

Ю.М.ЗАВОРОТЬКО



МЕТОДИКА
И ТЕХНИКА
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
СКВАЖИН

В нефтяных и газовых скважинах масштаб записи должен быть таким, при котором отклонение кривой против водоносных пластов-коллекторов с $\rho_k \leq 1$ Ом·м составит не менее 1 см. В угольных и рудных скважинах при записи кривой КС в стандартном масштабе $n_{КС}$ ее минимальное отклонение от нулевой линии должно быть не менее 0,5 см. Однако на месторождениях сульфидных руд, магнетитовых скарнов, графита, антрацита соблюдение этого требования не всегда возможно ввиду слишком малого сопротивления этих полезных ископаемых по сравнению с вмещающими породами. Поэтому на указанных месторождениях стандартный масштаб $n_{КС}$ выбирают таким, чтобы кривая КС против вмещающих пород не выходила за пределы диаграммной ленты и имела максимальную амплитуду.

Стандартный масштаб $n_{ПС}$ должен быть таким, чтобы амплитуды аномалий ПС составляли не менее 5—8 см при удельном сопротивлении бурового раствора $\rho_0 > 0,2$ Ом·м при температуре пласта (обычно $n_{ПС} = 2,5; 5; 12,5; 25$ мВ/см) [50]. В случае детальных исследований, а также тогда, когда в стандартном масштабе аномалии ПС имеют амплитуды менее 2 см (например, при высокой минерализации бурового раствора), масштаб $n_{ПС}$ может быть любой, но достаточно крупный, обеспечивающий четкое литологическое расчленение разреза без частых переносов кривой.

При детализации угольных пластов и рудных зон масштабы $n_{КС}$ и $n_{ПС}$ также могут отличаться от стандартных, так как здесь важно получить достаточно дифференцированные кривые, по которым определяются границы и структура угольных пластов и зон оруденения, изучается их качественный и количественный состав.

Установка масштаба $n_{КС}$ при работе на трехжильном кабеле

Кажущееся удельное сопротивление ρ_k , измеренное каротажным зондом в скважине, определяется по формуле

$$\rho_k = K \frac{\Delta U}{I}, \quad (1)$$

где K — коэффициент зонда, м; ΔU — разность потенциалов между измерительными электродами M и N , мВ; I — сила тока в цепи AB , мА.

При измерении КС 1 см отклонения пишущего устройства соответствуют $\Delta U = m_{КС}$ (постоянная по напряжению) и $\rho_k = n_{КС}$ (масштаб записи кривой КС, Ом·м/см).

В связи с этим формула (1) примет вид:

$$I = K m_{КС} / n_{КС}. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что масштаб $n_{КС}$ можно получить путем изменения как силы тока в цепи AB , так и величины $m_{КС}$ в измерительном канале, либо выполнением того и другого одновременно; при этом не обязательно знать их численные значения.

Проверка и настройка генератора 400 Гц

Перед проверкой и настройкой генератора к электродам *A* и *B* зонда А0,5М0,1N подключают магазин сопротивлений, установив на нем сопротивление 120 Ом. Вместо резистора *R24* (рис. 35) включают другой магазин сопротивлений, к резистору *R35* стандарт-сигнала подключают электронный осциллоскоп (*ЭО*) и подбором сопротивлений на магазине проверяют степень возбуждения генератора по максимальной амплитуде напряжения на экране *ЭО*. Частота колебаний генератора должна быть в пределах $400 \div 5$ Гц. Ее измеряют частотомером ЧЗ-7 или по фигурам Лиссажу, воспользовавшись в последнем случае генератором ГЗ-33. Подстройку частоты осуществляют резистором *R27*.

Подбором резистора *R30* (подключив вместо него магазин сопротивлений) регулируют ток питания электродов *AB* таким образом, чтобы напряжение на резисторе *R35*, измеренное ламповым вольтметром ВЗ-13, было не менее 2 В. Перед окончательной установкой тока закорачивают магазин сопротивлений в цепи *AB* и резистором *R30* увеличивают ток до искажения формы напряжения на резисторе *R35*, затем уменьшают ток на 10—15% и окончательно подбирают резистор *R30*.

При изменении сопротивлений на магазине в цепи *AB* от 0 до 120 Ом ток питания не должен изменяться более чем на 0,5%.

Проверка и настройка генератора 50 кГц

Настройка генератора заключается в установке возбуждения и частоты генерации. Регулировку степени возбуждения генератора осуществляют подбором резистора *R2* (см. рис. 35). При этом к контрольной точке *КТ2* (к емкости *С15*) блока ИК подключают электронный осциллоскоп и ламповый вольтметр, а к емкости *С4* генератора — тестер. Форма колебаний должна быть синусоидальной, напряжение в точке *КТ2* $1,7 \pm 0,05$ В, напряжение на емкости *С4* 110—116 В. Подстройка частоты генератора осуществляется емкостью *С1* с точностью $\pm 0,2$ кГц. Частоту измеряют частотомером в точке *КТ2* блока ИК.

Проверка и настройка блока ИК

Проверка и настройка блока ИК заключается в подборе числа витков катушек *L1* и *L2* (см. рис. 35) и в снятии частотной характеристики усилителя. Индуктивность катушек должна быть 10 мГ, ее измеряют прибором Е12-1. При снятии частотной характеристики отсоединяют индукционный зонд от электронного блока и к точке *I* трансформатора *Тр1* подключают генератор ГЗ-33 и частотомер Ф576 (рис. 36), а к контрольной точке *КТ1* (см. рис. 35) — ламповый вольтметр и электронный осциллоскоп. На генераторе устанавливают частоту 50 кГц и такой уровень напряжения, чтобы сигнал в точке

K_{T1} был равен 20—30 мВ. Изменяя частоту генератора от 40 до 60 кГц, определяют по осциллоскопу точки максимумов и минимума частотной характеристики и соответствующие им уровни сигналов $U_{1\max}$, $U_{2\max}$ и U_{\min} (рис. 37).

При этом должны соблюдаться соотношения

$$|U_{1\max} - U_{2\max}| / U_{1\max} \leq 0,1; \quad (29)$$

$$U_{\min} / U_{1\max} = 0,4 \div 0,5. \quad (30)$$

Если индуктивности $L1$ и $L2$ и емкости $C4—C6$ соответствуют номиналу, то уровню сигнала U_{\min} должна соответствовать частота $f_{\min} = 50$ кГц.

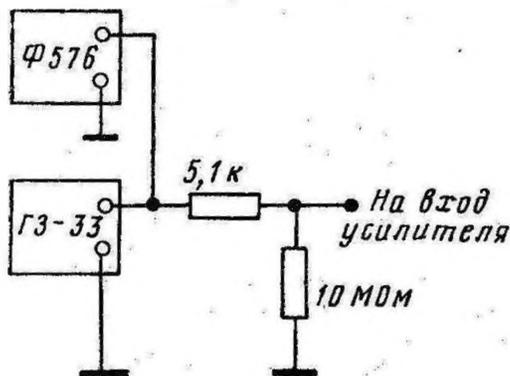


Рис. 36. Схема проверки блока ИК аппаратуры АИК-3

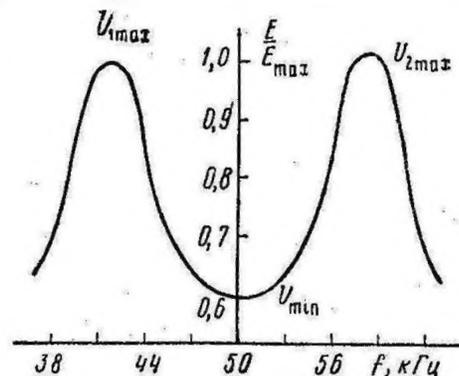


Рис. 37. Частотная характеристика блока индукционного канала аппаратуры АИК-3

Затем проверяют величину модулирующего напряжения частоты 400 Гц на резисторе $R5$, которое должно быть равным $1,7 \pm 0,05$ В, в противном случае подбирают резистор $R23$ в блоке генератора 400 Гц.

Настройка фазы блока индукционного канала

В индукционном каротаже регистрируется активная составляющая вектора сигнала ИК, обусловленная магнитным полем вихревых токов и совпадающая по фазе с вектором тока генераторной линии зонда, а реактивная составляющая, обусловленная магнитной восприимчивостью окружающей среды, должна быть подавлена.

При настройке канала на активную компоненту используется реактивная составляющая, представляющая собой часть прямого поля зонда ИК. Эта э. д. с. поступает на вход канала ИК при соединении выводов 1 и 3 разъема измерительных катушек зонда. При установке фазы к выходу канала ИК на регистратор подключают прибор М198/1, а вместо резистора $R21$ фазовращателя (см. рис. 35) — магазин сопротивлений. Соединив выводы 1 и 2 разъема измерительных катушек зонда, измеряют выходные сигналы U_1 при различных сопротивлениях фазовращателя, затем таким же образом —

выходные сигналы U_2 при соединении выводов 1 и 3. Находят максимальное значение разности сигналов $\Delta U = U_2 - U_1$ и определяют соответствующее ей сопротивление на магазине. Подбирают ближайший по номиналу резистор и впаивают его в схему.

Проверка и настройка сумматора

При проверках и настройках сумматора к резистору R_5 (см. рис. 35) подключают ламповый вольтметр, входы частотных модуляторов каналов ИК и КС закорачивают. При этом на вход сумматора поступают колебания частот 7,8 и 14 кГц с частотных модуляторов. Подбором резисторов R_1 , R_2 и R_4 на входе сумматора добиваются следующих уровней напряжения на резисторе R_5 : 7,8 кГц — 100 мВ, 14 кГц — 200 мВ, 400 Гц — 150 мВ.

При измерении указанных сигналов оставляют впаянным в схему только проверяемый вход.

Проверка и настройка блока управления

Настройка блока управления сводится к подбору резисторов R_{11} и R_{18} узла $У2$ и настройке фильтра узла $У1$ (см. рис. 34). При подборе резистора R_{11} выпаивают из схемы резистор R_{18} , к выходу блока усилителя подключают генератор ГЗ-33, а к контактам $2a$ и $3a$ разъема $Ш1$ — электронный осциллоскоп.

Увеличивая уровень сигнала на входе $У2$, подбирают резистор R_{11} таким образом, чтобы ограничение синусоиды сверху и снизу наступало одновременно. Затем резистор R_{18} впаивают в схему и подают на блок управления опорный сигнал 400 Гц от скважинного прибора при среднем положении регулятора R_3 «Рег.; опорный сигнал». Выходное напряжение на контактах $2a$ и $3a$ разъема $Ш1$ должно быть равно 5 В. Затем подбирают резистор R_6 таким образом, чтобы при указанном напряжении показания миллиамперметра блока ИК были 0,6 мА.

Подстройку блока $У1$ осуществляют подбором емкостей C_1 и C_2 по максимуму напряжения на выходе фильтра (или на входе усилителя) при подаче на его вход сигнала 0,2 В от генератора ГЗ-33.

Эталонирование аппаратуры и определение фактических величин стандарт-сигналов

Перевод измеряемых сигналов в индукционном каротаже в единицы проводимости осуществляется с помощью градуировочных колец (тестов), проводимость которых без учета скин-эффекта (который обусловлен взаимным влиянием вихревых токов в горных породах) заранее известна (табл. 9).

Зная величину проводимости теста или стандарт-сигнала σ , устанавливают масштаб записи n кривой ИК по формуле

$$l = \sigma/n. \quad (31)$$

Проводимость тестов аппаратуры АИК-3

Измеряемая величина	Зонд 6Ф1				Зонд 5Ф1,2				
Удельное сопротивление, Ом . . .	∞	16,67	10,53	3,12	∞	22,2	7,14	3,08	2,56
Проводимость, мСм/м	0	56	89	265	0	42	124	250	265

Обычно масштаб записи определяют по стандарт-сигналу, а сигналы теста используют для контроля установленного масштаба и нанесения шкал проводимости и сопротивления.

При определении фактической величины стандарт-сигнала в измерительном канале фоторегистратора фиксируют отклонения блика l_{cc} и l , соответствующие проводимостям σ_{cc} и σ стандарт-сигнала и теста.

Величину σ_{cc} находят по формуле

$$\sigma_{cc} = l_{cc} \sigma / l. \quad (32)$$

При этом σ_{cc} должна быть равна 250 мСм/м, в противном случае подбирают емкость $C1$ в общей части схемы (см. рис. 35).

Фактическую величину стандарт-сигнала в канале КС определяют при помощи магазина сопротивлений. Для этого магазин сопротивлений подключают к электродам зонда (см. рис. 18), схему скважинного прибора устанавливают на замер стандарт-сигнала и блику гальванометра задают возможно большее отклонение в пределах шкалы регистратора. Затем при замере сигнала зонда добиваются такого же отклонения изменением сопротивлений R_0 на магазине. Фактическую величину стандарт-сигнала ρ_k определяют по формуле (4), а если она отличается от 40 Ом·м, подбирают резистор $R37$ в блоке генератора 400 Гц (см. рис. 35). Подстройку стандарт-сигналов можно и не производить, пользуясь при установке масштабов записи кривых ИК и КС фактическими значениями стандарт-сигналов.

Проведение измерений на скважине

Перед спуском в скважину прибор располагают на деревянных подставках (так же, как и на базе). Тест размещают на зонде строго на середине расстояния между генераторной и приемной катушками. Схема подключения и порядок первого включения здесь такие же, как и на базе.

При включении схемы прибора на замер сигнала зонда ИК и выключенном тесте компенсируют нуль-сигнал и выставляют блики в нулевое положение. Затем переводят схему на замер стандарт-сигнала и после регулировки фазы панели ИПЧМ

устанавливают масштаб записи кривой ИК в соответствии с формулой (29). Требуемого отклонения добиваются путем изменения постоянной по напряжению в измерительном канале станции. Затем переключаются на замер сигналов от теста, включая на тесте соответствующие тумблеры. Положение нуля регистратора, нуль в воздухе, стандарт-сигнал и сигналы от теста фиксируют на диаграммной ленте. Проверяют работоспособность канала КС по стандарт-сигналу, предварительно закратив электроды А и В зонда, устанавливают масштаб записи кривой КС в соответствии с формулой (15).

Выключив питание скважинного прибора, опускают его в скважину. При нахождении головки косы скважинного прибора или первой метки на кабеле против точки отсчета глубин на механическом счетчике глубин устанавливают нулевые показания или цену первой метки. Включают питание скважинного прибора. При выходе скважинного прибора из обсаженной части скважины блики гальванометров при замере сигналов зондов должны отклониться вправо.

При записи кривой ПС третью жилу кабеля необходимо подключить к клемме «ПС» на блоке АИК-3 и включить тумблер «Коммут. ПС» на панели ИПЧМ (см. рис. 32). Масштаб записи кривой устанавливают путем подачи известной разности потенциалов от ГКП.

При спуске прибора на забой контролируют работу схемы по отклонениям бликов гальванометров. В призабойной части скважины проверяют отклонения бликов в обоих каналах от стандарт-сигналов, при необходимости корректируют масштабы записи. Скорость спуска прибора на забой выбирают в соответствии с методическими положениями § 4.

Перед началом записи устанавливают схему на замер сигналов зондов и регистрируют кривые в соответствии с положениями § 19. После выполнения контрольного замера и перекрытия ранее проведенных исследований в интервале не менее 50 м регистрируют кривую ИК против опорного пласта мощностью более 5 м и удельным сопротивлением более 200 Ом·м. Если такой пласт имеется в интервале каротажа, то запись кривой ИК против него не производят [50]. Затем прибор поднимают на поверхность и фиксируют на диаграммных лентах те же сигналы, что и перед началом записи. Проявляют фотоленты и оценивают качество диаграмм.

Оформление и оценка качества диаграмм ИК

Оформляются диаграммы ИК в принципе так же, как в других методах электрокаротажа. Диаграммы ИК должны содержать заголовки, все пункты которого заполняются в соответствии с требованиями [50]. Сверху на диаграмму ИК наносят масштабные шкалы проводимости и сопротивлений по данным калибровки от тестов.

Диаграммы ИК считаются высококачественными, если отвечают следующим требованиям:

1) запись произведена в соответствии с рассмотренными выше методическими положениями;

2) кривые соответствуют геолого-геофизическому разрезу, а масштабы записи — общепринятым в районе работ;

3) стабильность стандарт-сигналов $\pm 3\%$;

4) нестабильность масштаба записи и кривой ИК по результатам контрольных измерений не превышает $\pm 10\%$, а нулевого уровня до и после каротажа $2 \div 3$ мм;

5) скорость измерений и погрешности определения глубин находятся в допустимых пределах (§§ 4, 5).

Окончательно качество диаграмм ИК устанавливают на базе партии по сопоставлению результатов обработки БКЗ и других методов электрокаротажа.

Глава VII

ДРУГИЕ МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОКАРОТАЖА

§ 21. МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ТОКА

Методы регистрации тока (ТК — токовый каротаж, БТК — боковой токовый каротаж, МСК — метод скользящих контактов) применяют в угольных и рудных скважинах с целью литологического расчленения разреза и детального изучения строения и мощности угольных пластов и рудных зон.

Методика и техника ТК и МСК

В методах ТК и МСК записываются кривые изменения разности потенциалов ΔU_0 на эталонном сопротивлении R_0 , обусловленные изменением силы тока в цепи АВ (рис. 38). Требуемую схему измерений легко обеспечить на станции типа АЭС, поставив тумблер «I — ΔU » в положение «I», а тумблеры «~; =» в токовой и измерительной цепях — в положение «=» (см. рис. 4).

Для того чтобы ток в цепи АВ изменялся возможно больше, сопротивление токовой цепи уменьшают путем выведения из нее реостата грубой регулировки тока. Требуемую силу тока в цепи АВ устанавливают изменением напряжения выпрямительного блока и реостатами средней и точной регулировки тока.

Силу тока, контрольный шунт и постоянную по напряжению потенциометра ПАСК-8 подбирают при спуске зонда в скважину в опытным порядке таким образом, чтобы амплитуды аномалий были не менее 5—8 см.

Полярность подключения измерительного канала к R_0 должна быть такой, чтобы против пород низкого сопротивления кривая отклонялась вправо. Первоначальную силу тока в методе ТК устанавливают против пород низкого сопротивления и, подавая в измерительный канал разность потенциалов от ГКП, выводят ползунок реохорда на 10—12 см шкалы.

Если в процессе записи кривая ТК близко подходит к одному из краев бумаги, то ее сносят изменением разности потенциалов от ГКП. Слишком частые переносы кривой не допускаются.

Увеличение диаметра скважины и повышение минерализации бурового раствора приводит к сглаживанию кривой ТК и, следовательно, к неточному определению границ пластов. Для некоторого уменьшения влияния указанных факторов в рудных скважинах электрод *A* выполняют в виде щетки, соприкасающейся при измерениях со стенками скважины.

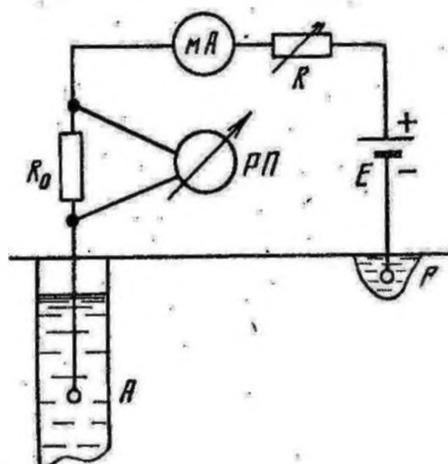


Рис. 38. Принципиальная схема токового каротажа

Подбор оптимальной силы тока в цепи *AB* осуществляют при нахождении электрода *A* в колонне, при этом расстояние между ползунком реохорда и правым краем бумаги должно быть 1—2 см.

Против угольных пластов кривую ТК регистрируют чаще всего в масштабе глубин 1 : 50 или 1 : 20, в некоторых случаях (для четкого литологического расчленения разреза) ее записывают по всей скважине в масштабе глубин 1 : 200.

Кривую МСК регистрируют по всей скважине в масштабе глубин 1 : 200, а затем детализируют рудные

зоны в масштабе глубин 1 : 50. Поисковые и детальные исследования проводят так же, как и в методах КС и ПС.

Скорость перемещения зонда в поисковом масштабе глубин не должна превышать 800—1000 м/ч, а в детализационном масштабе 200—300 м/ч.

Методика и техника работ методом БТК

Метод БТК основан на различии горных пород по удельному сопротивлению и обычно применяется для детализации угольных пластов.

Зонд БТК состоит из центрального электрода *A₀* шириной 2 см и двух экранных электродов *A₁* и *A₂* каждый длиной 0,75 м, соединенных между собой и отделенных от *A₀* изолирующими промежутками шириной 1—2 см. Поскольку все электроды зонда (рис. 39) питаются током одной полярности, то ток электрода *A₀* будет распространяться перпендикулярно к стенкам скважины в пределах ширины электрода *A₀*. При такой фокусировке тока на результаты измерений значительно уменьшается влияние диаметра скважины, мощности пласта, сопротивления вмещающих пород и бурового раствора.

При проведении измерений на скважине выводы *A*, *M*, *N* зонда (см. рис. 39) подключают к соответствующим гнездам токовой

и измерительной цепей станции, которые готовят к работе так же, как и в методе КС. Силу тока в цепи AB и постоянную по напряжению в измерительном канале подбирают таким образом, чтобы аномалии против угольных пластов имели амплитуды 5—8 см. Точкой записи кривой БТК является электрод A_0 .

Оценка качества диаграмм

Подлинники диаграмм ТК, МСК, БТК снабжаются форменным заголовком с перечнем основных сведений, указанных в § 10. Кроме того, в заголовке указывается величина силы тока питания и контрольный шунт.

Масштабные шкалы кривых ТК и МСК выражают в миллиамперах с шагом через 2 см. Масштабную шкалу разбивают относительно тока в начале записи (ТК) или в колонне (МСК) с учетом величины контрольного шунта и постоянной по напряжению в канале регистратора. Масштаб кривой БТК изображают отрезком 2 см с указанием над ним количества милливольт.

Диаграммы считаются качественными, если они записаны в соответствии с рассмотренными выше методическими положениями, отвечают требованиям § 10, а расхождения между основным и повторным замерами не превышают 10% (ТК, БТК) и 15% (МСК) [50].

§ 22. МЕТОД ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Методика и техника работ

Метод электродных потенциалов (МЭП) применяется для выделения в разрезах скважин медноколчеданных, полиметаллических, медно-никелевых, магнетитовых руд, графита, угольных пластов — антрацитов и позволяет определить с большой точностью их границы, выделить отдельные прослои и прожилки и установить характер оруденения и строения залежи.

В методе ЭП измеряется электродная разность потенциалов $\Delta U_{ЭП}$ между двумя изолированными друг от друга электродами, один из которых (M) выполнен в виде щетки, касающейся стенок скважины, а другой (N) — в виде соединенных между собой двух цилиндров длиной по 10 см, находящихся в буровом растворе [30].

Учитывая, что большая часть электропроводящих минералов характеризуется положительным или близким к нему электродным потенциалом, для получения возможно большей величины $\Delta U_{ЭП}$ электроды зонда МЭП изготовляют из металлов с наиболее отрицательными электродными потенциалами — обычно цинк, у которого $U_{ЭП} = -0,76$ В. Цинковые электроды имеют достаточную прочность, стабильный электродный потенциал, величина которого

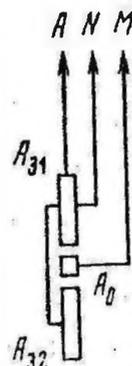


Рис. 39. Принципиальная схема бокового токового каротажа

мало зависит от концентрации собственных ионов металла в растворе и почти не изменяется в присутствии посторонних ионов, обеспечивают быстрое установление электродного потенциала и достаточное постоянство начальной разности потенциалов.

Диаметр скользящего электрода не должен превышать диаметр скважины против рудного тела более чем на 1 см. В противном случае нарушается симметрия схемы и на показании кривой МЭП начинает сказываться неполное исключение влияния потенциала ПС, вызывающего возникновение отрицательных аномалий МЭП.

В безрудной части скважины потенциалы скользящего электрода и электрода сравнения практически одинаковы ($-0,76$ В), и электродная разность потенциалов между ними равна 0. Против электропроводящих тел скользящий электрод воспринимает их электроположительный потенциал, в результате чего между обоими электродами возникает электродная разность потенциалов, достигающая против сплошных залежей нескольких сотен милливольт.

Поскольку величина электродного потенциала против сульфидных руд изменяется в широких пределах (наименьшая — для галенита и наибольшая — для пирита) и зависит от характера и размера рудных включений (массивные, вкрапленные), площади поверхности скользящего электрода и ряда других факторов (в частности, характера бурового раствора), то масштаб записи кривой МЭП выбирают в опытным порядке. Обычно при масштабах записи 12,5—50 мВ/см обеспечивается детальное расчленение зон сплошного сульфидного и магнетитового оруденения.

Для того чтобы рудные интервалы отмечались на диаграмме возрастанием потенциала, электроды M и N зонда МЭП коллекторным проводом подключают к соответствующим гнездам пульсаторно-токовой панели станции типа АЭКС (см. рис. 4) или прямо на вход ПАСК-8 (см. рис. 6). При этом измерительную цепь станции устанавливают для работы на постоянном токе, а измерительный канал ПАСК готовят к работе таким же образом, как и перед записью кривой ПС. Чтобы щеточный электрод изнашивался равномерно, к зонду на расстоянии 1—1,5 м на куске кабеля подсоединяют дополнительный груз.

При нахождении зонда в заведомо безрудной части скважины ($\Delta U_{ЭП} = 0$) в измерительный канал вводят разность потенциалов от ГКП и смещают кривую вправо на 2—3 см от нулевой линии.

Порядок проведения измерений на скважине в методе ЭП такой же, как и при записи кривой ПС.

Поскольку скользящий электрод очень быстро воспринимает потенциал рудного тела, то при завышенной скорости подъема кабеля ползунок реохорда не будет успевать полностью регистрировать $\Delta U_{ЭП}$. Поэтому скорость подъема зонда при записи кривой в масштабе глубин 1 : 200 не должна превышать 200—300 м/ч, а в масштабе глубин 1 : 50 — 100 м/ч.

Оценка качества диаграмм

По форме заголовка и оформлению подлинников диаграммы МЭП не отличаются от диаграмм других методов каротажа (см. § 10).

Диаграммы МЭП считаются высококачественными, если они записаны в соответствии с рассмотренными выше методическими положениями и отвечают требованиям § 10, контрольные измерения и перекрытие ранее проведенных исследований выполнены на интервале не менее 10—25 м, расхождения между основным и контрольным замерами не превышают 15% от максимальной амплитуды кривой [50].

Глава VIII

ПОМЕХИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА

§ 23. УТЕЧКИ ТОКА

Допустимые сопротивления изоляции цепей

Плохое качество промыслово-геофизических материалов обусловлено, в частности, наличием помех, связанных с нарушением изоляции жил кабеля, цепей скважинных приборов, аппаратуры каротажных станций. Возникающие погрешности могут настолько исказить результаты измерений, что они становятся непригодными для дальнейшей интерпретации.

При каротажных работах может быть использован кабель, имеющий сопротивление изоляции не менее 2 МОм. Поскольку сопротивление изоляции кабеля уменьшается с увеличением его длины, указанное требование означает, что кабель длиной 4—6 км должен иметь сопротивление изоляции не менее 6—12 МОм·км. Однако следует учитывать, что сопротивление изоляции кабеля уменьшается в скважинах с минерализованным раствором, а также при высокой температуре и большом давлении, поэтому на поверхности оно должно быть не менее 5 МОм.

В аппаратуре каротажных станций сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм для цепей *AB*, 10 МОм — для «ЗП», 50 МОм — для цепей *MN*, 20 МОм — для цепей переменного тока, 0,5 МОм — между полукольцами пульсатора. Надежность сопротивления изоляции и исправность цепей скважинного прибора определяются по измеренному сопротивлению между его отдельными вводами, а также между отдельными вводами и корпусом. Требуемые величины сопротивлений указываются в инструкциях к соответствующим приборам.

Проверка сопротивления изоляции кабеля, коллектора лебедки, отсоединенных кос и головок скважинных приборов, подводов

При нахождении каротажного вонда в среде с известным ρ_k масштабу $n_{КС}$ соответствует отклонение пишущего устройства

$$l = \rho_k / n_{КС}. \quad (3)$$

Масштаб $n_{КС}$ будет установлен, если при измерении разности потенциалов ΔU_0 на эталонном сопротивлении R_0 (контрольный шунт), включенном в токовую цепь (рис. 1), отклонение l будет таким же, как и в среде с известным ρ_k , т. е. $\Delta U_0 = \Delta U$.

