

Физико-технические свойства ВЭТ, полученные на основе эффекта кавитации

Абдалиев У.К.

Институт природных ресурсов им. А.С.Джаманбаева ЮО НАН КР

Предложена новая технология получения водо-эмульсионного топлива (ВЭТ), смесь бензина и воды (5% и 95% по массе). Технология получения ВЭТ основано на использовании эффекта кавитации и электромагнитной структурировании воды. Проведены физико-химические основы получения ВЭТ и теоретические расчетные формулы для определения характеристик ВЭТ. На основе изучения вольт-амперной характеристики ВЭТ было определено оптимальная концентрация бензина в составе ВЭТ.

Suggested a new technology of water-emulsion fuel (VET), a mixture of gasoline and water (5% and 95% by mass). Technology of VTE based on effect of cavitation and electromagnetic structure of water. Conducted physical and chemical bases of obtaining VET and theoretical calculation formulas for determining the characteristics of VET. Based on the study of volt-ampere characteristic VET determined the optimal concentration of gasoline of VET.

Кавитация представляет собой образование пузырьков газа в жидкой среде при турбулентии или в условиях гидродинамического удара. Различают три фазы развития процесса кавитации: образование пузырьков газа; рост до определенного размера с возможным делением, как правило, на два пузырьковых образования; схлопывание, т. е. исчезновение пузырьков[1,2].

В процессе схлопывания (взрыв, направленный в центр пузырька) происходит выделение энергии, величина, которой зависит от свойств жидкости, радиуса пузырька и внешних условий. При этом величина энергии, выделенной при схлопывании пузырька в виде ударной волны обратно пропорциональна по одним данным третьей или по другим данным шестой степени его радиуса и составляет величину порядка порядка $2-5 \times 10^7$ атмосфер.

Энергия схлопывания при кавитации в основном поглощается окружающей средой и в случае единичных актов к существенным изменениям свойств среды не приводит. Однако картина может существенно измениться, если количество пузырьков возрастает до такой величины, что процесс их образования, времени жизни и схлопывания может привести к кардинальным изменениям свойств жидкости, вплоть до изменения её химического состава и даже якобы к образованию медленных нейтронов и радиоактивного излучения.

Поскольку эмульсии являются системами, состоящими из двух жидкостей, их удельный вес зависит и от удельного веса компонентов и от их количественного соотношения[3,4]. Удельный вес эмульсий определяется по формуле:

$$\gamma'_y = \gamma'_o(1-W_o) + \gamma'_a W_o, \quad (1)$$

где γ_y^t – удельный вес единицы объема эмульсии при данной температуре; γ_o^t – удельный вес единицы объема топлива при этой же температуре; γ_a^t – удельный вес единицы объема воды при данной температуре; W_ϕ – содержания воды в эмульсии, в %.

Зависимость удельного веса топлива от температуры можно рассчитать, пользуясь приближенной формулой:

$$\gamma_T^t = \frac{1}{V_T^t} = \frac{1}{V_T^{20}(1 + \alpha t)}, \quad (2)$$

где V_T^t – объем топлива при температуре t ; V_T^{20} – объем топлива при $t=20^\circ\text{C}$, причем $V_T^{20} = 1/\gamma_T^{20}$; α – коэффициент объемного расширения топлива.

Значения коэффициента объемного расширения (α) в зависимости от удельного веса топлива (γ_T^t), приведен в таблице 1.

Таблица 1

№, п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предел изменения удельного веса, кг/м ³	800-820	820-840	840-860	860-880	880-900	900-920	920-940	940-960	960-980	980-1000
Средний коэффициент объемного расширения, $\alpha \cdot 10^4$	9,37	8,82	8,31	7,82	7,37	6,88	6,45	6,04	5,64	5,26

Удельный вес топлива обычно дается при 20°C , а затем пересчитывается с помощью формулы (2) и таблицы 1, после чего рассчитывается удельный вес самой эмульсии.

В таблице 2 приведены поверхностное натяжение на границе раздела фаз для некоторых сред.

