

основе ППММ и из спеченного корунда для перекрытия всего диапазона значений проницаемостей.

Сравнительные исследования стабильности характеристик образцов из ППММ и корунда показывают лучшую стабильность корундовых образцов по сравнению с металлическими.

Опыт эксплуатации СО проницаемости показал их высокую эффективность при контроле качества лабораторных исследований проницаемости керна.

Следует также отметить, что упомянутый ранее НТЦ “Амплитуда” также выпускает СО проницаемости на основе спеченного корунда. Образцы имеют как цилиндрическую форму с размерами 30×30 , 80×80 и 100×80 мм, так и кубическую форму с длиной грани 25 мм. Диапазон воспроизводимых газопроницаемостей – от 0,1 до 1000 мД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агге Х., Оцеток К. Металлокерамические фильтры, их изготовление, свойства и применение. Л.: Судпромгиз, 1959. 136 с.
2. Витязь П. А., Копцевич В. М., Шелег В. К. Пористые порошковые материалы и изделия из них. Минск: Высшая школа, 1987. 164 с.
3. ГОСТ 26450.2-85. Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации.
4. ГОСТ 9775-69. Фильтры стеклянные и изделия с фильтрами.
5. Козыряцкий Н. Г. Стандартные образцы для метрологического обеспечения измерений открытой пористости керна // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2009. Вып. 3 (180). С. 59–66.
6. Козыряцкий Н. Г. Экспериментальная оценка стабильности стандартных образцов удельного электрического сопротивления для петрофизических исследований // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2015. Вып. 1 (247). С. 84–91.
7. СТО ЕАГО 081-01. Породы горные. Методы определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации.

*Рукопись рассмотрена на научно-техническом совете
ООО “Нефтегазгеофизика” и рекомендована к публикации*

Результаты исследований и работ ученых и конструкторов

УДК 550.832

А. А. Веселков, М. А. Юматов,
С. А. Стрельцов, В. И. Журавлев
ООО “Нефтегазгеофизика”

КАБЕЛЬНО-АВТОНОМНЫЙ КАРОТАЖНЫЙ КОМПЛЕКС. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СКВАЖИННОЙ ЧАСТИ И ОБЩАЯ ЛОГИКА РАБОТЫ

Рассмотрены варианты устройства скважинных частей кабельных и кабельно-автономных комплексов геофизических исследований скважин и общие соображения по логической организации подобных устройств. Приведены описания структуры реализованных вариантов телеметрических модулей. Уделено внимание разработке кабельно-автономной системы.

Ключевые слова: каротаж, кабельно-автономная система, телеметрический модуль, кабельные линии.

За последние годы скважинные приборы значительно усложнились. Быстрый рост возможностей электроники позволил существенно улучшить эксплуатационные характеристики измерительных цепей приборов независимо от методов исследований. С другой стороны, появились возможности измерения ряда дополнительных параметров, что привело к росту объема данных, которые необходимо сохранять

для последующей интерпретации. Стала возможной реализация скважинных вариантов приборов, ранее осуществимая только в лабораторных условиях.

В силу того, что количество спускоподъемных операций в условиях производства сильно ограничено по экономическим и технологическим причинам, каротажные работы осуществляются сборками из нескольких приборов, не вносящих перекрестных искажений в результаты измерений. В используемых на производстве каротажных комплексах [2, 7–9] каждый прибор обладает собственным кабельным приемопередатчиком, что при большом количестве приборов приводит к существенным ограничениям пропускной способности. Ограничения вызваны как невысоким качеством линии передачи информации среднестатистического каротажного кабеля, так и протокольными потерями. К тому же накладывается дополнительное условие аппаратного согласования по информационным жилам большого числа передатчиков при их общем питании.

Все вышесказанное, вкупе с опытом зарубежных производителей геофизического оборудования [4–6], привело к необходимости разработки отдельного устройства приемопередачи для скважинных сборок. Первым шагом на этом пути стал так называемый кабельный ретранслятор (рис. 1).

Это устройство размещалось над всей скважинной сборкой и являлось, фактически, единственным приемопередатчиком, работающим на каротажный кабель. Схемотехнически это обычная гальваническая развязка, но с собственным питанием, способная самостоятельно корректировать амплитуду и форму пропускаемого сигнала в обе стороны (к приборам скважинной сборки и в сторону поверхности). Такая конструкция позволила убрать с линии множественные передатчики и решить вопросы согласования каротажных кабелей с плохими свойствами. Увеличение амплитуды сигналов, поступающих в кабель позволило достичь стабильной работы приборных сборок при длинах кабеля до 10 км. Тем не менее временные характеристики сигналов скважинной аппаратуры остались неизменными (ретранслятор – это приемопередатчик синхронного типа, не обладающий возможностями вмешиваться в логику передачи), что вернуло разработчиков к проблеме пропускной способности.

