

О МЕХАНИЗМЕ ПРОЦЕССА ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ МАСЛА В ВОДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Б.С. Баласанян, С.Ш. Христафорян, А.Б. Баласанян

Национальный политехнический университет Армении

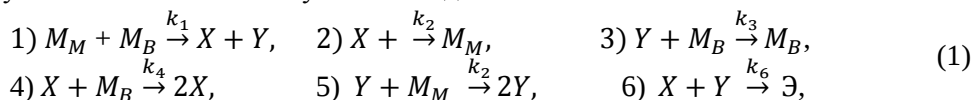
Рассматриваются особенности процесса эмульгирования масла в воде с применением ультразвуковых колебаний с позиций кинетики процесса. Проводятся исследования по уточнению механизма и математического описания кинетики процесса ультразвукового эмульгирования масла в воде, результаты которых показывают, что при эмульгировании возникают два вида эмульсии. Изучается вопрос формирования в этом процессе замкнутого цикла, являющегося необходимой характеристикой самоорганизационных процессов. Приведены материалы по обнаружению новой структуры вещества с большим удельным весом по сравнению с водой при ультразвуковом эмульгировании.

Ключевые слова: ультразвук, эмульсия, кинетика, структура, реактор.

Введение. Как показали проведенные нами ранее исследования процесса ультразвукового эмульгирования (УЗЭ) и материалы его видеосъемки [1-3], фрагментирование компонент эмульсии и ее устойчивость явно зависят от параметров подводимой акустической энергии и схемы наложения на процесс УЗЭ ультразвуковых колебаний (УЗК). При введении в процесс УЗЭ энергии в тепловой форме в жидкостях наблюдаются конвективные потоки, при этом на границе сред наблюдаются неявные нарушения, но без интенсивного перемешивания образование структуры эмульсии маловероятно. Поэтому для получения эмульсий возбуждение в среде УЗК является, вероятно, весьма правильным подходом, так как от этого будут зависеть количество подводимой энергии, кинематика принудительного перемешивания жидкостей, фрагментация, а в дальнейшем и ее устойчивость.

Согласно описаниям стадий протекания процесса УЗЭ масел в воде [1-3], в начале эмульгирования под действием УЗК происходит фрагментация компонент будущей эмульсии, и из масс масла и воды образуются их более мелкие частицы X и Y . При этом наблюдается перемещение ранее образованных частиц X масла в оставшуюся водную среду, а также перемещение образованных частиц Y воды в оставшуюся масляную среду с образованием в этих средах эмульсии. Часть частиц X масла переходит в среду масла, сливаясь с ней, и за счет них несколько возрастает предварительно сниженная масса масла. Аналогичный процесс происходит и в водной среде. Но в итоге соединения частиц X масла и Y

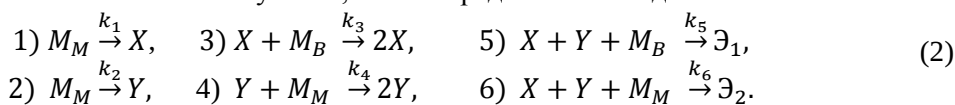
воды образуется новое вещество - $\mathcal{E}$ – эмульсия. На основе этой схемы процесса УЗЭ получена конкурентная реакция [1,2], описывающая стадии производства и разрушения компонентов эмульсии в виде



где M_M и M_B – первоначальная объемная концентрация соответственно масла и воды в реакторе; $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ – коэффициенты, характеризующие интенсивность протекания соответствующих стадий процесса; $\mathcal{E}$ – объемная концентрация эмульсии в реакторе; X и Y – концентрация образованных отдельных частиц масла и воды в реакторе эмульгатора.

Недостатком приведенной схемы описания процесса УЗЭ (1) является то, что образование частиц X и Y под действием УЗК происходит с одинаковой интенсивностью K_1 , что не соответствует реальному процессу УЗЭ, при этом из зависимости, описывающей стадию 6, не видно, в какой среде она образуется.