Так как $\Delta U_0 = IR_0$, то с учетом формулы (1) получим

$$\rho_k = KR_0. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что подключение измерительного канала к R_0 эквивалентно известному ρ_k , которое должно вызвать отклонение пишущего устройства на

$$l = KR_0 / n_{КС}. \quad (5)$$

Формула (5) выведена в предположении, что постоянная m_i при установке масштаба $n_{КС}$ равна постоянной $m_{КС}$ при записи кривой. Если при переходе на запись кривой КС увеличить постоянную $m_{КС}$ без изменения силы тока I в цепи AB , то в соответствии с формулой (2) масштаб $n_{КС}$ увеличится в $m_{КС}/m_i$ раз.

Вполне очевидно, что

$$l = \frac{KR_0}{n_{КС}} \frac{m_{КС}}{m_i}. \quad (6)$$

Заметим, что в данном случае нам нужно знать только величину отношения $m_{КС}/m_i$, а не численные значения постоянных $m_{КС}$ и m_i . Увеличения указанного отношения добиваются переключением пределов измерения потенциометра ПАСК-8 с «Л-20» на «Л-100» или включением делителя, а на станциях типа АКС — изменением коэффициента ослабления.

Поскольку постоянные по напряжению у гальванометров 1/5 и 1/25 в 5 и 25 раз больше, чем у гальванометра 1/1, кривые КС, зарегистрированные ими, будут иметь масштабы записи в 5 и 25 раз грубее по отношению к кривой гальванометра 1/1.

Формулы (5) и (6) равнозначны, однако по формуле (6) отклонение получается больше. Формулой (5) пользуются тогда, когда $K/n_{КС}$ — величина достаточно большая и при имеющихся в станциях контрольных шунтах R_0 можно обеспечить достаточно большое отклонение l в пределах шкалы регистратора, а формулой (6) — в

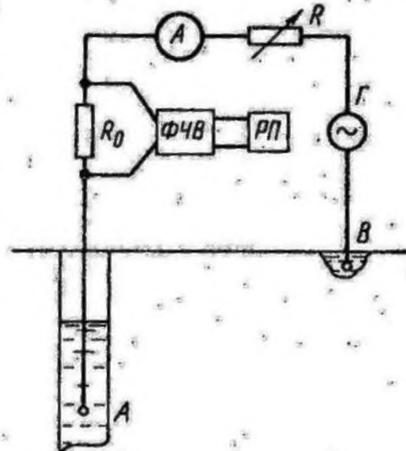


Рис. 1. Схема установки масштаба записи кривой КС.

Г — генератор; ФЧВ — фазочувствительный выпрямитель; РП — регистрирующий прибор; R_0 — контрольный пункт; А — амперметр; R — реостат регулирования тока

к электродам микрозондов, силовых трансформаторов и каверномера производится мегомметром. Так как мегомметр развивает рабочее напряжение до 500 В, его нельзя использовать для проверки изоляции цепей аппаратуры и скважинных приборов во избежание их порчи. Обычно в таких случаях применяют тестер.

Перед проверкой сопротивления изоляции жил кабеля его изоляционное покрытие по всей длине должно быть хорошо увлажненным, а свободные концы — чистыми и сухими.

Кроме утечек, обусловленных нарушением изоляции цепей, в кабеле могут возникать емкостные утечки при питании измерительных схем переменным током. При токах частотой 6—12 Гц эти утечки незначительны. Их влияние начинает сказываться при токах более высокой частоты, однако это можно исключить при регулировке аппаратуры по нуль-сигналу.

Признаки утечек тока

Наличие утечек тока устанавливается по следующим признакам:

1) несоответствию диаграммы типовому геолого-геофизическому разрезу — показания кривых завышены или занижены, кривые слишком изрезаны;

2) наличию отрицательной разности потенциалов при замере R_k в колонне (конечно, при правильном подключении жил измерительной цепи или выхода панели на регистратор);

3) отличию тока питания скважинного прибора от номинального или резкому изменению в процессе записи;

4) невозможности установить требуемый ток стандарт-сигнала;

5) неустойчивости выходного измеряемого сигнала (конечно, при исправной и отрегулированной аппаратуре) при неподвижном скважинном приборе или зонде, а также незакономерном изменении его в процессе записи;

6) изменению измеряемой разности потенциалов при изменении частоты тока питания (при записи кривой КС на трехжильном кабеле);

7) значительному смещению нулевой линии КС в колонне;

8) отсутствию плавного отклонения пишущего устройства КС и появлению дополнительного отклонения пишущего устройства ПС при включении токовой цепи;

9) уменьшению и затем полному исчезновению измеряемого сигнала (однако это может быть обусловлено и отказом аппаратуры, поэтому прежде чем искать утечку, необходимо убедиться в работоспособности наземной панели и скважинного прибора при отсоединенном кабеле);

10) резкому различию показаний кривых КС больших зондов против глинистых пород;

11) резкому различию показаний кривых обоих микрозондов против глинистых пород и участков разреза с большим диаметром каверн.

Обнаружение мест утечки тока и обрыва кабеля

Обнаружение места утечки тока в бронированном кабеле представляет определенную трудность, так как его броня является экраном.

В бронированном кабеле места утечек независимо от их количества лучше всего определять способом И. В. Васильева [16]. В схеме (рис. 40) один полюс источника подсоединяют к корпусу лебедки, а другой — к контакту K . Лебедка L_1 и контакт K должны быть изолированы от земли. По броне кабеля пропускают ток силой 2—10 А, регулировку которого осуществляют реостатом R . При перемотке кабеля приближение места утечки тока к контакту K отмечается увеличением показаний лампового вольтметра V .

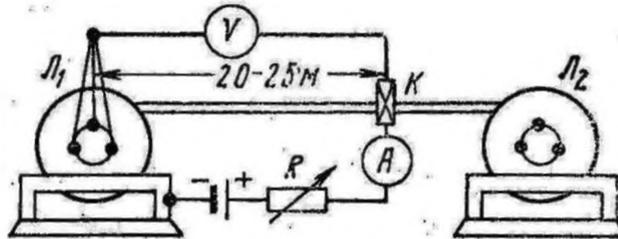


Рис. 40. Схема определения места утечек в жилах бронированного кабеля способом И. А. Васильева

Обнаружить места утечки тока в случае их невысокого сопротивления в шланговых и оплеточных кабелях можно с помощью тестера, поставив на нем такой предел измерения сопротивления,

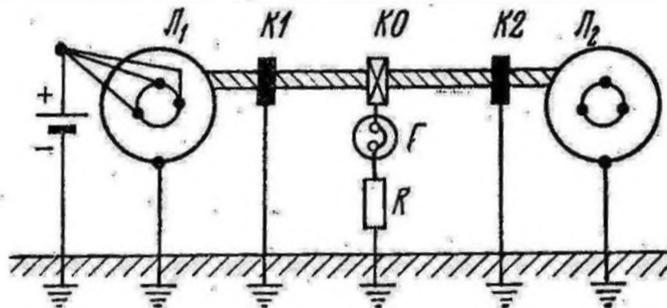


Рис. 41. Схема определения утечки тока в кабелях способом предохранительных контактов

при котором наблюдается заметное отклонение стрелки его прибора. При этом один конец тестера подводится на увлажненную изоляцию кабеля, а второй — на жилу кабеля. Место утечки определяется по дополнительному отклонению стрелки прибора. Этим способом можно получить довольно точные результаты определения места утечки тока.

Однако наибольшее распространение получила схема предохранительных контактов (рис. 41). Между коллектором одной из лебедок и землей включают батарею напряжением 30—60 В. Расстояния от контакта $K0$ до контактов $K1$ и $K2$ выбирают равными 5 м. Обычно контактами $K1$ и $K2$ являются ролики блок-балансов. В цепь контакта $K0$ через резистор $R = 10 \div 20$ кОм включают

высокочувствительный гальванометр (можно использовать один из гальванометров каротажного регистратора или потенциометр ЭП-1). При расположении места утечки вне промежутка $K1 - K2$ стрелка гальванометра G не отклоняется, так как ток уходит через контакты $K1$ и $K2$ на землю. Если место утечки находится в промежутке $K1 - K2$, часть тока проходит через цепь контакта $K0$, и стрелка прибора G отклоняется, причем максимальные отклонения соответствуют положению места утечки на контакте $K0$. В местах соприкосновения контактов могут возникать электродные разности потенциалов, вызывающие иногда большие отклонения гальванометра. Оценить их действие можно при отсоединении батареи от жил кабеля.

Если утечку в оплетке или шланге кабеля не удастся обнаружить сразу, помещают кабель на 1—2 сут в соленую воду или по-

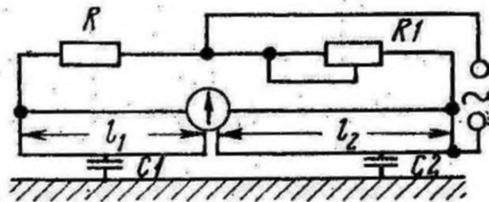


Рис. 42. Схема определения обрывов жил кабеля способом переменного тока

дают на него высокое напряжение [16, 50]. При подаче высокого напряжения нарушение изоляции определяется по бурному выделению газов, свечению воды, искрению и шипению. После отключения тока нарушение изоляции легко обнаруживают обычными способами.

Обрыв жил кабеля можно установить при помощи тестера путем механического воздействия на кабель: перегибают его вручную («проходят по нему колесом»), спускают в скважину, перематывают с одной лебедки на другую или сматывают на землю. Если таким способом обрыв не обнаруживается, используют мост переменного тока частотой 500—1000 Гц (можно применять генератор УГ-1), в котором плечи образованы постоянным резистором R и переменным — $R1$, емкостями $C1$ и $C2$ отрезков кабеля длиной l_1 и l_2 от места обрыва до его концов (рис. 42).

При равновесии моста величины l_1 и l_2 определяют по формулам

$$l_1 = \frac{LR1}{R + R1}, \quad l_2 = \frac{LR}{R + R1}, \quad (33)$$

где L — общая длина кабеля.

§ 24. ИНДУКТИВНЫЕ ПОМЕХИ

Причины возникновения индуктивных помех

Основными причинами возникновения индуктивных помех являются следующие.

1. Нарушение симметрии жил кабеля. При записи кривой КС на трехжильном кабеле две его жилы (AB или MN) являются одноименными (в зависимости от того, каким зондом работают — однополюсным или двухполюсным) и образуют как бы бифиляр. Поэтому

э. д. с. индукции, наводимая одной токовой жилой в двух измерительных или двумя токовыми жилами в одной измерительной, в принципе должна быть равна нулю. Это наблюдается в том случае, когда каждая жила кабеля одинаково устроена и находится на одинаковом расстоянии от двух других. Аналогично будут компенсироваться и напряжения, обусловленные токами утечек через емкость между токовыми и измерительными жилами. Однако неодинаковая толщина изоляции и неравномерность скрутки жил приводят к нарушению их симметрии, что и является причиной появления индуктивных помех и емкостных утечек тока.

2. Нарушение электрической симметрии схемы. Схема считается электрически симметричной, если сопротивление между каждым из выводов регистрирующего прибора (при работе однополюсным зондом) или источника тока (при работе двухполюсным зондом) и землей одинаково.

Нарушение симметрии схемы является основной причиной возникновения индуктивных помех в измерительных цепях. Оно обусловлено в основном наличием утечек в токовой и измерительных цепях кабеля и аппаратуры, различной величиной сопротивления заземлений электродов, включением в цепь одной из одноименных жил вблизи кабеля дополнительного сопротивления.

Величины индуктивных помех и емкостных утечек тока в кабеле пропорциональны коэффициенту зонда, частоте и силе тока в цепи AB , квадрату числа витков кабеля на барабане лебедки. Погрешность, вносимая индуктивной помехой при замере ρ_k , не зависит от силы тока в цепи AB [27].

В станциях с фазочувствительным выпрямителем влияние индуктивных помех меньше, чем в станциях с пульсатором. Выпрямление полезного сигнала в этих станциях происходит при совпадении его фазы с управляющим напряжением. Поскольку напряжение индуктивной помехи сдвинуто по фазе относительно тока питания примерно на 90° , оно в значительной степени подавляется выпрямителем и на регистратор не попадает.

Одножильный кабель не является источником индуктивных помех, однако они возникают в проводах, идущих от электродов косы к измерительной схеме.

Благодаря применению частотной модуляции при измерении $KС$ индуктивные помехи значительно подавляются в измерительном канале.

Индуктивные помехи значительно меньше при работе с однополюсным зондом, чем с двухполюсным.

Признаки индуктивных помех

Основными признаками индуктивных помех являются:

1) возникновение заметных разностей потенциалов при нахождении зонда в колонне и зависимость их от частоты тока питания;

2) завышение или занижение ρ_k в породах низкого удельного сопротивления при увеличении размера зонда;

3) резкое различие ρ_k , измеренного в однородных пластах низкого сопротивления большими градиент-зондами (более 2 м) при увеличении расстояния между измерительными электродами;

4) большие броски пишущего устройства при включении токовой цепи (конечно, при нормальном демпфировании и затухании пишущих устройств).

Иногда погрешности, обусловленные утечками тока и индуктивными помехами, трудно различить. Однако следует знать, что погрешности, созданные утечками, не зависят от частоты тока питания, резко изменяются по величине, а иногда и по знаку, не зависят от глубины спуска зонда, иногда резко уменьшаются при выходе места утечки на блок-баланс или барабан лебедки.

Наличие и величины индуктивных помех определяют при пропуске переменного тока рабочей частоты через кабель при законченных электродах зонда.

§ 25. ПОМЕХИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПС

Электродные потенциалы (поляризация электродов)

Они возникают на контакте электрода зонда с буровым раствором в результате перехода атомов металла в ионное состояние и химического взаимодействия металла с анионами раствора. При этом на контакте металла с буровым раствором возникает двойной электрический слой, внутренняя часть которого (поверхность электрода) заряжена отрицательно, а внешняя (буровой раствор) — положительно [18]. Обычно потенциал этого слоя изменяется незначительно и существенно не искажает кривую ПС. Однако при смене состава окислов на поверхности металла при переходе электрода в раствор другого солевого состава кривая ПС значительно искажается и становится непригодной для интерпретации.

Разность потенциалов между электродами M и N часто изменяется при переходе зонда из неподвижного состояния в подвижное, и наоборот, что связано с частичным разрушением и образованием двойного электрического слоя (потенциалы триполяризации или движения). В начале движения зонда потенциал изменяется в сторону отрицательных значений, а при остановке — наоборот. При постоянной скорости подъема кабеля это не вызывает заметных искажений кривой ПС.

Иногда в цепи ПС наблюдается электродная разность потенциалов, возникающая при соприкосновении электрода M с электропроводящими стенками скважины (см. § 22). Для ее уменьшения электроды зонда рекомендуются изготавливать из свинца, защищать их брезентовым или хлопчатобумажным чехлом; пользоваться неполяризуемыми электродами, погружать электрод N в скважину или заменять его обсадной трубой.

Потенциалы гальванокоррозии

Они создаются в скважине при применении грузов из разнородных металлов.

Поскольку металлы имеют различные электродные потенциалы, то между частями полиметаллического груза образуются электрические токи, под действием которых в цепи электродов ПС возникают разности потенциалов, пропорциональные удельному сопротивлению пород (как в методе КС). Поэтому кривая ПС прямо или зеркально повторяет кривую КС последовательного градиент-зонда. При этом аномалии ПС смещаются относительно кривой КС на величину расстояния от электрода M до средней точки между разнометаллическими частями груза. Для уменьшения потенциалов гальванокоррозии груз следует располагать возможно дальше от электрода M или пользоваться изолированными грузами.

Потенциалы блуждающих и теллурических токов

Блуждающие токи связаны с работой агрегатов постоянного тока (трамвайная электросеть, электрические железные дороги), расположенных вблизи скважины.

Возникновение теллурических токов обусловлено изменениями ионизации верхних слоев стратосферы под действием солнечного и космического излучения, переносом электрических зарядов осадками и воздушными потоками, различным нагревом участков земной коры, электрохимическими процессами и другими причинами. Протекая по земле, теллурические и блуждающие токи создают в измерительной цепи ПС разности потенциалов, пропорциональные расстоянию между электродами M и N и среднему удельному сопротивлению пород в месте нахождения электродов. Особенно сильное искажающее влияние этих токов наблюдается в глубоких скважинах, разрезы которых представлены породами высокого сопротивления. Помехи, обусловленные теллурическими и блуждающими токами, легко обнаруживаются в скважине при неподвижном зонде.

Для уменьшения этих помех необходимо следующее:

1) проводить измерения в то время, когда влияние теллурических и блуждающих токов минимально (обычно ночью);

2) применять зонды специального назначения (например, стабильный зонд, состоящий из обычного электрода M и электрода N длиной 50—100 м) или использовать в качестве электрода N броню кабеля;

3) регистрировать кривую градиента ПС (благодаря малому расстоянию между электродами M и N разность потенциалов, обусловленная теллурическими и блуждающими токами, становится ничтожной).

Помехи, связанные с намагниченностью лебедки

В случае проведения измерений приборами, работающими на постоянном токе, барабан лебедки может намагничиваться. При записи ПС в измерительной цепи наводится переменная э. д. с. с периодом, равным обороту барабана, т. е. кривая ПС будет представлять собой искаженную синусоиду. Это особенно четко проявляется при записи кривой ПС в крупном масштабе потенциала и малых амплитудах аномалий.

Для исключения влияния этой помехи лебедку необходимо размагнитить, пропуская через кабель при вращении барабана ток частотой 0,5—1,0 Гц с постепенным уменьшением его величины до нуля. Влияние намагниченности лебедки можно уменьшить путем снижения скорости подъема зонда.

Потенциалы оседания (катафоретические потенциалы)

Обычно они наблюдаются в призабойной части скважины, заполненной недостаточно качественным раствором или водой. Поскольку глинистые частицы и частицы породы обладают свойством адсорбировать отрицательные ионы солей одно- и двухвалентных металлов, то призабойная часть скважины, где наблюдается наиболее интенсивный процесс оседания частиц, будет отмечаться уменьшением электрического потенциала.

Погрешности измерения ПС, обусловленные указанными помехами, не должны превышать величин, указанных в § 10.

§ 26. ДРУГИЕ ПОМЕХИ

Флуктуационные и импульсные помехи в электронных схемах аппаратуры

Эти помехи устраняются путем подбора определенного порога срабатывания электронной схемы (например, минимальные сигналы, которые могут быть зарегистрированы аппаратурой типа КСП, должны отклонять пишущее устройство на 0,2 см) и компенсации выходного сигнала при отсутствии сигнала на входе (компенсация нуль-сигнала).

Помехи, обусловленные явлениями насыщения в электронных схемах

Каждая электронная схема может усиливать входной сигнал только до определенного максимального уровня, начиная с которого нарушается пропорциональность между входным и выходным сигналами (см. § 3). Обычно такие искажения легко устраняются путем уменьшения величины входного сигнала (аппаратура КСП-1, МДО-2, ТБК), перехода на более грубый предел измерения в скважинном

приборе, уменьшения размера детектора или мощности источника, а также их экранирования (аппаратура РК), частичной компенсации выходного сигнала (аппаратура ТСМК-40).

Взаимовлияние каналов

Эти помехи устраняются изменением частоты питающего тока и подбором дополнительной шунтирующей емкости в канале ПС (при одновременной записи КС и ПС), точной настройкой фильтров в измерительных каналах скважинных приборов и наземных панелей (аппаратура КСП-1, ИПЧМ, ТСМК-40), установкой оптимального уровня дискриминации и усиления измеряемого сигнала (аппаратура РК, АКЦ-1).

Помехи переменного тока промышленной частоты

Обычно измерительные каналы станций защищены от этих помех соответствующими фильтрами. В аппаратуре ИГН-4 и АКЦ-1 они устраняются регулировкой фантомной схемы питания скважинных приборов.

Помехи, обусловленные неотрегулированностью пишущих устройств регистраторов

Устранение этих помех в потенциометре типа ПАСК достигается регулировкой демпфирования ползунка реохорда, а в фоторегистраторе — регулировкой затухания гальванометров.

§ 27. МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОМЕХ

Эти меры сводятся к следующему.

1. Располагать в холодное время года каротажную станцию и другую аппаратуру в утепленном помещении, а при переездах и перед проведением измерений прогревать до сухого состояния.
2. Проверять перед измерениями сопротивления изоляции жил кабеля и отдельных узлов аппаратуры и оборудования.
3. Перед подсоединением скважинных приборов к кабелю тщательно очищать от грязи их головки, полумуфты, кабельные накопичники и смазывать резиновые кольца вазелиновым маслом.
4. Поддерживать высокую изоляцию цепей аппаратуры и жил кабеля, не допуская ее снижения ниже допустимых пределов.
5. Обеспечивать надежные контакты на разъёмных соединениях.
6. Заземлять аппаратуру станции, лебедку подъемника и панели управления скважинных приборов; заземление «ЗП» следует удалять от общего заземления на расстояние 10—15 м.
7. Готовить аппаратуру к работе таким образом, чтобы она работала в оптимальном режиме.

8. Симметризовать схему измерений при записи кривой КС [27].
Другие меры предосторожности подробно описаны при рассмотрении соответствующих помех.

§ 28. КОЛЕБАНИЯ НИШУЩИХ УСТРОЙСТВ РЕГИСТРАТОРОВ

Колебания пишущих устройств регистраторов возникают в результате появления в измерительных цепях аппаратуры низкочастотных составляющих напряжения. В основном эти искажения вызываются утечками тока, индуктивными и емкостными связями цепей, влиянием токов промышленной частоты, взаимовлиянием каналов, нарушением контактов в измерительных и токовых цепях, неотрегулированностью аппаратуры и другими причинами [27].

В случае возникновения колебаний пишущих устройств выше допустимых пределов (2 мм) оператор должен предпринять ряд мер по их устранению и уменьшению.

Эти меры в основном сводятся к следующему.

1. Уменьшение наводки из силовой цепи в измерительную, снижение утечки в токовой и измерительной цепях и особенно из силовой цепи непосредственно в измерительную. Для устранения утечек предпринимаются меры, указанные в § 23; сопротивление изоляции жил кабеля и цепей лаборатории относительно корпуса должно быть в допустимых пределах; необходимо заземлить или отключить от земли приборное заземление «ЗП» в зависимости от того, какой результат это дает.

2. Прогревание аппаратуры в течение времени, которое нужно для того, чтобы она вошла в нормальный режим работы, и подача на скважинные приборы номинальных токов питания, предусмотренных инструкциями по эксплуатации.

3. Применение для записи качественных гальванометров, тщательная регулировка их цепей, поддержание их в исправном состоянии, оберегание от резких механических воздействий.

4. Своевременная и тщательная очистка коллектора пульсатора и реохорда потенциометра от загрязнений; чистку реохорда, ползунка и шин необходимо производить суконной тряпочкой, смоченной в спирте.

5. Установление оптимального усиления нуль-органа и правильное регулирование демпфирования подвижной системы потенциометра; при записи кривой КС не пользоваться потенциометром «Умножить», если это вызывает колебания ползунка реохорда.

6. Проверка работы системы искрогашения в цепи АВ станции типа АЭС (см. § 7).

7. Достижение синусоидальной формы колебаний генератора панели управления ЭМУ (см. § 8).

8. Подбор такой частоты пульсатора и ЭМУ, при которой влияние помех переменного тока минимально.

9. Соединение гнезда «В==» с корпусом стенда (при записи кривой отсоединить) при установке масштаба записи кривой КС на станциях типа АЭС.

10. Оптимальная регулировка реле в измерительных цепях станций типа АКС и вибропреобразователя в станции АЭКС.

При регулировке собирают схемы, показанные на рис. 43. На обмотку реле подают напряжение с контрольного шунта 2—5 Ом или с гнезд «Форма тока»; при этом в токовой цепи устанавливают ток 0,7—0,8 А. При нормальной работе реле и вибропреобразователя на экране ЭО должны наблюдаться колебания, изображенные на рис. 43. Время t_1 и t_2 замыкания якоря реле с каждым из контактов должно быть одинаковым, а время разрыва t_3 должно составлять не более $1/20$ времени замыкания. Длины линий ab и de соответствуют времени замыкания якоря вибропреобразователя с левым и правым контактами и не должны отличаться друг от друга более чем на 6%. Штрихи eg соответствуют времени одновременного замыкания или размыкания обеих пластин с контактами якоря. Длины штрихов eg не должны составлять больше 10% длины каждой из прямых ab и de .

11. Обеспечение постоянства силы тока питания.

На станции типа АЭКС в цепь АВ ввести возможно больше реостат грубой регулировки тока, а при работе на станциях типа АКС и с генератором УГ-1 тщательно отрегулировать стабилизацию тока в питающей цепи.

12. В случае взаимовлияния каналов при одновременной записи кривых КС и ПС, если позволяют условия измерений, уменьшить силу тока в цепи АВ и перейти на более грубый предел измерения в канале ПС или зашунтировать последний емкостью в несколько сотен микрофард, а если эти меры не помогают, то произвести отдельную запись кривых; при этом кривую КС предпочтительнее записать однополюсным зондом.

13. При записи кривой КС каналом III на станции АКС/Л-4 колебания блика можно уменьшить путем регулировки фазовращающей ячейки.

14. При записи кривых соблюдать оптимальную скорость подъема кабеля, так как при повышенной скорости могут возникать колебания пишущих устройств, обусловленные резкими ударами приборов о стенки скважины (особенно в акустическом каротаже).

15. Обеспечение надежных контактов щеток на коллекторах нульсатора и лебедки, разъемных соединениях, различных регуляторах и в других местах для исключения влияния импульсных помех.

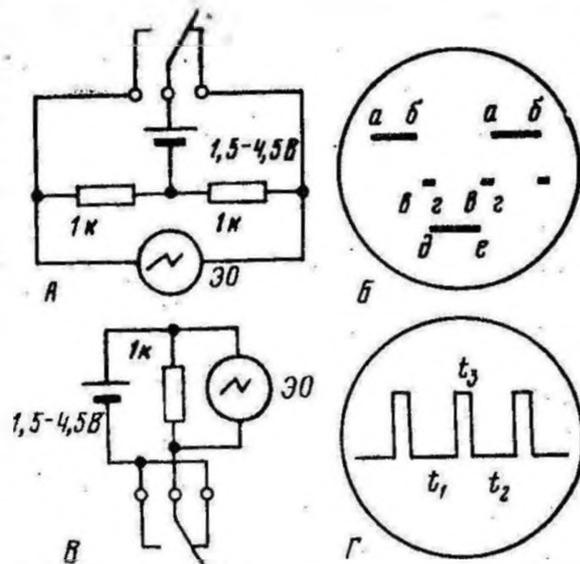


Рис. 43. Схемы регулировки и формы колебаний вибропреобразователя (А, Б) и поляризованного реле (В, Г)

остальных случаях (например, при работе потенциал-зондами в породах с высоким ρ_k). Часто формулу (6) используют при работе на станции типа АЭС.

Установка масштаба $n_{КС}$ при работе на одножильном кабеле

Если в измерительных схемах на трехжильном кабеле ΔU между электродами M и N зонда можно было изменять путем регулировки силы тока в цепи, то в схемах на одножильном кабеле это исключается, так как ток одновременно используется для питания электронной схемы скважинного прибора.

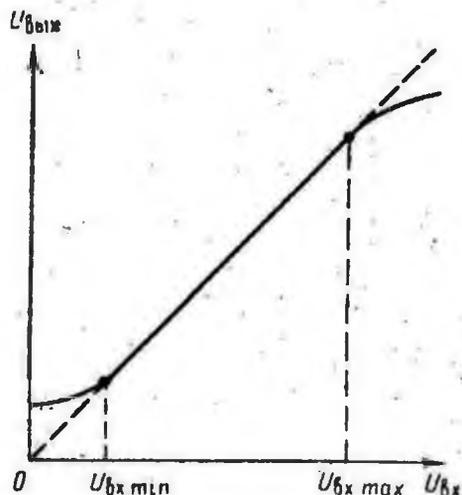


Рис. 2. Динамическая характеристика усилительно-выпрямительной схемы аппаратуры типа КСП

В приборе типа КСП разность потенциалов между электродами M и N , определяющая ρ_k , подается через трансформаторы зондов на входы частотных модуляторов (см. рис. 14). Для того чтобы канал работал в нормальном режиме, его схема должна в одинаковой степени усиливать как минимальные, так и максимальные входные сигналы. Однако это возможно только в пределах линейной части реальной характеристики канала, где наблюдается пропорциональная зависимость между входным и выходным сигналами. Как видно из рис. 2,

реальная характеристика канала не совпадает с началом координат, т. е. при $U_{вх} = 0$ выходной сигнал $U_{вых}$, называемый напряжением нуль-сигнала, не равен нулю, что обусловлено импульсными и флуктуационными помехами в электронной схеме.

