

П.В. Лыков, В.И. Дудкин

Снижение гидравлических потерь в результате действия высокочастотного электромагнитного поля

P.V. Lykov, V.I. Dudkin

The Decrease of Hydraulic Loss as a Result of Effect of a High-frequency Electromagnetic Field

Приведены результаты воздействия маломощного высокочастотного электромагнитного поля частотой от 30 до 200 МГц на кинематическую вязкость растительных масел. Экспериментально установлено, что на снижение величины вязкости влияет не только частота электромагнитного поля, но и продолжительность полевого воздействия. Релаксация вязкости растительных масел после облучения происходит в течение 3–5 суток, но вязкость не возвращается в исходное состояние. Эффект уменьшения величины вязкости дает возможность снижения гидравлических потерь в трубопроводах при перекачивании и транспортировке высоковязких жидкостей.

Ключевые слова: влияние высокочастотного электромагнитного поля, снижение гидравлических потерь, кинематическая вязкость, рапсовое масло, подсолнечное масло, растительные масла.

В современной научной практике при изучении свойств веществ и происходящих в них различных физико-химических процессов широко используют метод воздействия электромагнитными полями. Примером могут служить исследования по кинетике разложения пероксида водорода [1], смещению гетерогенного равновесия [2], изучению физико-химических свойств воды [3] и др.

Особенность воздействия высокочастотных и сверхвысокочастотных электромагнитных полей (ВЧ и СВЧ ЭМП) на сплошную среду состоит в том, что электромагнитные волны распространяются вплоть до полного затухания на достаточно большие расстояния в глубь объекта воздействия, вызывая в среде различные электрогидродинамические явления [4–6].

В настоящей научно-исследовательской работе представлены результаты исследований по изменению механических свойств жидкости, а именно: уменьшению вязкости растительных (рапсового и подсолнечного) масел путем воздействия маломощного высокочастотного электромагнитного поля (ВЧ ЭМП) и определены его параметры (продолжительность и частота). Исследования показали перспективность применения ВЧ ЭМП в решении проблемы снижения гидравлических потерь в трубопроводах при перекачивании и транспортировке высоковязких жидкостей.

The results of influence of a low-power high-frequency electromagnetic field by frequency from 30 to 200 MHz on kinematic viscosity of seed oils are resulted in the present paper. It has been found experimentally that viscosity value influences not only on frequency of electromagnetic field, but also on duration of field influence. The relaxation of seed oils viscosity descends within 3-5 days after irradiating, but viscosity isn't reverted in a reference state. The effect of decrease in viscosity gives a chance to decrease hydraulic loss during pumping and transporting high-viscosity liquids.

Key words: influence of a high-frequency electromagnetic field, decrease of hydraulic loss, kinematic viscosity, rapeseed oil, sunflower seed oil, seed oils.

В проводимых исследованиях использовались генератор сигналов ГЗ-19А с варьруемой частотой в диапазоне 30–200 МГц и выходной максимальной мощностью по паспорту 1 Вт, емкостная ВЧ-ячейка объемом 50 мл и вольтметр универсальный ВУ-15.

Схема ВЧ-ячейки представлена на рисунке 1.

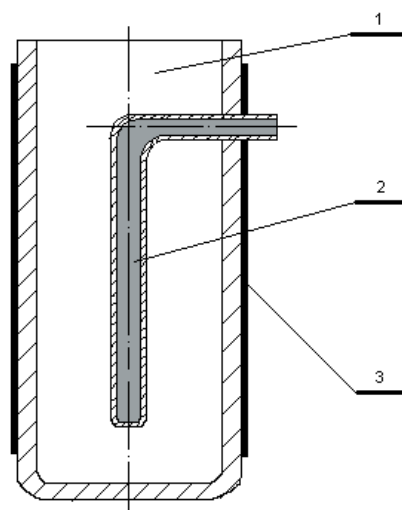


Рис. 1. Схема емкостной ВЧ-ячейки

Ячейка емкостного типа состоит из стеклянного стаканчика объемом 50 мл (поз. 1) с впаянным стеклянным электродом со сплавом Вуда (позиция 2) и внешней обкладки из алюминиевой фольги (позиция 3), соединенная с ВЧ-генератором радиочастотным кабелем РК-75. Ячейка находится в водяной бане с температурой, равной температуре измерения.

Измерение кинематической вязкости проводилось вискозиметром стеклянным капиллярным типа ВПЖ-2 с диаметром капилляра 1,31 мм [7] при температуре 25 °С.

В ячейку помещали пробу растительного масла в объеме 50 мл. Частоту облучения выбирали в рандомизированном порядке. Пробу облучали в течение 60 мин, после чего измеряли кинематическую вязкость по ГОСТ 33 – 2000 [8].

При облучении органических жидкостей проводили контроль температуры, которая увеличивалась в процессе облучения не более чем на 1 °С.

