

Рис. 2. Чертеж измерительной ячейки.

По разработанным чертежам была изготовлена и испытана измерительная ячейка скважинного прибора. Ячейка представляет собой цилиндрический конденсатор с рабочей полостью $\varnothing 70$ мм, центральный электрод $\varnothing 6$ мм зафиксирован в изоляционной втулке.

Микроконтроллерный измерительный модуль предназначен для формирования ВЧ-сигнала, измерения амплитудных и фазовых характеристик ВЧ-колебаний, проходящих через измерительную ячейку, заполненную исследуемым флюидом, предварительной обработки результатов измерений и передачи их в СЛПФ. На рис. 3 представлены варианты макета микроконтроллерного измерительного модуля.

Основные технические характеристики прибора:

- Диапазон рабочих частот: 1–100 МГц;
- Напряжение питания: не более 5 вольт;
- Потребляемый ток: не более 1 ампера;
- Длина прибора: не более 2.0 м;
- Вес прибора: не более 100 кг.

Прибор предназначен для работы в нефтяных скважинах на глубинах до 5 км, и должен работать в условиях повышенных давлений и температур.

Основные эксплуатационные характеристики прибора:

- Диаметр исследуемых скважин: от 170 мм до 300 мм;
- Температура в скважине: от +10 до +120 °С;
- Гидростатическое давление жидкости в скважине: до 100 МПа;
- Угол отклонения скважины от вертикали: не более 30 градусов.

Для тестирования прибора разработано специализированное программное обеспечение (ПО), эмулирующее работу приёмного модуля СЛПФ.

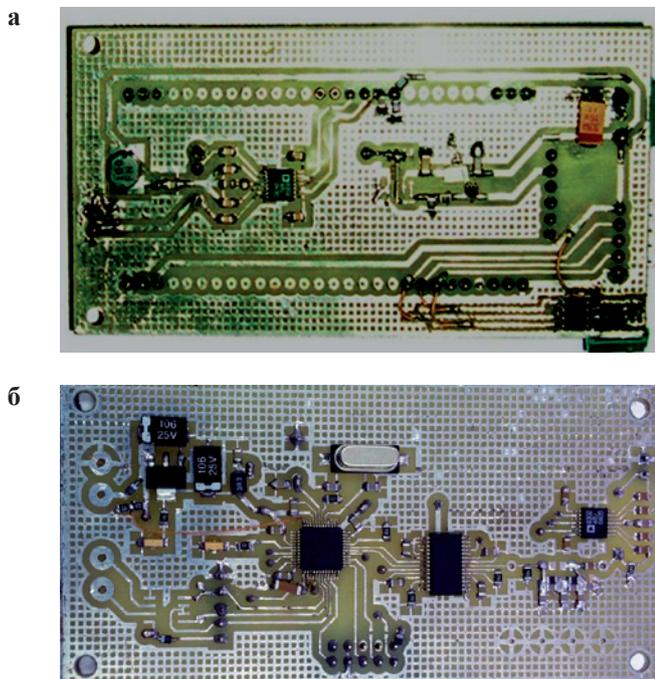


Рис. 3. Варианты макета микроконтроллерного измерительного модуля. а Макет измерительного модуля на базе отладочной платы STM32VL-DISCOVERY, б прототип микроконтроллерного измерительного модуля.

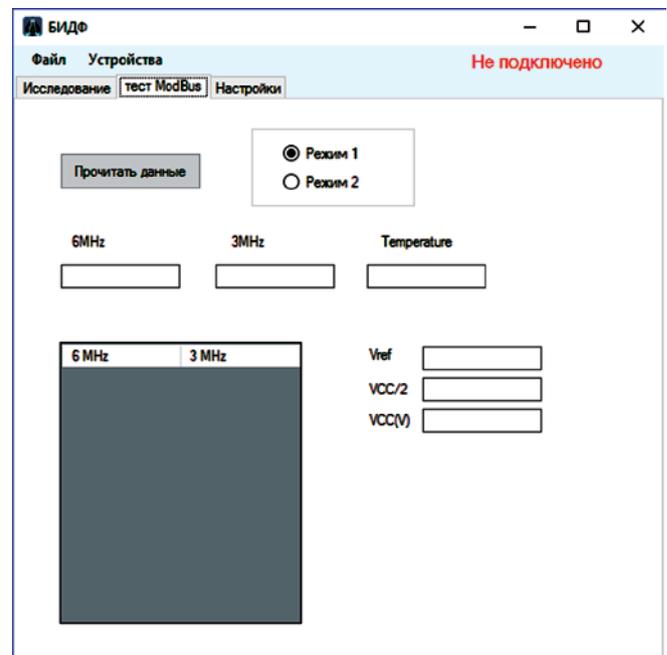


Рис. 4. Главное окно программы сканирования.

