

В. М. Фомин, Р. Ш. Аюпов, Ю. Г. Оранский,  
Р. Ф. Хамидуллин

## К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ

*Ключевые слова:* диспергирование, акустические волны, кавитация, ультратонкие эмульсии.

*Рассмотрены вопросы диспергирования эмульсий при отсутствии кавитации, экспериментально доказана возможность получения ультратонких эмульсий при воздействии только акустического поля на жидкости, не содержащих растворенный воздух.*

*Keywords:* dispersion, the acoustic cavitation, ultra-thin emulsion.

*Considered the issues of dispersing emulsion in the absence of cavitation experiments mentally proved the possibility of obtaining ultra thin emulsions when exposed to only the acoustic field in a liquid containing the dissolved air.*

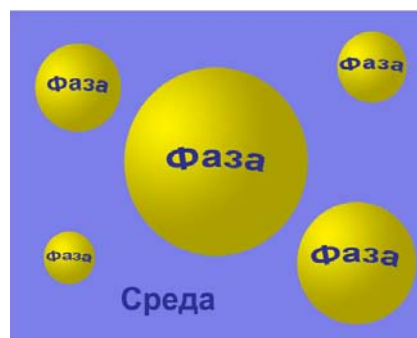
Целью этой работы является попытка экспериментально показать, что диспергирование (дробление капель дисперсной фазы в дисперсионной среде) происходит визуально без кавитации.

Существует кавитационная модель диспергирования эмульсий [1, 2, 3] и т. д. Кавитацию разделяют на грубую, её ещё называют «корабельной», и на акустическую, возникающую под действием акустических колебаний. Согласно этой модели, диспергирование частиц дисперсной фазы происходит благодаря тому, что в эмульсии имеет место кавитация. В соответствии с физической моделью кавитации в жидкости возникают области пониженного и повышенного давления. В области пониженного давления в жидкости образуются парогазовые пузырьки, которые, попав в область повышенного давления «мгновенно схлопываются». Результатом этого «мгновенного схлопывания» является локальное повышение в жидкости давления до сотен тысяч атмосфер и температуры до сотен тысяч градусов Цельсия [2].

Мы ранее говорили о том, что диспергирование может протекать и от прямого волнового (акустического) воздействия на частицы дисперсной фазы при диспергировании этих частиц в процессе получения эмульсий. Это касается в первую очередь тонких, сверх тонких, ультратонких эмульсий [4, 5]. В этих работах авторами предложена гипотеза модели непосредственно прямого волнового акустического воздействия источника акустических колебаний на частицу дисперсной фазы в эмульсии, приводящего к дроблению, диспергированию капли дисперсной фазы в дисперсионной среде.

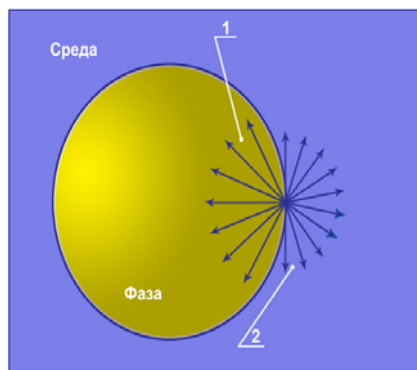
Рассмотрим вкратце эту физическую модель. На рис. 1 схематично представлены капли дисперсной фазы в дисперсионной среде, то что принято называть эмульсией. Капли находятся в состоянии покоя, на них не действуют ни какие внешние и внутренние воздействия (силы).

На рис. 2 представлена отдельно только одна капля дисперсной фазы в дисперсионной среде. Стрелками 1 показаны силы взаимодействия точки находящейся на поверхности капли и принадлежащей этой капле с жидкостью самой капли дисперсной фазы. Стрелками 2 показаны силы взаимодействия этой же точки находящейся на поверхности фазы и ей принадлежащей с жидкостью дисперсионной среды. В силу того, что силы взаимодействия этой точки с



**Рис. 1 - Капли дисперсной фазы в дисперсионной среде**

жидкостью самой этой капли больше, чем силы взаимодействия этой же точки с жидкостью фазы, то и результирующая сила, действующая на эту точку направлена во внутрь, к центру этой капли.