Для определения влияния продолжительности облучения на кинематическую вязкость воздействие ВЧ ЭМП на масла проводилось до 100 мин с промежуточным отбором проб из ВЧ-ячейки и измерением вязкости указанных жидкостей через каждые 20 мин. При этом было установлено, что после 60-минутного воздействия ВЧ-поля кинематическая вязкость растительных масел имеет минимальное значение, поэтому в дальнейшем облучение проводили 60 мин на частотах 60 и 100 МГц.

Далее исследовалось влияние ВЧ ЭМП на различных частотах диапазона от 30 до 200 МГц с шагом в 10 МГц на максимальных напряжениях генератора. Напряженность поля при облучении составляла от 1 до 30 В/см.

Для всех частот диапазона зафиксировано заметное снижение вязкости. Полученная зависимость кинематической вязкости от частоты ВЧ ЭМП носит полиэкстремальный характер. Максимальное снижение вязкости наблюдалось для рапсового масла на частоте 100 МГц – 14 %, для подсолнечного масла на частоте 120 МГц – 11 %.

Параллельно с измерением вязкости измерялось поверхностное натяжение методом счета капель и плотность – пикнометрическим методом. Однако, как показали исследования, поверхностное натяжение и плотность не зависят от частоты полевого воздействия.

После облучения образцов растительных масел на экстремальных частотах 100 и 120 МГц проверялось, в течение какого времени сохраняется сниженное значение вязкости. При этом было установлено, что релаксация вязкости происходит достаточно долго: для рапсового масла – 130 часов, для подсолнечного меньше – порядка 75 часов. Однако в конце указанного периода вязкость образцов не возвращалась к исходному значению,

что, вероятно, свидетельствует о структурных изменениях в жидкости, т.е. после воздействия система из неравновесного состояния перешла в другое, более энергетически выгодное состояние.

Сделано предположение, что изменение структуры под воздействием ВЧ ЭМП может быть связано с изменением координационного числа ассоциатов триглицеридов в растительных маслах. Для подтверждения данного предположения проведены расчеты ближайшего окружения триглицеридов, согласно методике, приведенной в [9].

Результаты расчета показали, что координационное число ассоциатов триглицеридов снижается. Так, например, рассчитанные средние координационные числа молекул равны $\bar{z}_\eta = 62,65$ (рапсовое масло), $\bar{z}_\eta = 56,99$ (подсолнечное масло) до воздействия ВЧ ЭМП и $\bar{z}_{\eta,el} = 61,84$ (рапсовое масло), $\bar{z}_{\eta,el} = 56,44$ (подсолнечное масло) после воздействия ВЧ ЭМП на частотах 100 и 120 МГц соответственно, для которых наблюдается корреляция взаимодействий при вязком течении жидкости. Однако это только косвенное свидетельство, так как расчет производится на основе экспериментальных исследований самой кинематической вязкости растительных масел.

Воздействие ВЧ ЭМП не может привести к разрыву химических связей и снижению молекулярной массы масла в силу малой мощности генератора, так как энергия химической связи составляет более 100 кДж/моль. Результаты расчета разности свободных энтальпий активации вязкого течения ΔG_η растительных масел до и после воздействия ВЧ ЭМП, вычисленных по формуле Эйринга [10], показали, что величина поглощенной энергии колеблется в пределах 300–400 Дж/моль, что на 3 порядка меньше энергии разрыва химической связи. Это подтверждается проведенными исследованиями ИК-спектроскопии образцов растительных масел, которые показали, что полученные ИК-спектры облученных и необлученных образцов растительных масел полностью идентичны, что говорит о сохранении химического состава. ИК-спектры облученных и необлученных образцов рапсового масла изображены на рисунке 2.

Отнесение полос поглощения в ИК-спектре рапсового масла представлено в таблице.

В итоге можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментально показано, что воздействие высокочастотного электромагнитного поля приводит к заметному снижению кинематической вязкости растительных масел (до 14% на частоте 100 МГц), причем зависимость вязкости от частоты высокочастотного электромагнитного поля носит полиэкстремальный характер.