В механизме процесса УЗЭ в работе [4] в качестве стадий протекания процесса выдвинут иной сценарий. Под действием УЗК из массы масла образуются ее мелкие частицы X с интенсивностью K_1 , а из массы воды – мелкие частицы Y с интенсивностью K_2 . Для упрощения записи конкурентной реакции принято, что образованные частицы X полностью переходят в водную среду, а частицы Y – в масло, что позволяет исключить из конкурентной реакции (1) 2-ю и 3-ю стадии, и это не окажет влияния на конечный результат, так как в этом случае данные стадии учитываются коэффициентами K_1 и K_2 . Под действием УЗК частицы Y в среде масла дробятся с образованием двух более мелких частиц $2Y$, а частицы X воды – двух более мелких частиц $2X$. Частицы X и Y в водной среде образуют эмульсию $\mathcal{E}_1$ первого вида, а в среде масла – эмульсию $\mathcal{E}_2$ второго вида. Таким образом, конкурентную реакцию, описывающую стадии производства и разрушения компонент эмульсии, можно представить в виде



Из (1) можно получить кинетические уравнения для X и Y в виде

$$dX/dt = K_1 M_M + K_3 M_B X - (K_5 M_B + K_6 M_M)XY, \quad (3)$$

$$dY/dt = K_2 M_B + K_4 M_M Y - (K_5 M_B + K_6 M_M)XY. \quad (4)$$

В квазистационарном режиме имеем

$$\begin{cases} dX/dt = K_1 M_M + K_3 M_B X_g - (K_5 M_B + K_6 M_M)X_g Y_g = 0, \\ dY/dt = K_2 M_B + K_4 M_M Y - (K_5 M_B + K_6 M_M)X_g Y_g = 0, \end{cases} \quad (5)$$

откуда получены следующие решения:

$$Y_q = \frac{K_3 K_4 M_M M_B - (K_5 M_B + K_6 M_M)(K_2 M_B - K_1 M_M)}{2 K_4 M_M (K_5 M_B + K_6 M_M)} \times$$

$$\times \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{4 K_2 K_3 K_4 M_M M_B^2 (K_5 M_B + K_6 M_M)}{K_3 K_4 M_M M_B - (K_5 M_B + K_6 M_M)(K_2 M_B - K_1 M_M)}} \right), \quad (6)$$

$$X_q = \frac{K_3 K_4 M_M M_B - (K_5 M_B + K_6 M_M)(K_1 M_M - K_2 M_B)}{2 K_3 M_B (K_5 M_B + K_6 M_M)} \times$$

$$\times \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{4 K_1 K_3 K_4 M_B M_M^2 (K_5 M_B + K_6 M_M)}{K_3 K_4 M_M M_B - (K_5 M_B + K_6 M_M)(K_1 M_M - K_2 M_B)}} \right). \quad (7)$$

Выражения (6) и (7) подтверждают результат исследований [1,2], смысл которого в том, что в процессе УЗЭ имеются два устойчивых квазистационарных состояния, при которых могут быть получены два вида эмульсий (в среде масла и в среде воды). К сожалению, эти выражения довольно громоздкие, и наши попытки установления для УЗЭ колебательности или асимптотической устойчивости не увенчались успехом. Выходом из создавшегося положения является переход к упрощенной модели процесса УЗЭ, которые, как известно [5], передают основные черты сложных колебательных процессов.

Применительно к кинетике превращения $M_M + M_B \rightarrow \Xi_1 + \Xi_2$ может иметь место колебательный режим по концентрациям промежуточных продуктов X и Y , если механизм УЗЭ включает автокаталитические стадии (2 с индексами 3,4,5, 6). Как видно, в этом механизме автокаталитическими являются две первые реакции, и в схему не включены стадии появления X и Y , поскольку, согласно рекомендациям [5], это привело бы лишь к излишней детализации, не влияя на механизм возникновения осцилляций. Запишем кинетические уравнения для X и Y :

$$dX/dt = K_3 M_B X - (K_5 M_B + K_6 M_M)XY, \quad (8)$$

$$dY/dt = K_4 M_M Y - (K_5 M_B + K_6 M_M)XY. \quad (9)$$

Разделив первое кинетическое уравнение (8) на (9), получим

$$\{K_4 M_M / X - (K_5 M_B + K_6 M_M)\}dX = \{K_3 M_B / Y - (K_5 M_B + K_6 M_M)\}dY. \quad (10)$$

Интегрирование дифференциального уравнения (10) возможно, если концентрации масла и воды в реакторе изменяются мало, т.е. M_B и $M_M = const$. Таких условий можно добиться осуществлением УЗЭ в открытой системе, если добавить M_B и M_M и с определенной скоростью вывести из реактора продукты Ξ_1 и Ξ_2 . В этом случае интегрированием (10) можно получить

$$K_4 M_M \ln X - (K_5 M_B + K_6 M_M)X = K_3 M_B \ln Y - (K_5 M_B + K_6 M_M)Y + K, \quad (11)$$

где K – постоянная интегрирования.