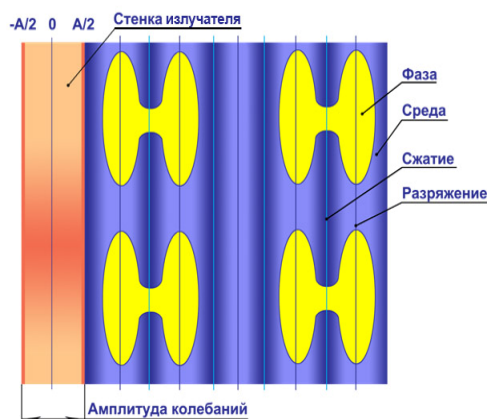
**Рис. 2 - Силы взаимодействия в точке на поверхности капли**

А поскольку мы выбрали на поверхности капли произвольную точку, то можно утверждать, что и на все остальные точки, находящиеся на поверхности капли дисперсной фазы и ей принадлежащие, будут действовать силы направленные вовнутрь, к центру капли. Благодаря этому капля находится в стабильном состоянии и имеет сферическую форму. Так как размеры капли (её диаметр) малы, то и разницей в пьезометрических давлениях в верхней и нижней точках капли можно пренебречь. Если соотношение сил, действующих на каждую точку поверхности капли дисперс-

ной фазы, будет другим, например, результирующая сила будет равна нулю (граница «фаза - среда» преобразуется в плоскость, это начало дробления капли), или эта результирующая сила будет направлена в сторону от центра капли, то капля распадется. Наступит самопроизвольное диспергирование капли. Здесь рассматриваем только стабильную, устойчивую во времени эмульсию, то есть все капли дисперсной фазы обладают устойчивостью и имеют сферическую форму.

Теперь рассмотрим, что изменится в дисперсионной среде и прежде всего что произойдет с частицами дисперсной фазы под действием акустических волн, вызванными акустическими колебаниями любого источника таких волн.

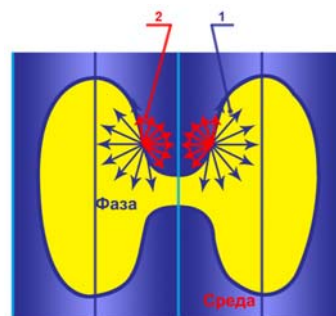
Эти акустические волны «сжатия – разряжения, сжатия – разряжения» распространяющиеся в эмульсии со звуковой скоростью. Мы в этой работе не рассматриваем ударные волны, возникающие от сверхмощных источников, таких как взрыв. Эти волны достигнув капли дисперсной фазы, при достаточной на то их интенсивности, деформируют эту каплю. Деформация капли может быть очень сложной. Но мы будем рассматривать самый простой случай, когда капли деформируются только в одном месте капли, так как показано на рис.3.



**Рис. 3 - Простая деформация капли**

На рис.4 представлена одна деформированная волной «сжатия – разряжения – сжатия - разряжения» капля дисперсной фазы. Рассмотрим, как будут направлены результирующие силы, действующие в точке, находящейся на поверхности этой капли и ей принадлежащей. Здесь необходимо сделать следующее упрощение, допущение. Считаем, что вся система (эмульсия) как дисперсионная среда, так и дисперсная фаза – неподвижны, движутся только акустические волны «сжатие – разряжение – сжатие – разряжение». Выбранные нами точки находятся в районе шейки капли дисперсной фазы. Здесь очевидно видно, что результирующие силы (результирующие силы от действия сил 1 и 2), действующие на точки, находящиеся в районе шейки капли будут направлены, вовнутрь двух деформированных частей капли. Эти результирующие силы направлены на разделение капли на две части. Таким образом, в том случае, если интенсивность акустических колебаний будет достаточной для такой деформации, то капля разрушится, разделится на две

части. Произойдет диспергирование капли дисперсной фазы в дисперсионной среде.



