Классификация нефтепродуктопроводов и нефтепроводов.

Трубопровод, предназначенный для перекачки нефтей, называется нефтепроводом, а нефтепродуктов – нефтепродуктопроводом. Последние в зависимости от вида перекачиваемого продукта называют бензопроводами, мазутопроводами и т. д.

В зависимости от назначения, территориального расположения и длинны трубопроводы делят на внутренние (внутрибазовые, внутризаводские, внутрицеховые, внутри промысловые), местные (между перекачивающей станцией и нефтебазой, заводом и нефтебазой и т.д.), магистральные.

К магистральным нефтепроводам и нефтепродуктопроводам относятся:

1. Нефтепроводы и отводы от них, по которым нефть подается на нефтебазы и перевалочные нефтебазы
2. Нефтепродуктопроводы и отводы от них, по которым нефтепродукты с головной насосной станции подаются на нефтебазы.

Магистральный нефтепровод работает круглосуточно в течение всего года. Он имеет относительно большой диаметр и длину. Для перекачки по нему нефтей и нефтепродуктов создается давление 5,0 – 6,5 МПа.

Основные объекты и сооружения магистральных трубопроводов.

Магистральный трубопровод состоит из следующих комплексов сооружений.

1. Подводящих трубопроводов, связывающих источники нефти или нефтепродуктов с головными сооружениями трубопровода. По этим трубопроводам перекачивают нефть от промысла или нефтепродукт от завода в резервуары головной станции.
2. Головной перекачивающей станции, на которой собирают нефть и нефтепродукты, предназначенные для перекачки по магистральному трубопроводу. Здесь производят приемку нефтепродуктов, разделение их по сортам, учет и перекачку на следующую станцию.
3. Промежуточных перекачивающих станций, на которых нефть, поступающая с предыдущей станции, перекачивается далее.
4. Конечных пунктов, где принимают продукт из трубопровода, распределяют потребителям или отправляют далее другими видами транспорта.
5. Линейных сооружений трубопровода. К ним относятся собственно трубопровод, линейные колодцы на трассе, станции катодной и протекторной защиты, дренажные установки, а так же переходы через водные препятствия, железные и автогужевые дороги.

Основной составной частью магистрального трубопровода является собственно трубопровод. Глубину заложения трубопровода определяют в зависимости от климатических и геологических условий, а так же с учетом специфических условий, связанных с необходимостью поддержания температуры перекачиваемого продукта.

На трассе с интервалом 10 – 30 км, в зависимости от рельефа, устанавливают линейные задвижки для перекрытия участков трубопровода в случае аварии. Промежуточные станции размещают по трассе трубопровода согласно гидравлическому расчету. Среднее значение перегона между станциями 100 – 200 км.

Рассмотрим участок трубопровода между двумя промежуточными станциями.

 РН  РК

## ПС

# ПС

D

 L

Дано:

 М = 198 [кг/с] – массовый расход

 D = 1,22 [м] – диаметр трубы

 К э = 0,001 [м] – шероховатость трубы

 r = 870 [кг/м3] – плотность

 u = 0,59 \* 10-4 [м2/с] - вязкость

 Рн = 5,4 \* 106 [кг/мс2] – давление

 L = 1.2 \* 105 [м] – длина нефтепровода

 С = 1483 [м/с] – скорость света в идеальной жидкости

 Т = 293°К – температура

Примем допущения:

1. Жидкость идеальна
2. Процесс стационарный
3. Процесс с распределенными параметрами
4. Трубопровод не имеет отводов
5. Трубопровод не имеет перепадов по высоте
6. Движение нефти в трубопроводе ламинарное
7. Процесс изотермический.

Прежде чем находить математическую модель линейного трубопровода выведем закон сохранения массы и закон сохранения количества движения.

Закон сохранения массы.