Потенционируя (11), находим

$$X^{K_4 M_M} \cdot e^{(K_5 M_B + K_6 M_M)X} = Y^{K_3 M_B} \cdot e^{(K_5 M_B + K_6 M_M)Y} \cdot C, \quad \text{где } C = \exp K. \quad (12)$$

Это уравнение не имеет точного решения и определяет в неявном виде на плоскости XU семейство интегральных кривых. Используя численные методы решения дифференциальных уравнений (8), (9), посредством программы Lorenz Attraktor. Vi, разработанной National Instruments-ом в среде LabVIEW, для различных значений коэффициентов, входящих в (8), (9), построены интегральные кривые и зависимости от изменения концентраций частиц X и Y в течение времени (рис. 1) [4]. Полученные результаты показали, что процесс УЗЭ не имеет колебательного режима по концентрациям промежуточных продуктов X и Y , что подтверждается отсутствием аттрактора (геометрический образ: замкнутая кривая, точка и т.д.), к которому сходятся все траектории. Это обусловлено тем, что в системе нет одной общей траектории, единой для всех начальных условий и достижимой даже спустя длительное время. С другой стороны, траектории устойчивы, так как с течением времени во всех случаях (рис.1), в зависимости от значений коэффициентов, входящих в (8) и (9), концентрации частиц X и Y в процессе УЗЭ, изменяясь вначале, в конце доходят до своего максимального или минимального устойчивого состояния.

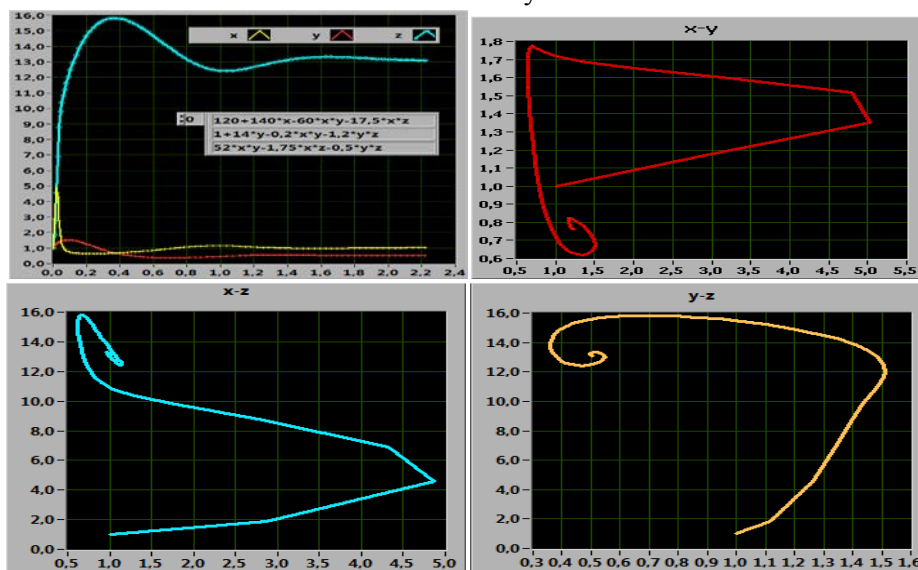
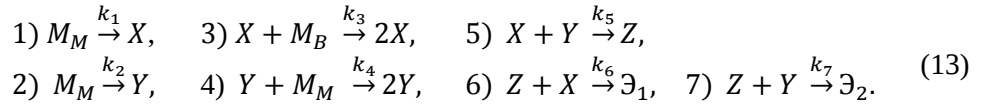


Рис. 1. Теоретическая зависимость интенсивности образования эмульсий в течение времени и аттракторы процесса ультразвукового эмульгирования

Теоретические исследования. Как было отмечено ранее, в схему УЗЭ не включены стадии появления X и Y , так как согласно известным рекомендациям [5], это приводит к излишней детализации, не влияя на механизм возникновения осцилляций. Для проверки этих предположений проведены дополнительные теоретические исследования, где в качестве стадий протекания процесса УЗЭ

масел в воде предлагается следующий уточненный сценарий.

