

УДК 614.841

*М.В. Кустов, канд. техн. наук, ст. препод., НУГЗУ,
В.Д. Калугин, д-тор. хим. наук, профессор, НУГЗУ,
В.В. Коврегин, канд. техн. наук., первый проректор, НУГЗУ*

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Разработан технологический режим приготовления эмульсий (на основе воды и пропеллентов), обладающих высокой самовспенивающейся способностью в очаге пожара. Установлено влияние природы поверхностно-активных веществ (ПАВ) на стабильность эмульсии и определена минимальная концентрация ПАВ, надёжно стабилизирующая дисперсность эмульсии в течение 30-40 суток.

Ключевые слова: эмульсия, кавитационный метод приготовления, стабильность, стабилизирующая концентрация.

Постановка проблемы. Как показал анализ чрезвычайных ситуаций (ЧС) в мире, за последнее время аварии, связанные с разливом и возгоранием фосфора, вызывают наибольшие трудности с ликвидацией их последствий. Наиболее эффективным способом ликвидации таких ЧС является изоляция фосфора от окислительных компонент окружающей среды, что достигается при использовании воздушно-механических пен. Основным недостатком при использовании воздушно-механических пен является малая дальность её подачи, что существенно затрудняет ликвидацию последствий аварий, так как аварийно-спасательные подразделения не могут обеспечить эффективную доставку воздушно-механической пены в зону ликвидации из-за, например, высокой температуры пламени, высокой степени химической опасности выделяющихся газообразных продуктов. Исходя из этого, проблемой, подлежащей разрешению, является увеличение дальности подачи изолирующих пен, которая определяется сохранностью физико-химических и физико-механических свойств системы в процессе открытой доставки её в зону ликвидации последствий чрезвычайной ситуации

Анализ последних достижений и публикаций. Из-за своей низкой плотности пены невозможно подавать на большие расстояния. Увеличения дальности подачи пенных слоёв можно добиться за счёт образования пен непосредственно на поверхности изолируемого материала за счёт вскипания пропеллента (компонента эмульсии). Такой вид эмульсий называют самовспенивающимися эмульсиями [1, 2]. Для

увеличения эффективности ликвидации возгораний предлагается использовать эмульсии, которые в своём составе имеют эффективные ингибиторы горения [3]. Для обеспечения ликвидации последствий аварий техногенной природы требуется разработать эффективную технологию приготовления многокомпонентных эмульсий с полифункциональными свойствами, поэтому нами рассмотрена возможность оперативного приготовления эмульсий кавитационным методом в работе [4]. Однако вопросы оптимизации технологического режима приготовления эмульсий и их стабильность не рассмотрены.

Постановка задачи и её решение. Целью работы является исследование стабильности самовспенивающихся эмульсий и рассмотрение вопросов приготовления таких составов кавитационным методом.

Для установления условий приготовления эмульсий кавитационным методом нами проведен ряд опытов, в которых установлена зависимость дисперсности различных по химическому составу эмульсий на основе воды от числа оборотов ротора кавитатора (линейной скорости вращения ротора в точке максимального радиуса) - рис. 1, 2.