Этот закон гласит: масса любой части материальной системы, находящейся в движении, не зависит от времени и является величиной постоянной. Поскольку скорость изменения постоянной величины равна нулю, полная производная по времени от массы любой части рассматриваемой системы будет так же равна нулю. Математически это запишется так:

 (1)

где r(х) – плотность вещества х = (х1, х2, х3) – координаты точки W - произвольный объем системы dV – дифференциал объема (dV = dx1 + dx2 + dx3)

Это уравнение называется интегральной формой закона сохранения массы.

Движение системы можно задать тремя функциями  (2)

определяющими в момент времени t при t = t0 точка занимала положение .

Выразим начальные координаты через текущие . (3)

Перейдем от координат  к  получим:

 (4)

где J – якобиан преобразования.

 (5)

Делая обратный переход от  к  получим:

 (6)

По правилу дифференцирования определителей получим:

 (7)

примем 

Из этого равенства и определения якобиана следует

 (8)

С учетом этого равенства, уравнение (6) примет вид.

= 0 (9)

Раскрывая полную производную по времени в подынтегральном выражении по правилу

 (10)

приведем уравнение (9) к виду

 (11)

В силу произвольности выбора множества W из (9) следует, что подынтегральное выражение должно быть равно нулю.

 (12)

Эта формула называется законом сохранения массы в дифференциальной форме.

Для одномерного течения жидкости уравнение примет вид

  (13)

Закон сохранения количества движения.

Этот закон гласит: скорость изменения количества движения любой части материальной системы, находящейся в движении, равна сумме всех внешних сил. В математическом виде этот закон запишется так:

 (1)

где  (2)

Fv – силы обусловленные силовыми полями

Fs – силы действующие на единицу поверхности.

Подставив (2) в (1) получим интегральную форму записи закона сохранения количества движения

. (3)

Это векторное уравнение эквивалентно системе из трех уравнений, отражающих закон сохранения количества движения по каждой из координат х1, х2, х3

 (4)

Пользуясь правилами дифференцирования интеграла, взятого по изменяющемуся объему и объединяя два слагаемых, получим

 . (5)

Учитывая  приведем (5) к виду

 . (6)

Поскольку это равенство справедливо при произвольном объеме подынтегральное выражение (6) должно быть равно нулю

. (7)

Выражение (7) есть дифференциальная форма записи закона сохранения количества движения.

Для одномерного случая, когда все составляющие сил и скоростей по всем направлениям, кроме оси х1, равны нулю, уравнения (5) и (7) примет вид

 .

Для написания математической модели линейного нефтепровода будем пользоваться этими двумя законами.

Дифференциальная форма записи линейного нефтепровода.

Рассмотрим динамическую модель нефтепровода. Запишем исходные уравнения законов сохранения массы и количества движения в интегральной форме

 (1)

 (2)

В качестве объема W выберем цилиндр, вырезанный из потока двумя перпендикулярными к оси трубы сечениями, отстоящими друг от друга на расстоянии DХ1. Считая DХ1 малой величиной, уравнения можно записать в виде

 (3)

 (4)

где S0 – площадь основания выделенного цилиндра

  ; d – диаметр трубы.

Считая величины  и  постоянными по сечению и переходя к средней скорости потока v по сечению трубы по правилу

 . (5)

Из уравнений (3) и (4) получим.

 (6)

 (7)

Коэффициент  введен для учета профиля скорости по сечению трубы. Для ламинарного течения .

Сила  определяется полем сил тяжести

. (8)

Силу , действующую на поверхность объема интегрирования, разделим на две составляющие:

 - сила, обусловленная разностью давлений на основании цилиндра

 - сила, определяемая трением объема стенки

  (9)

здесь  - боковая поверхность цилиндра

 - касательное напряжение трения на стенке трубы

  ; - коэффициент сопротивления.

Раскладывая  в ряд Тейлора и ограничившись первыми двумя членами, получим.