Напряжение нуль-сигнала обязательно компенсируют в наземной панели, чтобы оно не накладывалось на полезный сигнал. В результате этого измеренные сигналы регистрируются с некоторого минимального входного напряжения $U_{вх min}$, точка которого соответствует началу прямолинейного участка характеристики канала. При слишком больших входных напряжениях, превышающих $U_{вх max}$, выходной сигнал также искажается, что обусловлено явлениями насыщения в электронной схеме.

Таким образом, чтобы измерительная схема могла регистрировать без чрезмерных искажений как минимальный, так и максимальный сигналы, их величины не должны превышать некоторых предельных значений.

Напряжение $U_{вх min}$ в приборе типа КСП вызывает отклонение кривой КС от нулевой линии на $l_{min} = 0,2$ см, а $U_{вх max}$ — на $l_{max} = 200$ см, что при $n_{КС} = 1$ Ом·м/см соответствует $\rho_{k min} = 0,2$ Ом·м и $\rho_{k max} = 200$ Ом·м.

16. В случае возникновения импульсных помех при скачкообразных изменениях напряжения промышленной сети токовую цепь АВ (АЭС) и блок управления ЭМУ (АЭС-4) необходимо питать от батарей или подключить силовую цепь лаборатории к собственному бензоэлектроагрегату, установив на нем требуемую чистоту напряжения (50 Гц), так как отклонение фактической частоты от номинального значения также может вызвать колебания пишущих устройств (особенно в станции типа АЭС). Иногда импульсные помехи возникают при работе с аппаратурой АБК-3, когда экранный электрод соприкасается с колонной, и в результате этого наблюдается резкое уменьшение сопротивления участка цепи нижний конец кабеля — вторичная обмотка выходного трансформатора авторегулятора — порода [54].

17. При работе на станции АЭС могут возникать колебания ползунка реохорда при выходе его на масштабный участок шкалы, что обусловлено несрабатыванием масштабного реле, отсутствием замыкания его контактов и соответствующих контактов платы включения масштабной шкалы переключателя пределов измерения. В таком случае необходимо проверить цепь питания обмотки реле и наличие указанных контактов.

Г л а в а IX

ГАММА-КАРОТАЖ

§ 29. МЕТОДИКА РАБОТ

Область применения метода

Сущность гамма-каротажа (ГК) заключается в изучении естественной радиоактивности J_γ горных пород и полезных ископаемых по стволу скважины путем регистрации интенсивности гамма-излучения, возникающего при самопроизвольном распаде радиоактивных элементов (урана, тория, актиноурана) и продуктов их распада, изотопов ^{40}K , ^{87}Rb и некоторых других.

Гамма-каротаж является основным методом поисков и разведки урановых руд и калийных солей, применяется для литологического расчленения различных типов горных пород, выделения полезных ископаемых и корреляции разрезов скважин, сложенных терригенными отложениями, дифференцируя последние по содержанию в них глинистого материала, что позволяет оценивать коллекторские свойства пластов в нефтяных, газовых и гидрологических скважинах.

При определении глинистости пород в скважинах с буровым раствором повышенной минерализации метод ГК обладает неоспоримым преимуществом перед методом ПС, так как его показания, в отличие от метода ПС, не зависят от минерализации бурового раствора и пластовых вод. Однако по данным ГК невозможно оценить глинистость полимиктовых, аркозовых, глауконитовых и карнитовых песчаников, так как их скелеты имеют повышенную радиоактивность.

Данные ГК используются для выделения бокситов, апатитов, фосфоритов, марганцевых, железных, свинцовых руд, кварцевых жил, зон окварцевания и т. д. На месторождениях каменных углей и антрацитов метод ГК позволяет определять мощность, строение и глубину залегания угольных пластов сравнительно простого строения, в которых мощность прослоев породы превышает 0,2—0,3 м.

Поскольку показания ГК стабильны во времени, они могут быть использованы для привязки к разрезу результатов исследования других методов каротажа, интервалов перфорации, гидроразрыва пласта и т. д.

Гамма-лучи, испускаемые горными породами, имеют в среднем энергию от 1 до 1,5 Мэв, при которой радиус исследования метода ГК составляет в водонасыщенных песчаниках и известняках примерно 30—40 см, в буровом растворе и воде 50—60 см.

Выбор режима измерений

Выбор режима измерений при записи кривых ГК имеет решающее значение для получения качественных полевых материалов. При выборе режима исходят из геолого-геофизических условий, предполагаемой интенсивности гамма-излучения, мощностей пластов, имеющейся аппаратуры, требуемой точности измерений и т. д.

Выбор скорости перемещения прибора и постоянной времени интегратора

Выбор оптимальной скорости v перемещения скважинного прибора и постоянной времени τ интегратора имеет особо важное значение не только в методе ГК, но и в других методах радиоактивного каротажа, так как от величины произведения vt зависят форма, амплитуда и положение аномалий против исследуемых пластов.

При слишком больших значениях vt амплитуды аномалий ГК уменьшаются и становятся асимметричными, точки кривых, соответствующие границам пластов, значительно смещаются в сторону движения скважинного прибора, увеличивается фиктивная мощность пластов, не исключается пропуск пластов малой мощности. Уменьшение vt приводит к искажению кривых за счет статистических флуктуаций, в результате чего кривые становятся слишком изрезанными, отсутствует их повторяемость в пределах допустимых погрешностей [19].

Величины v и τ выбирают в зависимости от цели радиометрических исследований, типа применяемого радиометра, размеров кристаллов, диаметров скважин и мощностей пластов.

Оптимальное значение τ рассчитывают по формуле

$$\tau = 1/2\varepsilon^2 J_{\text{ср}}, \quad (34)$$

где $J_{\text{ср}}$ — средняя скорость счета, имп/с; ε — относительная статистическая погрешность измерений, принимаемая равной 0,05 или 0,1 (см. § 33).

Значение τ для данного типа радиометра устанавливают ближайшее к расчетному.

Оптимальную скорость v подъема прибора РК рассчитывают по формуле

$$v = 1800h/\tau, \quad (35)$$

исходя при этом из условия, что детектор должен находиться против пласта минимальной мощности h , подлежащего выделению на диаграмме, в течение времени 2τ .

Обычно в практике радиометрии скважин величины ν и τ выбирают в соответствии с табл. 10 [31].

Т а б л и ц а 10

Величины ν и τ , принятые при измерениях в поисковом масштабе глубин

Размер кристалла NaJ(Tl), мм	Минимальное значение τ , с	Максимальное значение ν (м/ч) при разных диаметрах скважин (мм)			
		50	100	150	300
40 × 80	1	1000	1500	2000	2500
40 × 50	1	1000	1500	2000	2500
30 × 70	1,5	670	1000	1300	1600
30 × 40	2	500	750	1000	1250
30 × 25	3	330	500	670	830
30 × 10	6	165	250	330	415

Выбор диапазона панели РК и масштаба записи кривой ГК

Диапазон панели РК выбирается в зависимости от максимальной скорости счета, обусловленной гамма-излучением пород в разрезах скважин.

Максимальная скорость счета в канале радиометра не должна превышать предельной величины на выбранном диапазоне, определяемой заводской схемой (табл. 11).

Т а б л и ц а 11

Максимальные скорости счета аппаратуры ДРСТ-2

Диапазоны	1	2	3	4	5	6	7
Максимальная скорость счета, имп/мин	3000	6000	12 000	24 000	48 000	96 000	192 000
Максимальная мощность дозы, мкР/ч	6	12	24	50	100	200	400

Если этого не учитывать, то работа канала ГК будет происходить на нелинейном участке его характеристики, что приведет к существенным ошибкам при измерении интенсивности гамма-излучения.

Обычно кривую ГК записывают на диапазоне 1—2 панели ДРСТ (для кристаллов размером 30 × 40 и 30 × 70 мм) на пределе «Л-20» с использованием потенциометра «Умножить» регистратора ПАСК или при коэффициенте ослабления 1—2 измерительной панели станции типа АКС.

Масштаб записи n_γ кривой ГК выбирают таким, чтобы обеспечивалась достаточная ее дифференциация и амплитуды были возможно больше. Устанавливают масштаб записи n_γ при подаче на вход канала радиометра известного количества импульсов от калибратора.

Если калибратор задает N_k имп/мин, то отклонение пишущего устройства, соответствующее масштабу n_γ (имп/мин·см),

$$l = N_k/n_\gamma. \quad (36)$$

Обычно число импульсов N_k выбирается равным или меньше скорости счета на выбранном диапазоне. При этом отклонение l должно быть достаточно большим (от 5 до 15 см в зависимости от длины шкалы регистратора).

Поскольку запись кривой производится эталонированной аппаратурой, то масштаб n_γ обычно выражают в мкР/ч·см.

Этому масштабу соответствует отклонение от калибратора

$$l = N_k/n_\gamma\mu, \quad (37)$$

где μ — пересчетный коэффициент, показывающий, какое число имп/мин соответствует 1 мкР/ч; N_k/μ — интенсивность в мкР/ч, задаваемая калибратором.

Установку основного масштаба n_γ через коэффициент μ производят тогда, когда он принят кратным числу имп/мин·см. Если он принят кратным определенному числу мкР/ч, то его устанавливают по известной интенсивности J_γ вблизи детектора, которую находят следующим образом. Закрепляют скважинный прибор на градуировочной установке и при максимальном выходе интегратора выбирают такой диапазон панели РК, при котором отклонение $l_{н.ф}$ пишущего устройства от натурального фона составляет 10—25% длины шкалы регистратора. Затем вблизи детектора задают интенсивность $J_{\gamma\phi}$ гамма-излучения от радиового эталона [формула (42)], которая обеспечивает максимальное дополнительное отклонение Δl пишущего устройства регистратора по отношению к натуральному фону, и определяют промежуточный масштаб $n_{\gamma 1}$ по формуле

$$n_{\gamma 1} = J_{\gamma\phi}/\Delta l. \quad (38)$$

При неизменном положении эталона находят полную интенсивность $J_\gamma = J_{\gamma\phi} + J_{\gamma\phi} = n_{\gamma 1}(l_{н.ф} + \Delta l)$ и на диапазоне, на котором будет регистрироваться кривая по стволу скважины, потенциометром «Выход» интегратора устанавливают основной масштаб записи по формуле

$$l = J_\gamma/n_\gamma. \quad (39)$$

Переключаются на замер скорости счета от калибратора и полученным отклонением пользуются при установке масштаба n на скважине. Регулятор «Выход» заливается быстросохнущей краской. Требуемого отклонения от калибратора при работе на скважине добиваются изменением постоянной по напряжению в измерительном канале станции.

В практике каротажа масштаб записи кривой ГК выбирают в зависимости от литологии разреза: 0,5 или 0,75 мкР/ч·см в карбонатных породах, полимиктовых песчаниках и 1 мкР/ч·см в песчано-

глинистых породах с кварцевым составом песчаников и карбонатных разрезах с гамма-активностью глин более 10 мкР/ч [50]. Поскольку при масштабах 0,5 и 0,75 мкР/ч·см вся кривая ГК значительно отклоняется от нулевой линии, то часть гамма-активности компенсируют компенсатором поляризации или корректором нуля (осциллограф Н013). При этом требуемого смещения можно добиться следующим образом. В канале I или III осциллографа Н013 устанавливают переключки на панелях шунтов так, чтобы два гальванометра имели одинаковые постоянные по току (см. § 8), и первому гальванометру задают определенное смещение (4—8 см) от ГКП при положении «0-инд.» переключателя 1В1 (см. рис. 44, 45), а второй гальванометр устанавливают в нулевое положение корректором нуля. Таким образом, при выключенном ГКП на интервалах скважины, где первый гальванометр выйдет за пределы дорожки записи, кривая будет зарегистрирована вторым гальванометром.

§ 30. ТЕХНИКА РАБОТ С АППАРАТУРОЙ ДРСТ-2

Выбор кристалла и фотоумножителя

Для регистрации гамма-излучения в канале ГК применяется сцинтилляционный детектор NaI(Tl), сопряженный с фотоумножителем ФЭУ-35.

Интегральная чувствительность кристаллов NaI(Tl) к гамма-излучению точечного радиевого источника при пороге дискриминации не более 30 кэВ приведена в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

Интегральная чувствительность кристаллов в аппаратуре ДРСТ-2

Размер, мм	Объем, см ³	Интегральная чувствительность к радиевому источнику, $\frac{\text{имп/мин}}{\text{мкР/ч}}$
30 × 70	50	550
30 × 40	28	320
30 × 25	17,7	200
30 × 10	7	80

Для регистрации гамма-излучения в аппаратуре типа ДРСТ чаще всего применяют кристаллы больших размеров (30 × 70 и 30 × 40 мм), что позволяет уменьшить постоянную времени интегратора и повысить скорость измерений. Поскольку время разрешения ФЭУ-35 (время от момента освещения фотокатода до момента появления тока на выходе ФЭУ) составляет 50—100 мкс, кристаллы больших размеров не могут быть использованы при детализации всех выявленных аномалий. Поэтому для этих целей необходимо заранее подготовить кристаллы меньших размеров (30 × 25 и 30 × 10 мм).

При подборе кристаллов необходимо руководствоваться следующими положениями: кристалл должен быть прозрачным, без трещин и пузырьков воздуха, соприкасаться по всей поверхности торца со стеклом контейнера. Применение некачественных кристаллов приводит к снижению отношения сигнал/шум, а наличие пузырьков воздуха между кристаллом и стеклом контейнера делает непостоянной чувствительность детектора во времени и особенно при изменении температуры.

Учитывая, что интегральная чувствительность кристаллов изменяется во времени, при расхождении контрольных измерений более чем на 10% в первую очередь необходимо проверять качество кристалла.

Диаметры кристаллов размером 30×70 и 30×40 мм больше диаметра окна фотокатода ФЭУ-35 (25 мм). Это увеличивает потери света сцинтилляций примерно на 30%, что вызывает уменьшение амплитуды импульсов детектора и отношения сигнал/шум [31]. Для частичного уменьшения потерь света сцинтилляций периферийную часть кристалла покрывают 2—3 слоями титановых белил, оставив неокрашенной его центральную часть диаметром 26 мм.

Поверхность фотокатода ФЭУ-35 должна быть плоской и перпендикулярной к образующей баллона, что проверяется по величине просвета между ребром металлической линейки и поверхностью фотокатода (допустимо не более 1 мм).

Подобранный для установки в прибор ФЭУ-35 должен иметь следующую характеристику: 1) интегральная чувствительность (отношение фототока катода к световому потоку) — не менее 40 мкА/лм; 2) интегральная анодная чувствительность при напряжении до 1000 В — не ниже 10 А/лм; 3) темновой ток (ток в анодной цепи ФЭУ-35 при неосвещенном катоде, обусловленный термоэлектронной эмиссией с фотокатода и первого диода) — не более $4 \cdot 10^{-8}$ А.

Перед установкой ФЭУ-35 в скважинный прибор поверхности кристалла и фотокатода очищают от загрязнений чистой, мягкой (фланелевой) тряпочкой или ватой, пропитанной спиртом. Для обеспечения надежного оптического контакта между кристаллом и фотокатодом наносится прозрачное жидкое вазелиновое масло, капли которого раскатываются по спирали от центра окна кристалла к периферии. На баллон ФЭУ-35 надевают резиновое кольцо во избежание смещения его относительно кристалла. На шасси и кожух скважинного прибора наносят напильником метки, соответствующие середине кристалла. Категорически запрещается включение питания скважинного прибора при неватемненном фотоумножителе.

Схемы соединений и порядок первого включения

Блок питания (УИП-К или УКВ-1) подключают к разъему «Питание» панели управления (рис. 44). Скважинный прибор подсоединяют к кабелю и через коллекторный провод — к гнездам

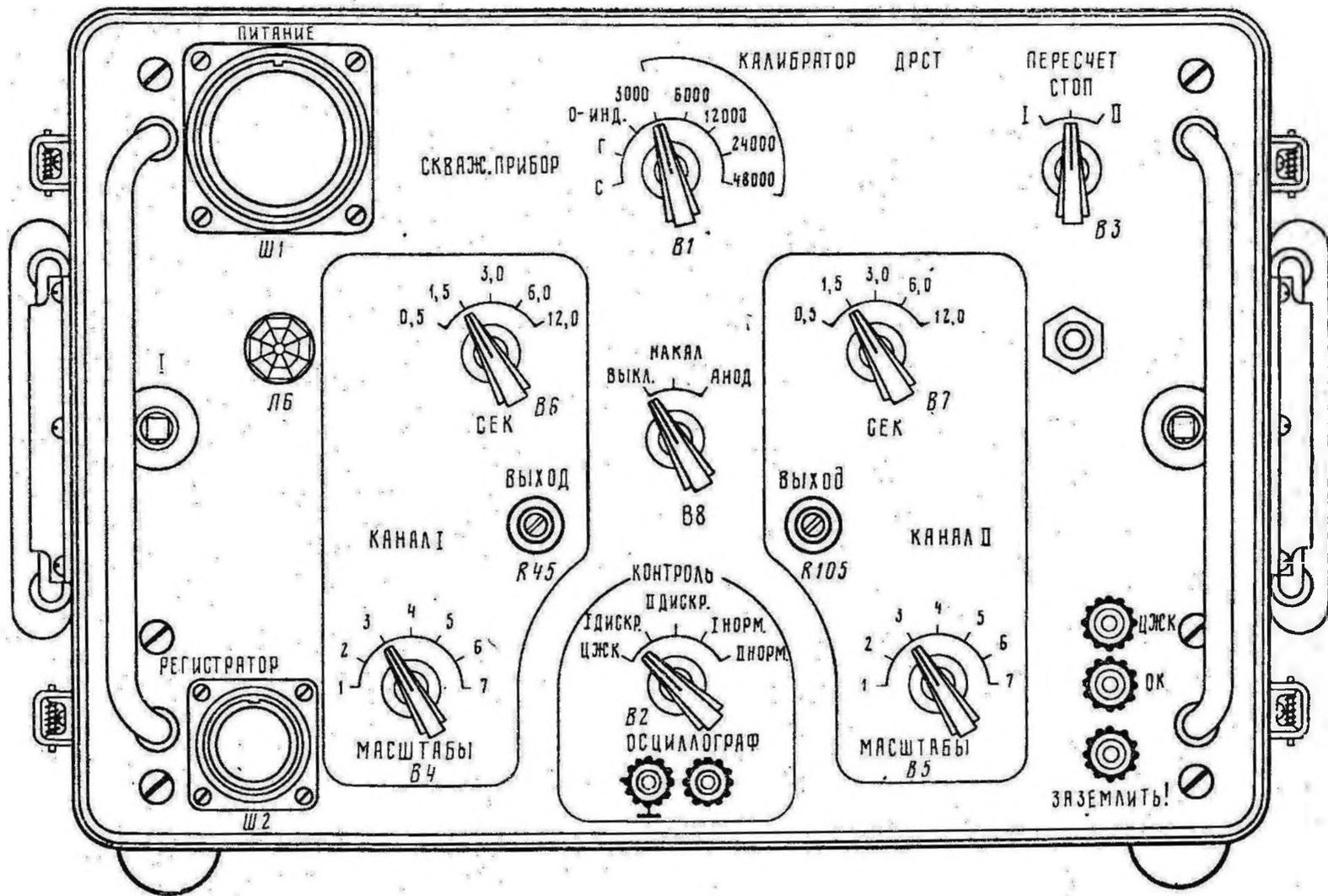


Рис. 44. Общий вид панели управления аппаратуры ДРСТ-2

«ЦЖК» и «ОК» панели (рис. 45). Подключение «ЦЖК» в гнездо «ОК» и «ОК» в гнездо «ЦЖК» не допускается. К гнездам «Осциллограф» подключают электронный осциллоскоп (ЭО), а переключатель «Контроль» переводят в положение «ЦЖК». Переключатель 1В8 «Выкл., накал; анод» устанавливают в положение «Выкл.», а переключатель 1В1 — в положение «С» (при работе с фотоумножителем) или «Г» (при работе с газоразрядными счетчиками) (см. рис. 45). В положение «Г» переключатель 1В1 устанавливают при каротаже высокотермальных скважин (до 200° С) прибором СП-62. Одновременно тумблеры 1В9, 1В10 «ДРСТ; СП-62» на шасси панели переводят в положение «СП-62». При этом скорости счета на всех диапазонах панели уменьшаются в 4 раза.

На блоке питания УВК-1 (см. рис. 33) переключатели «Контроль источников», «Род работы» и «Стабилизатор тока; грубо» устанавливают соответственно в положение «I₁», «U» и «200—260» мА, потенциометр плавной регулировки тока «Точно» выводят в крайнее левое положение. Включают питание УВК-1, переводят переключатель

Таблица 13

Режимы работы ламп аппаратуры ДРСТ-2
(напряжения в В)

Лампы	Контакты ламп								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Панель управления									
Л1 6НЗП	~6,3	3	0	160	—	170	—	30	~6,3
Л2 6НЗП	~6,3	71	68	200	—	250	54	71	~6,3
Л3 6НЗП	~6,3	55	54	160	—	250	42	55	~6,3
Л4 6Д6А	54	~6,3	~6,3	55	—	—	—	—	—
Л5 6НЗП	~6,3	—	—	250	—	150	—42	—	~6,3
Л7 6НЗП	~6,3	0	—42	120	—	120	—42	0	~6,3
Л8 6НЗП	~6,3	45	41	210	—	—	—	—	~6,3
Л9 6НЗП	~6,3	71	54	250	—	200	68	71	~6,3
Л10 6НЗП	~6,3	55	42	250	—	160	54	55	~6,3
Л11 6Д6А	54	~6,3	~6,3	55	—	—	—	—	—
Л12 6НЗП	~6,3	—	—42	150	—	250	—	—	~6,3
Скважинный прибор									
Л1 6Ж31Б	36	35	~6,3	~6,3	0	0	0	—	—
Л2 6С26Б	143	~6,3	~6,3	45	45	—	—	—	—
Л3 6С26Б	125	~6,3	~6,3	49	49	—	—	—	—
Л4 6С26Б	150	~6,3	~6,3	0	3	—	—	—	—
Л5 6Ж31Б	36	35	~6,3	~6,3	0	0	0	—	—
Л6 6С26Б	143	~6,3	~6,3	45	49	—	—	—	—
Л7 6С26Б	125	~6,3	~6,3	49	49	—	—	—	—
Л8 6С26Б	150	~6,3	~6,3	0	3	—	—	—	—
Л9 СГ-303С	—1250	0	—1250	—	—	—	—	—	—
Л11 6С26Б	145	~6,3	~6,3	—14	0	—	—	—	—
Л12 6С26Б	145	~6,3	~6,3	—14	0	—	—	—	—

Примечания. 1. Напряжения измерены ламповым вольтметром А4-М2 по отношению к корпусу.

2. Напряжения на контакте 6 Л5 и контакте 4 Л12 измерены относительно минусовой точки питания интеграторов.

3. Режимы ламп панели измерены при работе от калибратора на частоте 3000 имп/мин.

1В8 на панели ДРСТ-2 в положение «Накал», а после прогрева ламп — в положение «Анод». Потенциометром «Точно» устанавливают ток питания скважинного прибора 250—260 мА (при работе с СП-62 — 210 мА), контролируя его по миллиамперметру на УВК-1. Обычно устанавливают такой ток питания, чтобы напряжение между вводами ЦЖК и ОК головки скважинного прибора было 150 В. Переводя переключатель «Контроль источников» в положения « I_2 , U_2 , I_3 , U_3 , U_4 , U_5 », контролируют режимы питания прибора. После прогрева ламп скважинного прибора на экране ЭО должны появиться положительные импульсы канала I (НГК) и отрицательные импульсы накала II (ГК). Для проверки к индикатору соответствующего канала подносят радиоактивный эталон.

При питании аппаратуры ДРСТ-2 от отдельного блока питания, входящего в его комплект, требуемый ток скважинного прибора устанавливают потенциометром « I ; скв. прибор», а если его недостаточно, регулировку осуществляют также и последовательно с ним включенным дополнительным потенциометром. При этом ЭО должен быть подключен к гнездам «ЦЖК» и «ОК» панели и установлен на периодическую развертку. Если импульсы прибора наблюдаются на фоне синусоиды, то ее устраняют потенциометром (на шасси блока) в цепи управляющей сетки лампы 6Ж1П. При нормальной работе на экране ЭО должна наблюдаться прямая или слегка волнистая линия. При регулировке необходимо контролировать анодное напряжение (250 В) на панели управления.

Проверку режимов работы аппаратуры ДРСТ-2 выполняют в соответствии с данными табл. 13.

Регулировка усиления импульсов

Для проверки усиления импульсов к контрольным гнездам «Осциллограф» панели управления подсоединяют ЭО и включают его на ждущую развертку. Переключатель *1В2* «Контроль» устанавливают сначала в положение «I дискр.», а затем «II дискр.» и просматривают положительные импульсы, поступающие на входы ламп *1Л2* (дискриминатор канала I) и *1Л9* (дискриминатор канала II). Усиление импульсов на входе панели регулируют резистором *1R2* (слева на шасси) таким образом, чтобы они имели остроугольную форму и максимальную амплитуду. При большом усилении амплитуда импульсов не возрастает и они приобретают прямоугольную форму.

Регулировка уровня дискриминации

Оптимальным является такой уровень дискриминации, при котором все полезные импульсы проходят в канал, дискриминаторы срабатывают от импульсов калибратора и исключается влияние одного канала на другой.

При проверке уровня дискриминации к гнездам «Осциллограф» панели ДРСТ подключают вертикальный вход ЭО (С1-19Б),

По указанным предельным значениям измеряемых сигналов определяют динамический диапазон D аппаратуры

$$D = \frac{l_{\max}}{l_{\min}} = \frac{\rho_{k \max}}{\rho_{k \min}} = \frac{\Delta U_{\max}}{\Delta U_{\min}}, \quad (7)$$

который в приборе КСП равен 1000.

Отклонение l_{\max} в аппаратуре типа КСП рассчитано для наибольшего зонда — А8М1N ($K_{\max} = 904,3$ м) при записи кривой КС в наиболее крупном масштабе — $n_{\text{КС min}} = 1$ Ом·м/см. При измерении КС другими зондами ΔU между электродами M и N значительно больше, чем в зонде А8М1N.

Поэтому измеряемый сигнал до подачи на вход модулятора ослабляется в некоторое число раз

$$q = \Delta U / U_{\text{вх}}, \quad (8)$$

или

$$q = \frac{K_{\max} n_{\text{КС}}}{K n_{\text{КС min}}}, \quad (9)$$

где K — коэффициент зонда, которым проводят измерение; $n_{\text{КС}}$ — масштаб кривой КС при записи данным зондом.

Ослабление сигналов в приборе типа КСП осуществляется путем изменения числа витков в обмотках входных трансформаторов зондов. Благодаря этому на входы модуляторов подаются сигналы, величины которых не превышают предельного значения $U_{\text{вх max}} = 2,1$ В.

Учитывая все замечания, выведем формулу масштаба $n_{\text{КС}}$ при работе с приборами на одножильном кабеле. Обозначим через P коэффициент усиления усилительно-выпрямительной схемы:

$$P = i_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}, \quad (10)$$

где $i_{\text{вых}}$ — ток на выходе усилительно-выпрямительной схемы за вычетом тока нуль-сигнала; $U_{\text{вх}}$ — напряжение на входе усилителя скважинного прибора.

Измеряемая регистратором каротажной станции разность потенциалов

$$\Delta U_{\text{рег}} = i_{\text{вых}} R, \quad (11)$$

где R — резистор, к которому подключен регистрирующий прибор. Учитывая формулы (8), (10) и (11), получим

$$\Delta U_{\text{рег}} = PR \frac{\Delta U}{q} \quad (12)$$

и

$$\rho_k = \frac{K}{I} \frac{\Delta U_{\text{рег}}}{PR} q. \quad (13)$$

Так как отклонение пишущего устройства на 1 см соответствует $\rho_k = n_{\text{КС}}$ и $\Delta U_{\text{рег}} = m$, то

$$n_{\text{КС}} = Kqm / PRI. \quad (14)$$

устанавливают его на ждущую развертку и переводят переключатель *1В2* «Контроль» в положение проверяемого дискриминатора (см. рис. 44, 45).