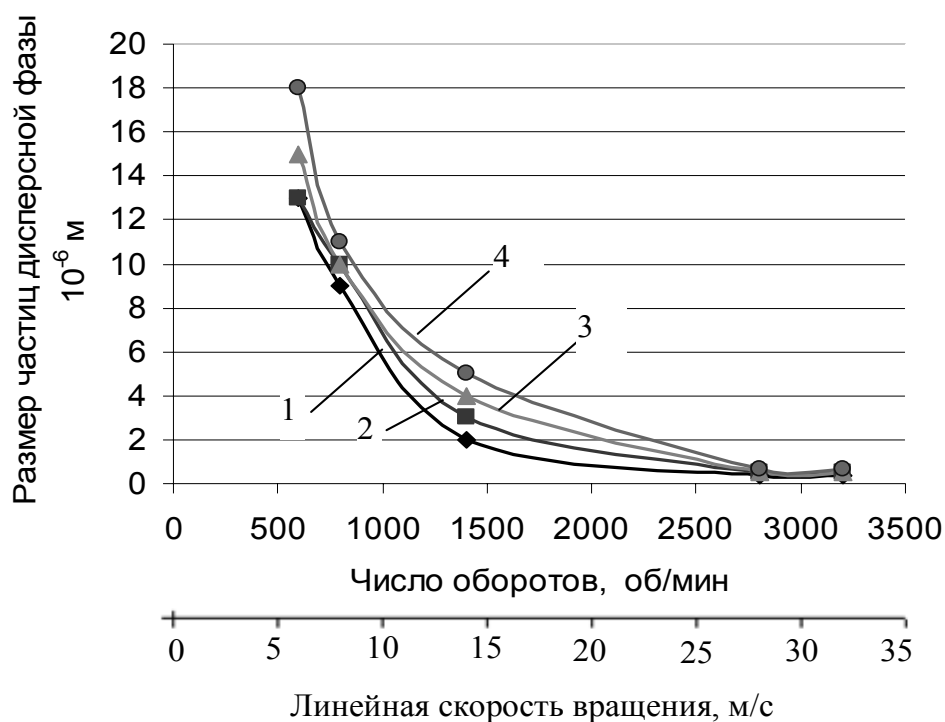


Рис. 1 - Зависимость размера частиц дисперсной фазы различных эмульсий, не содержащих добавок ПАВ, ВМС и электролитов, от числа оборотов ротора кавитатора. Пропелленты: 1 – C₅H₁₂, 2 – C₂H₅Br, 3 – C₈H₁₈, 4 – CH₃I. Концентрация пропеллентов – 7 % мас., время кавитации – 30 с

Относительные молекулярные массы УВ и галогенуглеводородов (ГУВ) имеют следующие значения: C₅H₁₂ - 72, C₂H₅Br - 109, C₈H₁₈ - 114, CH₃I – 142 а.е.м. С учётом этих данных по результатам экспериментов (рис. 1, 2) сделан вывод, что пропелленты с большей молекулярной массой требуют больших затрат энергии для их диспергирования и по-

этому дисперсность их оказывается меньшей (в интервале $\omega = (500-2500)$ об/мин). При увеличении количества оборотов ротора кавитатора до 2800 об/мин размеры частиц УВ (ГУВ) практически оказываются одинаковыми. Из рисунков 1,2 видно, что при частоте оборотов ротора до 500 об/мин дисперсность эмульсии существенно падает, что может быть объяснено тем, что при таких режимах кавитационные каверны уже не образуются, и раствор представляет собой очень неоднородную грубодисперсную смесь несмешивающихся жидкостей.

