

УДК 66.066.6

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Г. А. БАБАЛЯН, М. Х. АХМАДЕЕВ

О РАЗРУШЕНИИ ЭМУЛЬСИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ В ПРИСУТСТВИИ ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 28 II 1972)

Разработка эффективных методов разрушения нефтяных эмульсий имеет большое народнохозяйственное значение и поэтому теории этого вопроса посвящено много исследований (¹⁻³). Наиболее распространенными и хорошо разработанными способами разрушения эмульсий воды в нефтях являются химические (с применением поверхностноактивных деэмульгаторов) и электрические методы. По своей устойчивости нефтяные эмульсии настолько разнообразны, что некоторые из них (⁴) невозможно разрушить одним только электрическим полем без применения деэмульгаторов или же разрушить деэмульгаторами без применения электрического поля.

Совместное действие деэмульгаторов и электрического поля при разрушении нефтяных эмульсий является наиболее эффективным средством. Однако механизм их совместного действия на эмульсию изучен недостаточно. Конструкция и режим технологических установок на практике подбираются так, что сначала нефтяная эмульсия обрабатывается деэмульгаторами, а затем подвергается воздействию электрического поля высокого напряжения. В этих технологических схемах механизм доставки деэмульгаторов к поверхности капель требует тщательного изучения. Наши исследования методом киносъемки (^{5, 6}) показали, что после введения деэмульгатора при слиянии капель пластовой воды с каплями раствора деэмульгатора даже при значительном турбулентном перемешивании содержимое их не смешивается. Чрезмерное увеличение турбулентности с целью ускорения доставки деэмульгаторов на межфазную поверхность приводит к образованию тонкодисперсной эмульсии, вследствие дробления капель в пристеночной зоне. В реальных установках в большинстве случаев в межэлектродное пространство поступает недостаточно обработанная деэмульгаторами эмульсия и в связи с этим электрическое поле действует неэффективно. С другой стороны, обработка капель эмульсии деэмульгаторами приводит к снижению межфазного натяжения, что вызывает диспергирование капель в электрическом поле при превышении напряженности выше критического значения (^{7, 8}). Для нефтяных эмульсий критическая напряженность составляет величину порядка 2—3 кв/см. Известно, что при увеличении напряженности электрического поля растет интенсивность коалесценции капель в эмульсии. Однако образование токопроводящих коагуляционных цепочек в эмульсии не позволяет увеличить напряженность электрического поля выше 3 кв/см, вследствие автоматического снижения падения напряжения между электродами при коротких замыканиях.

Поскольку скорость доставки деэмульгаторов на межфазную поверхность в эмульсиях зависит в значительной степени от скорости молекулярной диффузии их, то поверхностноактивные вещества, обладающие большим коэффициентом диффузии, при одинаковых прочих условиях

действуют наиболее эффективно. Однако коэффициенты диффузии в воде самых эффективных деэмульгаторов на один—два порядка ниже, чем у электролитов (⁹⁻¹⁴).

Для повышения скорости доставки деэмульгаторов на межфазную поверхность в эмульсиях можно использовать электрическое поле, периодически меняющее направление градиента в пространстве с тем, чтобы диспергирование капель не имело места.

Изменение направления градиента электрического поля можно обеспечить путем попеременного включения в работу трех пар электродов, расположенных в цилиндрической трубке по окружности под углом 120° , как это схематически показано на рис. 1.

Под действием электрического поля в одном направлении капли вытягиваются вдоль силовых линий. При переключении электрического поля к другим электродам меняется направление градиента электрического поля и соответственно капли вытягиваются в другом направлении. При периодическом изменении направления градиента электрического поля капли будут совершать колебательные движения, что способствует интенсивному перемешиванию содержимого капель. Качественная сторона этого процесса нами изучена скоростной киносъемкой (¹⁴).

На рис. 2 схематически показано поперечное сечение трубы с тремя парами электродов. Если электрическое поле подключено к первой паре электродов, то из всех капель, имеющих в межэлектродном пространстве, могут коалесцировать только те (на рисунке они черные), для которых угол между линией, соединяющей центры капель, и направлением электрического поля равен нулю. Переключение электрического поля на вторую пару электродов дает благоприятные условия для коалесценции капель, которые на рисунке показаны светлыми кружками. Напряженность между электродами третьей пары интенсивно действует на те капли, которые схематически показаны на рис. 2 полукрашенными кружками. Таким образом, при периодическом изменении направления градиента электрического поля многократно увеличивается охват эмульсии электрическим полем, что значительно ускоряет интенсивность коалесценции капель.

