



ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ВРЕМЕНИ ТУШЕНИЯ СТАНДАРТНОГО ВОЗГОРАНИЯ И СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ ГИББСА

Туманов Г.А.², Долуда В.Ю.¹, Мальков А.А.²

1 - ФГБОУ ВО «Тверской Государственный Технический университет», Кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации

2 - ФГБОУ ВО «Тверской Государственный Технический университет», Кафедра программного обеспечения

Пожарные пены играют ключевую роль в борьбе с пожарами, предотвращая распространение огня и предоставляя необходимый срок для эвакуации людей из опасных зон. Однако, для разработки эффективных пожарных пен, необходимо понимать их свойства и структуру, что невозможно без исследования их взаимосвязи с основными физико-химическими свойствами.

Определение направления самопроизвольного процесса образования и деструкции пен возможно с использованием свободной энергии Гиббса.

Произведенные расчеты свидетельствуют о превалировании процессов деструкции пузырьков над их укрупнением в процессе старения пены (рис. 1-2).

Таким образом термодинамическое равновесие пен с отдельными газовой и жидкой фазами, обусловленное свободной энергией Гиббса является функцией поверхностного натяжения и образованной площади поверхности. При этом уменьшение поверхностного натяжения или площади поверхности системы способствует уменьшению значений свободной энергии Гиббса. Однако уменьшение площади поверхности пены при ее образовании является нежелательным процессом, особенно в случае с противопожарными пенами.

По причине вышесказанного, основным направлением получения стабильных пен может являться уменьшение поверхностного натяжения растворов пенообразователей за счет изменения их композиции и внесения в состав поверхностно-активных веществ.

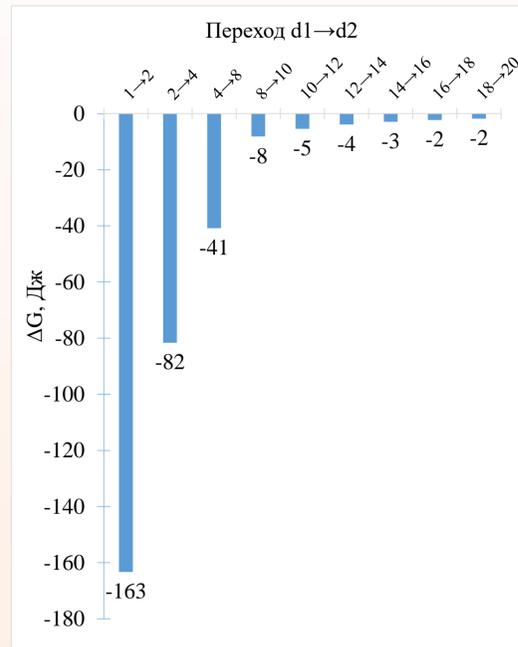


Рис. 1. Зависимость изменения свободной энергии Гиббса при укрупнении ячеек пузырьков пены ($p=101325$ Па, $T=293$ К).

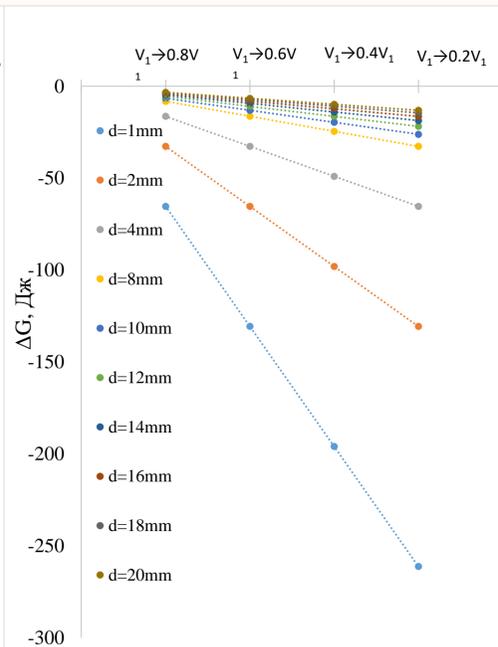


Рис. 2. Зависимость изменения свободной энергии Гиббса при оседании пены с исходными ($p=101325$ Па, $T=293$ К).