 (10)

Подставив (8) и (10) в (7), запишем законы сохранения массы и количества движения для движения жидкости по нефтепроводу в следующем виде:

 (11)

 (12)

Введем дополнительное уравнение. Это соотношение между скоростями изменения плотности и давления:

 (13)

где С – скорость звука в жидкости.

Второе уравнение можно упростить объединив слагаемые  и . Такое упрощение возможно, если принять суммарное давление в точке х равным , где - высота подъема трубопровода от нулевой точки. В нашем случае . Слагаемое  - характеризует изменение давления вдоль трубопровода за счет скорости напора.

Для несжимаемой жидкости, когда  и  вдоль трубы постоянны, это слагаемое равно нулю. Учитывая уравнение (13), получим обычно используемую математическую модель для описания движения жидкости в линейном трубопроводе:

 (14)

Система уравнений (14) нелинейна.

Линеаризуем эту систему, приняв во внимание 

Линеаризованная система имеет вид:

 (15)

Приняв во внимание, что в длинном нефтепроводе у нас будут отсутствовать инерционные силы, первое слагаемое во втором уравнении можно принять равным нулю.

Система уравнений примет вид:

 (16)

Перейдем к реальным параметрам трубопровода.  – массовый расход.

Получим:

 (17)

Примем  а .

 (18)

Система дифференциальных уравнений (18) является математической моделью линейного нефтепровода.

Статический режим работы линейного нефтепровода.

Для рассмотрения статического режима линейного нефтепровода воспользуемся вторым уравнением системы (18)

 где .



Т.к.  получим.



Приняв во внимание то, что  получим.



Проинтегрировав это уравнение



получим:  

Коэффициент гидравлического сопротивления определяется по формуле А. Д. Альтшуля.

 

 Число Рейнольдса  определяется по формуле  где  – вязкость. Число Рейнольдса безразмерная величина.

 Проверим.



Вычислим число Рейнольдса:

.





Построим график статического режима линейного трубопровода.



Динамический режим работы линейного нефтепровода.

Допустим, что у нас был установившийся режим, характеризующийся при:

.

Пусть в какой-то момент времени t = 0 на входе Р

был создан скачек: , но давление на

выходе нефтепровода не изменилось. Нас будет ин- 

тересовать как изменится давление в любой точке t

нефтепровода.

Воспользуемся ранее выведенной системой дифференциальных уравнений (18).

 где  (1)

Дифференцируя второе уравнение по х и учитывая первое, получим уравнение:

. (2)

Для упрощения уравнения примем , тогда уравнение запишем:

. (3)

Напишем для него начальные и граничные условия:

1. Начальные условия: .
2. при: 

 где  есть единичный скачек.

Решим уравнение (3) используя метод преобразования Лапласа.

Для этого, вместо Р введем вспомогательную величину Р\*, такую что

 где S - оператор (4)

тогда граничные условия перепишутся в виде:

1. 
2.  (5)

Умножим обе части уравнения (3) на e-St и проинтегрируем в пределах от 0 до  во времени

 (6)

Рассмотрим левую часть уравнения

. (7)

Рассмотрим левую часть уравнения

. (8)

Приравниваем обе части:



. (9)

Найдем сначала решение однородного уравнения

. (10)

Пусть Р\* определяется как .

Нам необходимо определить  и С

 откуда , а .

Тогда решением уравнения является

 (11).

Для определения коэффициентов С1 и С2 учтем граничные условия

1. х=0;  (12)
2. x = L;  (13)

отсюда выразим значения С1 и С2 : ,

  (14).

Подставив найденное значение коэффициентов в (11) окончательно получаем:

 (15).

Применим к выражению (15) обратное преобразование Лапласа

 (16)

где  окончательно запишется:

 (17).

Разложив подынтегральную функцию в ряд Тейлора, ограничившись первыми двумя членами и взяв интегралы, мы получим конечную формулу:



Формула имеет вынужденную и свободную составляющие. Нас интересует поведение свободной составляющей.

Построим график динамического режима линейного нефтепровода (свободной составляющей) в точке х = 60 км.

