

УДК 550.832.52

В. А. Велижанин, С. Н. Саранцев, А. В. Смирнов, Ю. Н. Чуприн
ООО "Нефтегазгеофизика"

АВТОНОМНЫЙ ПРИБОР СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ГАММА-КАРОТАЖА ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И СИЛЬНОНАКЛОННЫХ СКВАЖИН

Приведены основные технические требования и принципы построения автономного прибора спектрометрического гамма-каротажа АПРК-СГК-90, характеристики и конструктивные особенности данного прибора, представлены результаты скважинных испытаний.

Ключевые слова: автономная аппаратура, спектрометрический гамма-каротаж, приборостроение, горизонтальные и сильнонаклонные скважины.

Геолого-технические условия и технология проведения геофизических исследований в сильнонаклонных и горизонтальных скважинах накладывают ряд общих для автономной аппаратуры требований к ее построению [1, 2].

Во-первых, это повышенная ударо-вибрационная стойкость аппаратуры. Значения ускорений могут неоднократно и существенно превышать 10 g. Кроме того, это воздействие достаточно продолжительно по времени.

Во-вторых, необходима хорошая проходимость прибора в интервалах с интенсивным набором зенитного угла. Особенно это актуально при каротаже боковых стволов с малым радиусом кривизны.

В-третьих, вертикальная сборка приборов на устье скважины. Длина сборки автономных приборов может достигать 20–30 м, а масса – нескольких сотен килограмм.

В-четвертых, требуется пониженное энергопотребление аппаратуры. Исходя из технологии проведения работ, используемые источники питания и энергопотребление автономной аппаратуры должны обеспечивать не менее 10–15 ч каротажа.

Перечисленные требования к построению автономной аппаратуры отразились на ее конструкции. Прибор АПРК-СГК-90 выполнен в стальном корпусе диаметром 90 мм и обеспечивает проведение геофизических исследований в скважинах диаметром от 110 до 350 мм.

Конструкция обоих концов прибора дает возможность вертикальной сборки связки приборов данной серии на устье скважины [1]. Кроме того, конструкция головки прибора обеспечивает возможность смещения оси прибора относительно оси головки до 5 град . Это важно при прохождении участков скважины с интенсивным набором зенитного угла. Для присоединения к буровому инструменту используется специальный переводник. Блок детектирования прибора для повышения удarno-вибрационной стойкости размещен в амортизационном устройстве. Емкость используемых в аппаратуре серии АПРК аккумуляторных сборок составляет $4,5 \text{ А}\cdot\text{ч}$ при напряжении 12 В [1]. В данном исполнении аккумуляторная батарея обеспечивает время непрерывной работы прибора спектрометрического гамма-каротажа АПРК-СГК-90 в режиме записи не менее $15\text{--}16 \text{ ч}$, что вполне соответствует требованиям технологии проведения каротажных работ с автономной аппаратурой. Основные технические характеристики прибора АПРК-СГК-90 приведены ниже:

Измеряемые параметры	Диапазон, %	Погрешность, %
Массовое содержание тория (Th)	$0,5\text{--}100 \cdot 10^{-4}$	$\pm 1,5 \cdot 10^{-4}\%$ при $\text{Th} \leq 15 \cdot 10^{-4}\%$ и 10% при $\text{Th} > 15 \cdot 10^{-4}\%$
Массовое содержание урана (U)	$0,5\text{--}100 \cdot 10^{-4}$	$\pm 1,5 \cdot 10^{-4}$ при $\text{U} \leq 15 \cdot 10^{-4}$ и 10 при $\text{U} > 15 \cdot 10^{-4}$
Массовое содержание калия (K)	$0,1\text{--}20$	$\pm 0,3$
Чувствительность	Не менее $1500 \text{ (имп/мин)}/\text{мкР/ч}$	

Общие технические данные

Общая длина прибора, мм, не более	2400
Диаметр прибора, мм, не более	90
Общая масса прибора, кг, не более	70
Питание автономное, В	12
Диапазон температуры окружающей среды рабочих условий применения, °С, не более	От -10 до $+120$
Верхнее значение гидростатического давления рабочих условий применения, МПа, не более	80
Время работы в автономном режиме, в режиме записи, ч, не менее	15
Размещение	На буровом инструменте