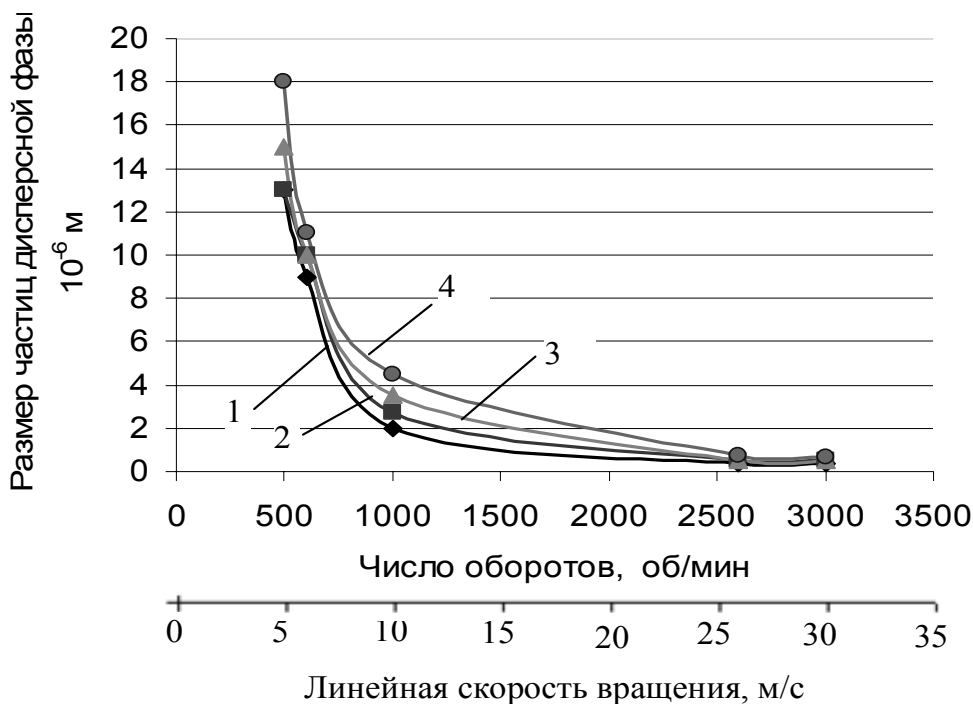


Рис. 2 - Зависимость размера частиц дисперсной фазы различных эмульсий с добавками ПАВ, ВМС и электролитов от числа оборотов ротора кавитатора. Пропелленты: 1 – C_5H_{12} , 2 – C_2H_5Br , 3 – C_8H_{18} , 4 – CH_3I . Концентрация пропеллентов – 7 % мас., ПАВ – 1 % масс., ВМС – 0,1 % мас., электролита – 5% мас. Время кавитации – 30 с

На основе сопоставления данных рисунков 1 и 2 нами сделан вывод о том, что изменение физико-химических свойств на различных границах раздела в эмульсиях в присутствии ПАВ и ВМС в растворах приводит к повышению степени диспергирования эмульсии. Это объясняется ослаблением межмолекулярных связей воды и пропеллентов за счёт снижения поверхностного натяжения на границе этих фаз. Эти эффекты приводят к резкому повышению дисперсности эмульсии уже при незначительном росте числа оборотов ротора, а также к достижению оптимальной дисперсности (5-10 мкм) уже при 1000 об/мин.

Таким образом, показано, что кавитационный (роторный) метод дает возможность регулировать дисперсность эмульсии путём изменения скорости вращения ротора кавитатора (линейной скорости вращения ротора).

По результатам эксперимента (рис. 1, 2) установлена корреляция между дисперсностью частиц УВ (ГУВ) и его молярной массой: дисперсность оказывается тем выше, чем меньше молярная масса. С другой стороны, если рассмотреть зависимость дисперсности от величины массы УВ (ν) в дисперсной системе (эмульсии), то оказывается следующая зависимость: с увеличением ν в ряду УВ: C_5H_{12} , C_2H_5Br , C_8H_{18} , CH_3I дисперсность монотонно снижается (рис. 3) независимо от присутствия ПАВ, ВМС и электролитов. Снижение дисперсности (увеличение размеров частиц дисперсной фазы с увеличением молекулярной массы и концентрации УВ) связано с уменьшением степени диспергирования при постоянном значении приложенной энергии ($n=const$, $\tau=const$). Возможно также увеличение скорости коагуляции капель дисперсной фазы за счёт меньшего расстояния между ними с увеличением концентрации пропеллентов.

