

УДК 621.69

Р.З. БУШУМБАЕВ, студент гр. 5ГМ5А (ТПУ)
Научный руководитель В.А. Данекер, к.т.н., с.н.с. (ТПУ)
г. Томск

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА АКТИВАЦИИ ЖИДКОСТЕЙ И РАСТВОРОВ

Разнообразные жидкости, растворы и составы на их основе широко применяются и играют важную роль в различных технологических процессах. Назовём их жидкими системами - ЖС. Причём в большинстве случаев по технологическим требованиям ЖС должны обладать вполне определёнными свойствами, не всегда соответствующими их исходному состоянию. Кроме этого важными факторами для сложных ЖС является возможность и время их приготовления, длительность сохранения ими приобретённых свойств. Для придания ЖС требуемых свойств используют способы различной физической природы, которые в общем случае можно назвать способами активации [1-3].

В Томском политехническом университете в течение ряда лет ведутся работы по созданию оборудования, оказывающего активационное воздействие на различные сложные ЖС. В основу создания такого оборудования заложены принципы, реализующие способ [2]. Технология и оборудование, основанные на этом способе, получили название ВСМА. На экспериментальных лабораторных установках получены убедительные качественно положительные результаты, демонстрирующие эффективность оборудования ВСМА при решении проблем снижении вязкости нефтепродуктов, получения высокооднородных сложных ЖС, создания устойчивых эмульсий и т.п. Вязкость парафиносодержащих нефтий после обработки оборудованием ВСМА падает в несколько раз при сохранении приобретённых свойств в течение нескольких суток. Время приготовление бурового раствора на оборудовании ВСМА сокращается до 40% при повышении его качества. Оборудование ВСМА позволяет готовить солевой раствор на месте его применения без нагрева воды. В ряде случаев удается получить устойчивые обратные водонефтяные эмульсии.

Для получения количественных оценок эффективности оборудования ВСМА, определения оптимальных режимов работы и разработки практических рекомендаций для создания промышленных образцов необходимо проведение значительный объём лабораторных исследований. С этой целью требуется разработать конструкцию универсальной лабораторной установки, позволяющей оперативно проводить исследования с возможностью регулирования уровня активационного воздействия.

Важной особенностью устройств ВСМА является обеспечение резонансного режима их работы. Параметры колебательной системы устройств ВСМА должны быть подобраны таким образом, чтобы частота возмущающей электромагнитной силы совпадала или была близкой к резонансной частоте механической системы. Учитывая, что лабораторным исследованиям будут подвергаться различные ЖС с различными свойствами, для обеспечения резонансного режима технически обоснованным является использование в системе электропитания лабораторной установки регулируемого частотного преобразователя при неизменных параметрах колебательной системы. В ряде случаев для расширения области исследований возможно использование в лабораторной установке сменных пружин различной жёсткости. Разрабатываемая установка должна обеспечивать оперативную замену испытуемых образцов ЖС, поэтому она комплектуется сменными кюветами. Питание лабораторной установки ВСМА осуществляется от сети переменного тока 220 В, 50 Гц. Уровень активационного воздействия регулируется изменением величины напряжения, подаваемого на лабораторную установку с однофазного преобразователя частоты. Общий вид лабораторной установки, удовлетворяющей перечисленным признакам, приведён на рисунке 1. Основным элементом установки является модуль ВСМА 1, имеющий активатор 3, электромагнит 2 и пружинный узел 4. Питание установки осуществляется через электрический шнур 7. На основании 8 закреплены стол 5 и стойка 6. Для удобства помещения кюветы с ЖС на стол 5 модуль ВСМА 1 закреплён на поворотной кронштейне 10, который после размещения кюветы на столе фиксируется гаечным винтом 9. При подаче напряжения на модуль ВСМА 1 активатор 3 совершают колебательные движения, образуя затопленные струи ЖС, возникающие при движении активатора 3 к корпусу модуля ВСМА 1 под избыточным давлением в зоне под активатором 3.

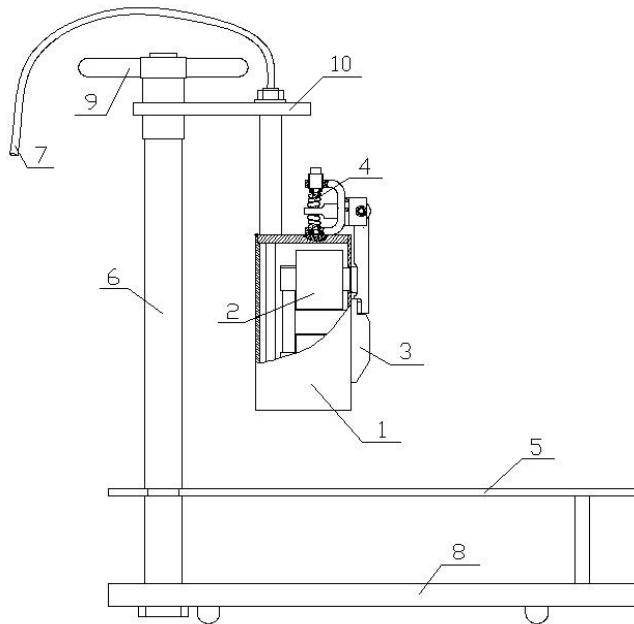


Рис. 1 Общий вид лабораторной установки

Данная зона является зоной активации ЖС. Зона активации характеризуется следующими локальными параметрами, действующими на ЖС:

- сдвиговая скорость, до $15 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$;
- ускорение активатора, до 10^3 м/с^2 ;
- скорость затопленных струй ЖС, до 20 м/с;
- перепад давления, до 3 атм.;
- напряжённость магнитного поля, до 10^6 А/м ;
- разность электрического потенциала, до 50 В/м;
- частота основного воздействия, от 45 до 60 Гц.