Кроме общих технических требований при разработке гамма-спектрометрической аппаратуры необходимо также учитывать ее технологические особенности. Так, зондовая часть прибора АПРК-СГК-90 состоит из кристалла CsJ(Na) размером 51×200 и ФЭУ Hamamatsu R-1847-05. Хорошо известно, что с повышением температуры снижается световыход сцинтилляционного детектора и, следовательно, происходит падение амплитуды импульса, поступающего на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с ФЭУ. Это приводит к изменению масштаба энергетической шкалы. Пример низкоэнергетической части спектра гамма-квантов с пиком 59 кэВ , создаваемым источником Am-241 при температурах детектора 20 и 120°C , зарегистрированных прибором АПРК-СГК-90, представлен на рис. 1. При начальном положении пика в 25-м канале температурный уход составил 10 каналов, или 40% при изменении температуры на 100°C . Кроме того, технология применения автономной аппаратуры с целью увеличения продолжительности времени каротажа предполагает включение прибора непосредственно перед началом записи,

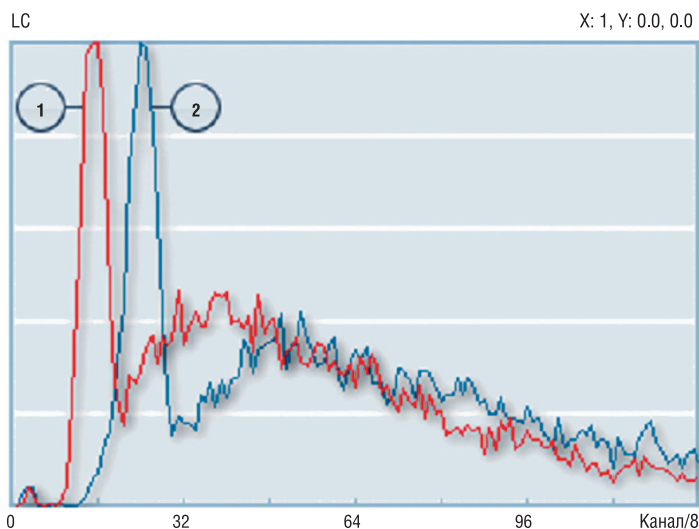


Рис. 1. Низкоэнергетическая часть спектра гамма-квантов при температурах детектора 120°C (1) и 20°C (2)

то есть вблизи забоя скважины. Следствием этого является то, что в момент включения прибора из-за прогрева блока детектирования в процессе спуска энергетическая шкала спектрометра существенно отличается от ее положения при настройке аппаратуры. Оба этих фактора следует учитывать при проектировании автономной аппаратуры спектрометрического гамма-каротажа.

Для учета влияния этих двух факторов (непрерывный температурный дрейф энергетической шкалы и произвольное положение энергетической шкалы при включении прибора) в аппаратуре АПРК-СГК-90 используется кристалл CsJ(Na) со встроенным источником Am-241, пик гамма-излучения которого с энергией 59 кэВ используется для автоматической настройки и удержания энергетической шкалы спектрометра. Для этого в процессе настройки аппаратуры АПРК-СГК-90 во флеш-память прибора записывается калибровочная зависимость значения коэффициента усиления ФЭУ от температуры детектора, обеспечивающая постоянство положения пика 59 кэВ на энергетической шкале спектрометра в соответствии с положением данного пика в калибровочном спектре, также записанного во флеш-память прибора при выполнении базовой калибровки аппаратуры. При включении аппаратуры предварительно проводится измерение температуры детектора и лишь затем в соответствии с измеренной температурой и калибровочной зависимостью выставляется коэффициент усиления ФЭУ.

В дальнейшем прибор, автоматически отслеживая изменение положения реперного пика встроенного изотопа Am-241 с энергией гамма-квантов 59 кэВ в аппаратурном спектре, выполняет автостабилизацию энергетической шкалы, изменяя коэффициент усиления ФЭУ. Алгоритм автостабилизации обеспечивает удержание энергетической шкалы спектрометра по линии 59 кэВ с погрешностью 1,5–2 кэВ при частоте корректировки один раз в 20–30 с. Пример низкоэнергетической части спектра гамма-квантов при температурах детектора 20 и 120 °С, зарегистрированных прибором АПРК-СГК-90 в режиме автостабилизации, представлен на рис. 2.