Если уровень дискриминации проверяют в одном канале, то к детектору другого канала подносят источник гамма-излучения небольшой активности (0,01—1,00 мКи), при которой обеспечивается максимальная скорость счета в канале.

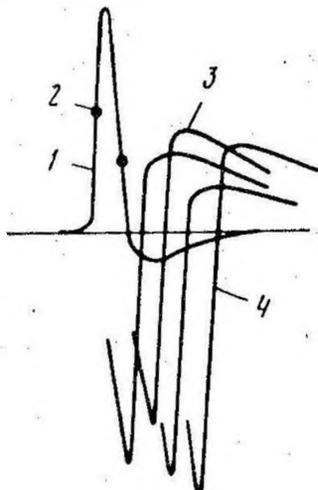


Рис. 46. Форма колебаний на экране осциллографа при оптимальном уровне дискриминации аппаратуры ДРСТ-2.

1 — импульс канала II;
2 — уровень дискриминации;
3 — «хвосты» импульсов канала I; 4 — импульсы канала I

Уровни дискриминации регулируют резисторами *1R72* (канал ГК) и *1R13* (канал НГК) до тех пор, пока светящаяся точка на переднем фронте импульса не будет выше «хвостов» импульсов другого канала (который подсвечивается источником) и не установится на высоте $1/3$ — $1/2$ амплитуды импульса, считая от вершины (рис. 46). Светящаяся точка на переднем фронте импульса соответствует моменту отпираания левой половины дискриминатора, а на заднем — моменту запираания. В последнем случае светящаяся точка является производной отпираания лампы, поэтому никакого значения не имеет.

Если выход канала подключен на регистрирующий прибор, то влияние одного канала на другой легко устанавливается по дополнительному отклонению пишущего устройства в тот момент, когда светящаяся точка на переднем фронте импульса опускается ниже «хвостов» импульсов другого канала. Когда амплитуда импульсов меньше уровня дискриминации, счет в канале отсутствует.

Регулировка калибратора и диапазонов

Частоты калибратора не должны отличаться от номинальных значений более чем на 10%. Поэтому перед вводом в эксплуатацию нового прибора или после замены деталей калибратора обязательно проверяют частоты на всех его пределах. Для этого в гнездо «Пересчет» (см. рис. 44) включают пересчетную установку и счет импульсов производят в любом канале.

Подстройку частот производят потенциометрами *1R56* (3000 имп/мин), *1R57* (6000 имп/мин), *1R58* (12 000 имп/мин), *1R59* (24 000 имп/мин) и *1R60* (48 000 имп/мин) (см. рис. 45).

При проверке выходных токов интеграторов и настройке кратности диапазонов панели к выходу соответствующего канала подключают микроамперметр с пределом измерения 50 мкА. На вход панели подают импульсы от калибратора с частотами, соответствующими пределам измерения панели.

Чтобы пишущее устройство быстрее устанавливалось в исходное положение, в канале задают наименьшую постоянную времени интегратора. При выведенных вправо регуляторах *1R45* и *1R105* «Выход» подстроечными потенциометрами *1R37—1R42*, *1R109* и *1R97—1R101*, *1R111* добиваются выходного тока 20 мкА. При изменении тока питания скважинного прибора на 5—10% выходные токи интегратора не должны изменяться более чем на 1%. Поскольку максимальная частота калибратора равна 48 000 имп/мин, то на диапазонах 6 и 7 выходные токи интеграторов должны быть соответственно в 2 и 4 раза меньше, чем на диапазоне 5.

Удобно пользоваться и другой методикой проверки кратности диапазонов. Проверив выходной ток интегратора на диапазоне 1, микроамперметр отключают и выход интегратора подключают на вход одного из каналов каротажной станции. Переключая частоты калибратора и диапазоны панели, подстроечными потенциометрами добиваются одинаковых отклонений пишущего устройства на диапазонах 1—5. На диапазонах 6 и 7 отклонение пишущего устройства должно быть соответственно в 2 и 4 раза меньше, чем на диапазоне 5.

Определение постоянной времени τ интегратора

Если воспользоваться постоянными времени τ интегратора, выгравированными на лицевой панели ДРСТ-2, и оперировать ими при выборе произведения τv , то в этом случае условия записи кривых на скважине могут отличаться от оптимальных, указанных в табл. 10, так как τ интегратора при изготовлении панели типа ДРСТ устанавливается с погрешностью 20—30%. Поэтому при вводе новой панели в эксплуатацию или после замены отдельных деталей интегратора обязательно уточняют фактическое значение τ .

Определение τ производят в следующем порядке. Панель управления и аппаратура станции прогреваются после включения в течение 20—30 мин. При помощи секундомера по 3—4 замерам устанавливают среднюю скорость v_d протяжки диаграммной ленты в масштабах глубин 1 : 20, 1 : 50 и 1 : 100.

Потенциометры *1R45* и *1R105* «Выход» выводят вправо до отказа и при частоте калибратора 3000 имп/мин регулированием постоянной по напряжению на диапазоне 2—3 панели задают пишущему устройству отклонение не менее $\frac{3}{4}$ длины шкалы регистратора. После этого переключатель *1B1* переводят в положение «0-инд.» (см. рис. 44), включают протяжку ленты и фиксируют нулевое положение пишущего устройства. Не останавливая протяжки ленты, переключатель *1B1* переводят в положение «3000». Сразу же после достижения пишущим устройством максимального отклонения переключатель *1B1* переводят в положение «0-инд.» и протягивают ленту до тех пор, пока пишущее устройство не установится в нулевое положение.

Запись отклонений производят в масштабах глубин 1 : 20 ($\tau = 0,5$ с), 1 : 50 ($\tau = 1,5$ с) и 1 : 100 ($\tau = 6$ и 12 с). Пример

полученной записи показан на рис. 47. Для определения τ на крыльях графика наносят точки A (считая снизу) и B (считая сверху), в которых скорость счета N_k составляет $0,63N_{k\max}$. Из точек A и B на ось $0-0$ опускают перпендикуляры и измеряют длины отрезков l_1 и l_2 (в мм).

Значение τ для каждой записи находят как среднеарифметическое из двух определений (по левой и правой ветвям) по формуле

$$\tau = \frac{(l_1 + l_2)}{2v_d} \quad (40)$$

Среднее значение τ определяют по 3—4 замерам и фиксируют в аппаратном журнале с указанием даты определения.

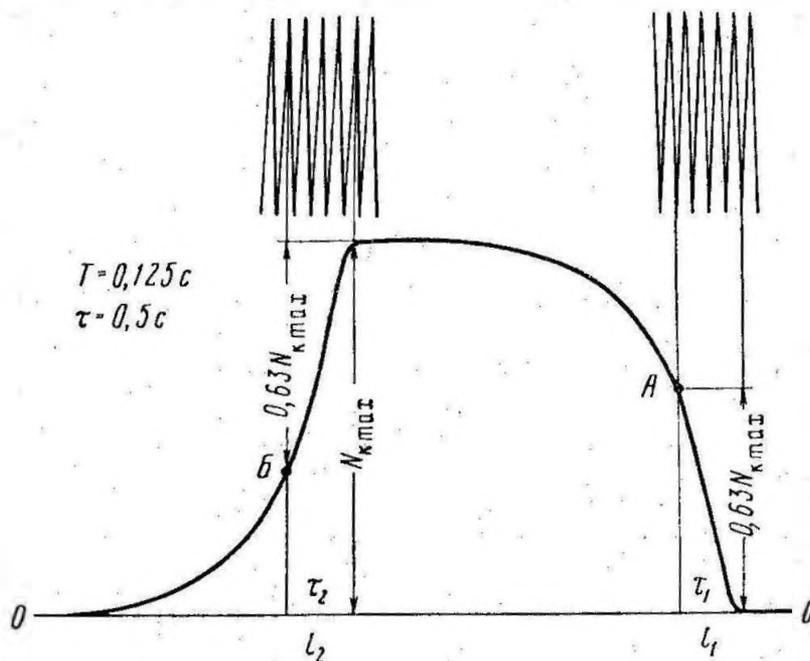


Рис. 47. Определение постоянной времени интегратора аппаратуры ДРСТ-2

Рассмотренным способом удобно определять τ при работе с регистраторами типа ПАСК. При работе с фоторегистраторами рационально определять τ по маркам времени, в качестве которых используются зафиксированные на фотоленте колебания блика гальванометра, задаваемые генератором панели управления ЭМУ. Техника работ при этом следующая. Токовую цепь закорачивают тумблером « AB ; короткое» и готовят ее к работе так, как и для записи кривой КС. К гнездам «Форма тока» подключают пересчетную установку ПС-20 или ПС-100 и измеряют частоту тока питания в цепи AB при положении «Зонд» переключателя «Зонд; малый зонд; микрозонд» (см. рис. 8). После этого гнезда «Форма тока» подключают на вход измерительного канала станции, который должен работать на постоянном токе. В канале устанавливают такой коэффициент ослабления, при котором ширина полосы от колебаний блика составляет 3—5 см.

Значение τ в секундах снимают прямо с диаграммы путем суммирования количества периодов колебаний T на отрезках l_1 и l_2 , где $N_k = 0,63N_{k \max}$ (см. рис. 47).

Проверка и регулировка высокого напряжения на фотоумножителе

Рабочее напряжение на фотоумножителе должно соответствовать порогу регистрации гамма-квантов с энергией 30 кэВ и выбирается в средней части счетной характеристики, представляющей собой зависимость скорости счета на входе панели от величины напряжения на делителе ФЭУ.

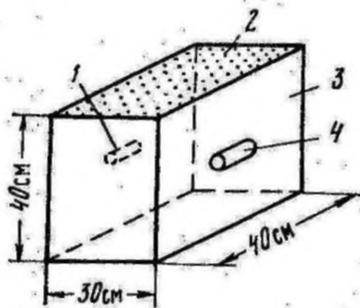


Рис. 48. Установка для снятия счетной характеристики радиометра.

1 — радиевый источник; 2 — песок;
3 — ящик; 4 — детектор

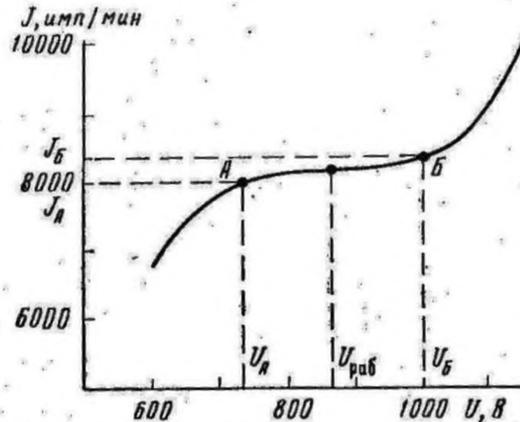


Рис. 49. Счетная характеристика радиометра ДРСТ-2

При снятии счетной характеристики детектор облучается радиевым источником (при загрузке 10 000—50 000 имп/мин) через рассеиватель из песка (рис. 48).

Применение рассеивателя позволяет приблизить спектр гамма-излучения радиевого источника к спектру естественного гамма-излучения в скважине и уменьшает влияние окружающих прибор предметов на параметры счетной характеристики. Перед снятием счетной характеристики детектор и радиевый эталон помещают у противоположных стенок рассеивателя.

После прогрева аппаратуры в течение 20 мин к резисторам $2R28$ и $2R60$ со стороны фотоумножителя (см. рис. 45) подключают статический вольтметр (второй конец входа прибора — на массу). К панели управления подключают пересчетную установку.

Измерение скорости счета выполняют при напряжениях на фотоумножителе от 600 до 1250 В через каждые 50 В, установку которых производят потенциометрами $2R29$ и $2R61$, находящимися в нижней части шасси прибора (верхний резистор-регулятор ГК, нижний — ПГК).

На полученной счетной характеристике (рис. 49) выделяют участок от точки А до точки В, называемый плато, на котором

скорость счета практически не зависит от величины напряжения. Протяженность плато для кристаллов высотой до 40 мм должна быть не менее 300 В, а высотой более 40 мм — не менее 250 В [31].

Наклон плато Δ определяют (в %) по формуле

$$\Delta = \frac{J_B - J_A}{J_A} \cdot 100, \quad (41)$$

где J_A , J_B — скорости счета в начале и конце плато. Наклон плато не должен быть более 5%.

Резисторами $2R29$ и $2R61$ (см. рис. 45) на фотоумножителе устанавливают рабочее напряжение, соответствующее середине плато. При этом шумовой фон детектора не должен превышать 5—10 имп/мин.

При снятии характеристики в анодную цепь стабилвольта $2Л9$ включают микроамперметр и контролируют величину анодного тока, который при рабочем напряжении на фотоумножителе должен быть в пределах 50—70 мкА. Необходимый ток устанавливают подбором номинала резистора $2R55$. Если параметры счетной характеристики не соответствуют указанным требованиям, то подбирают новые номиналы первых трех резисторов делителя напряжения $2R1—2R3$ и $2R30—2R32$. Для этого вместо них включают магазины сопротивлений, подают на фотоумножитель напряжение 900—1000 В и кристалл облучают моноэнергетическим гамма-излучением источника ^{170}Tl ($E = 84$ кэВ), помещенного в герметичный контейнер из дюралюминия с толщиной стенки 1,0—1,5 мм. Регулированием сопротивлений на магазинах добиваются максимальной амплитуды импульсов на анодах ламп $2Л1$ и $2Л2$. Затем отсчитывают на магазинах величины сопротивлений, вместо них впаивают постоянные резисторы и снова снимают счетную характеристику фотоумножителя.

В комплект аппаратуры ДРСТ-2 входит и газоразрядный детектор СИ-23Г, который используется для записи кривых искусственной радиоактивности. Перед окончательной установкой газоразрядного счетчика в скважинный прибор снимают его счетную характеристику. Измерение скорости счета производят через интервалы напряжения 50 В. Во избежание пробоя счетчика увеличение напряжения прекращают в момент, когда счетчик будет входить в область разряда, т. е. когда измеряемая скорость счета превысит на 15—20% скорость счета в крайней правой точке плато. Рабочее напряжение на счетчике устанавливают в конце первой трети плато. Протяженность плато должна быть не менее 200 В, наклон — не менее 5% на 100 В.

При рабочем напряжении снимают натуральный фон при обычных условиях и после 3-минутного облучения счетчика радиевым эталоном, создавая им такую интенсивность гамма-излучения, которая соответствует интенсивности излучения при каротаже. Разница в измерениях натурального фона после этого не должна превышать 15%.

Для проверки чувствительности отдельных участков счетчика сначала экранируют одну его половину, подсвечивая вторую радиевым эталоном, а потом наоборот. Разница в скоростях счета не должна превышать 5%.

Счетчик помещают в свинцовую камеру с толщиной стенок не менее 7 см или в чугунную камеру с толщиной стенок около 12 см и измеряют скорость счета, которая не должна быть более 130 имп/мин.

Чтобы избежать непроизводительных выездов на скважину в случае выхода из строя основного детектора, готовят заранее запасной детектор и эталонируют аппаратуру.

Счетные характеристики детекторов снимают не реже одного раза в месяц.

§ 31. ЭТАЛОНИРОВАНИЕ АППАРАТУРЫ РК

Способ радиевых эталонов

Измеряемая интенсивность гамма-излучения различными радиометрами и даже однотипными приборами с одинаковыми датчиками зависит от интегральной чувствительности детектора, линейности шкал, начального порога регистрации гамма-квантов и других факторов. Для исключения и уменьшения влияния указанных факторов и сопоставления результатов, полученных различными радиометрами, измерения в скважинах должны проводиться эталонированной аппаратурой. Эталонирование аппаратуры позволяет также проверить стабильность ее работы и обеспечить перевод показаний приборов в выбранные единицы измерения.

Аппаратуру эталонируют радиевыми эталонами марок Ra13—Ra15, Ra24 на стационарной градуировочной установке, размещаемой на горизонтальной площадке размером 10 × 10 м на расстоянии не менее 4 м от стен зданий, сооружений и других построек. Эталон и индикатор должны располагаться на высоте не менее 2 м от поверхности земли и находиться на линии, перпендикулярной к оси прибора в средней точке индикатора. Расстояние между ними должно быть от 0,3 до 4 м [31].

Эталонирование выполняют при температуре воздуха от 0 до 50° С. В летнее время скважинный прибор и наземная панель должны быть защищены от прямого солнечного излучения.

Интенсивность J гамма-излучения источника на расстоянии R от индикатора рассчитывают по формуле

$$J = \frac{A}{R^2} j, \quad (42)$$

где $A = 840 a$ — интенсивность источника на расстоянии 1 м, мкР/ч (a — содержания радия в эталоне, мг); j — поправочный коэффициент, учитывающий влияние рассеянного гамма-излучения

(рис. 50); расстояние R округляют до целых сантиметров и измеряют стальной мерной лентой с точностью ± 2 мм.

Перед эталонированием аппаратуру тщательно проверяют и регулируют, устанавливают масштабы записи в $\text{мкР/ч} \cdot \text{см}$ или $\text{имп/мин} \cdot \text{см}$, отклонения от калибратора фиксируют на данном и на следующем более грубом диапазоне. На диапазонах 5—7 (аппаратура типа ДРСТ) записывают отклонения при максимальном числе импульсов от калибратора.

Затем переключаются на замеры интенсивности от натурального фона, рабочего эталона и эталонного источника. Отклонения от натурального фона фиксируют на всех диапазонах. Отклонение от рабочего эталона на диапазоне, на котором обычно записывают кривую ГК, должно быть не менее 5—10 см. Эту интенсивность записывают также на следующем более грубом диапазоне. Расстояние между рабочим эталоном и детектором уменьшают настолько, чтобы получить такие же отклонения на следующих двух более грубых диапазонах.

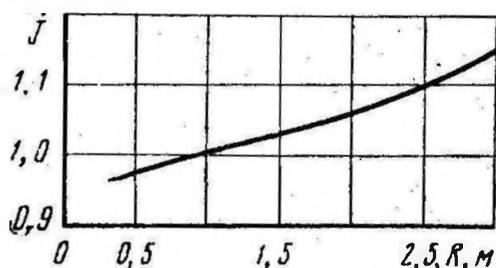


Рис. 50. График поправочного коэффициента j

Нулевое положение пишущего устройства, отклонения от калибратора и обоих эталонов записывают на ленте при протяжке ее от электродвигателя панели контроля каротажа в масштабе глубин

1 : 1000 или 1 : 500. При этом в канале радиометра устанавливают максимальную постоянную времени τ и запись производят в течение 1,0—1,5 мин. Длина протяжки ленты при каждом замере интенсивности должна быть 4—5 см. Замеры выполняют спустя не менее 3т после установки эталона на точку.

При первом замере интенсивности от эталона на каждом диапазоне отклонение пишущего устройства должно быть не менее 20% и не более 30% ширины диаграммной ленты. На диапазонах с предельным измерением интенсивностей более 40 мкР/ч (диапазоны 4—7 аппаратуры типа ДРСТ) необходимо иметь не менее 5 замеров через приблизительно равные интервалы интенсивности.

По окончании эталонирования на самом грубом диапазоне записывают отклонение от калибратора, а затем на всех диапазонах — отклонения от натурального фона и рабочего эталона. Эталонирование заканчивают фиксацией нулевого положения пишущего устройства. Если в конце эталонирования показания от натурального фона изменились более чем на 10%, выясняют причины расхождений и снова эталонируют аппаратуру. Отклонения от рабочего эталона за вычетом натурального фона принимается за контрольное показание, которое записывается в журнал эталонировки и служит для контроля стабильности работы радиометра.

Радиометр эталонируют ежемесячно при систематической работе, а также при расхождении контрольных показаний более чем на 10%,

смене детектора, фотоумножителя, радиоламп и других элементов электронной схемы, изменении режима питания и установке нового масштаба записи кривой. Если измерения в скважине выполняют реже одного раза в месяц, то радиометр эталонируют перед каждым выездом на скважину.

Результаты эталонирования оформляются следующим образом. На диаграмме эталонирования отклонения пишущего устройства

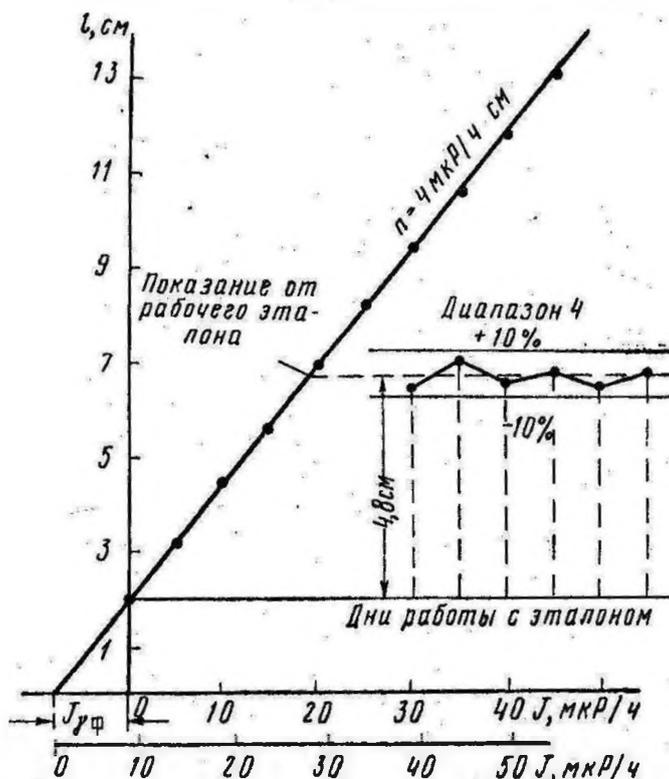


Рис. 51. Эталонировочный график аппаратуры ДРСТ-2

при замерах интенсивностей осредняют так, чтобы площадки, заключенные между средней линией и кривой сверху и снизу, были равны. По полученным отклонениям для каждого диапазона строят эталонировочные графики, представляющие собой зависимость величины отклонения пишущего устройства от задаваемых интенсивностей (рис. 51). Нелинейность эталонировочного графика канала ГК должна быть не более 5%, канала НГК — не более 3%. Для перевода показаний натурального фона в мкР/ч эталонировочный график продлевают до пересечения с осью интенсивностей и затем шкалу интенсивностей смещают влево на величину натурального фона. Для каждого диапазона по эталонировочному графику определяют поправочный коэффициент μ .

Способ эталонных скважин

Зарегистрированная аппаратурой РК естественная радиоактивность горных пород зависит не только от интенсивности гамма-излучения по стволу скважины, но и от его энергетического (спектрального) состава, а также интенсивности и энергии собственного излучения радиометра. Если также учесть, что энергетический спектр гамма-излучения радиевых эталонов обычно отличается от энергетического состава гамма-излучения в скважине, то выражение показаний аппаратуры РК в единицах интенсивности излучения, полученных при эталонировании на поверхности, приведет к существенным ошибкам измерения гамма-излучения в скважине.

Свести к минимуму или исключить влияние указанных факторов можно путем эталонирования аппаратуры РК в эталонных скважинах, в которых литологическая характеристика пород и условия измерения такие же, как и в разведочных скважинах. При различных условиях измерений кривые РК приводятся к условиям измерений в эталонной скважине [21, 22].

За эталонную единицу измерения принимается удвоенная величина среднеквадратичного отклонения ϵ_1 интенсивности $J_{\gamma, i}$, зарегистрированной в эталонной скважине, от ее среднего значения $J_{\gamma \text{ ср}}$ [29]:

$$\epsilon_1 = \sqrt{\frac{\sum n_i (J_{\gamma, i} - J_{\gamma \text{ ср}})^2}{\sum n_i}}, \quad (43)$$

где n_i — число значений $J_{\gamma, i}$ в общем числе интервалов $\sum n_i$, на которые разбивается разрез эталонной скважины;

$$J_{\gamma \text{ ср}} = \frac{\sum n_i J_{\gamma, i}}{\sum n_i}. \quad (44)$$

Тогда показания кривых РК будут выражены в единицах вида

$$J_{\gamma H} = 3,5 + \frac{J_{\gamma} - J_{\gamma \text{ ср}}}{2\epsilon_1}, \quad (45)$$

где J_{γ} — интенсивность излучения, измеренная в разведочной скважине. Слагаемое 3,5 введено для того, чтобы величины единиц $J_{\gamma H}$ были положительными.

Режим измерений в эталонной скважине выбирают такой же, как и в разведочных скважинах. Предварительно масштаб записи кривых выражают в мкР/ч · см, имп/мин · см или усл. ед./см. Масштаб глубин в зависимости от глубины эталонной скважины выбирают 1 : 100 или 1 : 200.

Кривую, полученную в эталонной скважине, разбивают на $\sum n_i = 100$ (или более) равных интервалов через 1 м (масштаб 1 : 100) или 2 м (масштаб 1 : 200). На каждом из этих интервалов

осредняют значения интенсивности. Масштабную шкалу кривой разделяют на 10—15 равных отрезков, каждый из которых ограничен определенными значениями интенсивностей, например 100—200 имп/мин ($J_{\gamma, i} = 150$ имп/мин), 200—300 имп/мин ($J_{\gamma, i} = 250$ имп/мин) и т. д. Подсчитывают число n_i интервалов с одинаковой интенсивностью $J_{\gamma, i}$ и по формулам (43) и (44) рассчитывают $J_{\gamma \text{ ср}}$ и ϵ_1 . Величина $2\epsilon_1$ будет являться новой эталонной единицей.

Для нанесения масштабной шкалы в единицах $2\epsilon_1$ на кривой РК разведочной скважины наносят точку с интенсивностью $J_{\gamma \text{ ср}} = J_{\gamma}$ и против нее проставляют цифру 3,5, а остальные цифры (с шагом через единицу) — через $2\epsilon_1$.

§ 32. ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ НА СКВАЖИНЕ

Поисковые исследования

После развертывания каротажной лаборатории и подъемника скважинный прибор подсоединяют к панели РК, а панель РК — к блоку питания. Включают питание скважинного прибора и проверяют его работу при помощи осциллоскопа и пересчетной установки.

Подключение выхода панели РК на вход измерительного канала станции типа АКС выполняют спустя 1—2 мин после включения питания скважинного прибора, так как в момент включения рамка гальванометра сильно закручивается.

Окончательную проверку работы аппаратуры РК и каротажной станции выполняют после 20-минутного прогрева. Затем устанавливают необходимый диапазон панели РК и предел измерения регистратора станции, проверяют нулевое положение пишущего устройства, задают отклонение от калибратора в соответствии с выбранным масштабом записи и проверяют отклонения от натурального фона $J_{\gamma \text{ ф}}$ и рабочего эталона $J_{\gamma \text{ э}}$.

Убедившись, что отклонения от $J_{\gamma \text{ ф}}$ и $J_{\gamma \text{ э}}$ не отличаются от их величин, полученных при градуировке прибора, более чем на 10%, фиксируют их на бумаге при $\tau_{\text{мах}}$ в масштабе глубин 1 : 500 или 1 : 1000. Запись интенсивности гамма-излучения от $J_{\gamma \text{ э}}$ необходимо начинать спустя время 3τ после установки эталона на точку. Отклонения от $J_{\gamma \text{ ф}}$ и $J_{\gamma \text{ э}}$ записываются на 4—5 см длины ленты в течение 1,5—2,0 мин при работе со стандартными датчиками и в течение 2—3 мин при работе с датчиками детализационными. Длина протяжки ленты при фиксации нулей и отклонений от калибратора должна составлять не менее 1—2 см.

Выключают питание и спускают прибор в скважину, набирают на механическом счетчике глубин цену первой метки, включают питание скважинного прибора и при выключенном лентопротяжном механизме опускают его на забой. Скорость спуска скважинного прибора не более 2000 м/ч. В особо опасных интервалах скважины (места расположения оставленных металлических предметов, резкого перехода с одного диаметра бурения на другой, прихватов

Величину P в панели КСП изменяют в небольших пределах регулированием резисторов $R9$, $R28$, $R33$ и $R38$ (см. рис. 15), однако при установленном масштабе $n_{КС}$ она имеет вполне определенное значение. Величина q по отношению к масштабу $n_{КС} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}/\text{см}$ может быть увеличена в 5 и 25 раз.

Поскольку величины I , K , P и R имеют вполне определенные постоянные значения, масштаб $n_{КС}$ получают в основном, изменяя q и m .

Установку масштаба $n_{КС}$ при работе на одножильном кабеле производят в принципе таким же образом, как и при работе на трехжильном кабеле, т. е. вход измерительного канала подключают к эталонному резистору R_0 в токовой цепи, на котором имитируется $\rho_k = KR_0$.

