

Практическое занятие №1

«Простые расчёты гидравлических сопротивлений»

Обзор водонефтяных эмульсий

Нефтяная эмульсия - система нефть-вода, в которой одна из жидкостей диспергирована в другую в виде мелких капель (глобул). Образуется при добыче обводнённых нефтей в скважинах, промысловых трубопроводах, а также в аппаратах вследствие интенсивного перемешивания водонефтяной смеси.

Существуют три основных типа эмульсий:

Первый тип – прямые эмульсии, когда капли нефти, являются дисперсной фазой и распределены в воде – дисперсионной среде. Такие эмульсии называются «нефть в воде» и обозначаются Н/В.

Второй тип – обратные эмульсии, когда капельки воды – дисперсная фаза – размещены в нефти, являющейся дисперсионной средой. Такие эмульсии называются «вода в нефти» и обозначаются В/Н.

Множественная эмульсия – это такая система, когда в сравнительно крупных каплях воды могут находиться мелкие глобулы нефти, или в крупных каплях нефти находятся мелкие глобулы воды. Дисперсная фаза сама является эмульсией, и может быть как прямого, так и обратного типа.

Свойства нефтяных эмульсий влияют на технологические процессы добычи нефти, внутрипромыслового транспорта, сепарации, предварительного обезвоживания, деэмульсации, очистки и подготовки нефтепромысловых сточных вод.

В промысловых условиях о количестве воды в эмульсиях судят обычно по их цвету: эмульсии, содержащие до 10% воды, по цвету не отличаются от безводной нефти; эмульсии, содержащие 15-20% воды, имеют цвет от коричневого до желтого; эмульсии содержащие более 25% воды, – желтые.

При возрастании обводненности появляется точка, в которой происходит инверсия фаз, и вода становится непрерывной фазой. Эта критическая обводненность фазовой инверсии называется также граничной обводненностью. Общепринятое значение инверсии фаз находится между 55% и 70% обводненности, но данные значения не всегда применимы к нефтям месторождений Башкирии. Например, скважинная продукция С_{тул+боб+рад} Арланского месторождения, зачастую образует стойкие эмульсии с точкой инверсии фаз выше 90 %.

Для описания и прогнозирования вязкостных характеристик существуют множество корреляций: Woelflin, Brinkman, Vand, Richardson и Leviton & Leighton и т.д. Каждая корреляция имеет свои границы применимости и основана на экспериментальных исследованиях на нефти конкретных месторождений.

При перекачке в трубопроводе присутствуют так называемые диспергаторы в виде насосов, арматуры, поворотов и иных местных сопротивлений, которые приводят к образованию мелкодисперсных частиц воды. При этом содержание воды в данном случае является второстепенным фактором, так как способность эмульгирования в первую очередь зависит от содержания природных эмульгаторов – смол и асфальтенов и их поверхностной активности.

Источник

- Инструкция Pipesim
- Поведение нефтяных эмульсий в процессе их перекачки. А.В. Шарифуллин, Р.Р. Хуснуллин, В.Н. Шарифуллин, Л.Р. Байбекова

Методика расчета перепада давления с помощью корреляций эмульсий

Определение перепада давления по простому участку трубопровода, без учета рельефа местности, с постоянным расходом по всей длине трубопровода (утечки и врезки отсутствуют) осуществляется по следующему формуле Дарси-Вейсбаха (1).

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d_{\text{вн}}} \frac{v^2}{2} \rho \quad (1)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения,

L - длина трубопровода, [м];

$d_{\text{вн}}$ - внутренний диаметр трубопровода, [м];

v - скорость течения жидкости, [м/с];

ρ - плотность, [кг/м³].

Алгоритм определения перепада давления описан ниже.

Во-первых, определим скорость течения жидкости, которая рассчитывается по формуле (2)

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (2)$$

где Q - расход жидкости, [м³/сек];

S - площадь сечения трубы, [м²].

Вычислим число Рейнольдса по формуле (3)

$$Re = \frac{v \cdot 4R_r}{\vartheta} \quad (3)$$

где v - скорость течения жидкости, [м/с].

ϑ - кинематическая вязкость, [м²/с] определяется по формулам 10-16;

R_r - гидравлический радиус, который вычисляется по формуле (4) [м].

$$R_r = \frac{d_{вн}}{4} \quad (4)$$

где $d_{вн}$ - внутренний диаметр трубы, [м].

Определим режим течения и выберем формулу для определения коэффициента гидравлического трения λ .