Прибор АПРК-СГК-90 оснащен комплектом наземного оборудования, которое обеспечивает связь прибора с компьютером, зарядку аккумуляторных батарей и питание прибора от внешнего источника напряжением +12 В.

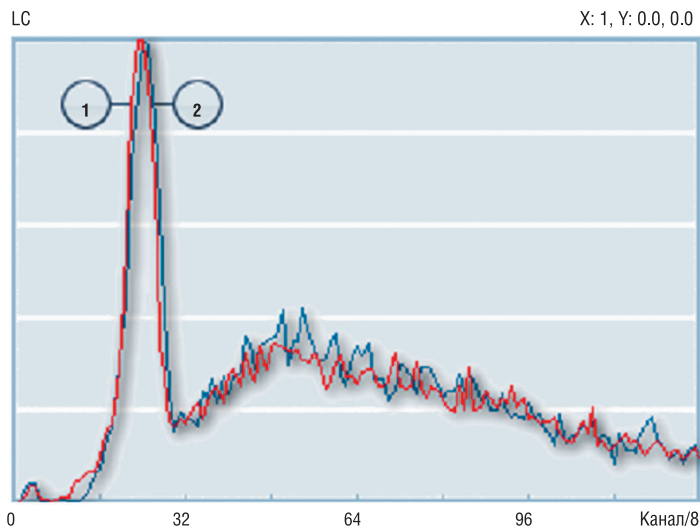


Рис. 2. Низкоэнергетическая часть спектра гамма-квантов при температурах детектора 120 °С (1) и 20 °С (2) (режим автостабилизации энергетической шкалы)

Программный комплекс, работающий в операционной системе Microsoft Windows, обеспечивает тестирование и настройку прибора, базовую калибровку аппаратуры, подготовку прибора к каротажу, считывание полученной информации, привязку полученных данных к глубине и первичную обработку данных каротажа. На рис. 3 и 4 приведены примеры интерфейса обслуживания аппаратуры.

Производственные испытания автономного прибора АПРК-СГК-90 были проведены на базе ОАО «Нижневартовскнефтегеофизика». Данные, полученные в ходе проведения каротажа, подтвердили характеристики аппаратуры, полученные при ее разработке и лабораторных испытаниях. На рис. 5 приведен пример записи аппаратурой АПРК-СГК-90 с оценкой точности удержания энергетической шкалы спектрометра в процессе каротажа. Погрешность удержания энергетической шкалы не превышает 1,0 кэВ по линии 59 кэВ, что обеспечивает в дальнейшем привязку энергетической шкалы по опорному, калибровочному спектру с погрешностью не более 20–25 кэВ по линии тория 2620 кэВ.