Под действием УЗК из массы масла с интенсивностью K_1 образуются мелкие частицы X , а из воды - мелкие частицы Y с интенсивностью K_2 . С целью упрощения записи конкурентной реакции примем, что образованные частицы X полностью переходят в водную среду, а частицы Y – в масляную. Из конкурентной реакции (1) исключаются 2-я и 3-я стадии, что не влияет на конечные результаты. Под действием УЗК частицы Y в среде масла дробятся с образованием двух мелких частиц $2Y$, а частицы X в среде воды – соответственно $2X$. Частицы X и Y образуют эмульсию Z с интенсивностью K_5 . Учитывая, что при УЗЭ образуются два вида эмульсий [1, 2], эмульсия Z в водной среде образует эмульсию $\mathcal{E}_1$ 1-го вида с интенсивностью K_6 , а в среде масла - эмульсию $\mathcal{E}_2$ 2-го вида с интенсивностью K_7 . Тогда конкурентную реакцию, описывающую производство и разрушения составляющих компонентов эмульсии, можно представить как



Из (13) можно получить кинетические уравнения для веществ X и Y в виде

$$\begin{cases} dX/dt = K_1 M_M + K_3 M_B X - K_5 XY - K_6 XZ, \\ dY/dt = K_2 M_M + K_4 M_M Y - K_5 XY - K_7 YZ, \\ dZ/dt = K_5 XY - K_6 XZ - K_7 YZ. \end{cases} \quad (14)$$

Применением программы Lorenz Attraktor. Vi в среде LabVIEW для разных значений коэффициентов, входящих в (14), построены интегральные кривые и зависимости изменения концентраций частиц X - Y - Z в течение времени (рис. 1). Видно, что при определенных значениях коэффициентов, входящих в уравнение кинетики (14), процесс УЗЭ имеет режим колебаний по концентрациям промежуточных X и Y продуктов, что подтверждается наличием аттрактора и отсутствием предельного цикла, так как в системе нет одной общей траектории, единой для всех начальных условий и достижимой даже спустя продолжительное время.

Примем, что частота УЗК неизменна, и рассмотрим с позиции повышения производительности УЗЭ при смешивании двух сред, одна из которых ввиду большой плотности занимает в реакторе положение с минимумом потенциала (вода), а другая среда находится выше первой (масло). В этой разграниченной и неперемешиваемой среде в случае возбуждения УЗК энергия излучателя, распространяясь в среде, насыщает ее ансамбли дополнительной энергией, а в полупериоде разжижения в ней возникают кавитационные пузырьки, которые резко схлопываются при прохождении зоны высокого давления. Это приводит к возникновению микроударных волн и мощных гидродинамических нарушений в микропотоках, т.е. образованию в средах ансамблей вещества малых размеров и условий для их интенсивного перемешивания, так как такое воздействие

разрушает такие прочные материалы, как кварц и сталь. Однако, учитывая уширение фронта потока энергии и естественные ее потери на некотором удалении от источника УЗК, воздействие на ансамбли энергии УЗК ослабнет.

Рассматривая характеристики конфигураций излучателей и допуская, что в данной точке пространства среды энергия УЗК корреляционно связана с ее амплитудой, а также учитывая трение между излучателем и средой, можно определиться в схеме потенциального фронта распространения энергии. Анализ схем показал влияние конфигурации излучателя и его положения относительно границы сред на интенсивность процесса УЗЭ. Этот вопрос в литературе освещен недостаточно, а имеющиеся рекомендации малообоснованы, тогда как здесь реальны возможности повышения эффективности процесса УЗЭ и нужны исследования, поскольку возможно, что в зависимости от характеристик сред целесообразно излучатель определенной конфигурации располагать под определенным углом относительно границы раздела сред. При использовании цилиндрического сосуда, по всей вероятности, целесообразно ось излучателя совместить с осью сосуда для обеспечения симметрии условий во всех осевых сечениях. Однако, по-видимому, возможны и более благоприятные схемы и формы реакторов.

В начале процесса УЗЭ первые очаги эмульсии формируются в наиболее энергонасыщенных точках границы раздела сред. В них энергия УЗК достаточна для фрагментации каких-то ансамблей сред, для которых энергия поверхности обеспечивает их сохранение и устойчивость в каком-то интервале времени. При напряжениях сжатия и сдвига в случае продвижения волны УЗК в результате перемешивания ансамбли веществ составят новую конфигурацию – эмульсию. Она по логике должна расти до размеров энергонасыщенной зоны, за которой пространство сред не содержит каких-то самостоятельных ансамблей с достаточной энергией структурирования этой конфигурации, т.е. объем эмульсии не будет расти, а образованный объем эмульсии будет нагреваться ввиду трения. Для продолжения УЗЭ и формирования новых порций эмульсий следует увеличить поток энергии. Этот сценарий обусловлен закономерностями материального мира, но в реальности наблюдается иная картина.

