

СНИЖЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ПОЛЕМ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

П. В. Лыков, В. И. Дудкин

Проблема увеличения производительности трубопроводного транспорта путем снижения гидродинамических затрат при транспортировке и перекачке вязких жидкостей представляет большой технологический интерес. В настоящей научно-исследовательской работе экспериментально показано направленное изменение (уменьшение) кинематической вязкости глицерина путем воздействия маломощным высокочастотным электромагнитным полем в диапазоне частот от 30 до 200 МГц. Продолжительность полевого воздействия 60 минут. Максимальное изменение кинематической вязкости до 23 %. Релаксация вязкости происходит около 200 часов. Значение кинематической вязкости образцов глицерина, подверженных воздействию ВЧ поля, не возвращается к исходному. Экспериментально установлено, что поверхностное натяжение глицерина не зависит от частоты полевого воздействия. Результаты ИК-спектроскопии глицерина показали, что воздействие ВЧ ЭМП не может привести к разрыву химических связей вследствие малой мощности ВЧ поля. Результаты исследования дают возможность использовать высокочастотное электромагнитное поле для облечения перекачки и транспортировки вязких жидкостей по трубопроводам.

Ключевые слова: глицерин, кинематическая вязкость, вязкие жидкости, снижение кинематической вязкости, высокочастотное электромагнитное поле, транспортировка жидкости.

Освоение и разработка удаленных и малоосвоенных месторождений нефти приводит в росту сети нефтепроводного транспорта. Одной из существенных проблем при транспортировке и перекачке вязких жидкостей является повышение производительности трубопроводного транспорта путем снижения гидродинамических сопротивлений в трубопроводах. Проблему можно решить увеличением мощности насосных станций, что приведет к увеличению энергозатрат. Использование электромагнитных полей может стать перспективным направлением решения данной проблемы.

Известно, что полевое воздействие на сплошную среду является одним из способов интенсификации технологических процессов. В настоящее время все большее внимание уделяется высокочастотным (ВЧ ЭМП) и сверхвысокочастотным (СВЧ ЭМП) электромагнитным полям [1–3]. Одним из направлений такого воздействия является распространение электромагнитных волн вплоть до затухания на большие расстояния вследствие рассеяния энергии. Благодаря этому представляется возможным производить не только контроль, но и регулировать свойства объекта на заданную глубину, например, вязкость. ВЧ и СВЧ ЭМП используется в различных отраслях промышленности: нефтедобы-

вающей [4, 5], в деревообрабатывающей – сушка древесины [6], в медицине [7, 8] и др. Однако в промышленности применяются мощные ВЧ-генераторы от 25 кВт. В данной работе используется ВЧ-поле мощностью не более 1 Вт.

Жидкости, такие как биологические (спинномозговая, кровь, лимфа), растительные масла, нефть и др., являются многокомпонентными. Поэтому выявление причины изменения вязкости подобных жидкостей в ВЧ ЭМП довольно затруднительно вследствие большого числа компонентов и вероятностных взаимодействий между ними. Для приближения модели и понимания процессов, приводящих к изменению структурной организации жидкости, необходимо выбрать в качестве модели однокомпонентную жидкость. Примером такой жидкости может служить глицерин.

Для уменьшения вязкости воздействовали на образцы глицерина полем высокой частоты в диапазоне от 30 до 200 МГц с шагом в 10 МГц на максимальных напряжениях генератора. Продолжительность полевого воздействия – 60 минут. Кинетические кривые глицерина показаны на рисунке 1.

Методика проведения эксперимента, приборы и используемое оборудование подробно описаны в работе [9].

СНИЖЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ПОЛЕМ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

На рисунке 2 показана зависимость кинематической вязкости глицерина от частоты полевого воздействия. Как видно из рисунка 2, зависимость кинематической вязкости глицерина от частоты ВЧ ЭМП носит полиэкстремальный характер, и на всех частотах диапазона значение вязкости после воздействия поля уменьшается по сравнению с исходной. Максимальное уменьшение вязкости глицерина до 23 % получено на частоте 30 МГц.

Исследовано изменение кинематической

вязкости глицерина в том же диапазоне частот на постоянном напряжении. При облучении глицерина на постоянном напряжении эффект меньше, чем при облучении на максимальном. Максимальное снижение вязкости наблюдается на той же частоте и составляет не более 6 %.

Частотная дисперсия кинематической вязкости глицерина возможно является следствием индивидуальных особенностей межмолекулярного взаимодействия и структурной организации жидкости.