Для ламинарного течения $Re < 2000$ используется формула Пуазеля:

$$\lambda_I = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

Для переходного режима $2000 < Re < 4000$ зависимость:

$$\lambda_{II} = (1 - \chi) \cdot \lambda_I + \chi \cdot \lambda_{III} \quad (6)$$

$$\chi = \sin^2 \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{Re}{2000} - 1 \right) \right]$$

Для турбулентного режима $Re > 4000$ универсальная формула Альтшуля:

$$\lambda_{III} = 0,11 \cdot \left(k - \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (7)$$

где $k = \frac{\Delta}{d_{вн}}$, Δ - абсолютная эквивалентная шероховатость, [м].

Определив все необходимые параметры, мы можем вычислить потери давления по длине трубопровода используя формулу (1).

Определение кинематической вязкости

Вязкость (кинематическая, динамическая) характеризует силу трения, возникающую между двумя смежными слоями внутри жидкости или газа на единицу поверхности при их взаимном перемещении.

Для гидравлических расчетов используют кинематическую вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой с учетом силы тяжести:

$$\vartheta \left[\frac{\text{м}^2}{\text{сек}} \right] = \frac{\mu}{\rho} \quad (10)$$

где μ – динамическая вязкость [Пз или Па·с],

Динамическая вязкость определяется путем лабораторных исследований или на основе корреляционных зависимостей эмульсии (Woelflin, Brinkman, Vand, Richardson и Leviton & Leighton и т.д.). В рамках данной методики рассмотрим две корреляции: Woelflin и Brinkman.

- **Woelflin**

Корреляции Woelflin предполагают, что при обводненности, меньшей или равной граничной, тип эмульсии воды в нефти, а также вязкость эмульсии определяются корреляцией Woelflin. При обводненности выше граничной, вязкость жидкости принимается равной вязкости воды.

Woelflin описывает 3 типа эмульсий воды в нефти, которые он назвал несвязанная, средняя и связанная. Корреляция представляет таблицу коэффициентов умножения вязкости в зависимости от обводненности.

Вязкость всех трех типов эмульсий возрастает при возрастании обводненности до определенного граничного значения, после которого вязкость убывает и предполагается равным вязкости воды. Необходимо отметить, что все три типа эмульсий могут иметь вязкости, в несколько раз превышающие вязкости нефти. В случае связанной эмульсии, можно легко получить возрастание вязкости в 100 раз. В своих экспериментах со связанным типом эмульсии, Woelflin определил, что вязкость при 60% обводненности не может быть определена, потому что смесь была слишком вязкой.

$$\frac{\mu_e}{\mu_o} = 1 + 2.5\varphi_d \quad (11)$$

где μ_e - вязкость эмульсии, [Пз или Па·с]

μ_o - вязкость дегазированной нефти, которая определяется по формулам 14-16;