За эквипотенциальной поверхностью, в пределах которой происходил процесс эмульгирования, УЗЭ начинает проявляться не только в ближайших областях, но часто этот процесс охватывает практически весь объем сосуда реального размера. Такой сосуд следует именовать реактором, поскольку входящие в него материальные реагенты в потоке энергии в результате преобразования формируют новую конфигурацию вещества, имеющую новые физико-механические свойства, отличные от свойств компонент. Необходимо отметить, что конфигурации эмульсии, по существу, могут быть подобны по

размерам, а отличие их будет заключаться в степени организации ансамбля.

Допустим, ввиду потока энергии образованные в среде ансамбли могут сохраниться. Тогда процесс образования ансамблей эмульсии будет продолжаться. В противном случае, ансамбли, разрушаясь, соединятся с основной средой, и тогда УЗЭ прекратится на каком-то начальном своем этапе. Следовательно, для УЗЭ целесообразно рассматривать процессы эволюции и деградации совместно и в конкуренции этих процессов искать ответы, связанные с вопросом возникновения очагов эмульсии, а затем и всей эмульсии. Это подтверждено экспериментально и свидетельствует о том, что при УЗЭ в зависимости от его параметров возникновение предварительных очагов эмульсии реальных размеров у границы раздела сред носит характер самоорганизации. Ожидать, что образованные ансамбли по своим параметрам (размеры, поверхностное натяжение и др.) будут однотипны, не приходится, т.е. условия эволюции и деградации будут различны для разных ансамблей. Если для данного ансамбля вероятность сохранения выше вероятности деградации, а вероятность возникновения выше вероятности исчезновения, то процесс УЗЭ продолжится до своего завершения.

Результаты экспериментальных исследований. В пространстве параметров реального процесса УЗЭ (род и объемы сред, характеристики системы УЗК, температура) технологическая система самостоятельно находит, по-видимому, единственно возможный сценарий, характерный только для данного процесса. Любые изменения параметров процесса, например положения излучателя УЗК, приведут к изменению самого процесса, но сохранятся основные закономерности и ее масштабность. Возникновение и эволюция структур эмульсий можно представить как количественно-качественные изменения, в результате которых из различных структур вещества формируется новая структура вещества – эмульсия. Процесс образования эмульсии начинается с образования первого очага или ансамбля эмульсии и продолжается до момента, когда эмульсия не займет все пространство, предоставленное средам.

Для выявления продуктивных условий для УЗЭ проведены исследования процесса с применением мощного УЗК. Как показали их результаты, которые были фотодокументированы, независимо от положения излучателя относительно границы раздела сред, интенсивности вводимой в среду УЗ энергии и физико-механических свойств составляющих жидких сред, подвод энергии в ближайшем окружении излучателя образует шарообразную, мутную, матовую область, что объясняется явлением кавитации. Помутнение, с позиций цвета, от цвета масла мало отличается. Область начинает расти и доходит до границы раздела сред, причем параметры ее стереометрии не устойчивы, и область непрерывно пульсирует, образуя вокруг оси излучателя потоки неопределенной направленности. Надо полагать, что такие видимые эффекты - итог возникновения в сре-

дах гидродинамических потоков. Со временем возникшая сингулярная область, разрастаясь, достигает границы раздела сред, меняется ее окраска, которая постепенно приобретает белый цвет. Описанное происходит весьма быстро.

Непосредственно у торца излучателя возникает шароподобная вытянутая структура, проникающая в среду воды, и ее стереометрия становится активной. Ее размеры в некотором интервале времени меняются мало, но граница раздела сред при этом меняется интенсивно и заменяется границей промежуточной структуры эмульсии с водой, опускающейся ко дну реактора. При этом меняются ее объем и цвет, наблюдается некоторый рост общего объема сред. Учитывая объединение мелких частиц в достаточно устойчивые и крупные частицы, можно полагать, что плотность насыщенной кавитационными пузырьками промежуточной эмульсии находится между плотностями составляющих сред.

Масло непрерывно вовлекается в процесс УЗЭ, а вода не так явно. Здесь, видимо, не последнее значение имеет удельный вес. Затем наступает момент, когда весь объем масла находится в объеме промежуточной эмульсии, которая постепенно теряет окраску. Это свидетельствует о том, что в промежуточную эмульсию вовлекаются все новые порции воды. На новой границе раздела сред непрерывно наблюдается активное возникновение промежуточной структуры эмульсии, которая переходит в соответствующую область. Почему эту область нельзя назвать областью производства структуры промежуточной эмульсии, особенно если учесть, что данная структура непрерывно присутствует до завершения процесса и вовлечения в нее всего объема воды? Обнаружено также, что при определенных режимах, когда наблюдается возникновение промежуточной структуры эмульсии, на каком-то этапе на дне реактора начинается образование промежуточной структуры эмульсии: вначале в виде плоского “блина”, затем, развиваясь, он вытягивается в полупараболу. Отметим, что это явление наиболее часто наблюдалось в случаях, когда объемы реагентов были небольшими и граница раздела сред не была удалена от дна реактора.