Таблица 2

№, п/п	Система	Температура, $^\circ\text{C}$	Поверхностное натяжение на границе раздела фаз, $\sigma \cdot 10^4$ кг/м
1	Керосин-воздух	20	27
2	Керосин -водв	20	44
3	Бензин-вода	20	73
4	Водо-мазутная эмульсия-воздух	50	42-50

Качество любых эмульсий, в том числе ВТЭ, определяется при всех других равных условиях в большей степени их дисперсностью, т.е. размером дисперсной фазы(воды). Чем выше дисперсность, т.е. чем меньше размер капли водной фазы, чем меньше по размеру капельки отличаются друг от друга, тем равномернее распределяется вода в топливе, тем устойчивее эмульсия и выше качество ее как топлива. Дисперсность капелек дисперсной (водной) фазы зависит также от способов получения эмульсии, времени воздействия, а при механическом перемешивании – от размеров рабочих элементов и емкости, в

которой готовится эмульсии, от окружной скорости вращающихся частей или от числа импульсов, воздействующих на жидкости при кавитационном способе получения эмульсий.

Критическая дисперсность эмульсий лежит в пределах диаметра капелек 1 мкм, при этом получение таких высокодисперсных эмульсий возможно в промышленных условиях при механическом диспергировании.

Фракционный состав дисперсной фазы эмульсий, приготовленных лабораторной пропеллерной мешалкой, определенный микроскопированием при увеличении в 400 раз, в зависимости от содержания воды и времени перемешивания приведен в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика дисперсности водо-мазутной эмульсии(М-40), полученный пропеллерной мешалки ($d_m=35$ мм, $n=1500$ об/мин)

Время перемешивания, t, мин	Концентрация воды = 10%														
	Кол-во капель воды					Кол-во капель воды					Кол-во капель воды				
	143	57	25	15	11	137	44	23	18	8	70	18	7	7	6
Размер каплей воды, мкм	6-10	12,5	18,7	25-3	37,5	6-10	12,5	18,7	25-3	40	6-10	12,5	18,7	25-3	37,5
Сред. размер, мкм	15,1					14,4					18,8				

Поскольку качества ВЭТ определяется, с одной стороны, равномерностью распределения водной фазы в массе топлива, а с другой – дисперсностью этой фазы, то важно их рассчитать с помощью следующей формулы[4]:

$$A = 2,12 \cdot 10^2 \cdot \frac{\rho_i^{0,19} \mu_i^{0,39} \nabla \rho^{0,25} n d_i^{0,05}}{\sigma^{0,56} \mu_a^{0,27} D_c^{1,21}} \left(\frac{V_a}{V_a + V_i} \right)^{0,32} \quad (3)$$

Используя (3) рассчитан средний диаметр капелек воды

$$d_\phi = \frac{6}{S}, \quad (4)$$

где $S = \frac{A}{\left(\frac{V_a}{V_a + V_m} \right)}$, (5) здесь ρ_i – плотность мазута; ρ_a – плотность воды; μ_a – динамическая вязкость воды; μ_i – динамическая вязкость мазут; $\frac{V_a}{(V_i + V_a)} \approx W_o$; σ – поверхностное натяжение на границе раздела фаз (Ж-Ж); d_m – диаметр мешалки; n – число оборотов мешалки.

Устойчивость или стабильность также является крайне важным показателем качества ВЭТ. Как известно диэлектрическая проницаемость (ДП) воды равна 81, а ДП нефтепродуктов колеблется в интервале 2,25-4,0, то можно предположить, что ДП эмульсии имеет свои значения. Разными исследователями установлено, что для нахождения ДП ВЭТ расчетным путем возможно использовать следующую зависимость:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_2 \frac{(1 - W_\phi)^{2/3} + 2WAX}{(1 - W_\phi)^{2/3} - WAX}, \quad (6)$$

$$A = X = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2} \quad \text{где} \quad (7)$$

а также по формуле Бруггемана для эмульсии $W_\phi = 20\%$.

$$1 - W_\phi = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2} \cdot \sqrt[3]{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}, \quad (8)$$

где ε_y - ДП эмульсии; ε_1 - ДП воды; ε_2 - ДП дисперсной среды (нефтепродукты); W_ϕ - влажность эмульсий (концентрация воды).

2. Физико-химические основы получения ВЭТ.