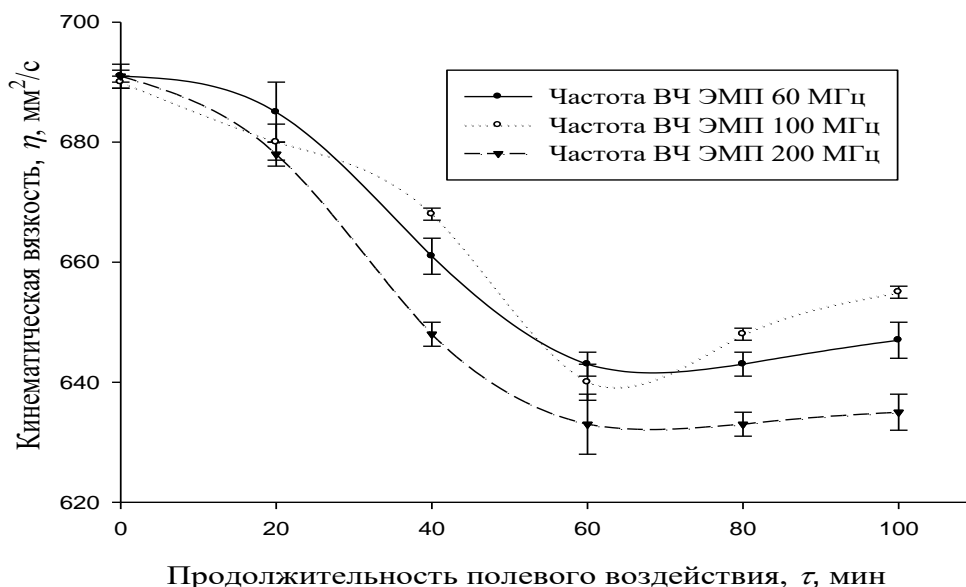


Рисунок 1 – Зависимость кинематической вязкости глицерина от продолжительности полевого воздействия

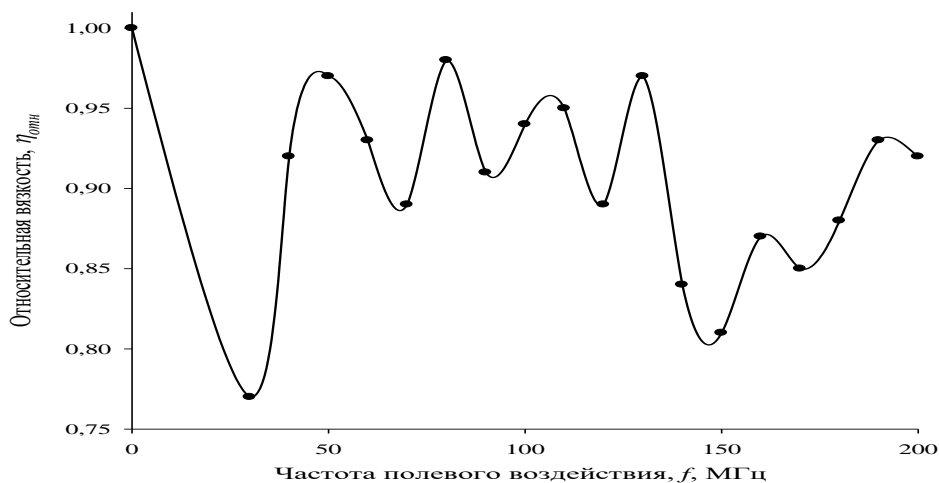


Рисунок 2 – Зависимость кинематической вязкости глицерина от частоты полевого воздействия

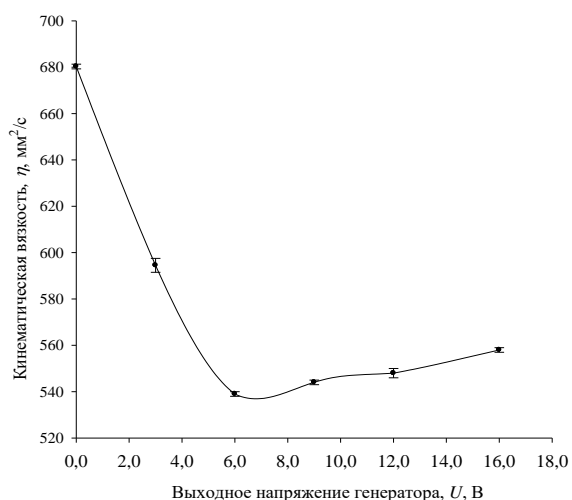


Рисунок 3 – Значение кинематической вязкости глицерина от выходного напряжения генератора на частоте 30 МГц

На рисунке 3 экспериментально показана зависимость кинематической вязкости глицерина от выходного напряжения генератора.

При увеличении выходного напряжения генератора значение вязкости глицерина снижается до определённого момента, затем происходит некоторое возрастание вязкости. Это связано с тем, что на больших напряжениях происходят потери в коаксиальном кабеле. Увеличение напряжения выше 16,0 В ограничено возможностями генератора.