φ_d - обводненность, %

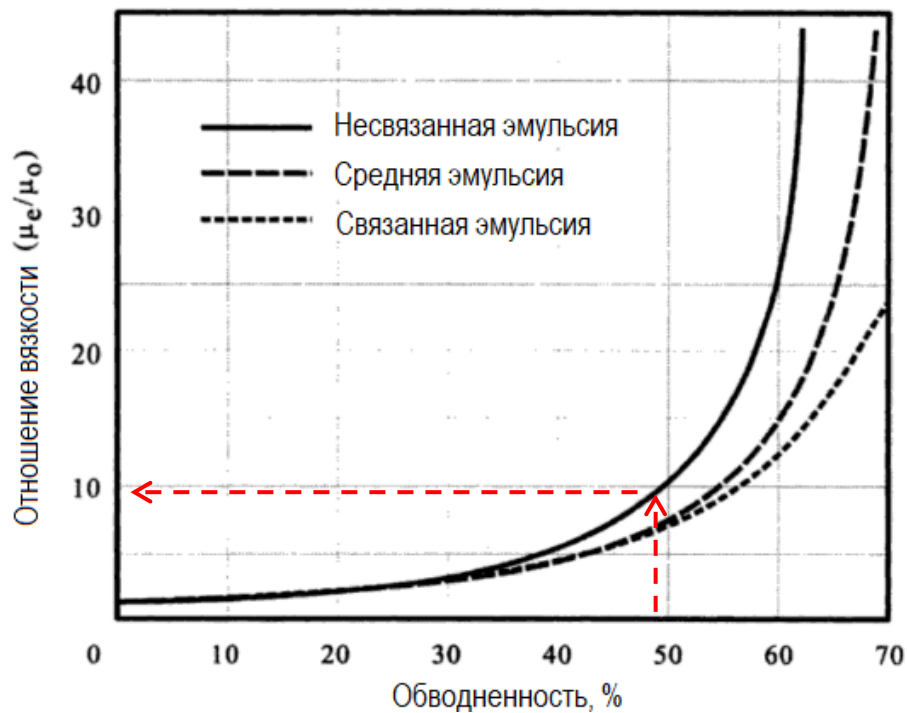


Рисунок 1 – График зависимости отношений вязкостей от обводненности по Woelflin

По графику на рисунке 1 определяется соответствующее значение коэффициента отношений вязкостей, соответствующая вашей обводненности. На основе данного коэффициента и зная вязкость дегазированной нефти, определяется вязкость эмульсии.

- **Brinkman**

Корреляция Brinkman рассчитывает вязкость эмульсии, используя формулу

$$\mu_e = \mu_o (1 - \varphi_d)^{-2.5} \quad (12)$$

где μ_o - вязкость дегазированной нефти, которая определяется по формулам 14-16;

φ_d - обводненность, [д.ед]

Корреляция Brinkman имеет ограничение и может быть использована для эмульсий с граничной обводненностью менее 70%.

Определение динамической вязкости дегазированной нефти

Корреляции определения вязкости дегазированной нефти, представленные в данной методичке, имеют ряд ограничений, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Ограничения корреляций определения вязкости дегазированной нефти

Параметр	Условное обозначение	Диапазон значений
Температура	T	21,25-146,9°C (70-295 °F)
Плотность	API	746-959кг/м ³ (16-58 °API)

Плотность в градусах API – единица измерения плотности нефти, разработанная Американским институтом нефти. Измерения в градусах API позволяют определить относительную плотность нефти по отношению к плотности воды при той же температуре.

Плотность в градусах API и относительная плотность нефти при базовой температуре 60°F (15.6°C) связаны четким арифметическим уравнением и могут быть легко преобразованы друг в друга.

Плотности в градусах API из относительной плотности можно рассчитать по следующей формуле:

$$API = \frac{141.5}{SG} - 131.5 \quad (13)$$

где SG – относительная плотность, $SG = \frac{\rho[\text{кг/м}^3]}{1000}$

Определение вязкости дегазированной нефти возможно, также как и вязкость эмульсии, т.е. при помощи лабораторных исследований или используя корреляционные зависимости.

- **Glaso**

Вязкость дегазированной нефти рассчитывается по следующей формуле:

$$\mu_o = c[\log_{10}(API)]^d \quad (14)$$

где $c = 3.141 \cdot 10^{10} \cdot T^{-3.444}$,

$$d = 10.313 \cdot \log_{10}(T) - 36.447,$$

- **Kartoadmodjo & Schmidt**

Вязкость дегазированной нефти рассчитывается по следующей формуле:

$$\mu_o = c[\log_{10}(API)]^d \quad (15)$$

где $c = 16 \cdot 10^8 \cdot T^{-2.8177}$,

$$d = 5.7526 \cdot \log_{10}(T) - 26.9718,$$

- **Elsharkawy & Alikhan**

Корреляция работает в пределах API от 20 до 48 (от 788,3 кг/м³ до 934 кг/м³).

Вязкость дегазированной нефти рассчитывается по следующей формуле:

$$\mu_o = 10^x - 1 \quad (16)$$

где $x = 10^y$,

$$y = 2.16924 - 0.02525 \cdot API - 0.68875 \cdot \log_{10}(T).$$

Задачи

Дано: трубопровод 114х6мм, длина 100м, шероховатость 0,01мм, расход жидкости 50 м³/сут.

Вариант	Плотность	Температура	Дин. вязкость нефти, сП	Дин. вязкость эмульсии, сП	Обводненность, %
1	860	25	9	55	50
2	890	15	61	295	40
3	905	5	106	268	30
4	850	10	11	109	55
5	860	5	33	221	38
6	885	10	49	194	45

Определить: какая из методик определения динамической вязкости дегазированной нефти имеет наименьшее расхождение с результатами лабораторных исследований.

Определить: какая из методик определения динамической вязкости эмульсии наиболее имеет наименьшее расхождение с результатами лабораторных исследований.

Определить: перепад давления на участке трубопровода