



УДК 665

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

DEFINITION OF THE SURFACE TENSION COEFFICIENT OF LIQUID HYDROCARBONS

Исмаилов Ойбек Юлибоевич

младший научный сотрудник,
младший научный сотрудник лаборатории
«Процессы и аппараты химической технологии»,
Институт общей неорганической химии
Академии наук Республики Узбекистан
ismoilovnmpi@mail.ru

Ismailov Oybek Yuliboevich

Junior Researcher,
Junior Research fellow of
the laboratory Processes
and devices of chemical technology,
Institute of General Inorganic Chemistry of
the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan
ismoilovnmpi@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментального исследования по определению поверхностного натяжения жидких углеводородов при температурах $20 \div 40$ °С. В указанном пределе температура поверхностного натяжения (Н/м 10^{-2}) нефти снижается в 1,11 раза, газового конденсата в 1,68 раз, а смесей в 1,93 раза.

Annotation. The article presents the results of an experimental study to determine the surface tension of liquid hydrocarbons at temperatures of 20-40 °C. In this limit, the surface tension temperature (N/m 10^{-2}) of oil is reduced 1,11 times, gas condensate 1,68 times, and mixtures 1,93 times.

Ключевые слова: нефть, газовый конденсат, смесь, вязкость, плотность, капиллярный метод, поверхностного натяжения.

Keywords: oil, gas condensate, mixture, viscosity, density, capillary method, surface tension.

Одной из интересных и важных величин для нефтепереработки и нефтехимии является коэффициент поверхностного натяжения. Эта величина необходима для расчета технологических оборудований, в частности, диаметра тарельчатой колонны, скорости движения жидкого потока, расчета экстракционных колонн и интенсивности процессов перемешивания [1]. Кроме того, поверхностное натяжение топлива оказывает сильное влияние на степень его распыления в камерах сгорания воздушно – реактивных двигателей. Поверхностное натяжение играет важную роль в явлениях, связанных с испарением, кипением, конденсацией, химическими реакциями в гетерогенных системах, в процессах обезвоживания сырой нефти.

Поверхностное натяжение имеет двойной физический смысл – энергетический и силовой. Энергетическое определение: поверхностное натяжение – это удельная работа увеличения поверхности при её растяжении при условии постоянства температуры. Силовое определение: поверхностное натяжение – это сила, действующая на единицу длины линии, которая ограничивает поверхность жидкости [2]. Сила поверхностного натяжения направлена по касательной к поверхности жидкости, перпендикулярно к участку контура, на который она действует и пропорциональна длине этого участка.

Поверхностное натяжение может быть на границе газообразных, жидких и твёрдых тел. Обычно имеется в виду поверхностное натяжение жидких тел на границе «жидкость-газ» [3]. В случае жидкой поверхности раздела, поверхностное натяжение правомерно также рассматривать как силу, действующую на единицу длины контура поверхности и стремящуюся сократить поверхность до минимума при заданных объёмах фаз.

Для экспериментального определения поверхностного натяжения нефти и нефтепродуктов применяются различные методы: отрыв кольца, капиллярный, наибольшее давление пузырька, падение капли.

Метод отрыв кольца основан на измерении силы, необходимой для отрыва кольца от поверхности раздела двух фаз. Эта сила пропорциональна удвоенной силе окружности кольца. При капиллярном методе измеряют высоту подъема жидкости в капиллярной трубке. Недостатком его является зависимость высоты подъема жидкости не только от величины поверхностного натяжения, но и от характера смачивания стенок капилляра исследуемой жидкостью. Способ наибольшего давления пузырьков или капель, что объясняется простотой конструкции, высокой точностью и независимостью определения от смачивания. Более точной разновидностью капиллярного метода является метод падения капли, основанный на измерении массы капли жидкости, отрывающейся от капилляра [4]. На результаты измерения влияет плотность жидкости и размеры капли и не влияет угол смачивания жидкостью твердой поверхности. Этот метод позволяет определять поверхностное натяжение в сосудах высокого давления.

Для определения поверхностного натяжения нефти, газового конденсата и их смесей нами выбран метод падения капли (сталагмометрический метод).

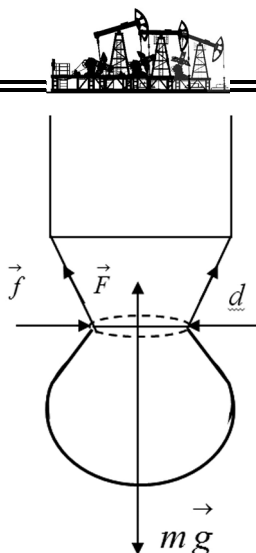


Рисунок 1 – Метод падения капли

Сталагмометрический метод основан на установлении массы капли исследуемой жидкости, отрывающейся с конца капилляра. Капля отрывается, когда сила тяжести превосходит величину поверхностного натяжения. Если капля приобрела максимальную массу m , но еще удерживается у отверстия капилляра с радиусом r , это означает, что обе силы – сила поверхностного натяжения $2\pi r\sigma$ и сила тяжести mg , направленная вертикально вниз и стремится оторвать каплю.