Параллельно измерениям кинематической вязкости измерялось поверхностное натяжение глицерина. Измеренные значения поверхностного натяжения говорят о том, что зависимость носит полиэкстремальный характер, но тем не менее разброс данных лежит в коридоре ошибок вследствие колебания температуры. Поэтому можно сказать, что в данном случае поверхностное натяжение не зависит от частоты. Относительное изменение поверхностного натяжения на всем частотном диапазоне генератора не более 2 %.

После воздействия ВЧ-полем проверялось, в течение какого времени сохраняется эффект облучения. Для этого был взят образец глицерина, облученный на частоте с максимальным эффектом снижения вязкости. На протяжении эксперимента значение вязкости глицерина плавно увеличивалось и спустя около 200 часов стало постоянной, но не достигло исходной вязкости необлученного. Остаточный эффект воздействия ВЧ ЭМП для глицерина – 3 %. Результаты представлены на рисунке 4.

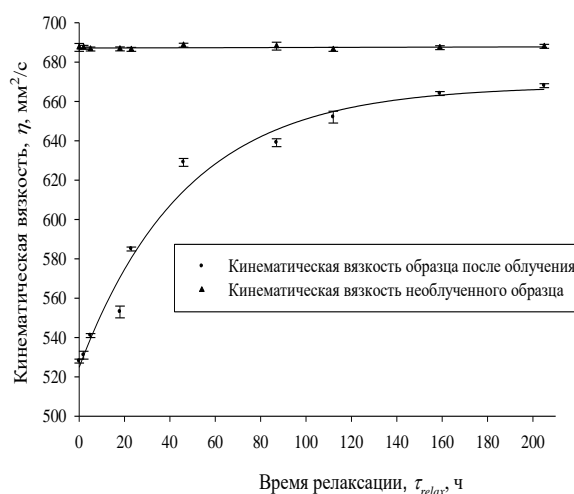


Рисунок 4 – Релаксация кинематической вязкости глицерина после облучения ВЧ ЭМП на частоте 30 МГц

Определение функциональных групп в молекулах удобно осуществлять методом молекулярной ИК-спектроскопии. В спектрах облученного и необлученного образцов глицерина, представленных на рисунке 4, существенные изменения отсутствуют. ИК-спектры полностью накладываются друг на друга. Это свидетельствует о том, что малая мощность ВЧ ЭМП не может привести к разрушению химической связи в молекулах глицерина.

Отнесение основных полос поглощения в ИК-спектре глицерина представлено в таблице 1.

Таблица 1 — Отнесение основных полос поглощения в ИК-спектре глицерина

Волново-е число, см ⁻¹	Интенсивность	Отнесение
3600-3000	с.	Валентные колебания ОН-групп, связанные межмолекулярной водородной связью (ν)
2934	с.	Валентные асимметричные колебания СН ₂ -групп (ν _{ас})
2878	с.	Валентные симметричные колебания СН ₂ -групп (ν _с)
1412	ср.	Деформационные колебания ОН-групп, плоскостные (δ)
1107, 1029	с.	Валентные симметричные колебания С-ОН связи (ν _с)
602	с.	Деформационные колебания ОН-группы, внеплоскостные (δ)

