

Оптимизация параметров электрогидродинамических эмульгаторов

Работу эмульгаторов принято оценивать по критериям интенсивности, эффективности и расхода энергии [1, 2]. При выборе оптимальной конструкции и параметров электрогидродинамического эмульгатора, помимо этих основных критериев, необходимо учитывать еще и некоторые дополнительные:

- **Назначение** — первичное получение эмульсий или переработка уже имеющихся с целью повышения дисперсности. В первом случае система — все же полидисперсна, и необходимо учитывать наличие крупных включений. Во втором случае можно вводить диспергируемую жидкость через тонкие капилляры и получать эмульсию с требуемой дисперсностью, подбирая диаметр патрубка ввода и расход жидкости. Но при такой организации процесса велики энергозатраты. Поэтому целесообразно получить сначала достаточно грубую эмульсию механическим способом, а затем, используя несколько ступеней электродинамического эмульгирования, добиться требуемой дисперсности. От ступени к ступени изменяются расстояние между электродами и напряженность в зоне эмульгирования.

- **Электрические параметры системы** — напряжение, сила тока, полярность электродов и частота поля.

- **Форма и размеры электродов** — от двух плоских электродов, создающих однородное поле до системы электродов *острие — спираль*, создающей сильно неоднородное поле.

При возникновении электрогидродинамических явлений развивающиеся поверхностные объемные заряды образуют двойные слои. Например, для циклогексана толщина двойного слоя возле катода (при напряженности 20 кВ/см) равна 1 мкм [3]. Если электроды раздвинуты на расстояние более 2 мм, то двойные слои будут формироваться возле каждого электрода и в них

будут развиваться электрогидродинамические течения.

Для получения напряженности более 20 кВ/см с помощью высоковольтного источника необходимо, чтобы расстояние между плоскими электродами было менее 1 см. Однако в этом случае даже сравнительно небольшой капли диаметром 3–5 мкм достаточно, чтобы «закоротить» электроды. Для получения напряженности, обеспечивающей возникновение достаточных сил между электродами, расположенными на необходимом для пробега и разрыва капли расстоянии, нужно сильно неоднородное поле. Это и было реализовано в конструкциях разработанных авторами эмульгаторов [4].

С удалением от электродов расстояние между изопотенциальными линиями быстро увеличивается, напряженность падает, требуемая для развития достаточно интенсивных двойных слоев напряженность (более 20 кВ/см) наблюдается только в непосредственной близости от электрода.

Поскольку увеличение напряженности достигается уменьшением расстояния между электродами (при этом увеличивается вероятность «закорачивания» электродов), необходим анализ формы и размеров электродов с точки зрения возникающих механизмов разрушения капли.

На процессы разрушения капли существенно влияют физико-химические свойства контактирующих жидкостей (так как от них зависят заряд и насыщенность двойных слоев и полярность электродов), поскольку характер разрушения для адсорбированных и диффузионных слоев различен. Проведенный анализ двойных слоев и степени их влияния на возникающие и развивающиеся в процессе эмульгирования электрогидродинамические течения показал необходимость учета полярности и геометрии электродов.

В таблице представлены значения силы тока I до введения каплеель, силы тока I_2 и напряжения U_2 в процессе их разрушения, эффективной мощности $P = U I$ ($i = 1, 2$) и средние размеры d получаемых дисперсных сред для различной геометрии электродов при напряжении $U_1 = 20$ кВ и расстоянии между ними 30 мм (для плоских электродов это соответствует напряженности около 7 кВ/см, для других электродов — значительно выше).

Рассмотренные системы электродов позволяют ввести 20–70 каплеель, что соответствует содержанию 2–6 % (об.) воды в касторовом масле. Исследования показали, что геометрия электродов с выраженной неоднородностью поля отличается меньшими энергозатратами — 0,7 Вт для системы *острие — спираль* (для системы *стержневой анод между плоскими катодами* — 3,4 Вт). Получающиеся при этом эмульсии имеют меньший размер каплеель. Время τ разрушения каждой капли минимально в системе *острие — спираль*, так как в этом случае силы, отбрасывающие каплю от электрода, больше. При повышении напряженности в системе увеличивается количество вводимой дисперсной фазы. С увеличением длительности эмульгирования уменьшается средний диаметр каплеель.

Эксперименты выявили необходимость максимального повышения напряженности поля и касания каплеель электрода с переносом заряда, достаточного для поддержания процесса. Для этого требуются максимальное сближение электродов и изоляция их материалом с достаточной проводимостью.

Многообразие возникающих электрогидродинамических течений можно объяснить с точки зрения формирования на границе раздела двойных слоев. Это предопределяет влияние полярности, формы и размеров электродов на характер элект-

гидродинамических течений и позволяет выявить и усилить нужные процессы с помощью электродов различной полярности и площади.

Анализ физической сущности протекающих процессов с точки зрения получения максимальной эффективности при оптимальных энергозатратах показал, что рационально применение многоступенчатых электрогидродинамических эмульгаторов в существенно неоднородном поле, образованном либо перфорированными электродами со стеклянной перегородкой, либо электродами типа *острие – кольцо* [4]. В последнем случае предусмотрена возможность регулирования межэлектродного промежутка.

Технический уровень разрабатываемых устройств определяется в результате сравнения его энергетических характеристик, гидродинамических, технологических и конструктивных параметров с характеристиками и параметрами устройства-аналога. В качестве основно-

Геометрия электродов	I_1 , мА	P_1 , Вт	U_2 , кВ	I_2 , мА	P_2 , Вт	τ , с	l , мкм
Два плоских электрода	0,05	1,0	8,5	0,2	1,7	10	30
Стержневой анод между плоскими катодами	0,07	1,4	17	0,2	3,4	5	15
Два вертикальных стержневых электрода	0,02	0,4	10	0,2	2,0	10	20
Два горизонтальных стержневых электрода	0,02	0,4	13	0,1	1,3	10	25
Острие – плоскость	0,03	0,6	17	0,15	2,0	10	10
Острие – спираль	0,02	0,4	7	0,1	0,7	3	7

го технологического показателя принимают относительный показатель мощности [5]. Сравнение по этому показателю более 5000 промышленных аппаратов с перемешивающими устройствами и разрабатываемых электрогидродинамических эмульгаторов подтвердило перспективность последних.

Список литературы

1. *Плановский А.П., Николаев П.И.* Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М.: Химия, 1987. 496 с. 2. *Дытнерский Ю.И.* Процессы и аппараты химической тех-

нологии. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. 400 с. 3. *Стишков Ю.К., Остапенко А.А.* Электрогидродинамические течения в жидких диэлектриках. Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. 176 с. 4. *Таранцев К.В., Таранцева К.Р.* Конструкции электрогидродинамических эмульгаторов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2002. № 8. С. 7–8. 5. *Бельский В.В., Васильцов Э.А., Ушаков В.Г.* Оценка технического уровня аппаратов с перемешивающими устройствами // Химическое и нефтяное машиностроение. 1976. № 9. С. 27–29.