Далее конус, вытягиваясь, объединяется с шароподобной промежуточной структурой эмульсии, находящейся у излучателя, составляя единую структуру, которая по данному сценарию охватывает весь объем реактора. На каком-то этапе эта структура становится подобной явлению “торнадо”, но интенсивного вращения вокруг своей оси не наблюдается, только стереометрическое подобие. Интересно, что эта структура практически сохраняется до завершения процесса эмульгирования, а водная среда, несмотря на свою высокую плотность, окружает ее, будучи выше дна реактора. На другом этапе насыщения шароподобной промежуточной структуры эмульсии отмечены выбросы из нее небольших порций эмульсии в воду, которые в ней активно и в хаотическом режиме перемешиваются. Они, по всей вероятности, отрываются от элементарных

ансамблей эмульсии, которые уже визуальны не наблюдаются, но водная среда постепенно мутнеет. Затем, когда над водой уже сформировалась достаточно устойчивая масса эмульсии, остаток воды на дне реактора становится прозрачным, т.е. до того распределенные в ней ансамбли эмульсии начинают объединяться с основной эмульсией. Подобный сценарий эмульгирования имеет место при УЗЭ в воде масла с высокой вязкостью, например, моторного масла SAE 20W50. Об этом говорит и то, что при УЗЭ дизтоплива с водой процесс протекает более быстро, и частицы эмульсии возникают сразу же.

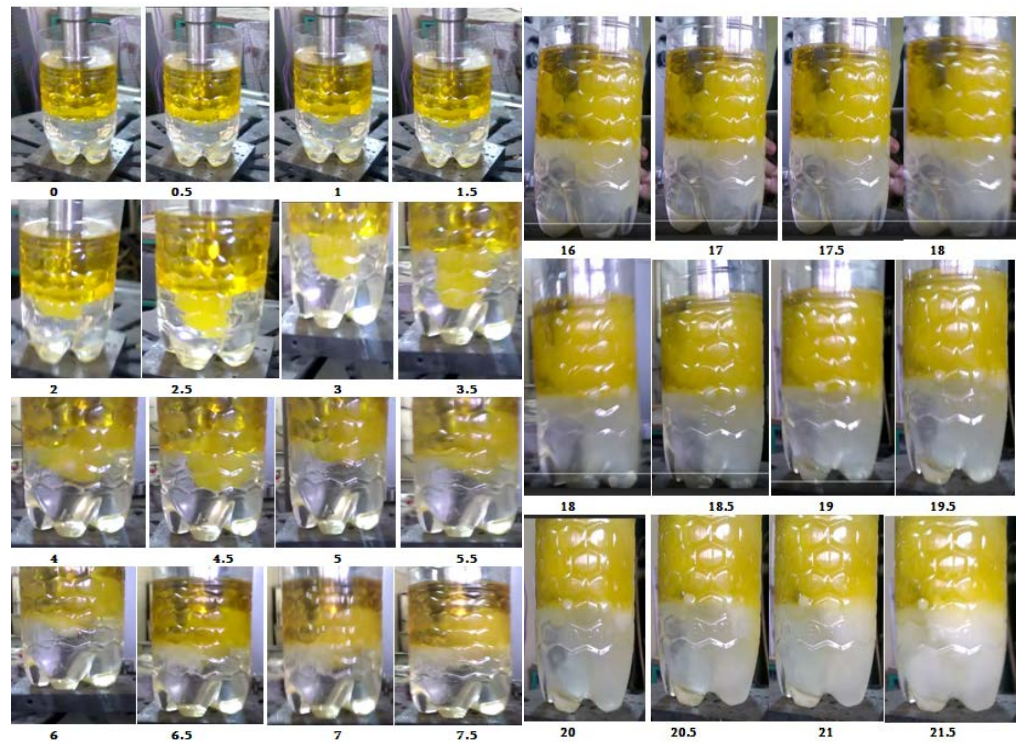


Рис. 2. Этапы формирования структур в реакторе

Указанным методом выполнено исследование интенсивности образования двух видов эмульсии q_1 и q_2 при УЗЭ оливкового и подсолнечного масел. Эти процессы протекали одинаково, но, в отличие от УЗЭ воды и масла SAE 20W50, вместо шароподобной конфигурации в воде возникает неопределенная конфигурация, размеры ее непрерывно меняются: уменьшаются или возрастают, а иногда она смещается из среды воды в среду масла. После какого-то интервала времени почти мгновенно возникает эмульсия масла в воде. Для выявления этого момента проведена видеосъемка с интервалом 0,5 с. Анализ съемки показал,