Как известно, результаты исследований Б. В. Дерягиным с сотрудниками [5] так называемой "аномальной" воды, полученной при капиллярной конденсации, не получили, как известно, научного признания. Однако, возник вопрос, не могут ли атомы неорганических примесей в воде играть какую-то роль при "полимеризации" ассоциатов (H_2O) n , называемых кластерами, когда они образуют структуры типа многоугольников с числом сторон n до ста. Кластер при электронных возбуждениях ведет себя как единое целое, а при отщеплении электрона ионизируется или вступает в химическую связь [6]. В [6] методами ИК- и КР-спектроскопии было выявлено, что кластеры при $n > 6$ уже не имеют кольцевой структуры и обладают 0-Н-связью, которая является двойным донором протонов. Эта связь очень активна, и посредством ее кластеры с $n > 6$ могут вступать в различные соединения, образуя молекулярные комплексы, в том числе с примесными атомами, имеющими незаполненные орбитали V-типа.

Все свойства воды в какой-то мере зависят от содержания примесей. Например, освобожденная от растворенных газов вода будет вновь насыщаться ими несколько суток.

Под действием космических лучей и других видов излучений образуются свободные радикалы, перекись водорода и другие компоненты.

В связи с вышеизложенным можно констатировать, что свойства воды носят особенный характер, поэтому можно говорить лишь о существовании водо-топливной эмульсии с длительно изменяемыми физико-техническими характеристиками.

Сущность поставленной таким образом задачи заключается в получении гетерогенных ВЭТ на основе воды, бензиновых фракций вовлекаемых в небольшом количестве, путем электромагнитной структуризации воды без использования поверхностно-активных веществ (ПАВ) как стабилизаторов эмульсии.

Поставленная задача получения бензино-водно-спиртовой эмульсии решается путем смешения структурированной воды с бензиновой фракцией не вовлекая эмульгатора, в следующем соотношении компонентов: бензина 1-5 мас.% и воды 90-95мас.%. Полученный эмульсионный смесь в дальнейшем пропускали через кавитатор и дополнительно воздействовали электромагнитным полем.

Исходными предпосылками для решения поставленной технической задачи были анализ соответствия гидрофильно-липофильного баланса ВЭТ требованиям, предъявляемым к получению ВЭТ, изучение вероятного механизма расслоения эмульсий и возможность минимизации числа компонентов и оптимизации состав входящих в ВЭТ.

3.Технические условия получения ВЭТ

В лабораторных условиях приготовление первоначальной водно-бензиновой эмульсии провели в сосуде емкостью 500 мл, термостатируемой термостатом. Температура воды в термостате фиксируется термометром и регулируется при помощи контактного термометра. Вода и газоконденсатный бензин подаются соответственно из разных емкостей путем регулирования их расхода с помощью вентилях. Перемешивание жидких фаз осуществляется с помощью мешалки, которая работает от электродвигателя. В результате получим водо-бензиновую смесь содержащей 90-95 мас.% воды, 1-5 мас.% бензина.

В дальнейшем для получения ВТЭ использовали следующую связку: водяной насос выкачивает предварительно подготовленную смесь воды и бензина через отверстия малого сечения сопло Лаваля и далее эмульсия попадает в гидроударную камеру большего сечения, где и образуются и схлопываются пузырьки эмульсии., кавитатор и промежуточной гидроударной камеры, где и происходит схлопывания пузырьков эмульсии. Эмульсионно-пузырьковая струя направляется под углом на твердую стенку в цилиндрической ёмкости. В цилиндрической ёмкости формируется вихревое образование, в котором дополнительно образуются кавитационные пузырьки, а те что сформировались в кавитационной камере "схлопываются" и делятся на более мелкие пузырьки, которые так же "схлопываются". Как известно, вода не сжимаема, но она очень хорошо разжимаема, с образованием пузырьков. Когда эти пузырьки обратно сжимаются, из-за ускорения, возникает высокое давление. При этом молекулы жидкостей, по-видимому соединяются, формируя объёмные кластерные структуры. В результате, физико-химические характеристики водотопливной эмульсии изменяется, так как посредством кавитации жидкофазная эмульсия структурируется.