Следующим шагом явилась попытка применения приемопередатчика асинхронного типа, то есть устройства, имеющего на разных “концах” электрически и логически разные интерфейсы.

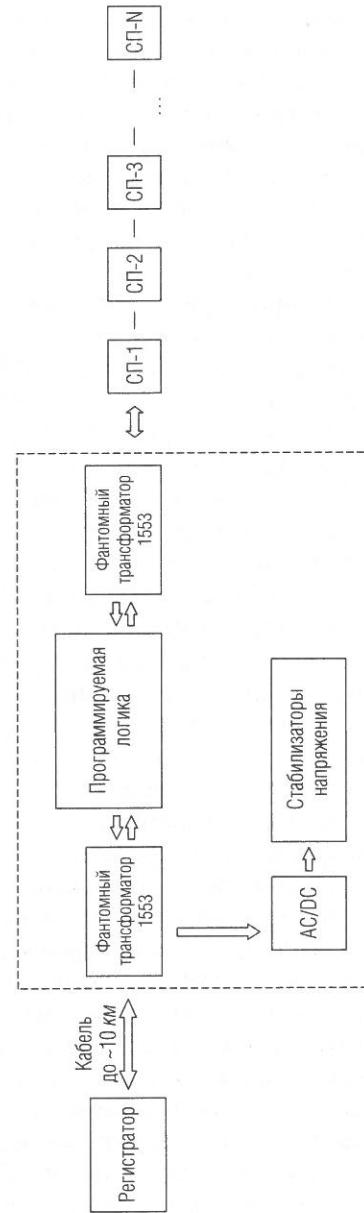


Рис. 1. Обобщенная схема кабельного ретранслятора

Передача в каротажный кабель и в сторону скважинной сборки приборов различается в таком устройстве как по физической скорости, так и электрически, и в смысле кодировки. Устройство получило название “телеметрический модуль” (рис. 2) и являлось фактически полноценным скважинным прибором с собственным программным обеспечением. Использование такого устройства приводит к изменениям в канале связи скважинного прибора с поверхностью – отпадает необходимость работы приемопередатчика самого прибора на каротажный кабель, а взамен возникает задача коммуникации по межприборной магистрали, то есть необходимость поддержания коммуникационной шины внутри сборки. По результатам экспериментов в качестве такой шины был выбран электрически устойчивый (гальваноразвязка и схемы защиты) к попаданию влаги в межприборные соединения интерфейс на основе биполярного кодирования со скоростями до 1,5 Мбит/с. В сторону каротажного кабеля работающие на производстве образцы обеспечивают скорость до 100 кбит/с, что позволяет передавать в реальном времени данные с большинства скважинных приборов сборки. К тому же, автономная от скважинных приборов (в смысле логики опроса) система кабельной передачи позволяет без существенной аппаратной модернизации обеспечить поддержку разных стандартов коммуникации с поверхностью, включая различные физические кодировки и частичное или полное сохранение полученных данных в энергонезависимой памяти. Вариант с сохранением независимой копии каротажных данных внутри телеметрического модуля позволяет получить частное, но приемлемое решение проблемы низкой пропускной способности линии связи с поверхностью. Идея заключается в следующем. Наземному оборудованию в реальном времени передается только та часть данных от скважинных приборов, которая необходима оператору для оценки их работоспособности, и базовые геофизические данные для качественной оценки разреза. Состав передаваемых данных может корректироваться оператором в соответствии с решаемыми в данном конкретном исследовании задачами. Поскольку опрос скважинных приборов осуществляется по времени, максимально возможная скорость каротажа определяется фактическим объемом необходимых оператору в реальном времени данных при заданном шаге детализации по глубине. Остальная информация скважинных приборов сохраняется в энергонезависимой памяти телеметрического модуля (копий может