что через 0,5 с граница сред выгибается ко дну реактора, которая в течение 3,5 с растет и в завершении приобретает форму цилиндра со сферическим торцем. На 4-й секунде она, снижаясь, становится похожей на полусферическую, которая погружена в воду глубже, а начиная с 4,5 с и далее кажется, что ее размеры снижаются, но на основе детального анализа можно заметить, что с 6,5 секунды она из среды воды перемещается в среду масла. Это явление периодически повторяется до 18 с, но эта структура мутнеет и становится трудно наблюдаемой. Начиная с 21,5 с водная среда в реакторе становится светло-молочного цвета, что свидетельствует о начале образования эмульсии.

Анализ материала видеосъемки показал, что на каком-то этапе насыщения энергией промежуточной структуры эмульсии наблюдаются выбросы в среду воды малых частиц ее вещества. То есть, эту промежуточную структуру можно назвать очагом УЗЭ, который по взаимодействию образованных своих частиц, изменению размеров и кинематике представляет собой самоорганизованную новую структуру и ведет себя в реакторе как отдельное тело, на которое могут воздействовать все законы гидродинамики, в том числе сила Архимеда. Видимо, этим обусловлен тот факт, что вначале по действием УЗ энергии и давления возникает очаг эмульгирования, который, разрастаясь, доходит до определенного объема. Под действием силы Архимеда очаг эмульсии из среды воды сдвигается в среду масла, где ее мелкие частицы выбрасываются в масло. При этом размеры очага снижаются, и он оказывается в среде воды, и этот процесс периодически повторяется до окончания УЗЭ. Видеосъемка позволила выявить еще одно важное явление. В течение трех секунд на дне реактора наблюдается структура вещества молочного цвета, которая, по-видимому, есть результат очага эмульсии (рис. 2).

Отметим, что эта материальная структура – новый итог экспериментальных исследований, так как впервые обнаружено, что в процессе УЗЭ в течение первых секунд на дне реактора возникает новая структура вещества с большей плотностью, нежели плотность воды. Это явление нами было обнаружено почти 10 лет назад, когда в сосуд сливались остатки от экспериментов по УЗЭ. Тогда было отмечено, что на дне сосуда скопилась жидкость с удельным весом большим, чем плотность воды. Нами был выявлен тот факт, что в процессе УЗЭ возможно формирование из воды и масла структуры вещества с плотностью выше, чем плотность воды. Этот феномен объясняется тем, что под действием УЗК в очаге эмульгирования молекулы воды и масла взаимопроникают, в результате чего возрастает удельный вес новой материальной структуры.

Анализ видеосъемки показал, что отмеченная структура сохраняется до 19 секунды, после чего она разрушается, приобретая прозрачность воды (рис. 2), и окончательно исчезает на 22-й секунде. Далее происходит интенсивное УЗЭ, и вода в реакторе приобретает светло-молочный оттенок. Затем цвет эмульсии

становится молочным. Были построены зависимости интенсивности образования эмульсий и их объемов от времени (рис. 3), с помощью которых стали возможными качественная оценка и анализ экспериментальных исследований. Как видно из рисунка, если УЗЭ осуществляется в течение 20...22 с, зависимости полностью отличаются от известных зависимостей УЗЭ. Согласно этим зависимостям УЗЭ, в первые 2,5...3 с возникает новая структура вещества, плотность которой выше плотности веществ, составляющих эмульсию. При этом в среде воды порядка 20 с не наблюдается частиц масла до следующего этапа эмульгирования, после чего имеет место разрушение новой структуры с образованием среды масла в воде. После этого, начиная с образования двух видов эмульсии, эти изменения носят периодический характер.