Выходной ток, соответствующий входному напряжению, снимаемому с R_0 ($R52$ в приборе типа КСП — см. рис. 14), называется **с т а н д а р т - с и г н а л о м**. Стандарт-сигнал является очень важным параметром, характеризующим нормальную работу скважинного прибора и наземной панели. Он используется для установки масштаба $n_{КС}$ и контроля тока, поступающего в скважинный прибор.

Масштаб $n_{КС}$ устанавливают по стандарт-сигналу $40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ по формуле

$$l = 40/n_{КС}. \quad (15)$$

Полученное отклонение соответствует основному гальванометру для первой позиции масштабов скважинного прибора. Масштаб $n_{КС}$ может быть взят любой, однако в данном случае необходимо исходить из предполагаемой величины изменения ρ_k горных пород и максимально допустимого замера $\rho_{k \text{ max}}$ на выбранной позиции масштабов скважинного прибора.

Установка масштаба записи $n_{ПС}$

Масштаб $n_{ПС}$ выражают в единицах постоянной по напряжению m и устанавливают по отклонению пишущего устройства при подаче в канал известной разности потенциалов ΔU от градуированного компенсатора поляризации ГКП или контрольных шунтов, т. е.

$$l = \Delta U/n_{ПС}. \quad (16)$$

Чаще всего ΔU подают от ГКП, в цепи которого предварительно устанавливают ток, равный 5 мА.

§ 4. ВЫБОР СКОРОСТИ СПУСКА И ПОДЪЕМА КАБЕЛЯ

Скорость спуска кабеля

Скорость спуска кабеля в скважину зависит от ее глубины и технического состояния, плотности бурового раствора, веса груза каротажного зонда или глубинного прибора, типа применяемого кабеля.

и затяжек бурового инструмента, неустойчивые интервалы, большие каверны) скорость спуска уменьшают до 200—300 м/ч, а при подходе к забою — до 50 м/ч.

В процессе спуска контролируют работу аппаратуры РК и каротажной станции (по осциллоскопу и отклонениям пишущего устройства), регулируют усиление магнитного меткоуловителя. При приближении к забою скважины проверяют и при необходимости корректируют исходные данные настройки канала (нуль индикатора и отклонение от калибратора). По достижении забоя (остановка прибора на забое не более 1 мин) сразу фиксируют их на бумаге при медленном подъеме кабеля и быстро переходят на запись кривой в поисковом масштабе глубин.

Диаграммы ГК записывают в масштабах глубин 1 : 500 или 1 : 200 (поисковые масштабы) и 1 : 50 или 1 : 20 (детализационные масштабы). Выбор масштабов глубин и определение глубин при радиоактивном каротаже производятся так же, как и при электрическом каротаже.

Особое внимание обращают на скорость подъема кабеля, которая не должна превышать допустимых пределов (см. табл. 10). Приближенно ее определяют по прибору панели контроля каротажа, а точно вычисляют в процессе записи через каждые 50—100 м по счетчику глубин при помощи секундомера. На диаграммной ленте должны обязательно фиксироваться марки времени, по которым точно определяется фактическая скорость перемещения прибора.

При помощи секундомера и пересчетного прибора на интервалах с малоизменяющейся радиоактивностью определяют скорость счета и сравнивают ее с величиной скорости счета, измеряемой по отклонению пишущего устройства. Отметки нулевой линии, перекрытие ранее проведенных исследований и контрольные измерения выполняют так же, как и при электрокаротаже (см. § 6).

В конце интервала исследований на диаграммной ленте фиксируют нуль индикатора, отклонение от калибратора и снова нуль индикатора.

При отсутствии в разрезе скважины зон повышенной радиоактивности после извлечения прибора выполняют конечную регистрацию исходных данных в следующем порядке: отклонение от калибратора, нуль при закороченном канале, отклонения от $J_{\gamma z}$, $J_{\gamma \phi}$ и нуль индикатора.

При наличии в разрезе скважины зон повышенной радиоактивности, не поместившихся в пределах максимальной скорости счета выбранного диапазона, повторяют регистрацию кривых ГК в аномальных интервалах в поисковом масштабе глубин. Перекрытие аномальной зоны начинают на следующем более грубом диапазоне. При этом принимается следующий порядок регистрации: нуль индикатора, отклонение от калибратора, запись аномального интервала, нуль индикатора, отклонения от калибратора на данном и следующем диапазонах. Записи в такой последовательности продолжают до тех пор, пока аномалия не будет помещаться в пределах

диаграммной ленты с соблюдением линейности на данном диапазоне. В конце последней записи регистрируют нуль индикатора, отклонение от калибратора и нуль при закороченном канале.

Если кривая ГК не помещается в пределах диаграммной ленты с соблюдением линейности на самом грубом диапазоне, то измерения производят с датчиком меньших размеров. При этом подключают либо другой прибор с малым датчиком, либо в первый прибор вставляют малый датчик. В этом случае последовательность выполнения измерений и регистрация исходных данных перед спуском прибора в скважину, при записи кривых и в конце измерений такие же, как и при работе с основным датчиком.

При наличии в разрезе скважины зон повышенной радиоактивности производят предварительную оценку аномалий для их последующей детализации. Для этого показания кривой при помощи градуировочных графиков переводят в мкР/ч и определяют амплитуду аномалии J_γ по отношению к фону вмещающих пород [31].

Предварительной оценке подвергаются все аномалии, амплитуда которых J_γ превышает 25 мкР/ч. Без предварительной оценки детализируются аномалии с интенсивностью, равной или превышающей 100 мкР/ч.

Величины J_γ исправляют на поглощение гамма-излучения в воде, обсадных трубах и цементном кольце по формуле

$$J_{\gamma и} = \frac{J_\gamma \cdot 100^3}{(100 - \Pi_в) (100 - \Pi_т) (100 - \Pi_ц)}, \quad (46)$$

где $\Pi_в$, $\Pi_т$, $\Pi_ц$ — соответственно величины поглощения гамма-излучения (в %) в воде, обсадных трубах и цементном кольце, которые определяют по соответствующим графикам (рис. 52).

Поскольку большая часть скважин бурится на глинистом растворе, для определения величины $\Pi_в$ предварительно находят эквивалентную толщину слоя воды по формуле

$$h_э = \frac{d - d_п}{2} \delta_p, \quad (47)$$

где δ_p — плотность бурового раствора, г/см³; d , $d_п$ — соответственно диаметры скважины и прибора, см.

По полученным величинам $J_{\gamma и}$, если они равны или превышают 30 мкР/ч, и фиктивной мощности пласта h_ϕ (определяется на уровне

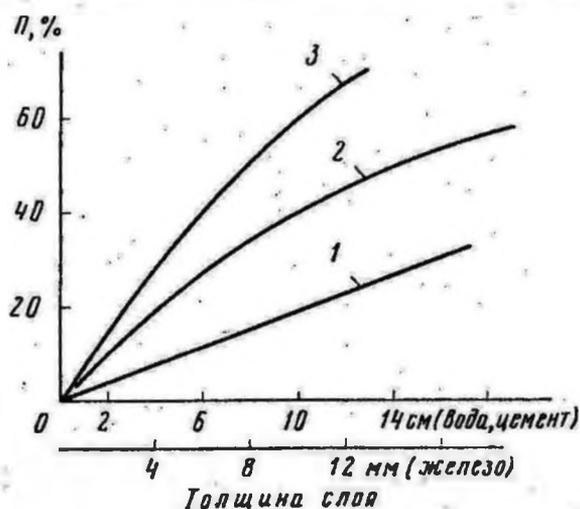


Рис. 52. Графики поглощения Π гамма-излучения в воде (1), обсадных трубах (2) и цементе (3)

$1/2 J_{\gamma}$), пользуясь графиками (рис. 53), делают предварительную оценку аномалий. Если точка с координатами J_{γ} и h_{ϕ} попадает в заштрихованную область и будет находиться выше кривой с шифром фактического ν , при котором производилась запись кривой ГК, то гамма-аномалия обязательно детализируется при нахождении

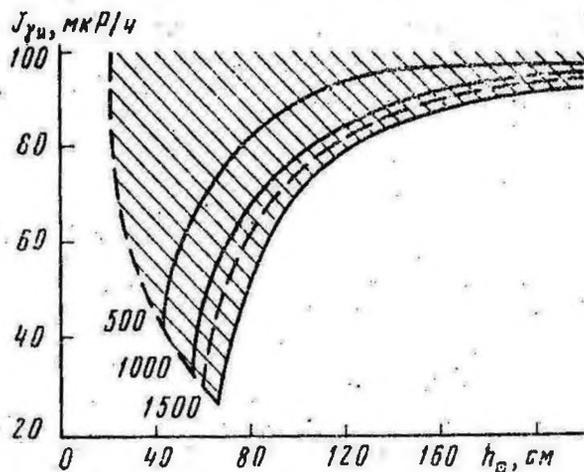


Рис. 53. Графики предварительной оценки аномалий (для скважин диаметром $d = 100$ мм). Шифр кривых — ν

ее на глубине не более 500 м.

Фактическое значение ν , если оно не соответствует номиналам, приведенным на рис. 53, находят в промежутке между соседними двумя кривыми путем интерполяции.

Детальные исследования

Детализация аномалий производится тем же детектором, которым выполнялась запись в поисковом масштабе глубин.

Диапазон панели РК для детализации выбирают исходя

из показаний кривой, зарегистрированной в поисковом масштабе, и устанавливают таким, при котором аномальная зона помещается в пределах ширины диаграммной ленты и имеет амплитуду не менее половины длины шкалы регистрирующего прибора (конечно, с соблюдением линейности канала).

При детализации скважинный прибор опускают ниже аномальной зоны, включают лентопротяжный механизм регистратора (масштаб глубин 1 : 50 или 1 : 20), проверяют и затем фиксируют на бумаге при подъеме кабеля нуль индикатора и отклонение от калибратора и, продолжая подъем кабеля, быстро переходят на запись кривой. Регистрация кривой должна начинаться за 2—3 м ниже аномальной зоны.

Скорость измерений ν и постоянную интегратора τ выбирают в соответствии с табл. 14.

Т а б л и ц а 14

Величины ν и τ , принятые при детальных исследованиях

Размер кристалла, мм	τ_{\min} , с	ν_{\max} , м/ч
30 × 70	0,5	300
30 × 40	1,0	150
30 × 25	1,5	100
30 × 10	3,0	50

В конце интервала детализации фиксируют нуль индикатора и отклонение от калибратора.

Детализация аномальных зон выполняется дважды. На каждой детализационной кривой обязательно отмечаются метки глубин на входе и выходе из аномальной зоны. С этой целью в промежутке между основными метками на каротажный кабель наносят временные метки через 5 или 10 м.

Если аномальная зона имеет несколько максимумов, каждый из которых необходимо детализировать, то измерения выполняют на разных диапазонах, подбирая их таким образом, чтобы амплитуда каждого максимума занимала не менее половины длины шкалы регистрирующего прибора.

Детализацию аномалий ГК, соответствующих угольным пластам, зонам железорудного и сульфидного оруденения и другим полезным ископаемым, производят в принципе таким же образом, как и детализацию аномалий повышенной радиоактивности, с той лишь разницей, что запись выполняют один раз. Масштаб записи кривой ГК подбирают так, чтобы обеспечивалось наилучшее выделение указанных полезных ископаемых.

§ 33. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДИАГРАММ

Принцип оценки качества диаграмм гамма-каротажа и электрического каротажа один и тот же.

Подлинники диаграмм ГК должны содержать в своем заголовке общие сведения, указанные в § 10, и, кроме того, следующие данные: тип индикаторов и их количество, размер кристалла, интенсивность излучения от рабочего эталона (в мкР/ч или имп/мин), коэффициент пересчета (в имп/мин на 1 мкР/ч), дата последней эталонировки, натуральный фон, фактическая частота калибратора по пересчетному прибору, смещение в импульсах от компенсатора поляризации, диапазон панели РК, постоянная времени (в с), диаметр прибора.

Оформляются диаграммы ГК так же, как и в других методах каротажа. Основную и дополнительную шкалы интенсивностей кривой ГК выражают в мкР/ч или единицах вида $J_{\gamma H}$ с шагом через 2 см.

Качество диаграмм ГК оценивается по баллам (см. § 10).

Диаграммы ГК считаются хорошего качества, если соблюдены следующие требования.

1. Диаграммы записаны в соответствии с рассмотренными выше методическими положениями.

2. В начале и конце записи на диаграммах зафиксированы и расшифрованы следующие контрольные и калибровочные сигналы: нулевое положение пишущего устройства и его отклонения от калибратора в соответствии с выбранным масштабом записи, смещение нулевой линии кривой от компенсатора поляризации при включенном калибраторе, отклонения от натурального фона и рабочего эталона.

3. Среднеквадратичная погрешность измерений в нефтяных, газовых и рудных скважинах при поисковых исследованиях не превышает 5%, при детальных — 3%; в угольных скважинах — 10% [50]. Ее вычисляют по результатам основных и контрольных замеров против нескольких достаточно однородных пластов мощностью $h > 8vt$ (где v — скорость подъема скважинного прибора, м/с; τ — постоянная времени интегратора, с) в соответствии с формулой [19]

$$\xi_1 = \pm \sqrt{\frac{J_{\gamma \text{ ср}} v}{h}}, \quad (48)$$

где $J_{\gamma \text{ ср}}$ — средняя скорость счета против изучаемого пласта; h — мощность пласта; v — скорость подъема скважинного прибора.

Линию $J_{\gamma \text{ ср}}$ проводят так, чтобы площадки, ограниченные этой линией и кривой, были равны.

Относительную погрешность измерений ε за счет статистических флуктуаций (см. § 42) оценивают в соответствии с формулой (34), которая выведена в предположении, что время регистрации t интенсивности $J_{\gamma \text{ ср}}$ стремится к бесконечности или по крайней мере соблюдается условие $t \gg \tau$.

Поскольку при непрерывной записи кривых оно не соблюдается, то погрешность ε рассчитывают по формуле

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{v}{J_{\gamma \text{ ср}} h}}. \quad (49)$$

Анализ формул (34), (49) показывает, что чем меньше v и больше $J_{\gamma \text{ ср}} h$ и τ , тем меньше величина относительной погрешности измерений, т. е. выше точность измерения регистрируемого излучения.

§ 34. МЕТОД РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

Сущность метода состоит в регистрации гамма-излучения радиоактивных изотопов после введения их в скважину в составе водных растворов и в виде активированных материалов. Сравнивая кривые ГК до и после введения изотопа в скважину, решают те или иные геологические и технические задачи.

В качестве радиоактивных изотопов используют элементы, дающие жесткое гамма-излучение (табл. 15).

Необходимое количество (в м³) активированного раствора рассчитывают по формуле

$$V_p = \frac{V_n C_n}{C_p}, \quad (50)$$

где V_n и C_n — соответственно количество (см³) и удельная активность (мКи/см³) радиоактивного изотопа; C_p — удельная активность раствора, мКи/м³.

Метод радиоактивных изотопов применяют тогда, когда другие методы каротажа не дают положительных результатов.

Рекомендуемые изотопы для исследования скважин
[29, 41, 49]

Изотоп	Период полураспада $T_{1/2}$, дни	Энергия гамма-квантов, МэВ	Выход гамма-квантов на 100 распадов	Гамма-постоянная, Р/ч	Гамма-активность 1 мКи, мг-экв Ra	Удельная активность растворов, мКи/м ³	
						необсаженные скважины	обсаженные скважины
⁵⁹ Fe	45,1	1,29	43	6,25	0,74	0,2	0,3
		1,10	56,7	—	—	—	—
		0,19	2,8	—	—	—	—
⁹⁵ Zr	65	0,756	54	4,22	1,18	0,6	1,2
		0,724	43	—	—	—	—
		2,09	6,5	—	—	—	—
¹³¹ I	8,1	0,037	9,3	2,3	0,27	1,0	3,4
		0,364	80,9	—	—	—	—
⁵¹ Cr	27,8	0,323	—	—	—	—	—

При проведении работ необходимо строгое соблюдение правил техники безопасности [50].

Поскольку методика проведения измерений в скважине, техника работ с радиометрической аппаратурой, первичная обработка и оценка качества диаграмм в методе радиоактивных изотопов такие же, как и в методе гамма-каротажа, рассмотрим лишь отдельные вопросы, связанные с применением метода при различных видах работ.

Применение метода радиоактивных изотопов для решения геологических задач

Для определения поглощающих пластов в скважину закачивают радиоактивный изотоп: от 0,5 м³ (при плохом состоянии бурового раствора) до 2 м³ (при хорошем состоянии бурового раствора). Проникая в поглощающие пласты, активированный раствор повышает их радиоактивность, что легко обнаруживается путем сравнения кривых ГК, записанных до и после введения изотопа в скважину.

Эффективность выделения пластов может быть улучшена путем применения специальных реагентов, повышающих или понижающих их фазовую проницаемость. В качестве такого реагента используют мылонафт, который в результате обменной реакции с катионами Ca и Mg в водоносном пласте образует хлопьевидный осадок, закупоривающий поры пласта, и активированная жидкость больше проникает в нефтеносный пласт [29].

Метод радиоактивных изотопов отличается высокой эффективностью при выделении в разрезах скважин трещиноватых и кавернозных карбонатных коллекторов, где другие методы каротажа не дают необходимых результатов. Однако применение радиоактивных изотопов обусловлено опасностью обращения с ними. Это можно устранить, если использовать меченые жидкости, в состав которых входит

борная кислота или хлористый кадмий [29]. Так как Cl, В и Cd характеризуются большими сечениями захвата σ_3 тепловых нейтронов и высокой гамма-активностью радиационного захвата нейтронов (особенно Cl), то проницаемые высокопористые пласты, в которые проникла меченая жидкость, на кривых ННК и НГК будут отмечаться соответственно повышенными и пониженными показаниями.

При гидрогеологических исследованиях метод радиоактивных изотопов позволяет определить направление потока подземных вод и его скорость [43]. Радиоактивный изотоп запускают в пусковую скважину, а в контрольных скважинах наблюдают за изменением гамма-активности или отбирают пробы жидкости для радиоактивного анализа в лаборатории. Радиоактивный изотоп при этих работах должен удовлетворять следующим требованиям: энергия изотопа должна быть достаточной для выделения его в скважине или в отобранных пробах воды; период полураспада должен быть не менее продолжительности наблюдений за подземным потоком; потери изотопа за счет сорбции его горными породами должны быть минимальными. Таким требованиям удовлетворяют ^{51}Cr и ^{59}Fe [42].

Идеальным индикатором для исследования движения подземных вод является тритий ($T_{1/2} = 12,4$ года), однако обнаружить его в пробах воды можно только в лаборатории, так как он является бета-излучателем.

Количество радиоактивного изотопа, необходимое для введения в пусковую скважину, определяется конкретными условиями. По положению пусковой и контрольной скважины, в которой обнаружен изотоп, определяют направление потока, а по расстоянию между ними и времени движения индикатора — скорость фильтрации подземных вод.

Способ контрольных скважин наиболее часто применяют на практике для определения скорости и направления подземного потока в различных грунтах, в основаниях и телах гидротехнических сооружений. Аналогичным способом можно контролировать движение нефти в процессе эксплуатации нефтяного месторождения, используя в качестве индикатора радиоактивный изотоп углерода (^{14}C) или трития (^3H) [29].

Применение метода радиоактивных изотопов для решения технических задач

Определение высоты подъема цемента за колонной и толщины цементного кольца

При определении высоты подъема цемента в затрубном пространстве радиоактивный изотоп добавляют в первую порцию цементного раствора, доводя его активность до 0,5—1,0 мг-экв Ra на 1 м³. Расчет его радиоактивности производят по формуле (50). Уровень цемента на повторной кривой ГК будет отмечаться повышенными показаниями.

Необходимо учитывать, что водные растворы солей радиоактивных изотопов могут вымываться из цементного раствора и подниматься вместе с глинистым раствором выше уровня цементного кольца. Для исключения таких ошибок рациональнее пользоваться радиоактивными взвешиваниями и порошками.

Контроль положения цементного кольца в скважине методом изотопов осуществляют тогда, когда предполагаемый уровень цемента находится на большой глубине и метод термометрии не дает хороших результатов, или при повторных заливках и ремонтных работах, когда закачивается небольшое количество цементного раствора.

В некоторых случаях метод изотопов позволяет оценить качество цементирования обсадных колонн. При этом активируют весь цементный раствор и производят измерения при помощи гамма-цементомера, в котором индикатор гамма-квантов помещен во вращающийся свинцовый экран с отверстием. При хорошей цементации колонны кривая ГК в данной точке скважины представляет собой прямую линию, а при плохой цементации имеет явно выраженные максимумы и минимумы. При интерпретации полученных результатов используют кавернограмму. Однако этот способ является дорогостоящим, требует специальной аппаратуры и небезопасен. К тому же небольшие зазоры между цементным кольцом и колонной не могут быть обнаружены методом изотопов. Поэтому оценку качества цементирования обсадных колонн рациональнее производить методом акустического каротажа.

Определение мест повреждений в колонне и затрубного сообщения между пластами

Повреждение обсадной колонны и нарушение герметичности затрубного пространства приводит к нарушению режима работы эксплуатационных и нагнетательных скважин.

После закачки активированной жидкости в нагнетательную скважину или через перфорированные отверстия в колонне эксплуатационной скважины интервалы повреждения колонны или затрубного сообщения между пластами на повторной кривой ГК будут отмечаться повышенной интенсивностью гамма-излучения.

Определение мест перфорации колонн

При исследовании глубоких скважин точность определения глубин 2,5—3,0 м. При вскрытии в таких скважинах маломощных продуктивных пластов не исключены ошибки определения места перфорации обсадных колонн. Для более точного определения глубины длину кабеля измеряют не от плоскости роторного стола, а от места нахождения в скважине радиоактивного репера, в качестве которого используют ^{60}Co , помещенный в пулю перфоратора.

Методика работ заключается в следующем. Перед посадкой обсадной колонны к каротажному зонду подсоединяют двухкамерный перфоратор с радиоактивными пулями. После отметки продуктивного пласта на кривой электрокаротажа на 10—15 м выше его кровли производят первый выстрел перфоратора, а через 20—30 м — второй (контрольный). Моменты выстрелов фиксируют на диаграмме в виде меток, от которых с учетом расстояния между точкой записи кривой электрокаротажа и камерами перфоратора точно измеряют расстояние от радиоактивных пуль до кровли пласта.

Перед перфорацией обсадной колонны в скважине записывают кривую ГК и в момент отметки на ней радиоактивной пули на кабеле ставят отметку. Затем на том же кабеле опускают перфоратор до метки, мерной лентой на кабеле отмеряют расстояние от этой метки до интервала прострела и затем опускают перфоратор в данную точку пласта.

Контроль гидравлического разрыва пласта

Для повышения дебита пластов и увеличения их приемистости в эксплуатационных и нагнетательных скважинах применяют метод гидравлического разрыва пластов, сущность которого заключается в том, что в пласт закачивают нефть или сульфид-спиртовую барду, под действием которых в нем расширяются существующие трещины и образуются новые. Для закрепления трещин одновременно с жидкостью в пласт задавливается крупнозернистый песок (0,5—0,8 мм), к которому отдельными порциями добавляют активированный песок (на одну скважину достаточно 1—2 кг) удельной активности 2—3 мКи/кг.

На приготовление 1 кг активированного песка берут 250 см³ хлористого железа общей активностью 4 мКи. Находящийся в растворе песок периодически перемешивают и выдерживают в течение 2 сут в стеклянном или фарфоровом сосуде. Затем раствор сливают, песок просушивают и смешивают с вязким бакелитовым лаком или клеем. Полученную смесь тщательно смешивают с водой, воду сливают, а песок просушивают при температуре 200—300° С. В результате такой обработки на песчинках образуется несмываемая пленка гидрата окиси железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

После гидроразрыва пласта и тщательной промывки скважины протяженность аномалии на кривой ГК почти точно соответствует зоне разрыва.

Г л а в а X

МЕТОДЫ ГАММА-ГАММА-КАРОТАЖА

§ 35. ГАММА-ГАММА-КАРОТАЖ ПЛОТНОСТИ

Методика работ

Область применения метода

Метод гамма-гамма-каротажа плотности (ГГК-П) основан на измерении по стволу скважины интенсивности рассеянного гамма-излучения $J_{\gamma\gamma}$ источника жестких гамма-квантов, в качестве которого чаще всего используют изотоп ^{60}Co ($T_{1/2} = 5,27$ года; $E_{\gamma} = 1,33$ и $1,17$ МэВ; выход гамма-квантов на один распад — 100%; количество гамма-квантов на один распад — 2; гамма-активность 1мКи — 1,57 мг-экв Ra; гамма-постоянная $K_{\gamma} = 13,2$ Р/ч).

Установлено, что для принятых в практике каротажа размеров зондов между плотностью пород и интенсивностью рассеянного гамма-излучения существует обратно пропорциональная зависимость [2, 17, 28, 53]. Поскольку горные породы и полезные ископаемые дифференцированы по плотности, то метод ГГК-П позволяет производить литологическое расчленение пород, выделять различные полезные ископаемые, определять пористость пород; кроме того, он используется и для решения некоторых технических задач.

Описываемый метод позволяет определять глубину залегания, мощность и строение угольных пластов, а в некоторых благоприятных случаях — и их зольность. Его применяют также для выделения хромитовых руд (плотность $\delta_{\text{п}} = 3,7 \div 4,5$ г/см³) среди связанных с ними змеевиков и серпентинитов ($\delta_{\text{п}} = 2,5 \div 2,6$ г/см³), колчеданных руд ($\delta_{\text{п}} = 3,5 \div 4,5$ г/см³) среди вмещающих пород ($\delta_{\text{п}} = 2,6 \div 2,8$ г/см³), марганцевых ($\delta_{\text{п}} = 4,5$ г/см³) и железных ($\delta_{\text{п}} = 3,4$ г/см³) руд, бокситов ($\delta_{\text{п}} = 3$ г/см³), флюоритов ($\delta_{\text{п}} = 3,1$ г/см³), полиметаллических руд и калийных солей [29].]

Метод ГГК-П отличается одинаковой чувствительностью к изменению пористости пород в широких пределах, независимостью показаний от размеров и взаимного расположения отдельных включений и породной основы, от степени однородности среды, минерализации пластовой жидкости и бурового раствора и т. д.

Метод находит успешное применение при определении глубины цементного кольца, качества цементации обсадных колонн и отбивки их муфт, при изучении плотности жидкости, заполняющей скважину, а также для установления контакта нефтепродукт — рассол в подземных хранилищах нефтепродуктов. Обычно отбивку цементного кольца производят спустя не более 1—2 месяцев после затворения цемента, так как через более длительное время сверху на контакте цемент — буровой раствор образуется глинистый осадок, плотность которого соизмерима с плотностью цемента, и минимум на кривой наблюдается выше фактического положения цементного кольца в скважине.

Скорость спуска кабеля в скважине не должна превышать 4000—5000 м/ч, а в призабойной части должна уменьшаться до 500 м/ч. При спуске необходимо внимательно следить за перемещением зонда или глубинного прибора, так как при внезапных остановках (пробки, уступы, забой) возможен перепуск, что может привести к образованию узлов (особенно в новом бронированном кабеле) и прихвату кабеля. Регулируется скорость спуска плавным торможением барабана лебедки. При резком торможении кабель может соскочить с ролика блок-баланса или оборваться. Спуск кабеля осуществляется при работающем двигателе подъемника и выключенном приводе.

Остановка зонда или глубинного прибора в неглубоких скважинах отмечается по уменьшению натяжения кабеля. В глубоких скважинах при работе с бронированными кабелями и вязкими буровыми растворами момент остановки зонда или прибора фиксируется не сразу, поэтому контроль за спуском кабеля производят по регистрируемым кривым. Момент остановки соответствует постоянству измеряемых разностей потенциалов. Длительная остановка зондов или глубинных приборов в скважине не допускается (на забое — не более 1—2 мин).

Скорость подъема кабеля

Запись кривых КС и ПС производится при подъеме кабеля. Скорость подъема кабеля при регистрации кривых зависит от категории сложности геологического разреза, технического состояния скважины, детальности исследований и технических возможностей аппаратуры.

При нормальном состоянии скважины скорость измерений в поисковых масштабах глубин должна составлять в разрезах I категории сложности не более 3500 м/ч (фоторегистраторы) и 2000 м/ч (потенциометры), в разрезах II категории сложности — не более 2500 м/ч (фоторегистраторы) и 1000—1200 м/ч (потенциометры), в разрезах III категории сложности — не более 1500 м/ч (фоторегистраторы) и 700—800 м/ч (потенциометры) [47]. При детальном исследовании угольных пластов и рудных зон скорость измерений не должна превышать 300—400 м/ч.

