

Литература

1. Ahmed T., McKinney Paul D., «Advanced reservoir engineering», 2005.
2. Dake L.P., «Fundamentals of reservoir engineering», Seventeenth impression, 1998.
3. William D., McCain Jr., «The properties of Petroleum Fluids», Second edition, 1989.

**ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДЕЭМУЛЬСАЦИЮ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**  
**М.С. Зырянов, Л.В. Чеканцева**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

При добыче и переработки нефть дважды перемешивается с водой, образуя, в результате, водонефтяные эмульсии: при выходе с высокой скоростью из скважины вместе с попутной ей пластовой водой [10], и в процессе обессоливания. Формирование устойчивых водонефтяных эмульсий приводят к значительным трудностям при сборе и подготовке продукции скважин. Эмульсии устойчивы благодаря природным эмульгаторам – асфальтенам, парафинам, смолам и солям нафтеновых кислот, и тяжелым металлам. Существующие традиционные методы обезвоживания и обессоливания весьма энергозатратны и требуют специального оборудования и его обслуживания в процессе работы. Применение оборудования, основанного на использовании постоянных магнитов, предоставляет возможность решать такие важные проблемы нефтегазовой отрасли как: снижение коррозионной активности жидкостей, устранение АСПО на стенках нефтеоборудования, дифференциация водонефтяных эмульсий. Цена оборудования, основанного на постоянных магнитах примерно в 5 раз меньше, чем на основе электромагнитов [4,6,10]. Также установки на постоянных магнитах практически не требуют технического обслуживания.

В настоящей работе проанализированы наиболее оптимальные методы магнитной обработки водонефтяной эмульсии.

Отличительной стороной влияния магнитного поля на НДС есть обратимость целого ряда следствий им вызываемых. Изучение высоковязкой нефти [1,7,11] ароматического основания подтвердили гипотезу о том, что при воздействии постоянного магнитного поля вязкость уменьшается и остается постоянной в течение двух часов. Исследования показали, что влияние магнитного поля борется с парафинистыми отложениями в трубах.

Установлено, что под действием магнитного поля низкой частоты (до 500Гц) на водонефтяную дисперсную систему происходит разрушение эмульсий, содержащих частицы ферромагнитных соединений железа, асфальтенов, парафинов и солей, которые являются главными стабилизаторами бронирующих оболочек стойких эмульсий. При формировании переменного магнитного поля частотой более 500 Гц требуются наибольшие скорости потока или уменьшение напряженности поля, созданного магнитами т.к. необходимо применение магнитов небольшого размера [9].

Рассмотрим пример воздействия постоянного магнитного поля на водонефтяную эмульсию. При обработке модельной эмульсии воздействием магнитного поля с индукцией 0,05 Тл было обнаружено, что максимальный рост скорости дифференциации возникает при частоте 40-300 Гц. Для оценки воздействия поля направленных на отдельные места постоянных магнитов на скорость дифференциации эмульсии изучены разнообразные модификации их расстановки относительно потока и друг друга [2].

Из этого следует, что частицы примесей в оболочках, бронирующих глобулы воды, могут под воздействием непостоянного магнитного поля двигаться внутри оболочек в сторону надлежащего полюса источника магнитного поля [9]. В итоге при перемещении эмульсии систематичное расположение магнитов друг за другом позволяет «встряхивать» окруженные механическими примесями глобулы нефти, что создает эффект дестабилизации.

В процессе изучения воздействия температуры на скорость разделения эмульсии отмечено, что при температуре 21 °С длительность разделения составляет примерно 2,5 ч; при 31 °С - 35-40 мин; при 40 °С - 6-9 мин; при 50 °С и выше эмульсия разделяется примерно за несколько секунд [2].

Воздействие на эмульсию магнитами проводили при различном взаимном расположении точечных магнитов (см. рисунок 1). Доказано, что самым эффективным является расположение вида N-S - S-N.

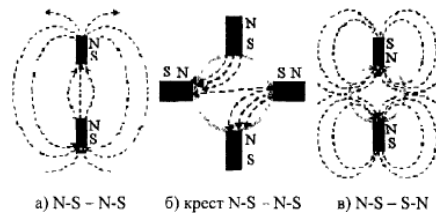
Для того чтобы магнитная обработка была экономически целесообразной, надо иметь в виду, что необходимо стремиться к наименьшим значениям напряженности, так как она обеспечивается менее мощными точечными магнитами.

Так как самый эффективный диапазон значения индукции находятся в пределах 0,03-0,05 Тл [11], что является равным значению напряженности магнитного поля 24-40 кА/м, дальнейшее установление типа точечных магнитов, их габаритов и расстояния между ними устанавливается на основе неравенства:

$$H_y \geq \frac{3}{2r} \sqrt{\frac{\rho v u d_m}{\chi \mu_0}}$$

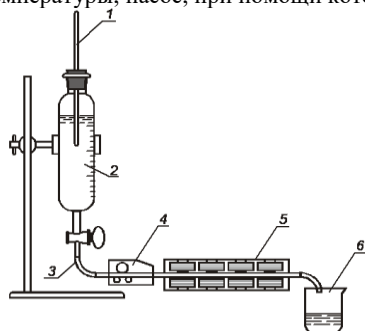
где  $\rho$  - плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  - кинематическая вязкость среды, м<sup>2</sup>/с;  $r$  - радиус частицы, м.