Кроме того, периодическая деформация приводит к увеличению эффективного размера капель и быстрому разрушению адсорбционной оболочки, что способствует росту числа столкновений и числа слияний в единицу времени. Скорость изменения направления градиента электрического поля необходимо подобрать с учетом времени влияния водяных капель в нефти, образования коагуляционных цепочек, а также времени деформации капель в эллипсоид вращения до момента начала диспергирования.

По результатам исследований коалесценции капель известно, что необходимым и достаточным условием для слияния капель в нефтяной эмульсии является действие электрического поля с напряженностью 2—3 кв/см в течение 0,01—0,02 сек. Можно разумно увеличивать продолжи-

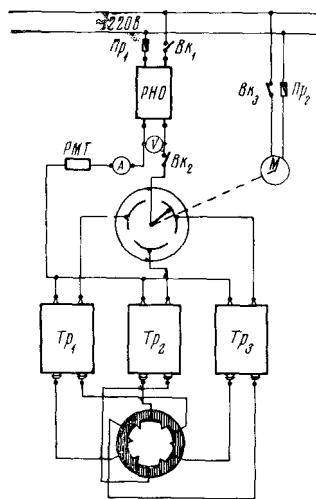


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема устройства для разрушения эмульсии путем воздействия на нее электрического поля, периодически меняющего направление градиента при попеременном включении в работу трех пар электродов, расположенных в цилиндрической трубке по окружности под углом 120°

тельность этого времени, но уменьшать нельзя, так как при более кратковременном действии электрического поля интенсивность коалесценции уменьшится. Продолжительность образования коагуляционных цепочек капель в нефти зависит от напряженности электрического поля и обводненности нефти (рис. 3). Чем больше обводненность, тем быстрее при прочих равных условиях образуются коагуляционные цепочки.

При напряженности 3 кв/см (кривая 1, рис. 3) даже в статических условиях продолжительность выстраивания капель в коагуляционные цепочки при обводненности нефти до 15% измеряется секундами, продолжительность выстраивания капель в коагуляционные цепочки при

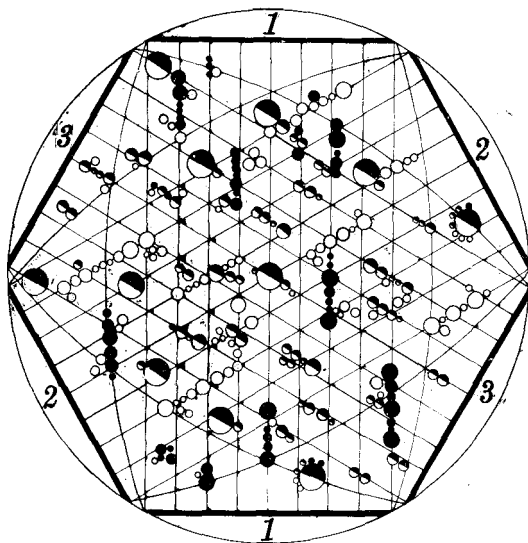


Рис. 2. Поперечное сечение трубы с тремя парами электродов. При подключении электрического поля к электродам 1—1, 2—2, 3—3 коалесцируют преимущественно окрашенные, прозрачные и полукрашенные капли соответственно

напряженности электрического поля 5 кв/см (кривая 2) исчисляется долями секунды. Долями секунды измеряется также время деформации наиболее крупных капель в нефти под действием электрического поля до начала диспергирования (рис. 4). Поэтому лимитирующим процессом продолжительности включения электрического поля в зависимости от конкретных условий может быть как диспергирование капель, так и образование короткого замыкания.

Под действием электрического поля с напряженностью 5,7 кв/см (рис. 4, 1) капля воды в нефти размером 210 м деформируется в эллипсоид вращения, но не диспергируется.

После отключения электрического поля капли таких размеров приобретают за 0,03 сек практически сферическую форму (кривая 2). В связи с тем, что напряженность 1 кв/см для этой капли является критической, примерно через 0,13 сек от момента включения электрического поля она начинает диспергировать (кривая 3). При диспергировании капель, а также при коротких замыканиях образуются капельки размером меньше микрона, которые потом трудно отделить из нефти.

Исходя из анализа времени коалесценции, деформации и выстраивания капель в коагуляционные цепочки, можно сделать вывод, что время эклоченного состояния электрического поля в одном направлении не должно быть меньше 0,01 сек. и не больше 0,2 сек.