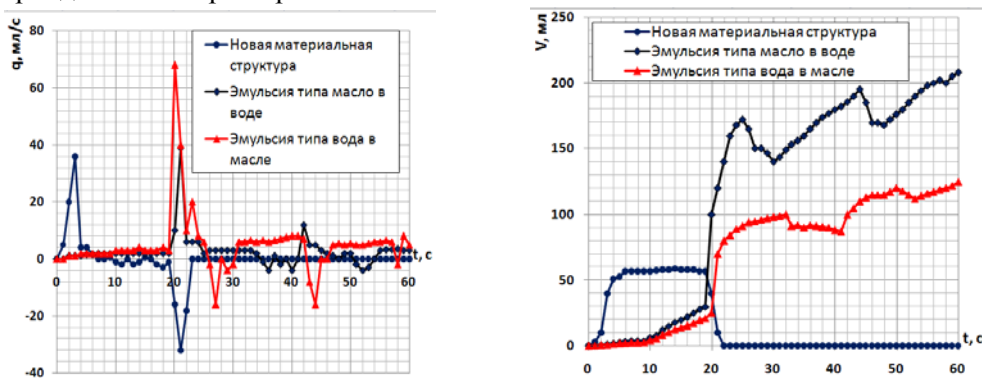


Рис. 3. Изменение интенсивности и объема эмульсий в процессе УЗЭ

Выводы. Полученные результаты исследования УЗЭ новы и относятся к новейшей теории самоорганизации материальных структур. Они требуют проведения детальных экспериментальных и теоретических исследований с позиций выявления материального проявления известной теоретической модели неравновесной термодинамики “брюсселятор” [6], сущность которой в том, что при непрерывной подпитке реактора сырьем и удалении из него продукта можно получить непрерывный процесс производства продукта.

Литература

1. Христафорян С.Ш., Баласанян А.Б., Григорян Г.Р. Анализ особенностей образования эмульсий с позиции самоорганизации структур // Вестник Инженерной академии Армении. – 2005. – Т. 2, N4. – С. 544-548.
2. Баласанян А.Б. Повышение эффективности процесса эмульгирования наложением колебательных полей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ереван, 2006. – 22 с.
3. Баласанян А.Б. Некоторые особенности процесса ультразвукового эмульгирования // Вестник Инженерной академии Армении. – 2006. – Т. 3, N1. – С. 130-133.

4. Акопян Х.Н. О кинетике процесса ультразвукового эмульгирования // Вестник ГИУА. Серия “Механика, машиноведение, машиностроение”. – 2013. – Вып. 16, №1. – С. 90-98.
5. Первухин О.К. Колебательные реакции: Методическое пособие. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 1999. – 94 с.
6. Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985. – 327 с.

*Поступила в редакцию 01.12.2015.
Принята к опубликованию 13.05.2016.*

ՅՈՒՂԻ՝ ԶՐՈՒՄ ԷՄՈՒԼԳԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ՄԵԽԱՆԻԶՄԸ ՈՒԼՏՐԱՋԱՅՆԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

Բ.Ս. Բալասանյան, Ս.Շ. Խրիստաֆորյան, Ա.Բ. Բալասանյան

Դիտարկվում է յուղի՝ ջրում ուլտրաձայնային տատանումների ներգործությամբ էմուլգացման գործընթացի առանձնահատկությունը՝ ելնելով պրոցեսի կինետիկայի տեսանկյունից: Ներկայացված են նյութեր՝ ճշտելու յուղի՝ ջրում ուլտրաձայնային էմուլգացման պրոցեսի մեխանիզմի կինետիկայի և մաթեմատիկական նկարագրությունը, համաձայն որի էմուլգացվելիս առաջանում են երկու տեսակ էմուլսիաներ: Ուսումնասիրվում է այդ գործընթացում պարփակ ցիկլով անհրաժեշտ բնույթով ինքնակազմակերպման պրոցեսը: Բերված են տվյալներ նյութերի նոր կառուցվածքի վերաբերյալ, որոնք օժտված են ավելի մեծ տեսակարար կշռով, քան ջուրը ուլտրաձայնային էմուլգացման պրոցեսում:

Ստանդային բաներ. ուլտրաձայնային, էմուլսիա, կինետիկա, կառուցվածք, ռեակտոր:

THE MECHANISM OF THE OIL EMULSIFICATION PROCESS IN WATER AT APPLYING ULTRASONIC VIBRATIONS

B.S. Balasanyan, S. Sh. Khristaforyan, A.B. Balasanyan

The features of the oil emulsification process in water at applying ultrasonic vibrations from the standpoint of the process kinetics are considered. Investigations for specifying the mechanism and the mathematical description of the process kinetics of the oil ultrasonic emulsification in water are carried out whose results show that two kinds of emulsions arise at emulsification. The issue of formation of a closed loop in that process being a necessary characteristic of self-organization processes is studied. Materials for finding the new structure of a substance with a greater specific weight compared to that of water at ultrasonic emulsification are studied.

Keywords: ultrasound, emulsion, kinetics, structure, reactor.