Наилучшие результаты структурирования ВТЭ, получаются при температуре эмульсии в диапазоне 35-42⁰С. Выше 45-55⁰С резко увеличивается время структурирования, а выше 60⁰С, вообще не удаётся. Структуризация воды (ВЭТ) является стабилизирующим фактором и улучшает воспламеняемость эмульсии.

Поэтому благодаря гидродинамическому кавитационному воздействию водо-топливная смесь превращается в «гомогенную суспензию», не расслаивающаяся в течение двух и более суток, в связи полного перемешивания воды и небольшого количества нефтяных фракций(бензина).

Поскольку при получении ВТЭ, главная цель - формирование равномерно распределённых по объёму стабильных структур, в которых молекула топлива, соединяется с молекулами воды.

4. Физические характеристики ВЭТ

Как известно, вольт-амперные характеристики (ВАХ) конденсированных систем являются, пожалуй, наиболее доступными для экспериментальных исследований и вместе с тем весьма информативными для определения особенностей генерации, рекомбинации и переноса носителей заряда в этих системах и построения теоретических моделей происходящих процессов в различных системах.

В наших экспериментах получения микро- и наносуспензий, совмещался процессом диспергирования жидкой фазы с дальнейшим процессом образования жидкофазной суспензии.

Микрокапельки воды(нефтепродукты) с различными дисперсностями, полученные на основе гидрофракционирования смешены нами в определенной концентрации.

Эксперименты по изучению влияния электрического поля на эмульсии проводились в системе между электродами прикладывая электродам определенное напряжение через токовые контакты измерялось электрический ток.

Результаты измерений и их обсуждение.

Измерив напряжение на пластинах и силу тока, используя закон Ома для участка цепи определили сопротивление ($R=U/I$) эмульсии. Далее используя формулу $\rho=RS/l$ определили удельное сопротивление ВТЭ. Тогда удельная проводимость определяется как $1/\rho$.

В таблице 4 приведены полученные экспериментальные данные - вольт-амперной характеристики (ВАХ) ВТЭ.

Таблица 4.

Вольт – амперная характеристика суспензии после прохождения через кавитатор

Концентрация бензина в воде, п, %	0	1	2	3	4	5	10	100

Показание №, п/п	Напряжения, В	Сила тока, А							
	V	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0,025	0,03	0,031	0,03	0,03	0,025	0,025	0
3	15	0,039	0,047	0,05	0,046	0,047	0,04	0,04	0
4	20	0,052	0,065	0,066	0,062	0,065	0,045	0,042	0
5	25	0,066	0,082	0,084	0,08	0,082	0,072	0,07	0
6	30	0,08	0,097	0,1	0,095	0,097	0,087	0,082	0
7	35	0,094	0,113	0,117	0,11	0,115	0,1	0,1	0
8	40	0,107	0,132	0,135	0,13	0,132	0,122	0,117	0
9	45	0,12	0,147	0,15	0,145	0,147	0,137	0,132	0,002
10	50	0,135	0,162	0,167	0,162	0,165	0,152	0,147	0,003

В таблице 5 представлены вольт–амперные характеристики суспензии после прохождения через кавитатор и воздействия магнитного поля.

Таблица 5.

Концентрация бензина в воде (п), %		0	1	2	3	4	5	10	100
Показание №, п/п	Напряжения, В	Сила тока, А							
	V	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0,032	0,031	0,03	0,027	0,03	0,027	0,027	0
3	15	0,052	0,05	0,047	0,045	0,047	0,045	0,042	0
4	20	0,072	0,066	0,066	0,059	0,064	0,06	0,057	0
5	25	0,09	0,085	0,082	0,075	0,08	0,075	0,072	0
6	30	0,11	0,1	0,1	0,091	0,097			

							0,092	0,087	0
7	35	0,127	0,117	0,115	0,105	0,117	0,1	0,1	0
8	40	0,147	0,137	0,132	0,123	0,13	0,122	0,12	0
9	45	0,167	0,154	0,15	0,137	0,147	0,142	0,135	0,003
10	50	0,19	0,17	0,16	0,15	0,16	0,157	0,15	0,003