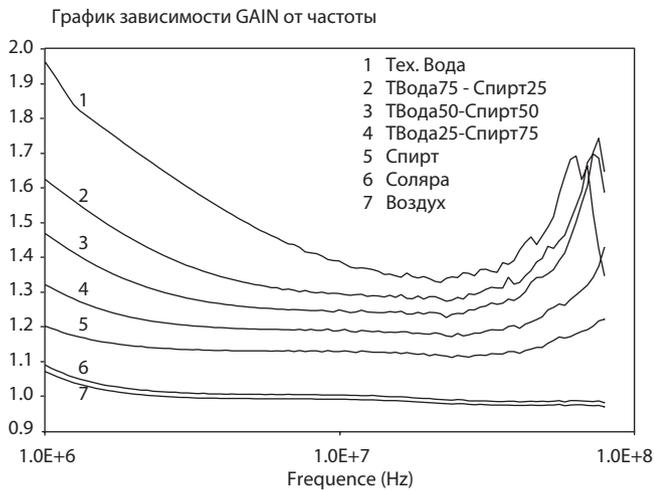


Рис. 5. Частотная зависимость диэлектрических свойств тестовых жидкостей.

ПО обеспечивает:

- управление процессом сканирования путём формирования управляющих сигналов по заданной программе исследования;
- приём и анализ служебной информации о функционировании блоков;
- первичную обработку информации, формированием выходного потока;
- отображение получаемых данных.

Главное окно программы сканирования представлено на рис. 4.

На предварительном этапе разработки, для выбора оптимальных рабочих частот прибора, было исследовано поведение различных тестовых жидкостей в диапазоне частот от 1 до 80 МГц. Как видно из рис. 5 для частот выше 10 МГц разрешающая способность прибора уменьшается, а для частот выше 60 МГц интерпретация данных становится неоднозначной. Исходя из выше сказанного, область рабочих частот прибора была выбрана в диапазоне до 10 МГц.

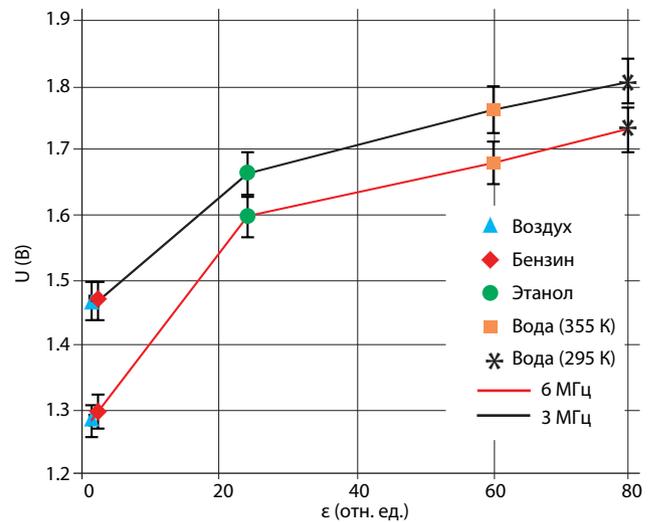


Рис. 6. Диэлектрическая проницаемость тестовых жидкостей для двух частот.

На рис. 6 представлены результаты проведенных предварительных испытаний опытного образца скважинного прибора для измерения диэлектрических характеристик пластового флюида на двух фиксированных частотах для нескольких тестовых веществ с различными значениями диэлектрической проницаемости.

По приведенным данным можно утверждать, что тестовые вещества с различными значениями диэлектрической проницаемости уверенно дифференцируются с помощью опытного образца скважинного прибора.

Разработка опытного образца прибора велась в кооперации с ООО “ТНГ-Групп” и КФУ в рамках реализации проекта “Создание комплекса технических средств и программных продуктов для эффективной разработки залежей нефти в сложнопостроенных карбонатных коллекторах с использованием горизонтальных скважин и гидроразрыва пласта”.