В осложненных скважинах, а также при приближении к башмаку колонны, оставленным металлическим предметам и особенно при отрыве от забоя скорость измерений понижается во избежание прихвата и обрыва кабеля.

Выше указаны лишь ориентировочные значения скоростей подъема кабеля при записи кривых КС и ПС. Обычно при записи кривых выбирают такую максимальную скорость подъема кабеля, при которой погрешность измерения с этой и в два раза меньшей скоростью не превышает допустимых значений (5% — нефтяные и газовые скважины, 10% — угольные и рудные).

Эффективность метода ГГК-II при использовании плотностного цементомера ЦМТУ-1 снижается при цементировании колонны облегченными тампонирующими смесями в случае разности плотностей бурового раствора и цементного камня менее $0,4 \text{ г/см}^3$ и диаметре колонны свыше 150 мм, когда на показания кривых значительно влияют раствор в скважине и толщина стенок обсадной колонны при малом зазоре между колонной и стенками скважины, что приводит к увеличению зависимости показаний от характера пород [35]. Цементogramмы не отмечают небольшие зазоры между колонной и цементным кольцом.

Выбор размера зонда и мощности источника

В зависимости от типа применяемого источника и плотности изучаемых пород в методе ГГК-II используются зонды таких размеров, при которых чувствительность его к изменению плотности пород в определенных пределах минимальна. Эти зонды называются инверсионными. Для пород средней плотности длина инверсионного зонда с источником ^{60}Co составляет 4,5 см.

При применении зондов меньше инверсионных (доинверсионных) зависимость между плотностью горных пород и интенсивностью рассеянного гамма-излучения пропорциональная, так как индикатор в основном регистрирует излучение, рассеиваемое поверхностным слоем облучаемой среды. Поэтому существование неровностей на стенке скважины и заполнение их буровым раствором, а также наличие глинистой корки приводят к особенно значительному уменьшению точности определения плотности горных пород. К тому же при использовании малых зондов возникают трудности в экранировании индикатора от прямого излучения источника.

В случае применения зондов больших размеров (заинверсионных) чувствительность метода к изменению плотности пород возрастает, а влияние изменения диаметра скважины и толщины глинистой корки уменьшается. Однако это требует увеличения мощности источника, что небезопасно для обслуживающего персонала [2], поэтому в практике каротажа размеры зондов и мощности источников выбирают в опытным порядке с таким расчетом, чтобы свести к минимуму влияние искажающих факторов, получить дифференцированные кривые с наилучшим выделением того или иного полезного ископаемого и обеспечить безопасную работу обслуживающего персонала.

Для выделения угольных пластов используют зонды длиной $30 \div 50$ см, железных руд — длиной 30—40 см, руд тяжелых металлов — длиной 20—40 см, калиных солей — 60 см, при определении глубины цементного кольца — зонды длиной 40—60 см, плотности жидкости — длиной 20—25 см, пористости пород — 40 см. Размер зонда для установления контакта нефтепродукт — рассол в подземных хранилищах нефтепродуктов составляет 80—90 см [2, 17, 29, 47, 50, 53]. Фактические длины зондов не должны отличаться от

номинального значения более чем на 5 мм, а при сборке и разборке прибора они должны воспроизводиться с точностью до 1 мм [50].

При соответствующих размерах зондов выбирают такие мощности источников, чтобы скорость счета в канале ГГК аппаратуры РК превышала скорость счета естественного гамма-излучения против глин не менее чем в 10 раз, что позволяет интерпретировать кривые ГГК-II без введения поправок на изменение естественного гамма-излучения пород. Обычно в практике каротажа применяют источники мощностью не более 10 мКи, в среднем 3—5 мКи. Для защиты детектора от прямого гамма-излучения источника между ними установлен свинцовый экран, 1/3 общей длины которого размещена со стороны источника, а 2/3 — со стороны индикатора (в аппаратуре ДРСТ-2 4 см свинца находится в камере источника и 8 см — в пробке гильзы). Такая конструкция экрана значительно повышает относительную дифференциацию кривой [2, 53].

Радиус исследования в методе ГГК-II для общепринятых размеров зондов не превышает 10—15 см. Точкой записи кривой является середина расстояния между кристаллом и источником излучения, а при работе с газоразрядными счетчиками — середина расстояния между источником и верхним концом индикатора [50].

Выбор диапазона панели и масштаба записи кривой

В методе ГГК-II выбирается такой диапазон панели РК, чтобы скорость счета при максимальном отклонении кривой помещалась в пределах линейного участка характеристики канала. Обычно при записи кривой при работе со сцинтилляционными детекторами выбирают диапазоны 5—7 аппаратуры ДРСТ-2 или диапазон 6 аппаратуры РК-М. Постоянная по напряжению в измерительном канале станции устанавливается в пределах 1,25—3,75 мВ/см.

Масштаб записи кривой ГГК-II должен быть таким, чтобы разница между максимальными и минимальными показаниями была не менее 5 см. Выражается он в имп/мин·см или усл. ед./см. Обычно масштаб записи кривой ГГК-II устанавливают равным 0,1 усл. ед./см.

За условную единицу в методе ГГК-II принимается

$$J_{\text{эт}} = J_{\gamma\gamma \text{ max}} - J_{\gamma\gamma \text{ min}}, \quad (51)$$

где $J_{\gamma\gamma \text{ max}}$ — скорость счета против высокопористых пластов, неразмытых глин, угольных пластов, но не каверн, имп/мин; $J_{\gamma\gamma \text{ min}}$ — скорость счета против наиболее плотных пластов, имп/мин.

Масштаб записи кривой ГГК-II устанавливают по отклонению пишущего устройства согласно формуле

$$l = N_{\text{к}}/n_{\gamma\gamma}J_{\text{эт}}, \quad (52)$$

где $N_{\text{к}}$ — скорость счета, задаваемая калибратором, имп/мин; $n_{\gamma\gamma}$ — масштаб записи кривой, усл. ед./см.

Скорость счета, задаваемая калибратором при установке масштаба записи на выбранном диапазоне панели, должна отклонять пишущее устройство не менее чем на 5 см.

Поскольку при $n_{\gamma\gamma} = 0,1$ усл. ед./см кривая ГГК-П имеет значительное отклонение от нулевой линии (большой фон), то перед записью кривую смещают с помощью ГКП на величину $0,8 J_{\gamma\gamma \text{ min}}$.

Масштабную шкалу кривой ГГК-П в разведочных скважинах можно выразить и в единицах вида $J_{\gamma\gamma \text{ H}}$, предварительно выполнив исследования в эталонной скважине (см. § 31).

Проведение измерений на скважине

Поскольку техника работ с аппаратурой ДРСТ-2 в методе ГГК-П такая же, как и в методе ГК, остановимся лишь на некоторых особенностях работы методом ГГК-П.

Чтобы различить кривые ГК и ГГК-П, их одновременную запись на станциях с потенциометрами производят чернилами разного цвета или на двух лентах, а на станции АКС/Л-64 нулевую линию кривой ГГК-П смещают на 2—4 см вправо от нулевой линии ГК. Поскольку угольные пласты на кривых ГК (минимум) и ГГК-П (максимум) отмечаются противоположными аномалиями, при детальных исследованиях обычно совмещают нулевые линии обеих кривых. На станциях типа АКС запись кривых ГК и ГГК-П рекомендуется производить также гальванометрами 1/5 [50].

При работе с прибором СП-62 тумблеры *1B9*, *1B10*, «ДРСТ», «СП-62» (на шасси панели) устанавливают в положение «СП-62», а переключатель *1B1* — в позицию «Г» (см. рис. 44).

Перед спуском прибора в скважину в канале ГГК-П фиксируют нулевое положение пишущего устройства при позиции «0-инд.» переключателя *1B1*, отклонение от калибратора в соответствии с заданным масштабом, смещение нуля от ГГКП, натуральный фон (прибор без источника расположен на земле), отклонение от рабочего эталона и затем повторно от нуля-индикатора. После установки масштаба записи кривой, не включая калибратора, подают в канал разность потенциалов от ГГКП знаком минус и смещают кривую на величину $0,8 J_{\gamma\gamma \text{ min}}$. Разница отклонений пишущего устройства от рабочего эталона и натурального фона (контрольное показание) на скважине не должна отличаться от данных при эталонировке более чем на 10%.

Учитывая, что кривая ГГК-П обычно записывается одновременно с кривой ГК, канал ГК панели в связи с большой скоростью счета калибратора при установке масштаба записи кривой ГГК-П необходимо временно отключить от фоторегистратора или загрузить предел измерения станции во избежание значительного закручивания подвижных систем гальванометров.

Далее при выключенном питании к скважинному прибору подсоединяют заводское зондовое устройство и камеру с источником. Для получения стандартного зонда из комплекта удлинителей зондового устройства выбирают необходимый удлинитель. При работе

с прибором РУР-1 вместо зонда ГГК-С используют зондовое устройство ГГК-П. Подсоединение источника к скважинному прибору производится по команде старшего производителя работ на скважине (начальника партии или отряда, инженера-оператора) в строгом соответствии с правилами техники безопасности при работе с радиоактивными изотопами. Время на операцию по соединению и отсоединению камеры и корпуса прибора не должно превышать 2 мин [49].

После этого включают питание скважинного прибора и при спуске на забой наблюдают за отклонениями пишущих устройств каналов ГК и ГГК-П. При необходимости устанавливают новое смещение кривой ГГК-П. В призабойной части скважины проверяют и при необходимости корректируют исходные установки (нуль индикатора, отклонение от калибратора) и приступают к записи кривой. При этом постоянную времени и скорость подъема скважинного прибора выбирают в соответствии с методическими положениями, рассмотренными в методе ГК. В процессе записи контролируют скорости счета в каналах ГК и ГГК-П по отклонениям пишущих устройств и пересчетному прибору на интервалах с малоизменяющейся скоростью счета. После выполнения поисковых исследований на диаграмме ГГК-П (так же, как и на ГК) фиксируют отклонение от калибратора и нуль-индикатора. Перекрытие ранее проведенных исследований и контрольные измерения выполняют в интервале не менее 50 м в нефтяных, газовых и рудных скважинах и 10—25 м в угольных скважинах с обязательной привязкой интервала хотя бы к одной метке на кабеле.

Затем приступают к детализации аномальных интервалов, соответствующих угольным пластам и рудным зонам. При этом масштабы записи кривой ГГК-П выбирают по результатам поисковых исследований с таким расчетом, чтобы аномалии имели возможно большую амплитуду (5—8 см). Обычно масштаб записи кривой устанавливают изменением предела измерения панели РК. Детализационную кривую в большинстве случаев регистрируют один раз. В начале интервала детализации на диаграмме фиксируют нуль индикатора и отклонение от калибратора, а в конце — нуль индикатора. Отклонение от калибратора фиксируют каждый раз при изменении масштаба записи кривой ГГК-П.

После выполнения поисковых и детализационных исследований и оценки качества диаграмм (см. § 37) прибор поднимают на поверхность, отсоединяют источник и производят завершающую регистрацию исходных данных.

§ 36. СЕЛЕКТИВНЫЙ, СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ И РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ КАРОТАЖ

Методика работ

Селективный метод гамма-гамма-каротажа (ГГК-С) основан на регистрации по стволу скважины рассеянного гамма-излучения источников мягких гамма-квантов (табл. 16).

Параметры источников мягких гамма-квантов
[2, 29, 47, 53]

Элемент	Период полураспада, $T_{1/2}$	Энергия гамма-квантов E_γ , МэВ	Выход квантов на 1 распад, %	Гамма- активность 1 мКи, мг-экв Ra	Гамма- постоянная K_γ , Р/ч
^{75}Se	127 дней	0,269	65,2	0,19	1,62
		0,138	21,4	—	—
		0,405	14,0	—	—
		0,076	14,0	—	—
^{170}Tl	129 дней	0,084	37	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
^{113}Sn	118 »	0,396	70	—	—
^{123}Te	105 »	0,089	100	—	—
^{133}Ba	10 лет	0,360	69	—	—
^{203}Hg	46,9 дней	0,279	87	0,17	1,41
^{137}Cs	33 года	0,661	92	0,42	3,55

Так как горные породы облучаются мягкими гамма-квантами, то преобладающим взаимодействием их с горными породами будет являться фотоэффект. Линейный коэффициент фотопоглощения пропорционален $Z_{\text{эф}}^{4,5}$ (эффективный атомный номер) и плотности среды δ_n и обратно пропорционален энергии гамма-излучения источника [2, 3, 28, 29, 53].

Средние значения $Z_{\text{эф}}$ для различных сред следующие: вода — 7,72; уголь каменный — 6,92; песчаник — 12,89; глина — 13,07; мергель — 14,74; известняк — 15,13; гранит — 13,64; пирит — 21,6; хромит — 22; магнетит — 23,2; халькопирит — 24,6; барит — 45,6; галенит — 77,2; киноварь — 76. Как видно из приведенных данных, на кривой ГГК-С угольные пласты среди вмещающих пород (глины, песчаники, известняки) будут отмечаться максимальными показаниями, а руды тяжелых металлов — минимальными. В общем случае зависимость между интенсивностью рассеянного мягкого гамма-излучения и $Z_{\text{эф}}$ среды отличается от линейной. Однако для руд определенного вещественного состава и энергии гамма-излучения можно подобрать такие источники гамма-квантов, при использовании которых обеспечивается максимальная чувствительность метода и линейность зависимости $J_{\gamma\gamma} = f(Z_{\text{эф}})$. Например, при изучении железных руд, хромитов, сульфидных руд с небольшим $Z_{\text{эф}}$ (пирит, халькопирит) целесообразно использовать источники ^{170}Tl , ^{123}Te , при изучении бедных свинцовых и ртутных руд — ^{75}Se , а богатых — ^{137}Cs .

Метод ГГК-С в интегральном варианте дает хорошие результаты в том случае, если руды отличаются постоянством вещественного состава и равномерным распределением рудных элементов. На месторождениях, характеризующихся одновременным изменением плотности руд и их эффективного атомного номера, применение одного метода (ГГК-П или ГГК-С) не всегда эффективно [1]. Если в методе

ГГК-II вещественный состав руд не оказывает существенного влияния на результат измерений, то в методе ГГК-С влияние плотности ничуть не меньше, чем в методе ГГК-II. Примерно в одинаковой степени в обоих методах влияет изменение мощности промежуточной зоны (воздушный промежуток или слой бурового раствора между прибором вблизи зонда и стенками скважины). Влияние промежуточной зоны можно уменьшить путем применения зонда с выносным блоком, в котором источник и индикатор прижимаются к стенкам скважины (прибор РУР-1).

В методе ГГК-С, так же как и в методе ГГК-II, применяют такие размеры зондов (инверсионные зонды), в которых регистрируемая интенсивность рассеянного гамма-излучения не зависит от плотности среды. Область инверсии зависит от плотности и вещественного состава среды и типа применяемого источника и определяется выражением $X_{\max} = \delta_{\text{п}} L_{\text{ин}}$ ($L_{\text{ин}}$ — размер инверсионного зонда). Например, при $Z_{\text{эф}} = 10 \div 15$ область инверсии равна 10—16 г/см² для источника ⁷⁵Se, 12—18 г/см² для ¹³⁷Cs. В работе В. Н. Митова и др. [32] рассмотрены примеры применения инверсионного зонда с источником ⁷⁵Se на железорудных месторождениях Кривого Рога. Учитывая, что плотность железных руд $\delta_{\text{п}} \approx 3$ г/см³, размер инверсионного зонда для данного случая и источника ⁷⁵Se должен быть равен 4 см. Так как глубинность метода ГГК-С при работе с инверсионным зондом не превышает 1,0—1,5 см, то на показания кривой оказывает существенное влияние толщина глинистой корки и неровности стенок скважины, однако предложенный вариант метода может быть использован для предварительной оценки содержания железа в разрезах скважины.

Уменьшить влияние изменения диаметра скважины, плотности и текстуры пород на кривую ГГК-С при разведке на руды тяжелых металлов можно путем одновременного применения двух зондов, один из которых должен иметь размер $L_1 < L_{\text{ин}}$ (доинверсионный зонд), а другой — $L_2 > L_{\text{ин}}$ (заинверсионный зонд). Так как в доинверсионном зонде зависимость между интенсивностью рассеянного гамма-излучения и плотностью среды прямая, а в заинверсионном — обратная, то двойной зонд позволяет взаимно скомпенсировать изменение плотности пород. Аналогично можно подобрать двойной зонд и для исключения влияния диаметра скважины, так как зависимость $J_{\gamma\gamma}$ от d также обладает инверсией (для доинверсионного зонда она прямая, а для заинверсионного — обратная). При использовании двойного зонда в рудных скважинах с источниками ⁷⁵Se мощностью $Q_{\gamma_1} = 0,25$ мКи и $Q_{\gamma_2} = 2,5$ мКи, удаленными от детектора соответственно на расстояния $L_1 = 1,9$ см и $L_2 = 19$ см, влияние изменения плотности среды от 1,5 до 3 г/см³ и диаметра скважин от 4 до 23 см не сказывается на результатах измерений, т. е. интенсивность рассеянного гамма-излучения будет определяться содержанием тяжелых элементов в породе [8].

Наиболее благоприятные результаты дает метод ГГК-С при исследовании однокомпонентных руд тяжелых металлов (свинца, ртути,

сурьмы, железа). Руды сложного состава методом ГГК-С расчленишь на отдельные компоненты невозможно, но зато он позволяет выделить зону оруденения общей аномалией минимальных показаний.

Хорошие результаты дает метод ГГК-С на угольных месторождениях. Поскольку вмещающие породы угольных месторождений имеют практически постоянный химический состав ($Z_{эф} = 12 \div 15$), то кривая ГГК-С не дифференцирует их на отдельные литологические разности, зато уверенно выделяет угольные пласты и углистые породы, четко отражая их строение. Так как величины $Z_{эф}$ глинистого раствора и вмещающих пород мало различаются, влияние каверн на показания кривой ГГК-С несколько меньше, чем на кривую ГГК-П. При диаметре и протяженности каверн 25—30 см их влияние при работе с прибором РУР-1 сводится к минимуму, так как источник и детектор помещены в выносном блоке (длина 30 см, диаметр раскрытия 25 см), прижимаемом к стенке скважины, и экранированы свинцом со стороны бурового раствора. Однако локальные каверны, протяженность которых меньше длины выносного блока, будут отмечаться на кривой ГГК-С аналогично углистым и слабоуглистым породам. Применение метода ГГК-С в комплексе с электрическими методами каротажа и кавернометрией дает возможность однозначно выделять угольные пласты, определять их мощность, строение, глубину залегания и зольность [33].

Как указывалось выше, метод ГГК-С не позволяет однозначно выделять отдельные компоненты в рудах сложного состава, содержащих тяжелые элементы, поэтому определение природы аномалий селективного каротажа — довольно сложная задача, особенно тогда, когда наряду с полезными компонентами в разрезах скважин присутствуют элементы больших порядковых номеров, которые при достаточной концентрации создают ложные аномалии. В этом случае применяют селективный каротаж в спектральном варианте (ГГК-СС) или рентгено-радиометрический каротаж (РРК).

Известно, что если энергия гамма-квантов соизмерима с энергией E_K связи электрона с ядром на оболочке К (табл. 17), то гамма-кванты испытывают максимум поглощения (так называемый К-скачок или «провал»). При полной передаче энергии гамма-кванта одному из электронов атома на К-оболочке электрон захватывается ядром или покидает электронную оболочку. Выбивание электрона гамма-квантом с той или иной электронной оболочки происходит в том случае, если энергия гамма-кванта превосходит величину потенциала ионизации этой оболочки [2, 25, 29]. В результате этого атом оказывается возбужденным и возвращение его в нормальное состояние сопровождается характеристическим рентгеновским излучением (несколько линий К-серии: $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \beta_3$).

Регистрация характеристического рентгеновского излучения по стволу скважины и составляет сущность РРК. Для получения характеристического рентгеновского излучения необходимо, чтобы энергия E_K возбуждающего гамма-излучения была несколько больше энергии E_K . Отличительной особенностью метода РРК является то,

Энергии возбуждения К-уровня E_K
и характеристического рентгеновского излучения E_{α_1} линии α_1

Элемент	E_K , кэВ	E_{α_1} , кэВ
^{56}Fe	7,11	6,40
^{64}Cu	8,98	8,05
^{65}Zn	9,66	8,64
^{96}Mo	20,00	17,48
^{119}Sn	29,19	25,27
^{122}Sb	30,49	26,36
^{137}Ba	37,41	32,19
^{184}W	69,51	59,31
^{201}Hg	83,11	80,82
^{207}Pb	88,00	74,96
^{209}Bi	90,52	77,10

что в нем применяют зонды с геометрией «прямой видимости», иначе говоря, регистрация характеристического излучения производится с того же участка поверхности изучаемой среды, на который воздействует гамма-излучение источника, что достигается коллимацией источника и детектора [2, 9, 29, 46]. В рассматриваемых условиях интенсивности характеристического и однократно рассеянного гамма-излучения источника пропорциональны концентрации q исследуемого элемента, зависят от его атомного номера и не зависят от плотности среды.

Если регистрировать рассеянные гамма-кванты источника в узкой области спектра энергий, соответствующих К-скачку поглощения или характеристическому излучению элемента, то на полученной кривой в первом случае он будет выделяться минимальными показаниями, а во втором — максимальными.

С целью стандартизации измерений и уменьшения влияния помех (за счет многократного рассеянного гамма-излучения) в методах ГГК-СС и РРК применяют способ спектральных отношений, сущность которого заключается в том, что измерение скорости счета производится двумя каналами гамма-спектрометра, один из которых настроен на энергию К-скачка поглощения или характеристического рентгеновского излучения, а другой фиксирует фон рассеянного гамма-излучения справа от К-уровня [34, 46]. Например, при выделении ртути и свинца в разрезах сухих скважин с использованием источника ^{75}Se скорости счета целесообразно регистрировать в энергетических диапазонах $N_7 = 70 \div 80$ кэВ (7-ой канал спектрометра) и $N_{12} = 120 \div 130$ кэВ (12-ый канал), а при выделении сурьмы — $N_2 = 20 \div 30$ кэВ и $N_5 = 45 \div 55$ кэВ (2-ой и 5-ый каналы). При наличии исследуемого элемента в разрезе скважины спектральные отношения N_7/N_{12} и N_2/N_5 больше единицы, а в безрудных образованиях — меньше единицы. Незначительное присутствие железа и ртути при определении сурьмы, а бария и сурьмы —

при определении ртути не влияет на количественную оценку ртутного и сурьмяного оруденения. При больших концентрациях «мешающих» элементов количественные содержания ртути и сурьмы значительно занижаются [9, 34].

Количественные определения элементов по способу спектральных отношений требуют предварительного градуирования аппаратуры при помощи образцов-эталонов с известным содержанием исследуемого элемента. Применение РРК в варианте спектральных отношений и наличие коллимационных отверстий у источника и детектора, смонтированных в выносном блоке и экранированных со стороны скважины, значительно уменьшает влияние неровностей стенок скважины, бурового раствора и рассеянного гамма-излучения на результаты измерений. Влияние рассеянного гамма-излучения на показания кривой РРК минимально в том случае, если угол между коллимационными каналами равен 90° . Однако отклонение от этого угла на $20-30^\circ$ не влияет на чувствительность метода РРК. Оптимальный диаметр коллимационного канала детектора должен быть $8-10$ мм.

На величину спектрального отношения ϕ существенное влияние оказывают материал и толщина корпуса скважинного прибора. Лучше всего для изготовления зондов использовать текстолит или другой материал с невысоким атомным номером. При использовании текстолита толщиной $3-4$ мм или алюминия толщиной 5 мм аномальный эффект уменьшается соответственно на $6-7\%$ и $25-30\%$. Недопустимо изготавливать стальные корпуса установок, так как величина ϕ при этом уменьшается почти вдвое.

Существенным недостатком методов РРК и ГГК-СС является их малый радиус исследования (не более $1-1,5$ см для тяжелых металлов) и влияние неравномерности (дискретности) оруденения, при которой наблюдается значительное поглощение гамма-излучения во вмещающей среде.

Наибольшая чувствительность метода РРК к концентрации того или иного элемента в породе будет иметь место в том случае, если энергия гамма-квантов источника превышает энергию связи электрона К-оболочки в $2,0-2,5$ раза. Поэтому для возбуждения аналитических линий олова, сурьмы, бария рекомендуется применять источники ^{170}Tl или ^{123}Te , а для вольфрама, ртути, свинца, висмута — ^{75}Se , ^{133}Ba , ^{203}Hg .

Метод РРК обладает достаточным порогом чувствительности (примерно $0,2-0,4\%$) для элементов с порядковым номером $Z = 50-85$, что вполне достаточно для подсчета запасов полезных ископаемых. Однозначное выделение угольных пластов можно успешно осуществить комплексным применением методов ГГК-С и ГГК-СС [51]. При регистрации гамма-излучения в области энергий $40-60$ кэВ значительно уменьшается влияние плотностного эффекта, а следовательно, кавернозности скважин, и повышается чувствительность методов к изменению $Z_{\text{эф}}$. Пользуясь отношением $k = A_1/A_2$ (где A_1 и A_2 — амплитуды аномалий спектрального и

селективного каротажа), можно более уверенно разделить аномалии на угольные и безугольные. Угольным пластам малой и средней зольности соответствует $k = 3 \div 4$, кавернам — $k = 0,8 \div 1,0$, вмещающим породам без каверн — $k = 1,0$.

При исследовании угольных пластов и руд тяжелых металлов методом ГГК-С детекторами гамма-квантов служат соответственно газоразрядные счетчики МС-13 и ВС-13, а при спектрометрических исследованиях — сцинтилляционные детекторы. Наиболее благоприятным источником гамма-квантов при исследовании угольных пластов является ^{76}Se .

Мощность источников в методах ГГК-С, ГГК-СС и РРК выбирается такой, чтобы аномалии против полезного ископаемого имели амплитуды не менее 4—5 см и скорость счета в канале при выбранных размерах зондов не превышала максимально допустимую для данного типа аппаратуры. Измерения должны выполняться эталонированной аппаратурой. Эталонирование канала ГГК-С в аппаратуре РУР-1 производится так же, как и в методе ГК.

Для эталонирования гамма-спектрометров используют набор эталонов с определенной концентрацией изучаемого элемента (0; 0,5; 1; 2; 5; 10%). Эталоны изготовляют на цементной, алебастровой или гипсовой основе с добавлением 50% кварцевого песка и покрывают тонкой пленкой клея БФ-2. В качестве эталонов могут быть использованы также геологические пробы месторождения, на котором проводятся работы. Обычно при определении ртути, вольфрама и олова ограничиваются пробами с содержанием элементов не более 5%. При эталонировании эталоны или пробы прикладываются к окну коллимационного канала детектора. По полученным данным строят график зависимости зарегистрированной интенсивности от содержания элемента. Обычно эталонировочные графики снимают не реже одного раза в месяц, а также при смене детектора и фотоумножителя, замене деталей скважинного прибора и панели, изменении уровня дискриминации. Для контроля работы аппаратуры в промежутке между эталонированиями пользуются рабочими эталонами, один из которых (№ 1) соответствует рудовмещающим породам, а другой (№ 2) — 2—3%-ному содержанию определенного элемента.

Масштаб записи кривой спектральных отношений выбирают так, чтобы на ней надежно выделялись аномалии с пороговым содержанием q изучаемого элемента. Этому положению должно соответствовать условие $l_0 q \geq 2\varepsilon_1$ (где l_0 — отклонение пишущего устройства на 1% содержания элемента, ε_1 — среднеквадратичная погрешность флюктуации). Полагая, например, $\varepsilon_1 = 0,2$ см и $q = 0,08\%$, получим $l_0 = 5$ см, т. е. амплитуде аномалии в 15 см соответствует содержание элемента в породе, равное 3%.

Масштаб записи n_ϕ кривой спектральных отношений задают по отклонению пишущего устройства в соответствии с формулой

$$l = \frac{(\varphi_{\max} - \varphi_0)}{n_\phi}, \quad (53)$$

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИН

Точное определение глубин производится по меткам, расположенным на кабеле через 10 м. Кабель должен быть размечен таким образом, чтобы измеряемые глубины соответствовали действительной глубине скважины в пределах допустимых погрешностей. Расстояние между нанесенными на кабель метками измеряется стальной мерной лентой с погрешностью не более ± 1 см.