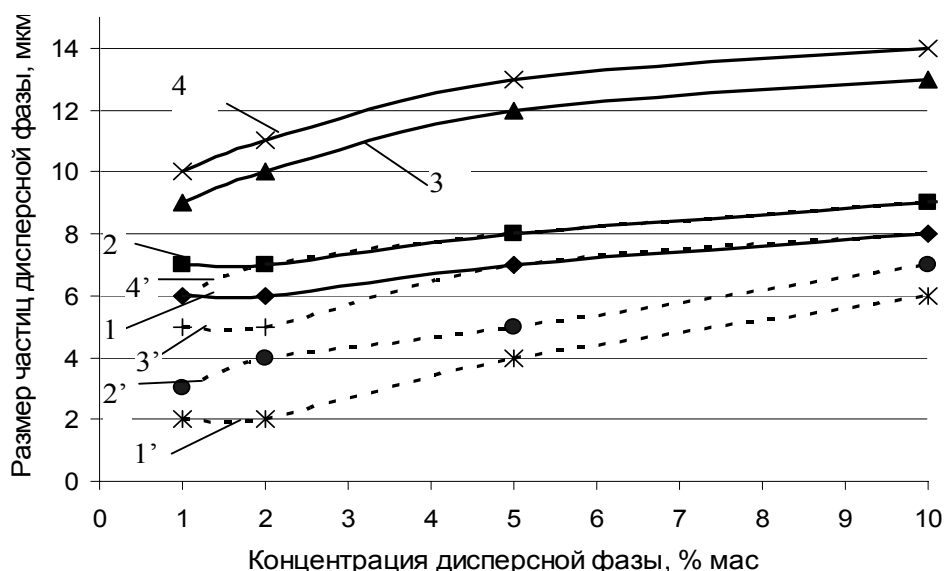


Рис. 3 - Зависимость размера частиц дисперсной фазы различных эмульсий без добавок ПАВ, ВМС и электролитов (зависимости 1-4) и с добавками ПАВ 1 % мас., ВМС 0,1 % мас., электролита 5 % мас. (зависимости 1'– 4') от концентрации пропеллентов. Пропелленты: 1, 1' – C_5H_{12} , 2, 2' – C_2H_5Br , 3, 3' – C_8H_{18} , 4, 4' – CH_3I . Число оборотов ротора кавитатора 1500 об/мин. Время кавитации – 10 с

Из сказанного выше следует, что крайне необходимо оптимизировать время кавитационного процесса с целью получения эмульсии с постоянной, стабильной дисперсностью. Результаты исследований динамики получения эмульсий со стабильной дисперсностью показывают, что стабилизация размера частиц дисперсной фазы наступает уже при времени процесса кавитации (12-15) с. В случае эмульсии CH_3I дисперсность (5-9) мкм мало изменяется при τ до 70 с. Эксперимент показал, что время получения эмульсии оптимальной дисперсности (5-10 мкм) при числе оборотов ротора $\omega = 1500$ об/мин

составляет около (15-30) с, а при ω – 2800 об/мин - (3-10) с, что позволяет существенно увеличить производительность кавитатора по производству эмульсий в значительных количествах.

Результаты исследования по повышению стабильности самовспенивающихся (при высоких температурах) эмульсий показали, что наиболее эффективными являются неионогенные ПАВ, позволяющие увеличить время полураспада эмульсии до 45 суток (рис. 4).