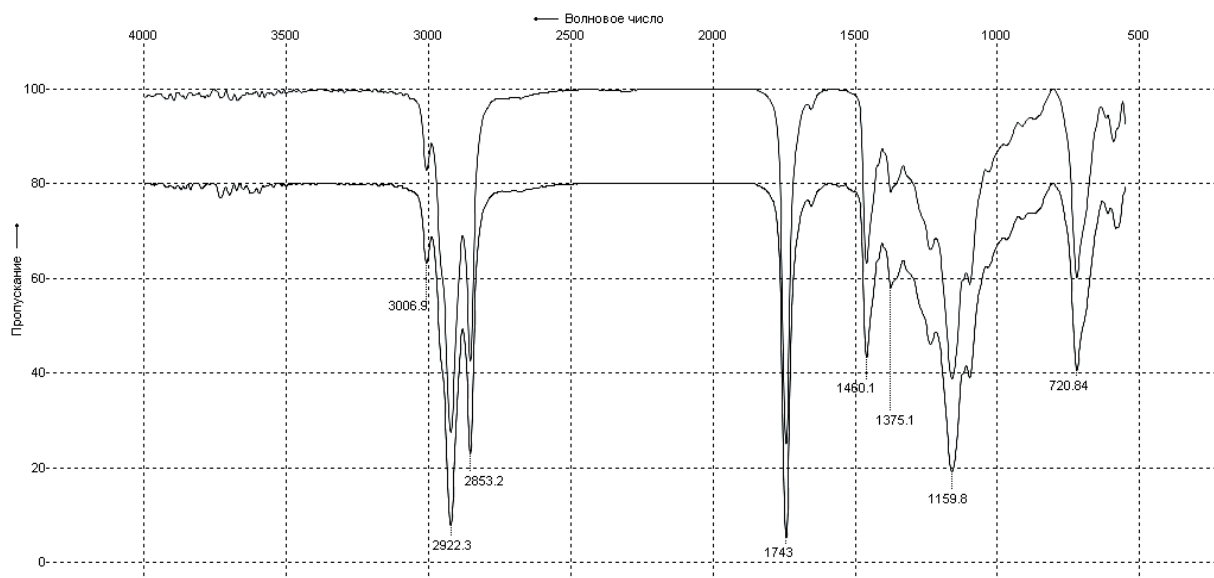


Рис. 2. ИК-спектры облученного и необлученного образцов рапсового масла (ИК-спектр необлученного образца (*сверху*); ИК-спектр образца после облучения (*снизу*))

Отнесение основных полос поглощения в ИК-спектре рапсового масла

Волновое число, см ⁻¹	Интен- сивность	Отнесение
3008	сл.	Валентные колебания RCH=CHR' <i>цис</i> - и <i>транс</i> -изомеры (ν)
2936	с.	Валентные асимметричные колебания CH ₂ -групп (ν_{as})
2853	с.	Валентные симметричные колебания CH ₂ -групп (ν_s)
1743	с.	Валентные колебания карбо- нильной группы C=O (ν)
1460	ср.	Деформационные колебания CH ₂ -групп, ножничные (δ)
1375	с.	Деформационные колебания C–H связи, центрального атома глицеринового фрагмента (δ)
1159	с.	Валентные колебания –C–O– связи (ν)
720	ср.	Деформационные колебания CH ₂ -групп, маятниковые (δ)

2. Воздействие высокочастотного электромагнитного поля не может привести к разрыву химических связей и снижению молекулярной массы растительного масла в силу малой мощности поля.

3. Экспериментально установлено, что поверхностное натяжение и плотность растительных масел не зависят от частоты воздействия высокочастотного электромагнитного поля.

4. Релаксация кинематической вязкости растительных масел происходит в течение 3–5 суток, однако вязкость не восстанавливается до первоначального состояния, что свидетельствует о переходе системы в другое, энергетически более выгодное состояние;.

5. Результаты исследований указывают на возможность применения высокочастотного электромагнитного поля в качестве эффективного инструмента воздействия на высоковязкие жидкости по снижению их вязкости, предназначенного для снижения гидравлических потерь при перекачке и транспортировке жидкостей.

Библиографический список

1. Березуцкая Г.В., Дрюпина Е.Ю., Ворошилова Т.Ю., Лыков П.В., Логинова О.Н., Шипунов Б.П. Кинетика и механизм разложения пероксида водорода в водном растворе ионами кобальта в присутствии высокочастотного электромагнитного поля // Академический журнал Западной Сибири. – 2010. – №1.

2. Шипунов Б.П. Тимирязев А.В., Стась И.Е. Смещение гетерогенного равновесия вода–труднорастворимая соль под действием высокочастотного электромагнитного поля // Известия АлтГУ. – 2010. – №2/3.

3. Бессонова А.П., Стась И.Е. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические

свойства воды и ее спектральные характеристики // Ползуновский вестник. – 2008. – №3.

4. Грудницкий П. Попасть в резонанс // Эксперт Казахстан. – 2005. – №20 [Электронный ресурс]. – URL: http://expert.ru/kazakhstan/2005/20/20ka-kspetc1_56587/

5. Стойчев П., Лупашко А., Топала П., Михайлов В. Резонансные методы не только разрушают, но и создают [Электронный ресурс]. – URL: http://library.utm.md/lucrari/Tipografia/2010/Rezonansnye_tehnol_oghii_Articol_Meridian_Ingineresc.pdf.

6. Брамин В.А., Лыков П.В. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства вязких органических жидкостей // Современные ме-

тоды в теоретической и экспериментальной электрохимии. – Плес, 2010.

7. ГОСТ 10028-81. Вискозиметры капиллярные стеклянные. Технические условия. Введ. 1989-01-01. – М., 2005.

8. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости. Введ. 2002-01-01. – Минск, 2001.

9. Савиных Б.В., Фасхутдинов А.А., Мухамадиев А.А. и др. Динамическая вязкость жидкостей в электрических полях // Химия и компьютерное моделирование: Бутлеровские сообщения. – 2002. – №10.

10. Глестон С., Лейдлер К., Эйринг Г. Теория абсолютных скоростей реакций. – М., 1949.