На основе представленных данных в табл. 4 можно заметить, что в вольт – амперной характеристике ВЭТ после пропускания через кавитатор выделяются следующие участки: 1- рост тока от напряжения до концентрации бензина в воде до 2 %; 2-обратная зависимость тока от напряжения с 2 до 100% концентрации бензина в воде. В то же время из таблицы 5 видно, что после магнитного воздействия значения сила тока в зависимости от напряжения стабильно уменьшается. Если построить график зависимости тока от концентрации бензина в воде для случае кавитационного и магнитного воздействий, то получится картина, показанная на рис. 1. Из рис. 1 видно, что существует оптимальная концентрация начиная с которого влияния кавитации и магнитного поля незначительны. Данная точка(концентрация бензина в воде) по-видимому отражает оптимальное соотношения воды и бензина в ВЭТ.

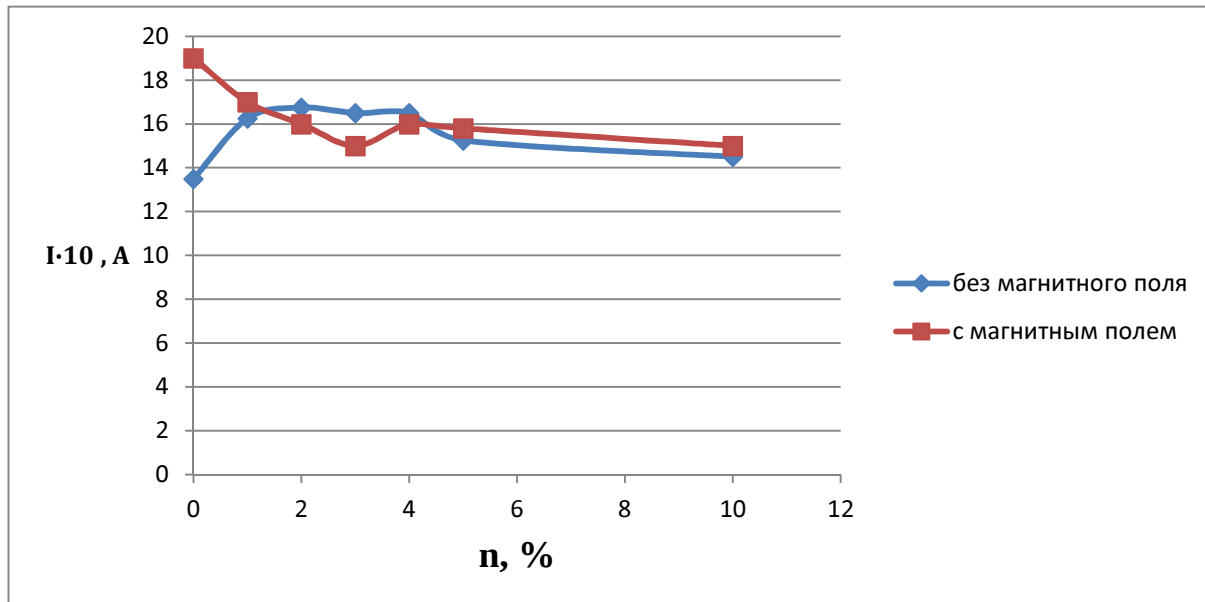


Рис.1. Зависимость тока от концентрации бензина в суспензии

Таким образом, полученные результаты свидетельствует о влиянии эффекта кавитации и магнитного поля на свойства ВЭТ.

Литература

1. Кнэпп Р., Дэйли ДЖ., Хэммит Ф. Кавитация: Пер. с англ.-М.: Мир, 1974.-687с.
- 2.Кавитационная технология / В.М. Ивченко, В.А. Кулагин, А.Ф. Немчин; Под ред. Г.В. Логвиновича. Красноярск: Изд-во КГУ, 1990. – 200 с.
- 3.Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур, М.:Наука, 1978.
4. Редкина Н.И., Ходаков Г.С. Механохимия и технологические свойства водных эмульсий высоковязких нефтепродуктов. //Теоретические основы химической технологии. 2002, том 36, №4, с.433-438.
- 5.Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. М.:Наука,1986. -206с.
- 6.Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.:Мир, 1979.-568с.
- 7.Корягин В.А. Сжигание водотопливных эмульсий и снижение вредных выбросов. С.-П.:Недра, 1995.-304с.