Разметку кабеля необходимо производить при его подъеме или на разметочной установке, где создается такое же натяжение, как и при выполнении измерений.

Перед разметкой новый кабель несколько раз опускают в скважину с тяжелым грузом, так как первоначальное удлинение кабеля

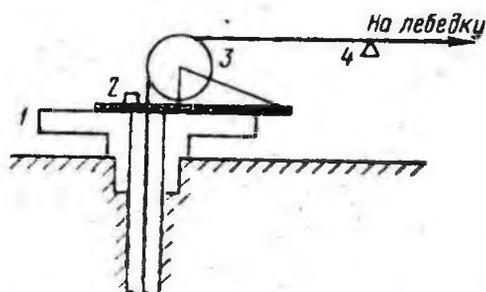


Рис. 3. Схема определения глубин при каротаже.

1 — ротор; 2 — точка отсчета глубин;
3 — блок-баланс; 4 — точка отметки глубин

в значительной степени зависит от раскручивания и растяжения жил и может достигать 2—3 м на 1 км [16]. Нанесение магнитных меток на автоматической разметочной установке (что чаще всего практикуется в промыслово-геофизических экспедициях) производится гораздо быстрее, чем на скважине обычным способом. В этом случае создают такое же натяжение кабеля, как и при проведении измерений на скважине. Промеры кабеля оформляются соответствующим актом.

Повторное нанесение меток на кабеле необходимо в следующих случаях:

1) когда магнитные метки не отмечаются на диаграмме (усилитель магнитного меткоуловителя ММУ и формирующая ячейка кабельной метки осциллографа Н013 исправны и отрегулированы, отклонение кулачкового вала от нулевого положения в панели управления Н013 не превышает $\pm 0,75$ м);

2) когда расстояние между метками отличается от принятого при разметке кабеля;

3) после каждого прихвата, если расстояние между соседними метками на каротажной диаграмме отличается более чем на 1% (конечно, при исправной аппаратуре и соответствии диаметра выемки на ролике блок-баланса марке применяемого кабеля);

4) после каждого обрыва и ремонта кабеля.

Глубина скважины отсчитывается от точки отсчета глубин (рис. 3). Точкой отсчета глубин в нефтяных и газовых скважинах является уровень стола ротора, в угольных и рудных скважинах — уровень механического разворота или выступ обсадной трубы. При отсутствии станка на буровой за точку отсчета можно принять уровень земной поверхности. Точка, относительно которой отмечаются глубины на диаграмме, называется **т о ч к о й о т м е т к и**

где Φ_{\max} и Φ_0 — спектральные отношения при помещении скважинного прибора в эталоны с максимальным содержанием элемента и с вмещающей средой.

Обычно при исследованиях на олово, вольфрам, ртуть, висмут, ртуть + барий (сурьма), олово + барий, свинец + вольфрам задают $n_c = 0,05 \div 0,10$, а на сурьму, барий, свинец, свинец + барий, сурьма + барий — $n_c = 0,1 \div 0,2$. Масштабы записи интенсивностей J_1 и J_2 в 1-ом и 2-ом каналах гамма-спектрометра устанавливают по отклонениям бликов от калибратора. При этом обычно в обоих каналах задают $n_J = 150 \div 250$ имп/с · см.

Скорость перемещения прибора v и постоянную времени τ интегратора выбирают так же, как и в методе ГК. Обычно при поисковых исследованиях (масштаб 1 : 200) на олово, вольфрам, ртуть, висмут, свинец + вольфрам, ртуть + барий (сурьма), олово + барий выбирают $v = 160 \div 180$ м/ч, $\tau = 2$ с, а на сурьму, барий, свинец, свинец + барий, сурьма + барий — $v = 300 \div 350$ м/ч, $\tau = 1$ с. При детализации (масштаб 1 : 50) аномальных зон v уменьшают, а τ увеличивают примерно в 2 раза.

Оптимальные условия записи кривых ГГК-С на угольных и рудных месторождениях следующие: длина зонда — 10 или 15 см, мощность источника $Q_\gamma = 15 \div 25$ мКи, масштаб записи $500 \div 1000$ имп/мин · см, $\tau = 1,5 \div 3,0$ с, $v = 200 \div 300$ м/ч (масштаб 1 : 200) и $60 \div 80$ м/ч (масштаб 1 : 50).

Проведение измерений на скважине

При работе с прибором РУР-1 к его нижней части подсоединяют выносной блок, выполняют необходимые соединения панели ДРСТ-2 (см. рис. 44) с источником питания и регистратором каротажной станции. Скважинный прибор подключают коллекторным приводом к гнездам «ЦЖК» и «ОК» панели через балластный резистор $R = 3$ кОм, благодаря которому напряжение на головке прибора не превышает 12—14 В, а ток питания равен 75 мА. Контроль работы и основные регулировки аппаратуры осуществляются так же, как и в приборе ДРСТ-2.

Перед спуском прибора в скважину на регистраторе фиксируют нулевые положения пишущих устройств, отклонения от калибратора в соответствии с заданным масштабом, натурального фона и рабочего эталона (с применением эталонировочного станочка для канала ГГК-С). После этого в нижнюю камеру выносного блока (длина зонда 15 см) пинцетом или манипулятором помещают источник, закрывают его ватным тампоном, быстро закручивают пробку камеры и опускают прибор в скважину. Время на закладку источника не должно превышать 2 мин. На угольных месторождениях кривая ГГК-С записывается после снятия кавернограммы.

При работе с гамма-спектрометром порядок работы следующий. После подключения прибора к радиочастотному кабелю, включения питания и прогрева аппаратуры в течение 0,5 ч производят ее на-

стройку. Затем помещают скважинный прибор в эталоны № 1 и № 2 и по интенсиметру отсчитывают интенсивность J_1 , J_2 и спектральное отношение φ , а также рассчитывают отношение $\varphi_{э2}/\varphi_{э1}$. Эталоны должны располагаться на расстоянии 1,0—1,5 м от поверхности земли или другой рассеивающей среды. Расхождения параметров $\varphi_{э2}$ и $\varphi_{э1}$ и их отношения не должны отличаться более чем на 10% от данных, полученных на базе во время эталонирования аппаратуры. Результаты измерений заносят в аппаратный журнал. На диаграммной ленте отмечают нулевые положения бликов и их отклонения от калибратора и в эталонах № 1 и № 2. Запись контрольных сигналов производят в течение 30—40 с в масштабе глубин 1 : 500.

Если скважина не имеет буровой вышки, то сначала контролируют ее проходимость при помощи шаблона, а затем опускают скважинные приборы. В процессе спуска прибора на забой контролируют работу спектрометра по реперному сигналу, фоновому значению измерителя отношений и осциллоскопу.

В призабойной части скважины проверяют нулевые положения бликов и их отклонения от калибратора в каналах J_1 , J_2 , φ и ГГК-С (РУР-1) и записывают кривые в масштабе глубин 1 : 200. Последовательность проведения измерений определяется методическими положениями § 32.

После записи кривых прибор извлекают из скважины, измеряют контрольные сигналы и намечают интервалы детализации угольных пластов и рудных зон. Отмеченные интервалы детализируют дважды без изменения масштабов записи кривых. После каждой детализации по всей скважине прибор извлекают на поверхность и фиксируют калибровочные сигналы.

§ 37. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДИАГРАММ

Диаграммы гамма-гамма-каротажа снабжаются форменным заголовком, в котором, кроме общих сведений, указанных в § 10, приводятся следующие данные: размеры зондов, типы и размеры индикаторов, скорость счета на 1 усл. ед., показания в эталонированном устройстве до и после каротажа, натуральный фон, фактическая частота калибратора; тип, номер и мощность источника на дату проведения замера, постоянная времени, предел измерения панели РК; экранировка индикаторов, если она отличается от стандартной; тип утяжелителя промывочной жидкости [50].

Оформляют диаграммы в принципе так же, как в методе ГК. Шкалы кривых проставляют с шагом 2 см с учетом применяемого масштаба записи и величины смещения нулевой линии кривой при помощи компенсатора поляризации.

Полученные диаграммы гамма-гамма-методов считаются высококачественными, если соблюдены следующие основные требования.

1. Диаграммы записаны исправной, отрегулированной в оптимальном режиме и проэталонированной аппаратурой в соответствии

с общепринятой методикой работ, применяемой при решении той или иной геологической или технической задачи.

2. На диаграммах отмечены необходимые контрольные и калибровочные сигналы в соответствии с положениями пункта 2, § 35. Кроме того, на диаграммах РРК, ГГК-СС должны быть зафиксированы отклонения пишущего устройства при помещении зонда в контрольные эталоны. Погрешности в отклонениях пишущих устройств от натурального фона не должны превышать 10%, а от рабочих эталонов — 5% в нефтяных и газовых скважинах и 10% — в угольных и рудных [50].

3. Размеры зондов и масштабы записи измеряемых параметров соответствуют общепринятым в районе работ.

4. Среднеквадратичные погрешности измерений в методе ГГК-II при поисковых исследованиях в нефтяных, газовых и рудных скважинах не превышают 5%, при детальных исследованиях — 3%, в угольных скважинах — 10%, в методах ГГК-С, ГГК-СС и РРК — 10% [8, 9, 30, 34, 50]. Погрешность измерений оценивается по повторным записям и записям, проведенным в различное время против опорных пластов, в качестве которых могут быть использованы угольные пласты и рудные зоны со средним или максимальным бортовым содержанием исследуемого элемента, а также кавернозные интервалы скважины с диаметром каверн более 30 см (для метода ГГК-II).

5. Диаграммы гамма-гамма-методов должны соответствовать требованиям § 10.

Г л а в а XI

НЕЙТРОННЫЕ МЕТОДЫ КАРОТАЖА

§ 38. НЕЙТРОННЫЙ ГАММА-КАРОТАЖ, НЕЙТРОННЫЙ ГАММА-КАРОТАЖ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ, НЕЙТРОН-НЕЙТРОННЫЙ КАРОТАЖ

Методика работ

Область применения методов

В методе нейтронного гамма-каротажа (НГК) регистрируется интенсивность захватного (радиационного) гамма-излучения $J_{п\gamma}$, возникающего в результате возбуждения нейтронами ядер элементов горных пород. Кроме захватного гамма-излучения в общую регистрируемую интенсивность входит естественное гамма-излучение пород и рассеянное гамма-излучение источника нейтронов. Эффект воздействия на индикатор захватного гамма-излучения является преобладающим.

В методе нейтрон-нейтронного каротажа (ННК) регистрируется плотность тепловых $J_{\text{т}}$ и надтепловых $J_{\text{н}}$ нейтронов при облучении горных пород быстрыми нейтронами.

Для ослабления прямого гамма- и нейтронного излучения источников на индикаторах между ними располагают свинцовый (НГК) или парафин-свинцовый (ННК) экран. Обычно экраны высотой 10—15 см полностью предохраняют детектор от прямого излучения источника.

Поскольку нейтроны непосредственно не ионизируют и не возбуждают молекулы и атомы вещества, их регистрируют по продуктам распада ядерных реакций, возникающих на ядрах элементов с высоким сечением захвата тепловых нейтронов (бор или литий). Образовавшиеся при этом альфа-частицы ионизируют газ в борном пропорциональном счетчике или вызывают вспышки света на сернистом цинке в детекторе нейтронов.

Литиевые детекторы нейтронов при толщине кристалла в 1 см имеют эффективность до 70% [25]. Для регистрации надтепловых нейтронов детектор окружают парафин-кадмиевым или парафин-борным фильтром. Тепловые нейтроны захватываются кадмием или бором, а надтепловые, замедляясь в парафине, становятся тепловыми и регистрируются индикатором.

Источником быстрых нейтронов в рассматриваемых методах обычно является порошкообразная смесь альфа-излучателя (полоний или плутоний) и мишени (бериллий или бор), упакованная в герметически запаиваемую ампулу.

Обычно в практике каротажа используют Po+Be и Pu+B-источники, однако более перспективно применять Pu+Be-источник, который практически не дает гамма-излучения, характеризуется большим периодом полураспада и имеет примерно такой же выход нейтронов, как и Po+Be-источник (табл. 18).

Т а б л и ц а 18

Характеристика некоторых ампульных источников нейтронов [29]

Источник	Ядерная реакция	Энергия нейтронов, МэВ	Примерный выход нейтр/с на 1 Ки	Период полураспада, T _{1/2}
Pu+Be	${}^9\text{Be} (\alpha, n){}^{12}\text{C}$	0,3—11	$1,7 \cdot 10^6$	24 360 лет
Po+Be	${}^9\text{Be} (\alpha, n){}^{12}\text{C}$	0,5—11	$1,9 \cdot 10^6$	138,3 дня
Ra+Be	${}^9\text{Be} (\alpha, n){}^{12}\text{C}$	1—13	$1,7 \cdot 10^7$	1617 лет
Ra+B	${}^{11}\text{B} (\alpha, n){}^{14}\text{N}$	До 8	$6,7 \cdot 10^6$	1617 лет
Po+B	${}^{11}\text{B} (\alpha, n){}^{14}\text{N}$	0,8—5	$9 \cdot 10^6$	138,3 дня

Методы НГК и ННК применяют для литологического расчленения горных пород по водородосодержанию и определения их пористости, отбивки водо-нефтяного (ВНК), газо-водяного (ГВК) и газо-нефтяного (ГНК) контактов, а также для выявления элементов с высоким сечением захвата тепловых нейтронов.

Литологическое расчленение разреза по кривым НГК и ННК существенным образом зависит от размера зонда. Для выбора оптимального (стандартного) зонда в районе работ записывают кривые зондами различной длины (боковые нейтронные зондирования). Сравнивая полученные кривые, выбирают для дальнейших исследований такой зонд, которым выполнено наилучшее литологическое расчленение разреза и четко выделено то или иное полезное ископаемое.

Поскольку в водородсодержащей среде замедление и захват нейтронов происходят вблизи источника, то на кривых ННК и НГК больших зондов водородсодержащие породы будут отмечаться минимумом плотности тепловых нейтронов и захватного гамма-излучения.

При слишком больших размерах зондов дифференциация кривых ухудшается. Улучшения дифференциации кривых можно добиться путем увеличения мощности источника, однако это небезопасно. В породах с малым водородсодержанием область распространения нейтронов увеличивается примерно в 2 раза по сравнению с предыдущим случаем, следовательно, индикатор регистрирует максимум плотности тепловых нейтронов и захватного гамма-излучения [47].

При размерах зондов 0,15—0,25 м (инверсионная область) кривые НГК и ННК практически нечувствительны к водородсодержанию, однако они позволяют выделить элементы с высоким сечением захвата тепловых нейтронов. При размерах зондов, меньше инверсионных, кривые НГК и ННК отмечают водородсодержащие породы максимальными показаниями, а водороднесодержащие — минимальными. Это легко доказать, рассматривая области распространения и регистрации нейтронов и захватного гамма-излучения в указанных средах [36]. Однако в этом случае на показания кривых существенное влияние оказывают скважина и зона проникновения. К тому же возникает трудность экранирования источника нейтронов от детектора.

В связи с этим размер зонда выбирают в зависимости от цели геофизических исследований. Обычно в практике каротажа нефтяных и газовых скважин используют зонды размером 60 см (НГК) и 40 см (ННК). Точка записи кривых НГК и ННК условно относится к середине размера зонда.

Так как размер зонда оказывает существенное влияние на результаты измерений, его фактический размер не должен отличаться от номинального более чем на 5 мм и при сборке и разборке должен воспроизводиться с точностью не менее 1 мм [50].

Необходимо также учитывать, что центр излучения источника может не совпадать с его геометрическим центром. Наличие такого смещения определяют по разности скоростей счета в баке с водой при помещении источника в держателе зондового устройства номером вверх (рабочее положение) и номером вниз. Смещение геометрического центра источника от оси прибора не должно превышать 1 мм.

Наиболее благоприятные результаты дают методы НГК и ННК при изучении чистых карбонатных отложений, не содержащих

глинистого материала. В этом случае все минимумы кривых связаны с коллекторами и по ним всю толщу легко разделить на проницаемые и малопористые породы. Однако метод НГК (в отличие от ННК) недостаточно чувствителен к изменению пористости, особенно в области ее малых значений. При исследовании высокопористых песчано-глинистых отложений метод НГК недостаточно эффективен, так как отличается малой чувствительностью к изменению пористости пород при больших (более 20%) ее значениях и более подвержен искажающему влиянию глинистости и загипсованности пород [1]. В таких случаях применяют метод ННК-Т.

Определение пористости пород методами ННК и НГК наиболее эффективно при ее средних величинах, полном насыщении пор пласта нефтью или водой невысокой минерализации, отсутствии глинистости и загипсованности пород. Показания метода ННК в большой степени зависят от неровностей стенок скважины и толщины глинистой корки. Однако при измерениях в плотных породах эти факторы можно учесть по диаграммам микрокавернометрии.

В случае резких изменений скважинных условий, а также в обсаженных скважинах методы НГК и ННК применяют в варианте двух зондов, один из которых имеет длину $L_1 = 20 \div 25$ см, а другой — $L_2 = 50 \div 70$ см. По результатам этих измерений строят графики зависимости $k_n = f\left(\lg \frac{J_{L_1}}{J_{L_2}}\right)$ для пластов известной пористости, а затем по нему определяют пористость пластов в разведочных скважинах [1].

При высокой или изменяющейся минерализации пластовых вод показания НГК и ННК-Т определяются не только водородосодержанием среды, но и ее хлоросодержанием, которое завышает интенсивность захватного гамма-излучения (при захвате тепловых нейтронов ядрами хлора образуется в 2,37 раза больше гамма-квантов, чем при захвате их водородом) и занижает плотность тепловых нейтронов (хлор имеет сечение захвата тепловых нейтронов $\sigma_z = 32,6$ барна — в 100 раз больше, чем у водорода), а следовательно, и грубые ошибки в определении пористости. В таких случаях рационально применять метод ННК-Н, показания которого не зависят от содержания хлора в горных породах, а определяются их водородосодержанием, т. е. пористостью.

Определение пористости разреза методами НГК и ННК возможно только при незначительной глинистости коллекторов, так как при повышенной глинистости кривые не дают даже качественной информации об этом параметре.

При исследовании газоносных пластов с невысоким водородосодержанием методы НГК и ННК равноценны и отмечают их высокими значениями. Это обусловлено тем, что газ в пласте отличается от воды по водородосодержанию в $623/p$ раз и по плотности в $1340/p$ раз (p — давление газа в пласте, кгс/см²) [23]. Однако высокие показания обеих кривых еще не определяются наличием газоносного пласта в разрезе скважины, поскольку такими же показаниями

отмечаются и плотно сцементированные породы. Полученные аномалии разделяются при помощи других методов каротажа (БКЗ, микрозондирование).

При проникновении в газоносные пласты минерализованного бурового раствора разница показаний кривых обоих методов значительно возрастает за счет влияния хлора.

Для выделения газоносных пластов с высоким водородосодержанием в обсаженных скважинах применение комплекса методов НГК и ННК-Т является наиболее эффективным. Поскольку в газоносном пласте поры заполнены газом, водородосодержание и плотность его занижены по сравнению с водонасыщенным пластом такой же пористости. Поэтому газоносный пласт на кривой НГК будет отмечаться большими показаниями, чем на кривой ННК-Т. Обычно при таких исследованиях в методе ННК-Т выбирают зонды размером 40—50 см, а в НГК — размером 70—80 см [23]. При этих зондах и максимально допустимой мощности источника нейтронов кривые хорошо дифференцируют разрез скважины по водородосодержанию и отличаются достаточной чувствительностью к изменению газонасыщенности пластов. При больших размерах зондов повышается чувствительность метода к изменению плотности пород, что приводит к уменьшению различия между газоносным и плотным пластами по кривым обоих методов.

Водо-нефтяной контакт (ВНК) лучше всего отбивается методами НГК и ННК в литологически однородных пластах одинаковой пористости при повышенной минерализации пластовых вод (более 150 г/л) и борной экранировке части глубинного прибора против индикатора гамма-квантов и источника нейтронов. Применение таких экранов обусловлено тем, что бор имеет высокое сечение захвата тепловых нейтронов и дает при этом мягкое гамма-излучение ($E_{\gamma} \approx 0,5$ МэВ), которое поглощается корпусом прибора и на индикатор не попадает.

Эффект отбивки ВНК повышается в обсаженных и зацементированных скважинах, простоявших определенное время, в течение которого произошло рассасывание зоны проникновения. В результате этого цементное кольцо против водоносной части пласта обогащается раствором хлористого натрия, поэтому ВНК на кривой НГК отмечается резким уменьшением скорости счета при переходе от водоносной части пласта к нефтеносной, а на кривой ННК-Т — наоборот. Поскольку максимумы линий спектра захватного гамма-излучения хлора соответствуют энергиям 5,61; 5,1; 4,0 и 3,5 МэВ, эффект отбивки ВНК можно увеличить путем повышения уровня дискриминации в канале гамма-спектрометра до 3,5 МэВ и более [53].

Хотя методы НГК и ННК не находят широкого применения в угольных скважинах, однако их возможности очевидны. Поскольку угольные пласты содержат в больших количествах водород (1% в антраците и 10—12% в сапропелите), то на кривых НГК и ННК-Т больших зондов они будут отмечаться минимальными показаниями [17].

Метод НГК целесообразно использовать при исследовании бурых углей в кавернозных породах, так как его показания в меньшей степени зависят от диаметра скважины, чем в методе ГГК-П. При этом зольность угольных пластов определяется с точностью 5—8% [53].

Метод ННК находит широкое применение при выделении в разрезах скважин элементов с высоким сечением захвата тепловых нейтронов (в скобках указана величина σ_s в барнах): бора (755), ртути (380), лития (71), хлора (32,6), кобальта (37), вольфрама (19,2), марганца (13,2), сурьмы (5,7), кадмия (3315), редкоземельных элементов — самария (66 000), европия (3300), диспрозия (950), гафния (500), рения (100) [29, 47, 53]. Однако выделение этих элементов при измерениях зондом одного размера осложняется водородосодержанием среды и кавернами, поэтому в таких случаях обычно используют зонды малого (желательно доинверсионные) и большого размеров [52]. В скважине, заполненной раствором, на кривой ННК-Т большого зонда сильно поглощающие пласты, водородсодержащие породы и каверны отмечаются минимальными показаниями. На кривой малого зонда минимальные показания соответствуют сильно поглощающим элементам, а максимальные — водородсодержащим породам и кавернам.

Таким образом, совпадение минимумов на кривых обоих зондов указывает на присутствие в пласте элементов с аномально высокими нейтронными свойствами. Например, при выделении бора используют зонды размером 15 и 40 см, ртути — размером 7—10 и 35—40 см, редкоземельных элементов — размером 20—25 (ННК-Т) и 35—40 см (ННК-Н). Метод ННК-Т применяют лишь для выявления небольших (не более 1,0—1,5%) концентраций бора в породах, метод ННК-Н — больших его концентраций (6—7%).

Железорудные зоны, если они не обводнены, можно выделить по максимальным показаниям кривых НГК и ННК-Т. Однако повышенная пористость железных руд и изменение скважинных условий измерений ограничивают применение этих методов. В этих случаях методы НГК и ННК-Т комплексуют с магнитным каротажем (МК) и ГГК-П. Но возможности методов МК и ГГК-П также ограничены, что обусловлено слабыми магнитными свойствами некоторых (маритовых) руд (МК), влиянием других элементов (кальция) в рудах сложного состава, малой глубиной метода, наличием каверн и глинистой корки на стенках скважины (ГГК-П). В таких случаях наиболее целесообразным является применение метода НГК-С.

При исследовании железных руд методом НГК-С захватное гамма-излучение определяется содержанием в них железа, кремния, алюминия, кальция и водорода. Поскольку железо обладает относительно большим сечением захвата тепловых нейтронов ($\sigma_s = 2,43$ барна) по сравнению с «мешающими» элементами, высокой энергией и интенсивностью захватного гамма-излучения [характерные пики E_{γ} составляют 1,63 (число гамма-квантов на 100 нейтронов — 6,1); 1,72 (6,4); 5,92 (8,7); 6,03 (7,9); 7,28 (5,3); 7,64 (31,5) МэВ],

выделение железных руд возможно по регистрации гамма-излучения в области энергий выше 6,4 МэВ. При выборе указанного энергетического порога характерные пики захватного гамма-излучения кальция [$E_{n\gamma} = 1,94$ (39); 2,0 (12,7); 4,42 (12,3); 5,9 (3,8); 6,41 (22) МэВ], кремния [$E_{n\gamma} = 3,54$ (47); 4,95 (60); 5,11 (6); 6,4 (9); 7,18 (6) МэВ] и водорода [$E_{n\gamma} = 2,23$ (100) МэВ] не оказывают существенного влияния на суммарную интенсивность излучения в железосодержащих породах и рудах. При этом 90—95% захватного гамма-излучения обусловлено наличием железа в руде [7].

Определение содержания железа по захватному гамма-излучению в области энергий $E_{n\gamma_2} > 6,4$ МэВ возможно при неизменных параметрах пласта и скважины. Если же свойства пласта и условия измерений меняются, то содержание железа определяют способом спектральных отношений $\varphi = J_{n\gamma_2}/J_{n\gamma_1}$ (где $J_{n\gamma_2}$, $J_{n\gamma_1}$ — интенсивности захватного гамма-излучения соответственно в областях энергий $E_{n\gamma_2} > 6,4$ МэВ и $E_{n\gamma_1} = 3,0 \div 4,5$ МэВ).

В принципе аналогичным образом поступают и при исследовании методом НГК-С хромитовых и марганцевых руд. Поскольку эти руды часто содержат железо, выделение хрома и марганца методами ГГК-П, ГГК-С, ННК осуществить трудно, особенно в случае вкрапленного характера оруденения, изменения влажности пород и условий измерения. Содержание хрома можно определить методом НГК-С при регистрации захватного гамма-излучения в области энергий выше 8 МэВ, а также способом спектральных отношений $\varphi = J_{n\gamma_2}/J_{n\gamma_1}$ (где $J_{n\gamma_2}$, $J_{n\gamma_1}$ — интенсивности излучения в областях энергий 6—8 МэВ и 8—10 МэВ).

Марганцевые руды при отсутствии железа можно выделить однозначно по захватному гамма-излучению марганца [$E_{n\gamma} = 5,03$ (9,3); 5,24 (4,5); 5,52 (6); 7,04 (9,1); 7,5 (5,5); 7,26 (12,3) МэВ] в области энергий выше 6 МэВ, а также способом спектральных отношений $\varphi = J_{n\gamma_2}/J_{n\gamma_1}$ (где $J_{n\gamma_2}$, $J_{n\gamma_1}$ — интенсивности излучения в области энергий выше 6 МэВ и в интервале 3,5 ÷ 4,5 МэВ). Поскольку характерные пики захватного гамма-излучения марганца находятся в той же области, что и у железа, разделить их при совместном залежании затруднительно. Невозможно выделить также марганцевые руды при содержании марганца более 10—15%, так как при этом поглощается более 80% нейтронов, поступающих в пласт [7].

При исследованиях на ртуть метод ННК-Т комплексируют с методом ГГК-С. Рудопроявления ртути на обеих кривых отличаются минимальными показаниями. Однако непостоянство влажности пластов, изменение скважинных условий измерений, присутствие других элементов с высоким сечением захвата тепловых нейтронов и большим порядковым номером также ограничивает применение этих методов.

Определить содержание ртути в породе позволяет метод НГК-С, хотя спектральный состав захватного гамма-излучения ртути перекрывается линиями других элементов (Ca, Al, Fe, As, Si), входящих в состав вмещающих пород. При этом необходимо регистрировать захватное гамма-излучение в области энергий 4—5 МэВ, в которой

интенсивность излучения ртути значительно превышает интенсивность излучения других элементов. Наиболее благоприятные результаты дает способ спектральных отношений при регистрации гамма-квантов в области $E_{\gamma 2} = 4 \div 5$ МэВ и $E_{\gamma 1} = 6 \div 9$ МэВ.

При определении содержания железа, марганца, хрома, ртути методом НГК-С применяют $Po + Be$ -источники, размеры зондов 20–25 см, детекторы $NaI(Tl)$ размером 40×50 мм или 30×40 мм и фотоумножители ФЭУ-13 и ФЭУ-35. Для устранения захватного гамма-излучения иода, входящего в состав кристалла, детектор окружают фильтром из B^{10} ($\sigma_s = 3990$ барн), а часть прибора, где находится детектор, изготовляют из борсодержащего вещества (бораль, бористая сталь, СВМ — стекловолоконный материал). Для исключения фона стального корпуса прибора содержание бора в стали должно превышать 7% [7].