Продолжительность паузы имеет величину порядка 0,05 сек.

Таким образом, в механизме действия периодически меняющего направление градиента электрического поля на коалесценцию капель в эмульсиях, имеются следующие особенности: 1) из-за непрерывных колебаний капель при изменении направления градиента электрического поля повышается скорость доставки деэмульгатора к поверхности капель пластовой воды и разрушение адсорбционной оболочки; 2) увеличивается объем эмульсии, охватываемой электрическим полем, и эффективный радиус действия капель, что приводит к возрастанию числа слияний их в единицу времени; 3) предотвращается короткое замыкание вследствие быстрого переключения электрического поля с одной пары электро-

дов на другую; 4) предотвращается диспергирование крупных капель, так как из-за изменения направления градиента электрического поля капли не успевают деформироваться до состояния диспергирования, что позволяет увеличить напряженность электрического поля в несколько раз.

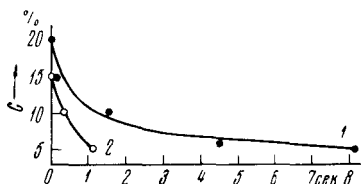


Рис. 3

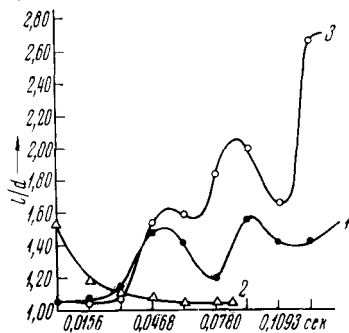


Рис. 4

Рис. 3. Зависимость продолжительности образования коагуляционных цепочек в нефти от процентного содержания воды при напряженности электрического поля 3 (1) и 5 кв/см (2)

Рис. 4. Кривые, характеризующие степень деформации l/d капли размером 210 мк в нефти с момента подключения электрического поля напряженностью 5,7 (1) и 7 кв/см (3). 2 — время приобретения каплей сферической формы после отключения электрического поля

При наличии этих особенностей в механизме действия градиента электрического поля, периодически меняющего свое направление, сохраняются все положительные качества, присущие электрическим методам разрушения эмульсии. Предлагаемый способ позволяет в десятки раз ускорить процесс разрушения эмульсии ⁽¹⁵⁾.

Башкирский государственный
научно-исследовательский и проектный институт
нефтяной промышленности
Уфа

Поступило
10 II 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. А. Ребиндер, К. А. Поспелова, Вступительная статья к переводу книги В. Клейтона: Эмульсии, ИЛ, 1950.
- ² Б. П. Тонкошуров, Н. Н. Серб-Сербина, А. М. Смирнова, Основы химического деэмульгирования нефтей, сборн. под ред. П. А. Ребиндера, 1946.
- ³ М. А. Филатова, А. Б. Таубман, ДАН, **140**, № 4 (1961).
- ⁴ С. А. Реаргсе, Brit. Appl. Phys., **5**, April (1954).
- ⁵ Г. А. Бабалян, М. Х. Ахмадеев, ДАН, **179**, 123 (1968).
- ⁶ М. Х. Ахмадеев, Исследование механизма и факторов, определяющих эффективность процесса деэмульгации нефти. Кандидатская диссертация, Уфа, 1971.
- ⁷ Г. М. Панченков, Л. К. Цабек, Поведение эмульсии во внешнем электрическом поле, М., 1969.
- ⁸ В. П. Марданенко и др., Инж. физ. журн., **14**, № 5 (1968).
- ⁹ М. Х. Ахмадеев, Г. А. Бабалян, ЖФХ, **44**, № 1 (1970).
- ¹⁰ М. Х. Ахмадеев, Д. Ф. Ибрагимова, ЖФХ, **44**, № 12 (1970).
- ¹¹ Г. А. Бабалян, М. Х. Ахмадеев, Инж. физ. журн., **14**, № 5 (1968).
- ¹² Г. А. Бабалян, М. Х. Ахмадеев, Т. В. Старцева, там же, **18**, № 5 (1970).
- ¹³ Г. А. Бабалян, М. Х. Ахмадеев, Колл. журн., **34**, № 1 (1972).
- ¹⁴ Г. А. Бабалян, М. Х. Ахмадеев, В сборн. Применение поверхностно-активных веществ и других химреагентов в нефтедобывающей промышленности, М., 1970.
- ¹⁵ Г. А. Бабалян, М. Х. Ахмадеев, Авт. свид. № 293034, 1969. Бюлл. изобр., № 5 (1971).