Следует отметить, что учитывая наличие затопленных струй с достаточно высокой скоростью, взаимное расположение модуля ВСМА и кюветы должно быть вполне определённым. На рисунке 2 приведена схема взаимного расположения указанных объектов.

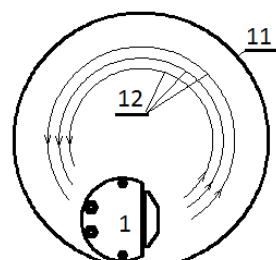


Рис. 2 Схема размещения модуля ВСМА и кюветы

Размещать модуль ВСМА 1 необходимо таким образом, чтобы в кювете 11 образовывался замыкающийся поток 12 ЖС.

Для анализа режимов работы лабораторной установки была составлена математическая модель, представленная в общем виде системой уравнений (1) и (2)

$$iR_{\text{эл}} + \frac{d\Psi}{dt} = U_m \sin(2\pi ft), \quad (1)$$

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + R_m \frac{dx}{dt} + qx = F(t), \quad (2)$$

где: I – ток в обмотках электромагнита;

$R_{\text{эл}}$ – активное сопротивление обмоток электромагнита;

Ψ – суммарное потокосцепление обмоток электромагнита;

U_m – амплитуда напряжения питания;

f – частота питающего напряжения;

M – масса колебательной системы, включая присоединённую массу ЖС;

R_m – механическое сопротивление;

q – жёсткость пружинного подвеса;

F – вынуждающая сила;

x – амплитуда колебаний активатора.

Математическое моделирование режимов работы лабораторной установки позволяет определить диапазон изменения тока в обмотках магнитопровода и соответственно рассчитать обмоточные данные катушек. Решение системы уравнений (1) и (2) проводилось численным методом Рунге-Кутты четвёртого порядка.

Типичные частотные характеристики работы лабораторной установки, полученные расчётным способом при механическом сопротивлении R_m , равном 50 и 150 кг/с, приведены на рисунке 3. Сопротивление $R_m=50$ кг/с соответствует воде, а $R_m=150$ кг/с – нефти средней вязкости. Из представленных графиков видно, что при определённой частоте мы наблюдаем явление резонанса. Амплитуда колебаний активатора в этой точке имеет максимальное значение, что соответствует приведённым выше параметрам зоны активации и, следовательно, максимальному активационному воздействию при минимальных затратах электроэнергии. Создание таких параметров в зоне активации за пределами точки резонанса потребует существенного

увеличения энергозатрат, которые в десятки раз превышают затраты на резонанс. Также следует отметить, что изменение точки резонанса для различных ЖС, определяемых разными значениями коэффициента вязкого трения, подтверждает необходимость использования в цепи питания лабораторной установки частотного преобразователя.

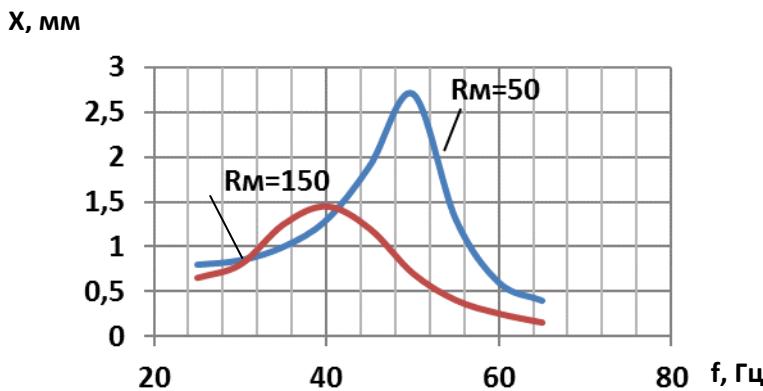


Рис. 3 Типичные характеристики амплитуды колебаний активатора от частоты вынуждающей силы

В результате многочисленных расчётов были определены некоторые основные параметры лабораторной установки, которые могут быть рекомендованы для изготовления промышленного образца. Число витков обмоток магнитопровода рекомендуется выбирать равным 450, сечение магнитопровода – 7x13 мм, ток в обмотках магнитопровода – до 0,6 А.

Список литературы:

1. С.В. Федосов. Механомагнитная активация водных растворов химических добавок как способ модификации мелкозернистого бетона/С.В. Федосов, М.В. Акулова, Т.Е. Слизнёва. А.М. Краснов//Изв. Вузов. Серия: Химия и химическая технология. 2014. –Т.57, №3. –С.111-115.
2. Данекер В.А., Гузеев С.П., Рикконен С.В., Теплов А.И., Хорьков А.К. Способ вибрационной струйной магнитной декомпрессионной акустической активации растворов. Патент РФ 2203862. Опубл. 2003. Бюл. № 13. – 2 стр.
3. Дычко К.А., Рыжова Г.Л., Тюнина М.А., Хасанов В.В., Данекер В.А. Водная вибромагнитная экстракция гидрофильных и гидрофобных биологически активных веществ из пелоидов различного генезиса//Прикладная химия. 2012. –Т.85, №9. – С.1408-1416