быть несколько для повышения надежности) с последующим извлечением ее после поднятия приборов на поверхность и совмещении с уже полученными через каротажный кабель данными. Само извлечение может быть реализовано через любой стандартный для персональных компьютеров интерфейс в проводном и в беспроводном варианте. В настоящее время для считывания данных из телеметрического модуля используется интерфейс USB 2.0 в проводном варианте. Поскольку модуль с данными расположен первым на кабеле, а сборка приборов производится в вертикальном варианте, то считывание может быть произведено сразу по выходу головной части сборки над уровнем стола ротора. Технологически предусмотрены три варианта считывания. Первый сопряжен с отделением телеметрического модуля от сборки, считывание производится непосредственно в помещении каротажной станции. Длина существующих образцов телеметрического модуля не превышает полутора метров, а масса – не более 20 кг, поэтому операция не представляет трудностей. Второй – это перемещение считающего устройства (ноутбука или планшета) непосредственно на стол ротора с соблюдением требований техники безопасности. Оба варианта предполагают наличие специализированного короткого USB-кабеля из комплекта наземного оборудования. И, наконец, третьим вариантом – считыванием без отсоединения телеметрического модуля от остальной сборки – можно воспользоваться при наличии дополнительного устройства – удлинителя USB-интерфейса [1].

В горизонтальных и сильлонаклонных скважинах типичны ситуации, когда использование кабельных линий оказывается невозможным. В этих случаях геофизические задачи решаются с использованием автономных каротажных комплексов, обладающих собственным аккумуляторным или батарейным питанием и реализующих внутри себя собственную логику процесса измерений.

Развитие принципа телеметрического модуля ведет к следующему этапу развития каротажных комплексов – комплексам универсальным, то есть кабельным и автономным одновременно. В случае кабельного каротажа скважинная сборка представляет собой приборную сборку с телеметрическим модулем в “голове” приборов (рис. 2), осуществляющим асинхронное преобразование кабельного интерфейса во внутриприборный и наоборот.

Соблюдается требование создания необходимого количества резервных копий для гарантии сохранности и целостности данных каротажа.

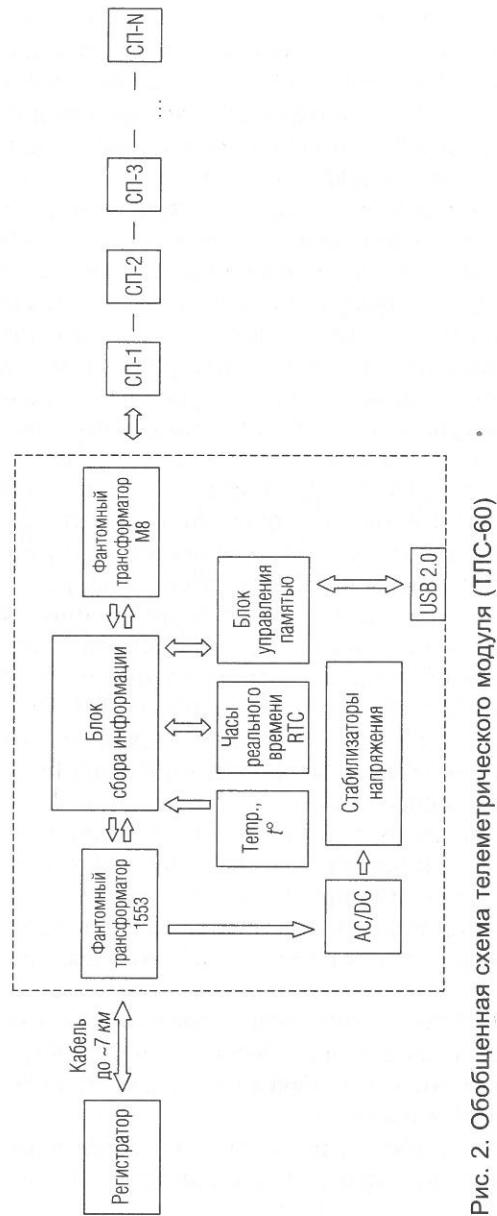


Рис. 2. Обобщенная схема телеметрического модуля (TLC-60)

Роль наземного оборудования в такой компоновке выполняет обычный каротажный регистратор, задающий всю логику опроса. Напомним, что функционально телеметрический модуль – это прежде всего дуплексный ретранслятор, пусть и асинхронный, обеспечивающий питание скважинной сборки через кабельную линию путем преобразования внешнего питания.

В автономном варианте роль наземного оборудования берет на себя отдельный модуль, так называемый скважинный регистратор, и блок питания (рис. 3), содержащий внутри себя необходимый набор аккумуляторов/батарей. Блоков питания может быть несколько в составе комплекса, если количество одновременно работающих приборов сборки превышает физические возможности единственного блока.

