

случае достигает нормального значения, несмотря на низкую концентрацию ионов.

10. Если в биологическом объекте имеются “нормальные” концентрации того или иного иона, то посредством нетеплового СВЧ воздействия не удается достигнуть значительного превышения значения ионного тока над нормальным его значением.

Представленные в работе результаты показывают, что изучение физических механизмов воздействия высокочастотного электромагнитного излучения на биологические объекты и создание соответствующих математических моделей, учитывающих сложный характер взаимосвязи в живом организме, представляет не чисто только научный, но и практический интерес.

Более того, понимание, например, характера регуляции тока ионов в мембране может явиться предпосылкой создания управляемых внешними полями приборов на основе данных структур.

Проведенные в данной работе исследования можно рассматривать как один из шагов по дальнейшему пониманию представлений о физических механизмах воздействия сверхвысокочастотного и крайне высокочастотного излучений на биологические системы.

## МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ КАВИТАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Р.А. Царёв

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Кавитация — это процесс образования разрывов сплошности, характеризующийся появлением в жидкой среде парогазовых пузырьков различных размеров и концентрации. Под действием пониженного давления возникают нерегулярные небольшие газовые пузырьки. Расширение пузырьков происходит при растягивающем давлении. Значение этого давления, при котором возможен разрыв жидкости и образование парогазовых пузырьков определяется силой межмолекулярных связей:

$$P_k = 2\sigma/r, \quad (1)$$

где  $\sigma$  — поверхностное натяжение;  $r$  — расстояние между молекулами;  $P_k$  — звуковое давление, при котором начинается кавитация. Оценка по формуле (1) даёт значения порядка десятка тысяч атмосфер. Однако в реальных жидкостях экспериментальные измерения дают значения, не превышающие нескольких сотен атмосфер. Столь значительное расхождение обусловлено присутствием в жидкости так называемых зародышей кавитации в виде парогазовых микропузырьков или твёрдых несмачиваемых частиц.

Выражение для кавитационной прочности в зависимости от начального радиуса пузырька имеет вид:

$$R_0^3 + \frac{2\sigma}{p_0} R_0 - \frac{32\sigma^3}{27p_0(p_0 - p_k)^2} = 0, \quad (2)$$

где  $p_0$  – равновесное давление жидкости;  $R_0$  – радиус пузырька. Сопоставление с экспериментальными данными указывает на отклонение от давления  $p_k$ , вычисленного по формуле (2), только в области больших  $R_0$ , когда частота  $f$  звукового поля больше собственной резонансной частоты  $f_p$  пузырька с радиусом  $R_p$ , определяемой по формуле Миннерта:

$$f_p = \frac{1}{2\pi R_p} \sqrt{\frac{3\gamma}{\rho} \left( p + \frac{2\sigma}{R_p} \right)}, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность;  $f_p$  – резонансная частота пузырька;  $p$  – звуковое давление. Неустойчивое разрывное движение полости происходит при значениях  $p$ , больших, чем определяемых по формуле (3). При звуковом давлении, меньшем, чем  $p_k$ , пузырёк устойчив. При  $p > p_k$  пузырёк начинает резко расти – жидкость разрывается. Значение критического радиуса  $R_k$  определяется как:

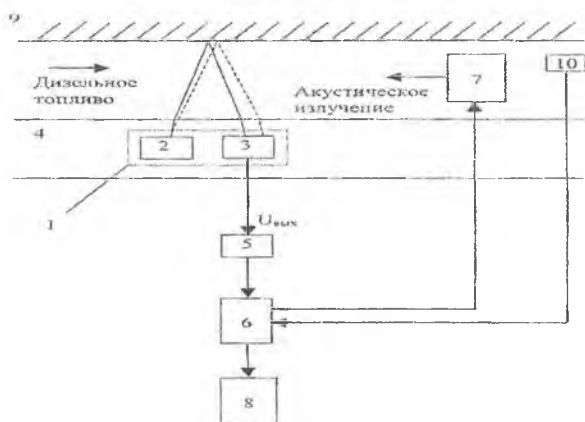
$$R_k = \sqrt{3} R_0 \sqrt{\frac{R_0}{2\sigma} \left( p_0 - p_n + \frac{2\sigma}{R_0} \right)}, \quad (4)$$

где  $p_n$  – давление насыщенного пара. Следовательно, для заданных давления и частоты звукового поля существуют минимальный  $R_k$  и максимальный  $R_p$  радиусы пузырьков, участвующих в кавитационном движении.

Как видно из формул (2), (3), (4), кавитационная прочность связана с поверхностным натяжением, плотностью, размерами зародышей кавитации. Необходимо экспериментально установить зависимость кавитационной прочности от вязкости нефтепродукта. Кавитационная прочность очень важна как интегральный показатель качества, связывающий вышеперечисленные параметры нефти и нефтепродуктов.

Общепринятые измерения звукового давления, интенсивности и мощности звука в кавитирующей области проводить невозможно как из-за эрозионного действия кавитации на приёмники звука, так и потому, что измеряемые величины не могут характеризовать кавитирующее поле. Принято оценивать характер кавитирующей области по значению кавитационных шумов, эрозионному действию и действию на скорость протекания химических реакций. Использование подобных методов и устройств для измерения в топливе неприемлемо, так как исследуемая проба загрязняется. Для того, чтобы измерять кавитационную прочность сырой нефти или дизельного топлива, необходимо: а) снизить интенсивность

акустического излучения во избежание возможной детонации топлива; б) избежать загрязнения исследуемой пробы.



Решение поставленных задач достигается путём создания акусто-оптического электронного прибора. Сущность прибора поясняется рисунком, где изображена структурная схема. Работает прибор следующим образом: акустический излучатель 7 создаёт звуковое поле в исследуемой нефти. Светодиод 2 излучает световой пучок инфракрасного диапазона, который, отражаясь от поверхности отражателя 9 попадает на фототранзистор 3, выходной сигнал которого  $U_{\text{вых}}$  пропорционален световому потоку. При начале кавитационного процесса образуются разрывы сплошности нефти и газовые пузырьки, изменяющие оптическое поглощение и, следовательно, световой поток, падающий на фототранзистор 3. Через усилитель 5 выходной сигнал подаётся в устройство управления и обработки 6, которое фиксирует частоту и интенсивность акустического излучения, при которой начинается кавитация, вычисляет кавитационную прочность, плотность, вязкость нефти с поправкой на температуру и выводит результат на индикатор 8. Оптически прозрачный слой 4 служит для защиты оптрона 1 от химически активной среды.

Уровень кавитационных шумов низкий, так как интенсивность акустического излучения не увеличивается после начала кавитации, что делает измерения пожаробезопасными, исключает эрозию, проба не загрязняется.