

Нефедов В.Д.,
студент-магистрант,
2 курс, факультет «Институт нефтегазового инжиниринга и
цифровых технологий»
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Россия, г. Уфа

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕНДОВОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СМЕШЕНИЯ И МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ

***Аннотация:** В статье рассматривается актуальная проблема защиты нефтепромыслового оборудования от неорганических солеотложений на поздних стадиях разработки месторождений. Описан процесс проектирования и технические характеристики лабораторного стенда, имитирующего условия смешения несовместимых пластовых вод. Подробно изложены конструктивные особенности узлов подготовки растворов, системы термостатирования и блока магнитной обработки флюидов. Представлены результаты экспериментальных исследований эффективности аппаратов серии АЭМИС. Обосновано применение вспомогательных элементов — центраторов и заглушек — для стабилизации гидродинамических режимов и защиты магнитных систем.*

***Ключевые слова:** магнитная обработка, солеотложения, пластовые флюиды, смеситель, баки, центраторы, ингибирование, АЭМИС, нефтепромысловое оборудование, интенсификация добычи.*

***Annotation:** The article discusses the urgent problem of protecting oilfield equipment from inorganic scale at the late stages of field development. The process of designing and technical characteristics of a laboratory test bench simulating the*

mixing conditions of incompatible formation waters are described. The design features of the solution preparation units, the temperature control system, and the fluid magnetic treatment unit are described in detail. The results of experimental studies of the effectiveness of the AEMIS series devices are presented. The use of auxiliary elements — centralizers and plugs — to stabilize hydrodynamic regimes and protect magnetic systems is justified.

Keywords: *magnetic treatment, scale formation, formation fluids, mixer, tanks, centralizers, inhibition, AEMIS, oilfield equipment, production stimulation.*

На современном этапе нефтедобычи эксплуатация скважинного фонда все чаще осложняется выпадением неорганических солей в проточном канале НКТ и на рабочих органах электроцентробежных насосов (ЭЦН) [1]. Основной причиной является смешение пластовых вод различного генезиса, например, сульфатных и кальциевых типов, что приводит к образованию труднорастворимых осадков [1, 2]. Для решения данной проблемы активно применяются методы магнитной обработки жидкости (МОЖ), которые способствуют переходу процесса кристаллизации из адгезивной формы на стенках в объемную форму шлама [1]. Однако эффективность МОЖ существенно зависит от конструктивного исполнения аппаратов и гидродинамики потока, что требует проведения детальных стендовых испытаний [4, 5].

Для адекватного моделирования процессов солеобразования стенд должен обеспечивать высокую степень гомогенизации смешиваемых вод и точное поддержание температуры [1]. В основу разработки комплекса легли принципы воспроизведения динамического режима течения в кольцевых зазорах магнитных систем активаторов серии АЭМИС [1, 2].

Состав и техническое устройство экспериментального комплекса. Спроектированный стенд представляет собой модульную установку, обеспечивающую полный цикл подготовки и обработки флюида [1].

Блок подготовки и термостатирования реагентов. Система включает в себя две основные емкости объемом по 30 литров на рисунке 1, предназначенные для отдельного растворения солей-прекурсоров [2].



Рисунок 1. Емкости объемом по 30 литров

Согласно методике испытаний, в баках осуществляется нагрев среды до рабочей температуры (75 ± 2) °C с помощью электрических нагревателей. Важным элементом являются лопастные смесители, предотвращающие градиент концентраций в объеме бака [2]. Циркуляция флюидов в гидравлическом контуре обеспечивается специализированным насосным агрегатом, показанным на рисунке 2 [1].



Рисунок 2. Насосный агрегат

Узел смешивания и измерительная линия. Для инициации мгновенной реакции солеобразования используется смеситель, в котором потоки катион- и анионсодержащих вод соединяются перед входом в рабочую зону [1].



Рисунок 3. Смеситель

Измерительный участок стенда, показанный на рисунке 4 выполнен из нержавеющей стали диаметром 50 мм и позволяет размещать в потоке купоны-свидетели для оценки интенсивности отложений [2].



Рисунок 4. Измерительный участок стенда

Специфика монтажа аппаратов АЭМИС. При исследовании магнитных устройств решающее значение имеет центровка внутреннего сердечника [3]. Для этого в конструкции предусмотрены:

- центраторы: капролоновые вставки, обеспечивающие строго фиксированный зазор для прохода жидкости, что исключает неравномерность магнитного воздействия [1, 4];

- заглушки: прецизионные уплотнения, защищающие блок постоянных магнитов от прямого контакта с агрессивной водой, что гарантирует стабильность характеристик магнитного поля [3]. Данные элементы показаны на рисунке 5.



Рисунок 5. Центраторы и заглушки

Анализ экспериментальных данных. Контроль расхода в реальном времени осуществлялся при помощи электронного прибора учета. В ходе испытаний варьировалась линейная скорость потока от 0,5 до 2,5 м/с [2, 4]. Результаты оценки эффективности ингибирования солей сульфата кальция приведены в таблице 1.

Влияние гидродинамических параметров на эффективность АЭМИС

№ п/п	Линейная скорость, м/с	Индукция в зазоре, Тл	Эффективность E, %
1	0,5	0,51	62,4
2	1,0	0,51	74,8
3	1,5	0,51	79,2
4	2,5	0,51	68,5

Установлено, что максимальный антинакипный эффект (79,2%) достигается при скоростях 1,2–1,5 м/с, что соответствует развитому турбулентному режиму [3]. Применение центраторов позволило снизить статистический разброс данных, обеспечив повторяемость результатов в серии опытов [1, 4].

Разработанный стендовый комплекс является эффективным инструментом для отработки технологий магнитной защиты нефтепромыслового оборудования. Использование оригинальных конструктивных решений (смесители, центраторы, заглушки) позволило минимизировать аппаратную погрешность [2, 5]. Полученные результаты по эффективности устройств АЭМИС-ОПП подтверждают целесообразность их применения для предотвращения солеотложений в скважинах [6].

Список использованных источников:

- 1 Кащавцев В. Е., Гаттенбергер Ю. П., Люшин С. Ф. Предупреждение солеотложений при добыче нефти. – М.: Недра, 1985. – 215 с.
- 2 Ибрагимов Г. З., Хисамутдинов Н. И. Справочное пособие по применению химических реагентов в добыче нефти. – М.: Недра, 1983. – 312 с.

3 Программа и методика стендовых испытаний устройств магнитной обработки жидкости (МОЖ) серии АЭМИС. – Уфа: ООО «ПКГ «БК», 2025. – 18 с.

4 Тебенихин Е. Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергосистемах. – М.: Энергия, 1977. – 184 с.

5 Классен В. И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, 1982. – 296 с.

6 Чартов М. А. Физико-химические основы магнитной обработки флюидов в процессах нефтедобычи // Нефтяное хозяйство. – 2021. – №4. – С. 56-59.