Скважинный регистратор представляет собой, фактически, приемопередатчик с собственной системой счета времени, реализующий собственную логику опроса сборки и управления питанием. В логическом смысле – это упрощенный вариант наземной части каротажного комплекса, лишенный системы счета глубины и операторского интерфейса. При такой компоновке вся сборка, за исключением скважинного регистратора и блока/блоков питания, функционирует одинаково как в кабельном, так и в автономном вариантах. Эта “одинаковость” позволяет использовать одни и те же приборы и в кабельном, и в автономном каротаже (в разных внешних корпусах, учитывающих ударные нагрузки автономного варианта) и удешевляет конструкцию.

Скважинный регистратор нуждается в предварительной инициализации на поверхности перед каротажем. Такая инициализация в существующих образцах осуществляется оператором через USB-интерфейс по аналогии с телеметрическим модулем. Процедура включает в себя передачу описаний опроса скважинных приборов (начало опроса, конец опроса, режимы работы) в привязке к астрономическому времени и процедуру синхронизации астрономического времени на поверхности и внутри скважинного регистратора. Синхронизация необходима для последующего совмещения данных от скважинных приборов и поверхностных данных по глубинам и временем, формируемым по движению буровой колонны. Модуль скважинного регистратора по аналогии с телеметрическим модулем содержит электронику резервного копирования каротажных данных, повышая таким образом надежность системы в целом.

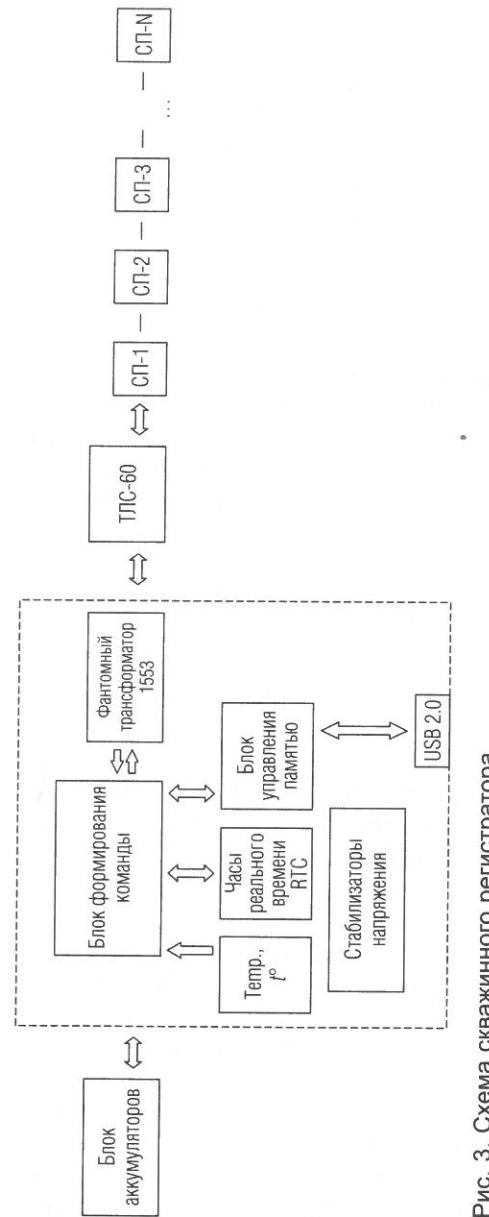


Рис. 3. Схема скважинного регистратора

Логическая схожесть кабельного и автономного вариантов каротажа позволяет реализовать операторское программное обеспечение в рамках единой оболочки для каротажей на кабеле и на буровом инструменте, получая на выходе каротажные данные в унифицированном формате. На общих принципах построения такого программного обеспечения здесь нет смысла останавливаться подробно. Отметим только, что возможностей операторской оболочки, существующей для кабельного варианта каротажа, после некоторых доработок оказывается вполне достаточно для проведения полного комплекса каротажных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.icron.com>
2. <http://www.karotazh.ru/index.php>
3. <http://www.geo.oilru.ru>
4. <http://www.slb.ru>
5. <http://www.bakerhughes.com>
6. <http://www.halliburton.com/en-US/default.page>
7. <http://www.sigma.kg>
8. <http://protonmag.ru/equipment/item-23/>
9. <http://ungs.kz/oborudovanie-i-po/nazemnye-registriruyushchie-sistemy/vulkan-v3/>

*Рукопись рассмотрена на научно-техническом совете
ООО “Нефтегазгеофизика” и рекомендована к публикации*