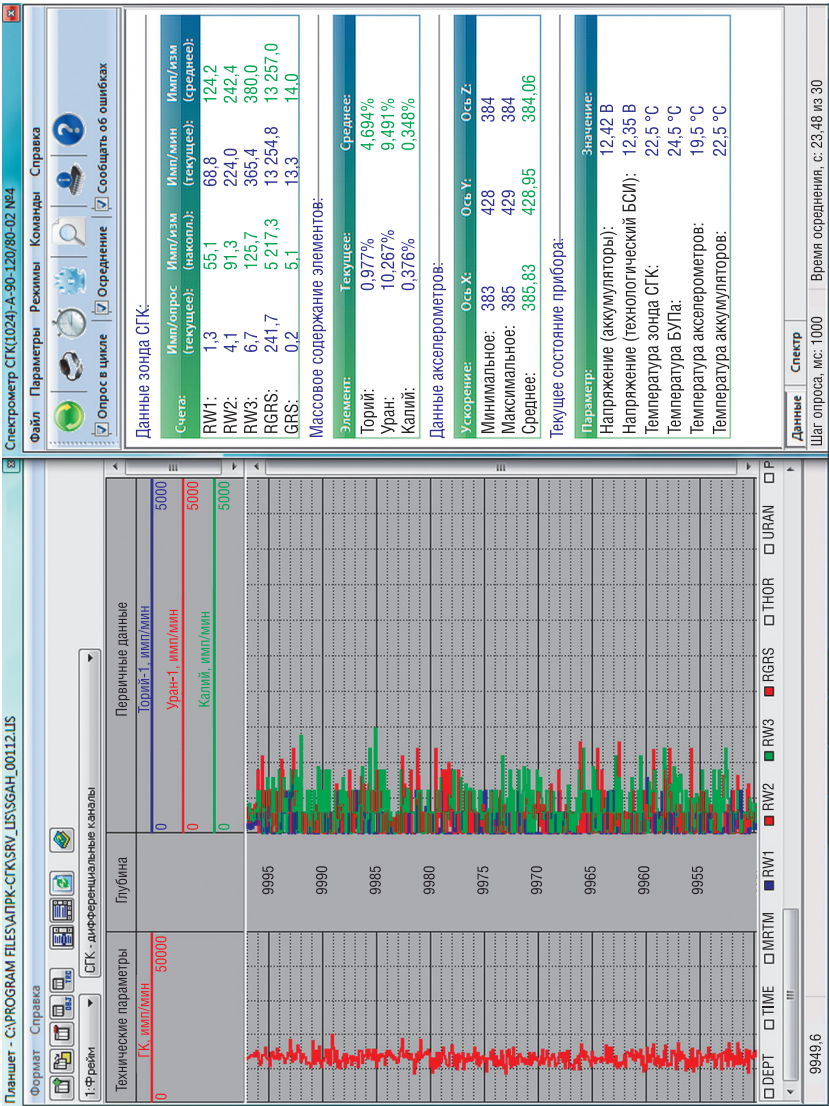


Рис. 3. Интерфейс программы обслуживания автономной аппаратуры АПРК-СГК-90

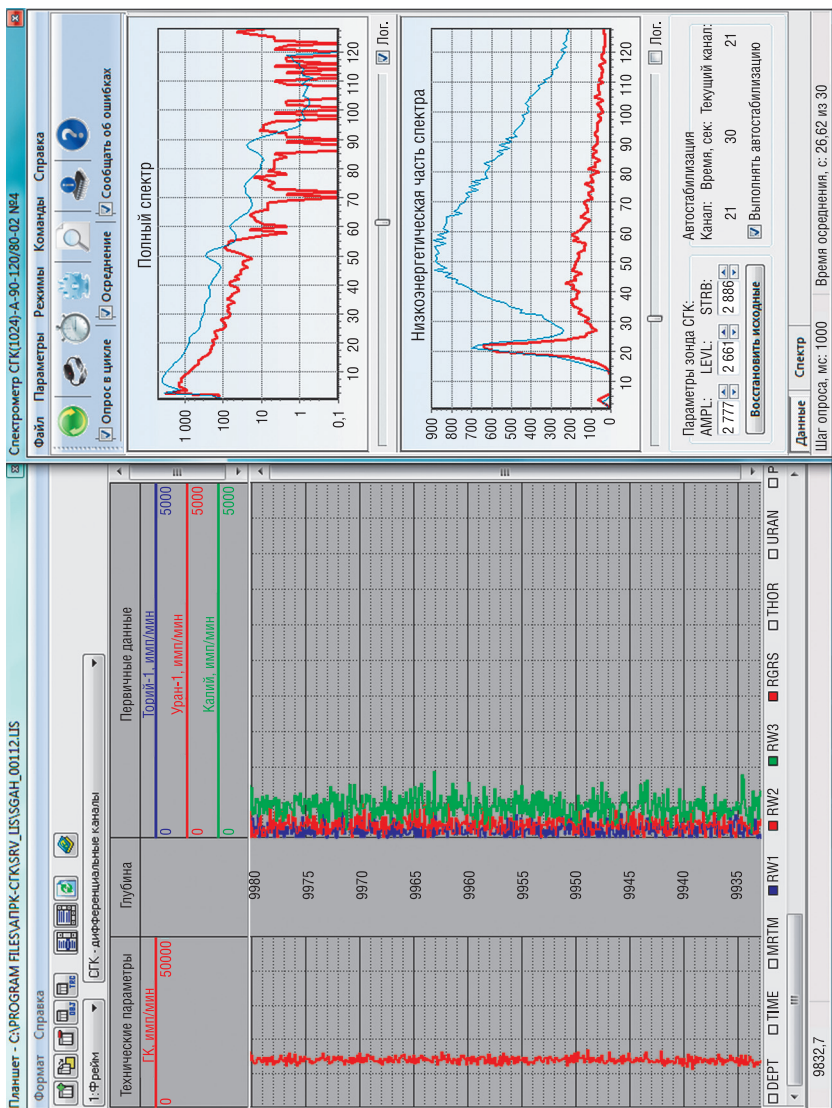


Рис. 4. Интерфейс программы обслуживания автономной аппаратуры АРК-СГК-90

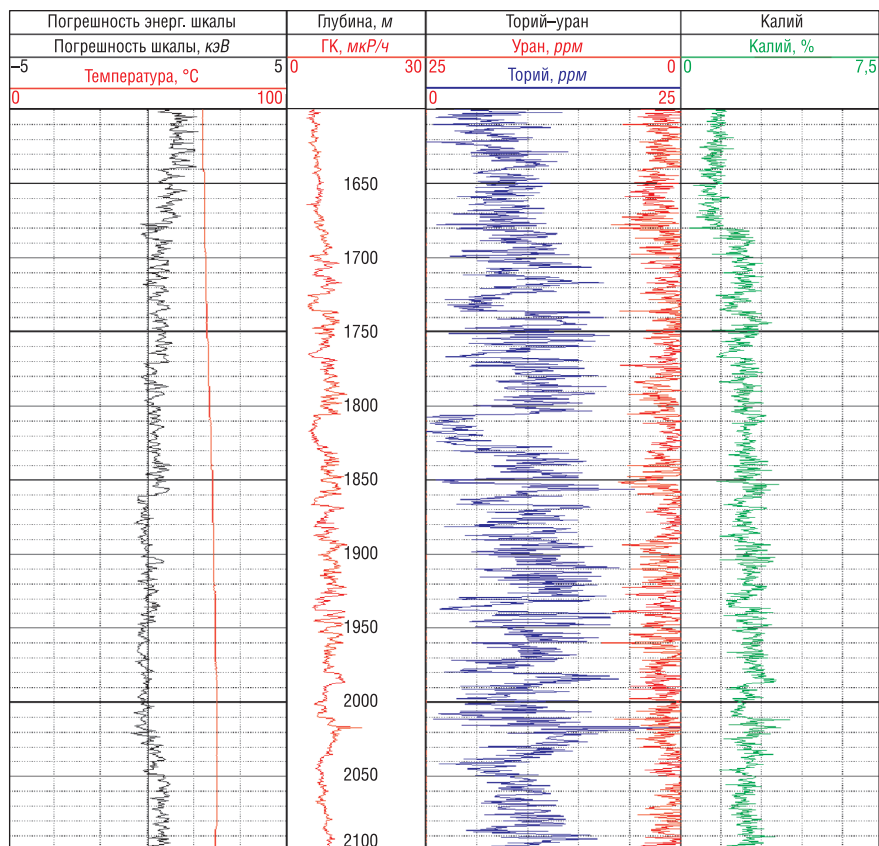


Рис. 5. Пример записи каротажа прибором АПРК-СГК-90 с оценкой погрешности удержания энергетической шкалы спектрометра

ЛИТЕРАТУРА

1. Велижанин В. А., Емельянов А. В., Хаматдинов Р. Т., Черменский В. Г. Автономный прибор плотностного гамма-гамма-каротажа для горизонтальных и сильнонаклонных скважин // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2007. Вып. 3. С. 74–79.
2. Емельянов А. В., Черменский В. Г., Велижанин В. А. Разработка и применение автономной аппаратуры радиоактивного каротажа для исследований горизонтальных и сильнонаклонных скважин // Научно-практическая конференция "Ядерная геофизика". СПб., 2004.