Рассмотрим лабораторную установку магнитной обработки нефти (рис. 2).

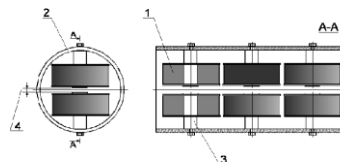


**Рис. 1 Конфигурация линий индукции магнитного поля при различном расположении полюсов**

Установка состоит из сырьевой емкости, которая будет выполнять функцию прогрева исследуемой нефти до необходимой температуры; насос, при помощи которого можно прокачивать нефть через постоянные магниты.



**Рис.2** Лабораторная установка магнитной обработки нефти [6]  
1 – термометр; 2 – обогреваемая емкость; 3 – термомаслостойкие трубки; 4 – перистальтический насос; 5 – магнетизатор; 6 – приемник



**Рис.3** Схема магнетизатора  
1 – катушки; 2 – корпус;  
3 – магнитопровод мТл\*м,  
4 – зазор между магнитами

Схема магнетизатора представлена в соответствии с рисунком 3. Технические характеристики аппарата: магнитная индукция в рабочем зазоре составляет 0,2 Тл, масса 1 кг. Рентгеновская дифрактометрия показала, что магниты относятся к группе самарий – кобальтовых. Из этого следует, что данный тип магнитов обладает свойством коррозионной стойкости к внешней среде, применение специального защитного покрытия не требуется, это является, несомненно, преимуществом. Также, следует отметить, то они прекрасно работают в условиях резких перепадов температур.

Теперь определим оптимальные параметры, при которых возможен процесс демульсации водонефтяных эмульсий. Проанализировав источники можно сделать некоторые заключения:

1. Скорость расслоения эмульсий различного состава максимальна при обработке постоянным полем от точечных магнитов с индукцией 0,03-0,05 Тл в случае, если магниты расположены нормально по направлению потока водонефтяной смеси навстречу друг другу одноименными полюсами.

2. Использование низкочастотного поля (до 500 Гц), так как его можно создать в движущемся потоке с помощью постоянных магнитов [2].

3. Наиболее эффективным является расположение постоянных магнитов вида N-S - S-N.

4. Чем выше температура, тем выше скорость расслоения эмульсии.

5. Для более эффективного расслоения эмульсии применение демульгаторов [8].

В заключении следует отметить, что обработка нефти на основе постоянных магнитов экономически выгодна и рентабельна, т.к. практически не требует технического обслуживания. Также магниты группы самарий – кобальтовых являются отличным решением при выборе магнитов для обработки водонефтяных эмульсий, потому что обладают антикоррозийными свойствами и устойчивы к перепаду температур.

Пользу от магнитной обработки нефти трудно переоценить. Ведь данный метод позволяет справиться с такими проблемами как снижение коррозионной активности, предотвращение асфальтосмолопарафинистых отложений и т.д. Также, следует отметить, то наиболее эффективным будет влияние магнитного поля при условии ламинарного режима течения нефтяного сырья.

Что касается температурного фактора, то эмпирически установлено, что после 20°С если увеличить температуру на 1°С, то эффект магнитной обработки снижается на 0,15% [3].

#### Литература

1. Адаспаева С. А. Интенсификация процесса селективной очистки масляного сырья N-метилпирролидоном под действием магнитного поля: Дис. канд. тех. наук. – Астрахань, 2012 г. – 116 с.
2. Вольцов А. А. Интенсификация процесса расслоения водонефтяных эмульсий путем их магнитно-вибрационной обработки. – Уфа, 2005. – 116 с.
3. Галикеев Р.М. Исследование закономерностей структурообразования парафиносодержащих нефтей в добыче и системе сбора: Автореферат. Дис. канд. тех. наук. – Тюмень, 2011г. – 104 с.
4. Емельянов А.В. Повышение безопасности и ресурса промышленного оборудования в условиях воздействия механических примесей и отложения солей: Автореферат. Дис. канд. тех. наук. – Уфа, 2003г. – 176 с.
5. Кухленко А.А. Совершенствование методов расчета технологических параметров аппарата роторно – пульсационного типа для приготовления эмульсий: Автореферат. Дис. канд. тех. наук. – Бийск, 2007г. – 125с.
6. Лаптаев А.Б. Методы и агрегаты для магнитогидродинамической обработки водонефтяных сред: Дис. доктор тех. наук. – Уфа, 2008г. – 301 с.
7. Мухаметшин В.Х. Разработка методов физико-химического воздействия на продукцию нефтяных скважин для предотвращения осложнений их эксплуатации: Автореферат. Дис. канд. тех. наук. – Уфа, 2011г. – 113 с.
8. Новиков М.А. Структурные особенности природных водонефтяных эмульсий. – ДОС., 2007. – 85 с.
9. Пивоварова Н.А. Магнитные технологии добычи и углеводородного сырья. – М.: ООО «Газпром экспо», 2009. – 120 с.
10. Сергиенко Н.Д. Исследование, разработки и внедрение процесса подготовки к переработке стойких высокообводненных водонефтяных эмульсий с повышенным содержанием механических примесей: Автореферат. Дис. канд. тех. наук. – Москва, 2005г. – 174с.