При методе падения капли сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз и стремящаяся оторвать каплю (рис. 1); силы поверхностного натяжения \vec{f} , направленные по касательной к поверхности жидкости и перпендикулярно контуру l шейки капли. Эти силы стремятся удержать каплю. Результирующая сила поверхностного натяжения \vec{F} , направлена вверх и равна

$$F = \sigma l, \tag{1}$$

где l – длина контура шейки капли. Когда сила тяжести становится равна силе поверхностного натяжения, происходит отрыв капли: $m\vec{g} = -\vec{F}$. С учетом (1) $mg = \sigma l$. Так как длина контура шейки капли $l = \pi d$, где d – диаметр шейки капли, откуда [6]:

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d}. \tag{2}$$

Масса одной капли $m_x = \rho V_x$, где ρ – плотность жидкости (кг/м^3), V_x – объем одной капли.

Если посчитать, сколько капель вытечет из капиллярной трубки в мерный стакан, и измерить их объем V , то можно найти объем одной капли: $V_x = \frac{V}{N}$ Тогда коэффициент поверхностного натяжения можно рассчитать по формуле [4]:

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi}. \tag{3}$$

Формула (3) является рабочей расчетной формулой.

На нефтеперерабатывающих заводах страны в качестве сырья используются нефтегазоконденсатные смеси, поэтому в качестве объекта изучения были использованы нефтегазоконденсатные смеси, в которых доля газового конденсата колеблется в широких пределах – от 10 до 90 %.

Предел испарения легкой фракции из исследуемой нефтегазоконденсатной смеси начинается от 38 °С. Поэтому, эксперименты приводились при температурах 20 ÷ 40 °С.

Повышение температуры сырья и доли газового конденсата в смеси, приводит к снижению плотности и вязкости исследуемой жидкости [5] и уменьшению поверхностного натяжения.

Результаты исследований по определению поверхностного натяжения углеводородного сырья обобщены и сведены в таблице 1.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что поверхностное натяжение зависит от состава нефтегазоконденсатных смесей и температуры. С повышением температуры в пределе 20 ÷ 40 °С поверхностное натяжение ($\text{Н/м} \cdot 10^{-2}$) нефти снижается от 2,43 до 2,19, газового конденсата от 1,95 до 1,16, а для смесей от 2,40 до 1,24. При повышении доли газового конденсата в смеси поверхностное натяжение при 20 °С также снижается в 1,21 раз, при 30 °С в 1,42 раз, а при 40 °С в 1,66 раз.



Таблица 1 – Изменение поверхностного натяжения нефти, газового конденсата и их смесей при температурах 20 ÷ 40 °С

Состав сырья	Поверхностное натяжение σ , Н/м 10^2		
	20 °С	30 °С	40 °С
Нефть	2,43	2,31	2,19
90 %Н + 10 %ГК	2,40	2,25	2,06
80 %Н + 20 %ГК	2,34	2,18	1,97
70 %Н + 30 %ГК	2,26	2,11	1,88
60 %Н + 40 %ГК	2,18	2,03	1,76
50 %Н + 50 %ГК	2,14	1,92	1,63
40 %Н + 60 %ГК	2,10	1,83	1,57
30 %Н + 70 %ГК	2,06	1,76	1,41
20 %Н + 80 %ГК	2,02	1,65	1,33
10 %Н + 90 %ГК	1,98	1,58	1,24
Газовый конденсат	1,95	1,46	1,16

Литература:

1. Поверхностное натяжение предельных углеводородов / Я.М. Назиев [и др.] // Журнал «ИВУЗ» Проблемы энергетики. – Казань, 2005. – № 1. – С. 46–53.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / Под ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
3. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа : учебное пособие для студентов нефтяных специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 256 с.
4. Исмаилов О.Ю., Худайбердиев А.А., Сайидмуродов М.М. Изучение вязкости нефти, газового конденсата и их смесей // Химическая технология. Контроль и управления. – Ташкент, 2012. – № 6. – С. 50–54.

References:

1. Surface tension of the ultimate hydrocarbons / Ya.M. Naziev [etc.] // Journal of «IVUZ» Problems of energy. – Kazan, 2005. – № 1. – P. 46–53.
2. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Examples and tasks on the course of processes and devices of chemical technology : Textbook for high schools / Ed. P.G. Romankova. – 10 th ed., add. – L. : Chemistry, 1987. – 576 p.
3. Sardanashvili A.G., Lvov A.I. Examples and tasks on the technology of oil and gas processing : manual for students of oil specialties of universities. – 2 nd ed., additional. – M. : Chemistry, 1980. – 256 p.
4. Ismailov O.Yu., Khudaiberdiev A.A., Sayidmurodov M.M. Investigation of the viscosity of oil, gas condensate and mixtures thereof // Chemical Technology. Control and Management. – Tashkent, 2012. – № 6. – P. 50–54.