулевого участка, то в него из первого за это же время протекает масса . Из закона сохранения массы следует:

Это и есть отражение того факта, что поток неразрывен. Именно об этом говорит условие (5) в постановке задачи.

Будем дальше записывать все уравнения для произвольного -го участка трубы. Зная параметры потока на -ом участке, можно из уравнений (4)-(7) найти параметры потока на участке с номером . Так, начиная с нулевого участка, находим параметры потока на первом участке. В нашем случае мы знаем начальное давление на устье и скорость потока (7). Скорость потока на устье определяется по дебиту и площади сечения трубы:

Далее, зная параметры на первом участке, находим их на втором и так далее, двигаясь по трубе до забоя, найдем характеристики всего потока вдоль всей трубы.

Из уравнения (4) на градиент давления, давление в первом участке может быть найдено на основании параметров потока в нулевом участке:

Здесь . Знак приближенного равенства в (8) говорит о потере точности при переходе от дифференциала к дискретным характеристикам. Чем меньше длина разбиения трубы номером , тем лучше будет точность.

Отсюда, с учетом уравнения состояния (6), получим

Из (10) с учетом (11) имеем:

Подставляя (12) в (9), получаем:

Или, собрав члены при степенях :

Это квадратное уравнение на :

где

Так как , то решение имеет вид:

Таким образом, на каждом участке разбиения трубы мы знаем приращение давления из (12). Далее из (12) находим , а из (11) вычисляем . Двигаясь последовательно от участка к участку вниз к забою, мы восстанавливаем все параметры потока.

При этом необходимо помнить, что согласно (9), приращение отрицательно!