**Рис. 4 - Капля дисперсной фазы, деформированная волной «сжатия-разряжения»**

Для подтверждения того, что диспергирование частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде происходит именно так, нами были проведены следующие эксперименты.

Первое. Мы подвергли акустическому воздействию этиловый спирт  $C_2H_5(OH)$ . Нами был установлен тот факт, что при акустическом воздействии на этиловый спирт кавитации (в таком виде как она возникает в воде) не наблюдается. Эксперимент проводился на различных режимах, во всем диапазоне работы УЗДН на частоте 22 кГц. было зафиксировано акустическое воздействие излучателя на этиловый спирт. Как видно, в спирте не наблюдается кавитационной области, такой как в воде. Все же остальные эффекты, сопровождающие акустическое воздействие на жидкости (нагрев жидкости, бурн на её поверхности, характерный звук) имели место быть.

Второе. Мы выбрали две жидкости, не растворимые друг в друге. Это глицерин  $C_3H_5(OH)_3$  и веретённое масло, поверхностно-активные вещества (ПАВ) не использовались. В этих жидкостях, так же как и в спирте, при акустическом на них воздействии не наблюдается кавитационной области. Обе эти жидкости прозрачны, веретённое масло имеет характерный оттенок. Были взяты 2/3 глицерина и 1/3 веретённого масла, их слили в одну ёмкость и подвергли диспергированию на УЗДН частотой 22кГц. В ходе акустического диспергирования в эмульсии наблюдался бурн, повышалась её температура. Время диспергирования составило 2 минуты. В результате этого была получена неустойчивая во времени эмульсия (отсутствие в эмульсии ПАВ)

Выводы: Экспериментально было показано, что эмульсии образуются под действием акустических колебаний в ней и без кавитации. Работа была выполнена в Казанском национальном исследовательском технологическом институте (КНИТУ (КХТИ)) на кафедре Химической технологии переработки нефти и газа (ХТПНГ) в январе 2014 года.

Авторы выражают свою признательность кафедре ХТПНГ за предоставленную возможность провести эту работу.

## Литература

1. Маргулис М.А. О механизме химических реакций, возникающих в ультразвуковом поле // Журн. физ. химии, т.43. №8. 1969. С. 1935 - 1950.
2. Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминисценция. – М.: Химия, 1986. - 288 с.
3. Барам А.А. О механизме эмульгирования в ультразвуковом поле // Акуст. журн. 1964. 10. №4. С. 398 – 402.
4. Фомин В.М., Шукин А.В., Аюпов Р.Ш. и др. О механизме воздействия акустических колебаний на жидкие среды // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева. №3. – Казань, 2002. С. 3 – 8.
5. Фомин В.М. Корноухов А.А, Аюпов Р.Ш. и др. Роторно-пульсационные акустические аппараты. Изд. «Отечество», Казань, 2010. 136 с.
6. Аюпов Р.Ш. Исследование водно-топливных эмульсий и разработка оборудования для приготовления ультратонких эмульсий.//Вестник Казанского Технологического Университета, 2013, т16, №8 с.271-273
7. Ахметзянов Т.Р., Хабриев И.Ш., и др. Диспергирование поликарбоната допированного квантовыми точками CdS/CdSe с использованием метода сверхкритического флюидного антирастворителя (SAS)// Вестник Казанского Технологического Университета, 2013, т16, №10, с.93-95.

---

© **В. М. Фомин** - - канд. техн. наук, пенсионер; **Р. Ш. Аюпов** - канд. техн. наук, доц. каф. ТКМ КНИТУ, rami21@yandex.ru; **Ю. Г. Оранский** - канд. техн. наук, доц. той же кафедры; **Р. Ф. Хамидуллин** – д-р техн. наук, проф. каф. ОХТ КНИТУ.

© **V. M. Fomin** - Candidate of Science, retired; **R. S. Ayupov** - Candidate of Science, Associate Professor kaf.TKM KNRTU, rami21@ yandex.ru; **Y. G. Oranskiy** - Candidate of Science, Associate Professor kaf.TKM KNRTU; **R. F. Khamidullin** - Ph.D., prof. KNRTU.