Для измерения поверхностного натяжения были приготовлены растворы с добавками неолола АФ 9-10, лигносульфонатов натрия, АБСК и тетрадецилового спирта в концентрациях 0,025-0,2 % мас.

Определение поверхностного натяжения пенообразующих растворов производилось по ГОСТ Р50588-2012 п.5.8 методом «отрыва кольца (метод Де-Нуи). Время тушения н-гептана было выполнено на стендовой установке, сконструированной согласно ГОСТ Р50588-2012 п.5.5.

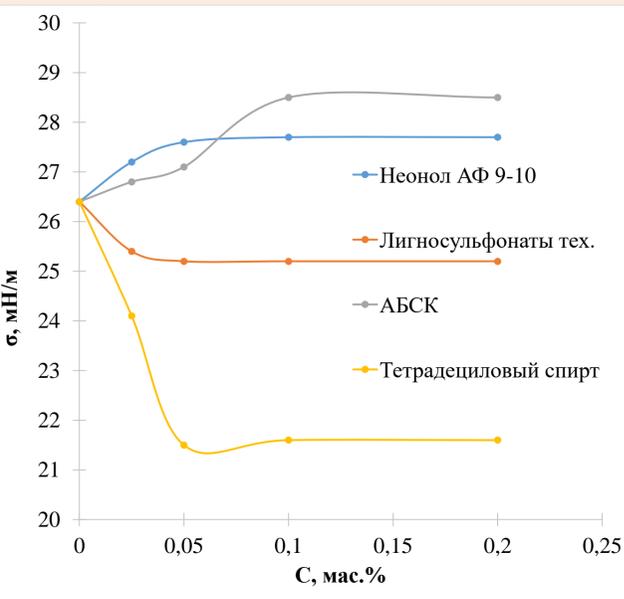


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения пенообразующих растворов от концентрации поверхностно активного вещества. ($p=101325$ Па, $T=293$ К).

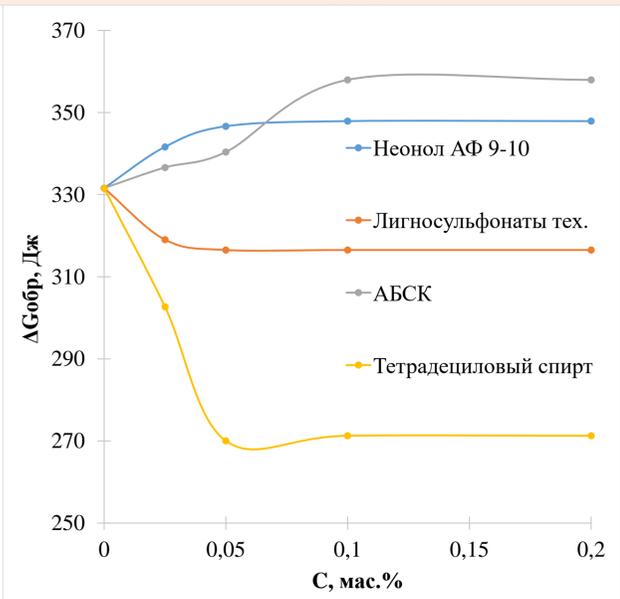


Рис. 4. Зависимость свободной энергии Гиббса при образовании 1 м³ пены со средним диаметром 1мм с использованием пенообразующих растворов различной концентрации. ($p = 101325$ Па, $T = 293$ К).