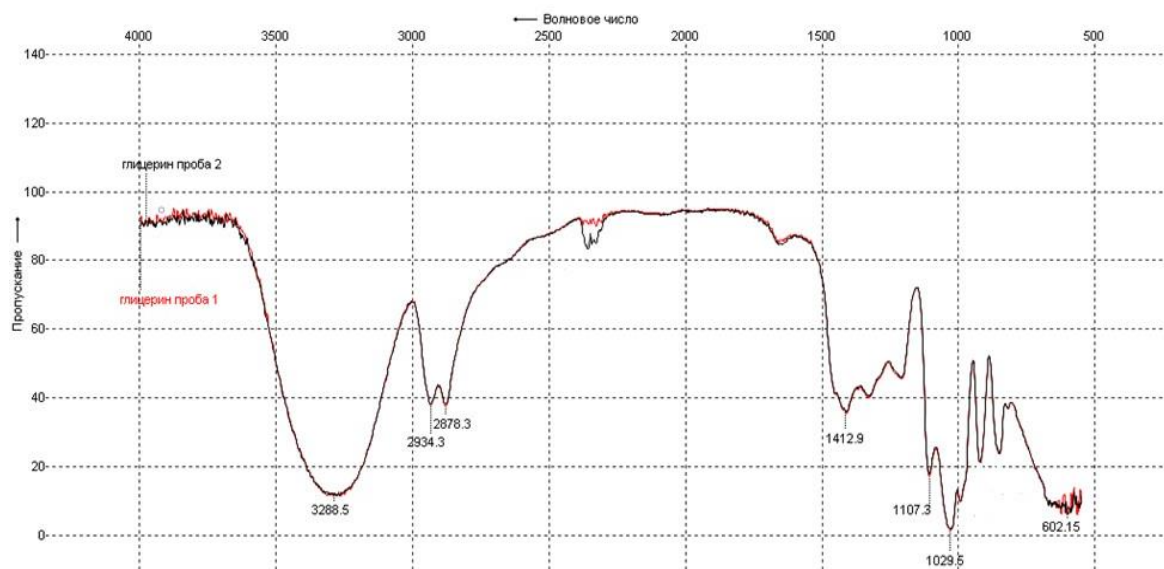


Рисунок 4 – ИК-спектры глицерина (проба 1 – необлученная проба глицерина, проба 2 – проба глицерина после полевого воздействия)

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Среди физико-химических свойств глицерина, определяемых экспериментально (вязкость и поверхностное натяжение), обнаружено, что только вязкость отзывается на полевое воздействие, причем эта зависимость носит полиэкстремальный характер. Это может служить косвенным подтверждением того, что частотная дисперсия является следствием индивидуальных особенностей межмолекулярного взаимодействия жидкости и уровнем ее внутренней организации.

2. Установлено, что поверхностное натяжение глицерина не зависит от частоты полевого воздействия.

3. Релаксация вязкости глицерина происходит в течении 200 часов, при этом вязкость не возвращается к исходному значению. Остаточное изменение вязкости глицерина после полевого воздействия составило около 3 %.

4. Воздействие ВЧ ЭМП не может привести к разрушению химических связей вследствие малой мощности поля, что подтверждается результатами ИК-спектроскопии.

5. Полученные в ходе исследования результаты дополняют имеющиеся экспериментальные данные о полевых воздействиях жидкостей и указывают на возможность использования ВЧ ЭМП в качестве инструмента воздействия на высоковязкие

жидкости для облегчения их транспортировки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинетика и механизм разложения пероксида водорода в водном растворе ионами кобальта в присутствии высокочастотного электромагнитного поля / Г. В. Березуцкая, Е. Ю. Дрюпина, Т. Ю. Ворошилова, П. В. Лыков, О. Н. Логинова, Б. П. Шипунов // Академический журнал Западной Сибири, 2010. – № 1. – С. 35–36.
2. Шипунов, Б. П.. Смещение гетерогенного равновесия вода-труднорастворимая соль под действием высокочастотного электромагнитного поля / Б. П. Шипунов А. В. Тимирязев, И. Е. Стась // Известия алтайского государственного университета, 2010 – № 2/3. – С. 194–195.
3. Бессонова, А. П. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики / А. П. Бессонова, И. Е. Стась // Ползуновский вестник, 2008. – № 3. – С. 305–309.
4. А.с. 672332 СССР, МПК Е 21 В 43/24. Устройство для ввода высокочастотной электромагнитной энергии в пласт через скважину [Текст] / Саяхов Ф. Л., Булгаков Р. Т., Дыбленко В. П., Хасанов А. Т., Симкин Э. М., Дешура В. С. и Быков М. Т. (СССР). – 2450610/22-03; заявлено 09.02.77; опубл. 05.07.79, Бюл. 25. – С. 3.
5. Грудницкий, П. Попасть в резонанс/ П. Грудницкий// Эксперт Казахстан, 2005. – №20. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://expertonline.kz/a8982/>.
6. Гареев, Ф. Х. Сушка древесины электромагнитными волнами / Ф. Х. Гареев // ЛесПромИнформ, 2004. – №9 (22). – С. 74–78.
7. Киричук, В. Ф. Влияние терагерцовых волн на частоте оксида азота на реологические

свойства крови / В. Ф. Киричук, Е. В. Андронов, Е. В. Мамонтова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция, 2006. – Т. 5. – №. 3. – С. 78-83.

8. Влияние электромагнитных волн терагерцового диапазона на живые системы / В. Ф. Киричук, Е. В. Андронов, О. Н. Антипова, А. Н. Иванов, А. П. Креницкий, Я. А. Крылова, С. В. Сухова, А. А. Цымбал // Бюллетень медицинских Интернет-конференций, 2012 – Т.2. – №6. – С. 421-425.

9. Лыков, П. В. Снижение гидравлических потерь в результате действия высокочастотного электромагнитного поля / П. В. Лыков, В. И. Дудкин // Известия Алтайского государственного университета, 2012. – №1/2. – С. 135-138.

Лыков Павел Викторович, преподаватель кафедры техносферной безопасности и аналитической химии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», e-mail: paul.lykov.chem@gmail.com, тел. +79130911698.

Дудкин Виктор Иванович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: dudkinvi@mail.ru, тел. +79619873829.