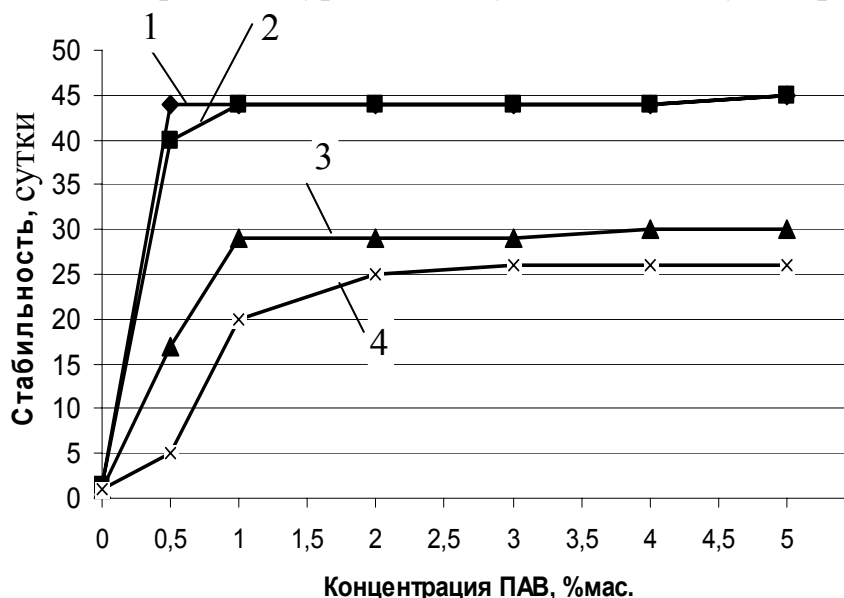


Рис. 4 - Стабильность эмульсий с различной концентрацией неионогенного ПАВ при концентрации дисперсной фазы (СН₃I): 1-1%мас.; 2-3%мас.; 3-7%мас.; 4-10%мас

Также установлено, что введение стабилизирующего ПАВ более 1 % мас. не приводит к дальнейшему увеличению стабильности системы. Это объясняется тем, что уже при 1 % мас. ПАВ в огнетушащей эмульсии происходит полное насыщение поверхности частиц дисперсной фазы молекулами ПАВ. Поэтому дальнейшее увеличение концентрации ПАВ в эмульсии приводит лишь к повышению пенообразующей способности состава.

Выводы. На основе вышеизложенного сделано заключение, что для получения стабильной эмульсии оптимальный режим работы кавитационной установки роторного типа включает: 1) число оборотов ротора - 2800 об/мин.; время приготовления порции эмульсии дисперсностью (5-10) мкм не менее 3с. Установлено, что изменение дисперсности эмульсии и производительности установки можно осуществлять путём регулирования числа оборотов ротора кавитатора. Показано, что концентрация неионогенного ПАВ в самовспенивающихся эмульсиях должна составлять не менее 1 % мас.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слепченко В.Ф. Огнетушащий состав, вскипающий в очаге пожара / В.Ф. Слепченко, В.М. Жартовский // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: тезисы докладов II Международной науч.-практ. конф. - Минск, 2003. – С. 330-332.

2. Пат. 2209645 Российская Федерация, МПК А62D1/08, Огнетушащий состав. / Васильев В.А. - № 2001109703/12, заявл. 11.04.2001; опубл. 10.04.2003, Бюл. 11.

3. Кустов М.В. Використання емульсій з легкокиплячих рідин у воді при ліквідації надзвичайних ситуацій / М.В. Кустов, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2007. – Вип. 5. – С. 126-131.

4. Кустов М.В. Высокоэффективный способ приготовления мелкодисперсных водных эмульсий углеводородов, используемых при ликвидации чрезвычайных ситуаций / М.В. Кустов, В.Д. Калугин // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 78-89.

nuczu.edu.ua

М.В. Кустов, В.Д. Калугін, В.В. Коврегін

Приготування високостабільних емульсій для використання при ліквідації надзвичайних ситуацій.

Розроблено технологічний режим приготування емульсій (на основі води й пропелентів), що володіють високою здатністю, що самоспінюється, у осередку пожежі. Встановлено вплив природи поверхнево-активних речовин (ПАР) на стабільність емульсії й визначена мінімальна концентрація ПАР, надійно стабілізуюча дисперсність емульсії протягом 30-40 діб.

Ключові слова: емульсія, кавітаційний метод приготування, стабільність, стабілізуюча концентрація.

M.V. Kustov, V.D. Kalugin, V.V. Kovregin

Preparation highly stable emulsion for use at liquidation of extreme situations.

The technological mode of preparation self-foaming emulsion (on the basis of water and propellant), possessing by high self-foaming ability in the center of a fire is developed. Influence of the nature of surface-active substances on stability emulsions is established and the minimal concentration of surface-active substances reliably stabilizing dispersiveness of emulsion within 30-40 day is certain.

Keywords: emulsion, cavitations a method of preparation, the stability, stabilizing concentration.