Построения зависимостей поверхностного натяжения и свободной энергии Гиббса пенообразующих растворов от концентрации поверхностно-активного вещества представлены на рисунках 3 и 4 соответственно. Графики зависимости поверхностного натяжения огнетушащих растворов с добавлением лигносульфонатов технических и тетрадецилового спирта (рис. 3) имеют зависимость, характерную для традиционной интерпретации уравнения Шишковского, в то время как для неолола и АБСК наблюдается обратная зависимость, что может быть обусловлено образованием прочных межмолекулярных связей в таких растворах.

Рассчитанные значения свободной энергии Гиббса для исследованных огнетушащих пен приведены на рисунке 4. Для неолола и АБСК наблюдается увеличение значений свободной энергии Гиббса при увеличении их концентрации, в то время как для растворов технического лигносульфоната и тетрадецилового спирта происходит уменьшение значений свободной энергии Гиббса, что может свидетельствовать о большей стабильности пен на основе вышеуказанных веществ.

Построение зависимости времени тушения н-гептана по ГОСТ 50588-2012 и свободной энергии Гиббса для пенообразующих растворов (рис. 5) позволило установить обратный характер корреляционной зависимости между величинами. Так увеличение свободной энергии Гиббса пенообразующих растворов способствует уменьшению времени пожаротушения. Объединение уравнений для вычисления свободной энергии Гиббса, уравнения Шишковского для вычисления поверхностного натяжения растворов, уравнения Этвёша и Гутенхейма-Катаямы и корреляционной зависимости приведенной на рисунке 5, позволяет получить термодинамически обоснованную модель для вычисления времени тушения стандартного возгорания или для корректирования состава пенообразующей смеси.

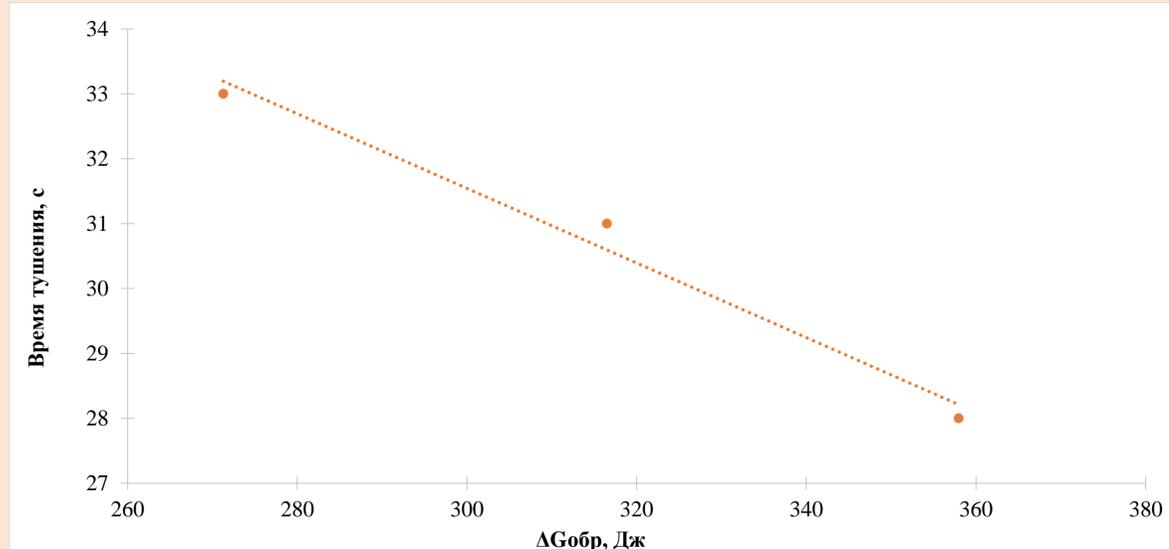


Рис. 5. Корреляционная зависимость времени тушения очага возгорания по ГОСТ 50588-2012 (интенсивность 0.034 дм³/(м²·с) и свободной энергии Гиббса образования 1 м³ пены со средним диаметром ячеек 1мм ($p=101325$ Па, $T=293$ К).