11. Хайдаров Ф.Р. Повышение работоспособности промысловых трубопроводов за счет снижения коррозионной активности перекачиваемых жидкостей. – М.: ОАО «Северо- западные магистральные нефтепроводы», 2008. – 9 с.

## К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ НА ДЕГРАДАЦИЮ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

**А.В. Ивановский, М.О. Тимошин**

Научные руководители: доцент А.В. Деговцов, доцент А.А. Сабиров  
**Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия**

На сегодняшний день в РФ основным методом эксплуатации добычных скважин является применение установок электроприводных лопастных насосов (УЭЛН), как правило центробежного типа. Данными установками добывается около 75% от общего объема добычи нефти, и эта цифра неуклонно возрастает [3]. По соотношению добычных технологий данными установками добывалось от 50% нефти от общего объема добычи нефти, и эта цифра неуклонно возрастает [4-6].

Широкое применение такого типа добычного оборудования обуславливается:

- 1) свойствами добываемого флюида [10,11,13,14,16,21,22,24];
- 2) технологиями эксплуатации скважин (в т.ч. в одновременно-раздельной эксплуатации и добыча нефти из боковых стволах малого диаметра) [8,19].

Так, одной из проблем применения ЭЛН на нефтяных месторождениях с терригенными коллекторами является отказ оборудования из-за износа и засорения рабочих органов механическими примесями [7,23].

Несмотря на неразрешенный вопрос применения тех или других технологий изготовления, особенно в осложнённых условиях эксплуатации, при изготовлении серийных ЭЛН применяются следующие основные технологии создания и материалы рабочих органов:

- Литьё в кокиль: материал – чугун серый [18] или никелевый;
- Штамповые технологии: материал – нержавеющая сталь по ГОСТ 5632-72 [1,2];
- Литьё и штамповка деталей из различных пластмасс и полимерных материалов [17];
- Изготовление из стального/алюминиевого прутков с помощью механизированной обработки [9,15].

Поскольку традиционные методы борьбы с выносом мехпримесей не всегда позволяют полностью решить проблему защиты оборудования и увеличить его наработку на отказ, вопрос эксплуатационной надёжности УЭЛН при выносе мехпримесей является очень актуальным.

Целью представленной работы было определение возможности применения ступеней, выполненных по различным технологиям из различных материалов, для условий добычи нефти, осложнённых выносом механических примесей. В качестве оценочного критерия выступают относительная износостойкость материалов и конструкций рабочих ступеней ЭЛН и критерий деградации комплексных характеристик ЭЛН.

Исследование влияния механических примесей проводилось для нормальных, диагональных и центробежно-осевых насосных ступеней, выполненных по различным технологиям, для возможного включения дополнений в части использования материалов для изготовления ЭЛН в «Единые технические требования к оборудованию для добычи нефти».

Испытания ступеней насоса проводились в два этапа: испытания, в ходе которых снимались комплексные характеристики [10,16], и испытания на модельной жидкости с абразивными частицами [20,22,24].

Анализ результатов испытаний ступеней, выполненных по различным технологиям, показал следующее:

- Низкое воздействие механических примесей и взвешенных частиц не оказывает сильного влияния на гидродинамические характеристики насосных ступеней, выполненных из чугуна, стали или алюминиевого сплава;
- Воздействие механических примесей и взвешенных частиц оказало сильное влияние на гидродинамические характеристики насосных ступеней, выполненных из полимерных материалов, – коэффициент полезного действия снижается более чем в 2.5 раза, напор одной ступени может упасть более чем в 1.5 раза;
- Относительная износостойкость штампованных ступеней из нержавеющей стали выше, чем износостойкость литых ступеней из никелевого чугуна, а из алюминиевых прутков выше, чем износостойкость ступеней из нержавеющей стали;

- Двухпорные ступени ЭЦН, выполненные по технологии «штамповка + сварка» из нержавеющей стали, а также из алюминиевых прутков с помощью механизированной обработки, обладают высокой износостойкостью и могут быть рекомендованы для работы в скважинах, осложнённых выносом абразивных механических примесей;

Изменение геометрических параметров ступеней в ходе испытаний на натуральных образцах и в среде CAD/CAE-систем показали хорошую сходимость между собой.

Полученные результаты экспериментальных работ по определению деградации характеристик ЭЛН позволяют повысить энергоэффективность добычи за счёт повышения точности при подборе УЭЛН к скважине с помощью программного комплекса подбора и диагностики нефтегазопромыслового оборудования "Автотехнолог" [12], а также могут быть использованы при оптимизации работы систем автоматизированного безсепарационного замера дебита скважин – так называемого «виртуального расходомера»

### Литература

1. Деговцов А.В., Соколов Н.Н., Ивановский А.В. К вопросу о выборе материала ступеней электроцентробежного насоса для осложнённых условий эксплуатации // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 11. С. 88-91.