Хорошие результаты дает метод НГК в комплексе с методом ГК на месторождениях калийных солей, которые на обеих кривых отмечаются максимальными показаниями. Методы ГК и НГК в этом случае могут быть использованы и для количественных определений калия и хлора. Однако определение хлора методом НГК возможно только при его концентрации не более 10%.

В гидрогеологических скважинах методы НГК и ННК в комплексе с ГК позволяют выделить водоносные горизонты и определить их пористость. Методика работ при этом такая же, как и в нефтяных и газовых скважинах.

Методы НГК и ННК применяют при инженерно-геологических изысканиях для изучения влагосодержания грунтов в зоне аэрации [43].

Глубинность исследования R (радиус цилиндрического слоя, из которого поступает к детектору 90% нейтронов) в методах ННК-Т и ННК-Н в основном зависит от влажности среды и уменьшается пропорционально плотности.

При определении глубинности в методе ННК-Т пользуются формулой

$$\delta_n R = 2\delta_n M, \quad (54)$$

а в методе ННК-Н — формулой

$$\delta_n R = 2\delta_n L_s, \quad (55)$$

где $M = \sqrt{L_s^2 + L_d^2}$ — длина миграции нейтронов; L_s — длина замедления; L_d — длина диффузии; δ_n — плотность среды.

При объемной влажности пород $W = 0,5$ глубинность исследования методов ННК-Т и ННК-Н достигает $140 \div 180$ г/см², при $W = 0,1$ равна $50 \div 60$ г/см², при $W = 0,4$ составляет $30 \div 40$ г/см². В породах плотностью $\delta_n = 1,7$ г/см³ и влажностью $W = 0,1 \div 0,4$ глубинность исследования составляет $32 \div 21$ см.

г л у б и н. При работе с магнитным меткоуловителем точки отсчета и отметки глубин совпадают.

Ручная отбивка меток, когда они проходят мимо точки отсчета глубин, требует от работающего напряженного внимания, поэтому метки на каротажной диаграмме отмечают при их нахождении против точки отметки глубин, вынесенной в промежуток точка отсчета — подъемник поближе к блок-балансу. В угольных и рудных скважинах или скважинах без буровой, где может быть обеспечен близкий подъезд подъемника к устью скважины, за точку отметки глубин можно принять направляющие ролики кабелеукладчика.

Расстояние c между точками отсчета и отметки глубин можно выбрать равным расстоянию a от точки записи до первой метки на кабеле (цена первой метки); в этом случае глубины, отмечаемые на каротажной диаграмме, будут кратными 10.

С учетом сказанного глубина метки H , отмечаемая на каротажной диаграмме, определяется по формуле

$$H = a + b(n - 1) - c, \quad (17)$$

где b — расстояние между соседними метками на кабеле; n — число меток.

Расстояние c промеряется стальной лентой или определяется по диаграмме, записанной в крупном масштабе глубин (1 : 50 или 1 : 100) при фиксировании одной и той же метки сначала против точки отсчета, а затем против точки отметки глубин.

Для ориентировочного определения глубины нахождения в скважине зонда или прибора пользуются механическим счетчиком глубин, на котором перед спуском кабеля в скважину устанавливают глубину, соответствующую цене первой метки.

Погрешности при замере глубин не должны превышать следующих величин: в нефтяных и газовых скважинах глубиной до 1000 м — 1 м, от 1000 до 2000 м — 1,5 м, от 2000 до 3000 м — 2 м, от 3000 до 4000 м — 2,5 м, от 4000 до 5000 м — 3 м, от 5000 до 6000 м — 4 м, свыше 6000 м — 5 м; в угольных и рудных скважинах глубиной до 500 м — 0,3 м, от 500 до 1000 м — 0,5 м, от 1000 до 1500 м — 1 м [50]. Эти погрешности определяются как половина расхождения между основной и повторной записями и между замерами, проведенными в разное время.

Для обеспечения указанной точности замера глубин необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) точно устанавливать метки на кабеле;
- 2) следить, чтобы диаметр желоба ролика блок-баланса строго соответствовал марке применяемого кабеля;
- 3) не допускать проскальзывания бумаги в лентопротяжном механизме регистратора типа ПАСК, что достигается нормальным поджатием шарикоподшипников к ведущему валу;
- 4) отрегулировать гайки поджатия пружин на фрикционах лентопротяжных механизмов фоторегистраторов ФР-6 и Н013, так как

При оценке глубинности метода НГК пользуются формулой

$$\delta_n R = 2 \sqrt{(\delta_n M)^2 + 1/K^2}, \quad (56)$$

где K — массовый коэффициент поглощения гамма-излучения.

Формула (56) отличается от формулы (54) выражением $1/K^2 > 0$, поэтому глубинность метода НГК несколько больше метода ННК-Т. Для гамма-квантов энергии $E_{\gamma} = 1 \div 2$ МэВ ($K = 0,06$ см²/г) в сухом песчанике глубинность исследования метода НГК в 1,005 раза больше, чем метода ННК-Т, а во влажном песчанике — в 1,08 раза [2].

Выбор режима измерений

При выбранном размере зонда мощность источника нейтронов должна быть такой, при которой скорость счета в каналах НГК и ННК больше скорости счета естественного гамма-излучения в 10—15 раз, но не превышает максимально допустимую для самого грубого диапазона аппаратуры РК. Обычно этому условию удовлетворяют источники нейтронов мощностью $Q_n = (4 \div 10) \cdot 10^6$ нейтр/с.

При выборе скорости подъема прибора и постоянной времени τ интегратора руководствуются теми же соображениями, что и в методе ГК. Величина τ должна быть такой, при которой среднеквадратичная погрешность измерений за счет сглаживания кривых и влияния статистических флуктуаций не превышает 3% [50].

При записи кривых НГК и ННК в нефтяных и газовых скважинах скорость измерений устанавливают такую же, как и при ГК, поскольку кривые ГК и НГК (ННК) обычно записывают одновременно. При отбивке ВНК, ГВК, ГНК скорость перемещения прибора не должна превышать 100 м/ч [46].

В бороносных скважинах при $\tau = 6$ с измерения производят со скоростью $v = 150 \div 200$ м/ч (масштаб 1 : 200) и $60 \div 80$ м/ч (масштаб 1 : 50). Примерно такие же условия записи кривых НГК и ННК выбирают при исследованиях на рудные и нерудные полезные ископаемые.

При спектрометрических исследованиях условия записи кривой НГК-С и РРК не различаются.

Кривые НГК, НГК-С, ННК записывают в районе исследований в стандартных масштабах измеряемого параметра, при которых наиболее часто встречаемые аномалии имеют амплитуду 5—8 см. Оптимальные масштабы записи кривых J_1 , J_2 и φ в методе НГК-С устанавливают такие же, как в методе РРК. Масштабы записи кривых НГК и ННК выражают в имп/мин·см, условных единицах или в единицах вида $J_{\gamma H}$ (см. § 31):

Для определения условной единицы используют эталонировочное устройство, представляющее собой бак диаметром 0,8 м и высотой 1,75 м, заполненный водой минерализации не более 0,5 г/л. Скважинный прибор располагают по центру бака так, чтобы источник

и детектор находились на одинаковом расстоянии от дна бака и поверхности воды [50].

За условную единицу в нейтронных методах каротажа принимается

$$J_{\text{эт}} = (J_{\text{э}} - J_{\text{гэ}}) - (J_{\text{в}} - J_{\text{гф}}), \quad (57)$$

где $J_{\text{э}}$, $J_{\text{в}}$ — скорости счета в эталонировочном устройстве и в воздухе при подсоединенном источнике; $J_{\text{гэ}}$, $J_{\text{гф}}$ — то же без источника.

Скорости счета определяют при помощи пересчетных установок ПС-20 или ПС-100. Величину $J_{\text{эт}}$ определяют не реже одного раза в месяц, при смене размера вонда и источника нейтронов, а также после каждого ремонта электронной схемы аппаратуры.

Масштабы записи кривых НГК и ННК в нефтяных и газовых скважинах зависят от минимальной пористости коллекторов и диаметра скважины. Например, в карбонатных и хемогенных разрезах с минимальной пористостью пластов 1—2% в скважинах диаметром 150—200 мм масштаб записи кривой НГК устанавливают равным 0,3 ÷ 0,4 усл. ед./см, в скважинах диаметром 250—300 мм — от 0,2 до 0,3 усл. ед./см. В песчано-глинистых разрезах с минимальной пористостью более 10% масштаб записи кривой НГК 0,1 усл. ед./см, кривой ННК — 0,2 усл. ед./см при записи каждой кривой гальванометрами 1/1 и 1/5. В обсаженных скважинах при изучении расформирования зоны проникновения масштаб записи должен быть 0,05 ÷ 0,075 усл. ед./см.

Масштаб записи кривых $J_{\text{гг}}$, $J_{\text{п}}$, J_1 и J_2 устанавливают от импульсов калибратора по отклонению пишущего устройства в соответствии с формулой (52). Масштаб записи кривой отношений определяют так же, как и в методе РРК. Отклонение пишущего устройства при установке масштаба записи должно воспроизводиться на ленте с погрешностью не более 3%. Установив масштаб записи кривых ННК и НГК, смещают их нулевую линию на одну условную единицу при помощи ГКП, не выключая калибратор.

Проведение измерений на скважине

Техника проведения работ с аппаратурой РК методами НГК и ННК в принципе такая же, как и методом ГКК-П.

После прогрева аппаратуры и подготовки к работе каротажных станций контролируют работу канала искусственной радиоактивности при помощи портативного или установленного на прицепе эталонировочного устройства, которое должно располагаться на высоте 1,0 ÷ 1,5 м от земли и вдали (1,0 ÷ 1,5 м) от стен зданий, сооружений и т. п. Контролировать работу канала НГК можно и при помощи радиового эталона (содержание радия 0,1 мг), который на кронштейне устанавливают выше прибора против середины индикатора на расстоянии 100 ± 5 см. Скважинный прибор должен находиться над землей на высоте 150 ± 5 см и на расстоянии не менее 3 м от стен зданий или других предметов [50]. Разница скорости счета

с радиевым источником и без источника является контрольным показанием. Отклонение контрольного показания на скважине не должно отличаться от его значения при эталонировке на базе более чем на 5% (нефтяные, газовые и рудные скважины) и 10% (угольные скважины).

Перед спуском прибора в скважину на ленте фиксируют необходимые калибровочные сигналы (см. метод ГГК-II).

В нефтяных и газовых скважинах диаграммы НГК и ННК записывают в масштабе глубин 1 : 500 по всей скважине и в масштабе 1 : 200 — в интервале проведения БКЗ. В угольных и рудных скважинах основную запись производят в масштабе глубин 1 : 200, а детализацию аномалий — в масштабе 1 : 50. В остальном порядок выполнения работ на скважине не отличается от других методов РК.

Контроль работы гамма-спектрометра перед спуском прибора в скважину осуществляют по эталонам № 1, № 2 (см. метод РРК) и № 3. Эталон № 3 представляет собой цилиндр из железной трубки толщиной 1,5—2 см, окруженной парафиновой (лучше полиэтиленовой) оболочкой толщиной 5—8 см, и используется для проверки стабильности энергетической шкалы гамма-спектрометра.

Порядок проведения измерений нейтронными методами каротажа в скважине мало чем отличается от метода ГГК-II. Контрольные измерения и перекрытие ранее проведенных исследований выполняют в объеме не менее 50 м. Детализацию рудных интервалов при определении процентного содержания металла в руде выполняют дважды.

После выполнения всех работ в скважине прибор извлекают на поверхность и регистрируют те же контрольные сигналы, что и перед началом измерений.

Оценка качества диаграмм

В заголовках подлинников диаграмм приводятся те же сведения, что и в других методах каротажа. Кроме того, указываются следующие данные: тип и количество индикаторов, размеры кристалла и зонда; интенсивность излучения (в имп/мин) от источника известной гамма-активности при расположении его в фиксированной точке; скорость счета в имп/мин на 1 усл. ед. и дата последней эталонировки; тип источника и его активность на дату проведения каротажа (нейтр./с); фактическое значение частоты калибратора по пересчетному устройству (имп/мин); предел измерения панели РК, постоянная времени (с), тип экранировки детектора, если она отличается от стандартной; смещение нулевой линии регистратора от компенсатора поляризации; диаметр прибора.

Оформление диаграмм и оценка их качества производят так же, как и в методах ГК и ГГК. Среднеквадратичная погрешность измерений в методах НГК и ННК при поисковых исследованиях в нефтяных, газовых и рудных скважинах не должна превышать 5%, при детализации (в интервалах разрезов при изменении температуры менее 50° С) — 3%, при повторных измерениях в методе ННК в неф-

тиглых и газовых скважинах (в интервалах разрезов менее 300 м) — 2%, в рудных скважинах в методе НГК-С — 10%. Погрешность измерений оценивают по повторным записям и записям, произведенным в различное время против опорных пластов мощностью $h = 8\text{ м}$ (плотно сцементированные породы пористостью менее 2%, рудные зоны со средним или максимальным содержанием исследуемого элемента) или каверн диаметром более 40 см. Относительная погрешность измерений за счет статистических флуктуаций [см. формулу (49)], определяемая при неподвижном скважинном приборе, не должна превышать 3% [50].

§ 39. КАРОТАЖ НАВЕДЕННОЙ АКТИВНОСТИ

Методика работ

В методе каротажа наведенной активности (КНА) регистрируется наведенная гамма-активность изотопов $J_{\gamma a}$, образовавшихся в горных породах в результате облучения данной точки скважины как быстрыми (реакции n, p и n, α), так и медленными (реакция n, γ) нейтронами [2, 12, 15, 24, 26, 29, 36, 47, 53, 55]. В общую схему КНА входит время активации t_a , время остывания или пауза t_{Π} (время от конца облучения до момента замера наведенной гамма-активности) и время замера наведенной активности t_{Σ} . Регистрируя по скважине в отдельных точках или непрерывно наведенную гамма-активность $J_{\gamma a}$, определяют наличие того или иного элемента в горных породах и его количественное содержание.

Чтобы зарегистрировать наведенную активность изучаемого изотопа с допустимой статистической погрешностью $\varepsilon = 0,1$, необходимо t_a выбрать таким, чтобы гамма-излучение исследуемого изотопа было преобладающим на фоне наведенной активности других изотопов. Однако на практике выполнить это не всегда удастся, так как содержание элементов в горных породах различно и их изотопы имеют различные или близкие между собой периоды полураспада [45]. Если принять, что в горной породе активируется до 90% атомов изучаемого изотопа от их общего количества ($\varepsilon = 0,1$), то время активации t_a следует выбрать равным $3 \div 4 T_{1/2}$ [2].

После снятия облучения спад суммарной наведенной активности $J_{\gamma a}$ со временем t при наличии нескольких изотопов происходит по закону

$$J_{\gamma a} = \sum_{i=1}^n J_{0,i} \exp(-\lambda_i t), \quad (58)$$

где $J_{0,i}$ — наведенная активность i -того изотопа в момент снятия облучения; λ_i — постоянная распада i -того изотопа.

При больших t вклад наведенной активности короткоживущих изотопов в величину $J_{\gamma a}$ будет незначительным или вовсе исключается. Поэтому в зависимости от λ (или, что то же самое, от $T_{1/2}$) изучаемого изотопа необходимо выбрать такое время t_{Π} , при котором на величину полезного сигнала не оказывает влияние короткоживущая

помеха или ее вклад в суммарную наведенную активность сводится к минимуму (с погрешностью $\varepsilon = 0,1$). Обычно этому требованию соответствует условие $t_n = 3 \div 4T_{1/2}$ [2].

При одновременном распаде нескольких изотопов в суммарном наведенном эффекте $J_{\gamma a}$ с течением времени доля распада короткоживущих изотопов уменьшается, а долгоживущих возрастает. Это указывает на то, что измерение $J_{\gamma a}$ необходимо производить в течение максимального промежутка времени, в котором активность долгоживущего изотопа-помехи будет составлять заданную долю $\varepsilon = 0,1$ от эффекта изучаемого изотопа. По истечении времени $t_n \text{ max}$ наведенная активность долгоживущего изотопа станет превышать предельное значение ε_{max} . Поэтому при выборе оптимального времени замера t_n необходимо соблюдение неравенства $t_n < t_n \text{ max}$. Обычно в практике каротажа измерения выполняют в интервале $0,5T_{1/2} < t_n < 3T_{1/2}$.

Если наведенная активность короткоживущего изотопа окажется настолько большой, что для его распада потребуется пауза $t_n > t_n \text{ max}$, то наведенный эффект изучаемого изотопа выделить невозможно.

В некоторых конкретных случаях влияние изотопов-помех можно исключить, применяя источники, энергия нейтронов которых меньше пороговой для элементов, дающих изотопы-помехи. Если энергия нейтронов большая, то ее можно уменьшить экранированием источника парафин-кадмиевым фильтром. При правильном выборе t_a , t_n , t_n и источника нейтронов в большинстве случаев можно выделить по временной селекции (по $T_{1/2}$) изучаемый изотоп среди других изотопов и определить его содержание в породе. При близких значениях $T_{1/2}$ изотопов выделить изучаемый изотоп среди изотопов-помех по временной селекции невозможно. В таких случаях используют различие спектров гамма-излучения изучаемого изотопа и изотопов-помех (спектрометрический КНА).

При измерении $J_{\gamma a}$ источник нейтронов располагают от индикатора на расстоянии 1,5—2 м (размер зонда), при котором исключается влияние радиационного гамма-излучения и прямого гамма-излучения источника. Перед проведением КНА измеряют естественную радиоактивность пород J_{γ} и исключают ее из суммарного наведенного эффекта.

При точечном опробовании выбирают такое расстояние $h_{\text{ш}}$ (шаг) между соседними точками измерений, чтобы наведенные активности в них не накладывались одна на другую. Обычно $h_{\text{ш}} = 0,25 \div 1,00$ м. При $h_{\text{ш}} = 1$ м скрадываются детали количественного распределения элементов в породе, поэтому шаг измерений выбирают с учетом активационного опробования эталонного интервала скважин.

При малой величине $T_{1/2}$ изучаемого изотопа измерения можно производить и при непрерывной записи. В этом случае скорость измерений рассчитывают по формуле [12]

$$v = \frac{0,693}{T_{1/2}} L. \quad (59)$$

Исключить влияние составляющих J_γ , $J_{n\gamma}$ и $J_{\gamma\gamma}$ на результаты измерения наведенного эффекта можно при регистрации кривых при спуске или подъеме скважинного прибора (в зависимости от расположения источника и индикатора).

Глубинность метода КНА при активации тепловыми нейтронами не превышает 12—15 см, а при активации быстрыми нейтронами — примерно в два раза меньше. Например, при активации флюорита ($\delta_n = 2,8$ г/см³, 20% CaF₂) быстрыми нейтронами в заполненных водой скважинах диаметром 110 мм глубинность метода составляет 4 см, а при активации кремния ($\delta_n = 2,1$ г/см³, влажность $W = 0,33$) быстрыми и тепловыми нейтронами она соответственно равна 6 и 12,3 см [12].

Исследования на алюминий

При взаимодействии медленных нейтронов с ядрами ²⁷Al и быстрых нейтронов с ядрами ²⁸Si образуется радиоактивный изотоп ²⁸Al по реакциям ²⁷Al (n, γ)²⁸Al и ²⁸Si (n, p)²⁸Al.

Последняя реакция является пороговой для нейтронов энергии 4,5 МэВ.

Для отдельного определения содержания Al и Si в алюмосиликатных породах используют Po + В- и Po + Be-источники нейтронов. Поскольку Po + В-источник испускает нейтроны энергии 2—2,5 МэВ, реакция на ядрах Si не происходит.

Наведенная активность будет пропорциональна содержанию q_{Al} глинозема в породе [24]:

$$J_{Po+V} = bq_{Al}, \quad (60)$$

где b — количество гамма-квантов на 1% Al₂O₃.

При облучении пород нейтронами Po + Be-источника наведенная активность будет определяться суммой наведенных активностей Al и Si:

$$J_{Po+Be} = aq_{Al} + dq_{Si}, \quad (61)$$

где a, d — количество гамма-квантов на 1% глинозема и кремнезема; q_{Si} — содержание кремнезема в %.

При облучении одного и того же пласта обоими источниками

$$\frac{J_{Po+Be}}{J_{Po+V}} = \frac{a}{b} \left(1 - \frac{d}{a} m \right), \quad (62)$$

где $m = q_{Si} / q_{Al}$ — величина, обратная кремниевому модулю.

Из формулы (62) находим

$$m = \frac{a}{d} \left(\frac{b}{a} \frac{J_{Po+Be}}{J_{Po+V}} - 1 \right). \quad (63)$$

График этой зависимости представляет собой прямую, отсекающую на осях $x = J_{Po+Be} / J_{Po+V}$ и $y = m$ отрезки b/a

и $(-a/d)$. Зная q_{Al} и q_{Si} по результатам опробования керна в породах эталонных скважин месторождения, можно по формуле (63) построить эталонировочный график и по нему находить содержание Al и Si в разрезах разведочных скважин.

Оптимальными условиями измерений при непрерывной записи являются [12]: $L = 1,2 \div 2$ м, $v = 22 \div 32$ м/ч, $Q_n = (1 \div 2) \times 10^7$ нейтр./с. В связи с малой наведенной активностью результаты непрерывной записи могут быть использованы только для полуколичественных определений. Более точное определение содержаний Al и Si в породах производят по результатам точечных замеров. Оптимальные условия проведения измерений при этом: $t_a = 5$ мин; $t_n = 0,5$ мин; $t_k = 4,5$ мин.

Методика измерений в скважине заключается в следующем. При спуске скважинного прибора записывают кривую ГК и выделяют на ней интервалы повышенной радиоактивности, которым обычно соответствуют высокоглиноземистые породы. При подъеме прибора на этих интервалах с шагом $h_{ш} = 0,5L$ регистрируют J_γ в отдельных точках. Точечные измерения начинают и заканчивают на 2—3 м ниже и выше исследуемого пласта. Выбранные точки привязывают к временным меткам на кабеле. Продолжительность измерения J_γ в каждой точке 2 мин.

При спуске прибора с Po + В-источником записывают диаграмму и уточняют положение пластов, исследованных ранее методом ГК, а также выделяют те из них, которые не обладают повышенной радиоактивностью. Затем при максимально возможной скорости поднимают прибор и устанавливают источник на 3—4 м выше первой точки замера. Спустя 20—30 мин совмещают источник с первой точкой замера и активируют ее в течение $t_a = 5$ мин. После этого устанавливают детектор в точку активации, через $t_n = 3$ с после начала спуска включают пересчетный прибор и в течение $t_k = 4,5$ мин регистрируют $J_{\gamma a}$. Установка детектора в точку активации, а следовательно, и источника — в следующую точку должна производиться в течение 3—4 с. В таком же порядке проводят активацию и измерение $J_{\gamma a}$ в последующих точках. Затем точно так же измеряют $J_{\gamma a}$ в точках, смещенных на $0,5L$ вниз относительно ранее отмеченных. Для учета собственного гамма-излучения источника в нескольких верхних точках пласта производят замер $J_{\gamma a}$. Найденные расхождения между первичным и повторным замерами усредняют, и полученный результат учитывают при камеральной обработке.

Затем в такой же последовательности и в тех же точках проводят измерения с Po + В-источником.

Исследования на медь

Применение метода КНА на медь основано на регистрации наведенного гамма-излучения изотопов ^{64}Cu и ^{66}Cu , образующихся при захвате медленных нейтронов ядрами ^{63}Cu и ^{65}Cu . При активации медных руд образуется ряд изотопов-помех (^{28}Al , ^{24}Na , ^{42}K , ^{56}Mn ,

^{69}Zn , ^{75}As), на фоне которых не всегда возможно выделить наведенный эффект меди.

В зависимости от химического состава медных руд и содержания в них отдельных элементов применяется та или иная методика активационного опробования [15].

При одинаковом содержании Zn и Cu в медноколчеданных рудах наведенный эффект ^{64}Cu будет практически на два порядка выше эффекта, связанного с ^{69}Zn . При концентрации Zn , равной 8—10%, наведенный эффект ^{69}Zn будет соизмерим с наведенным эффектом ^{64}Cu при содержании меди в руде 0,08—1,00%. Определение содержания ^{64}Cu по временной селекции возможно с погрешностью менее 10% при условии $\frac{\text{Zn}}{\text{Cu}} \leq 10$ [15]. При наличии в медных рудах ^{56}Fe влияние ^{56}Mn , образующегося на быстрых нейтронах с порогом реакции 2,9 МэВ, можно исключить применением $\text{Po} + \text{V}$ -источника. В зависимости от концентрации меди в горных породах влияние ^{56}Mn и ^{75}As может быть сведено к минимуму путем подбора величин t_a и t_n .

В случае совместного нахождения ^{63}Cu и ^{74}As горную породу облучают в течение времени $t_a = 16$ ч. При этом допустимый предел влияния ^{75}As не превышает 10%.

Содержание ^{56}Mn в медноколчеданных рудах исчисляется тысячами или первыми сотыми процента, поэтому наведенный эффект ^{56}Mn невелик.

При концентрации Cu в породах 0,5 и 10% время t_n , при котором влияние ^{56}Mn не превышает 10% наведенной активности ^{64}Cu , составляет соответственно 16 и 6 ч. При средних содержаниях меди за время $t_n = 8 \div 10$ ч распадаются короткоживущие изотопы, и влияние ^{56}Mn можно учесть по временной селекции.

Методика работ при активационном опробовании на ^{64}Cu состоит в следующем. Другими методами каротажа в скважине определяют интервалы залегания медноколчеданных руд. При помощи свободной жилы кабеля и электрода, расположенного на косе скважинного прибора РК, в интервале залегания сульфидной руды записывают кривую токового каротажа или ПС и с учетом расстояния между точками записи кривой электрокаротажа и прибора РК на кабель наносят временные метки с шагом $h_{\text{ш}} = 0,25 \div 0,50$ м. При помощи пересчетного прибора в каждой точке измеряют J_γ в течение 5—10 мин. Облучив точку $\text{Po} + \text{Ve}$ - или $\text{Po} + \text{V}$ -источником [$Q_n = (1 \div 2) \cdot 10^7$ нейтр./с] в течение $t_a = 20$ —25 мин, после паузы $t_n = 8 \div 10$ ч измеряют наведенную активность на протяжении $t_n = 24$ ч через каждые 0,5 ч.

Содержание меди можно определять и по наведенной активности ^{66}Cu . Хотя наведенный эффект ^{66}Cu и менее интенсивен, чем ^{64}Cu , однако работа по ^{66}Cu более производительна в связи с ее малым периодом полураспада. При этом наведенную активность изотопаномехи ^{28}Al можно учесть по временной селекции. Последовательность выполнения работ в этом случае практически не отличается

от таковой при исследовании наведенной активности ^{64}Cu . После облучения точки источником мощностью $Q_n = 1 \div 2 \cdot 10^7$ нейтр./с в течение $t_a = 5$ мин на протяжении $t_m = 25 \div 30$ мин измеряют наведенную активность ^{66}Cu . Скорости счета рядовых замеров определяют в течение 1 мин с паузой между ними 0,5 мин.

На месторождениях рудного Алтая чувствительность метода по ^{66}Cu оценивается в 0,5% Cu при содержании в рудной зоне Al и Si не более 2% в эквиваленте Al [53].

В случае трехкомпонентной среды (^{65}Cu , ^{27}Al , ^{55}Mn) для определения содержания меди измеряют $J_{\gamma a}$ в двух спектральных областях: I — 0,94 + 1,14 МэВ и II — 1,24 + 1,44 МэВ [56]. Методика измерений аналогична вышеописанной.

Исследования на фтор

Выделение флюорита в скважине базируется на регистрации наведенного гамма-излучения, возникающего в результате ядерных реакций $^{19}\text{F}(n, \gamma)^{20}\text{F}$, $^{19}\text{F}(n, \alpha)^{16}\text{N}$ и $^{19}\text{F}(n, p)^{19}\text{O}$. Первая реакция происходит на медленных нейтронах, последующие — на быстрых нейтронах (пороговые энергии соответственно 1,6 и 4,2 МэВ).

Влияние наведенной активности ^{18}O можно исключить путем применения Po + В-источника. Поскольку ^{20}F имеет $T_{1/2} = 10,7$ с, измерение $J_{\gamma a}$ производят при непрерывной записи. Оптимальными условиями измерений являются: $L = 1$ м, $v = 250 \div 260$ м/ч, $Q_n = (5 \div 15) \cdot 10^6$ нейтр./с; источник располагается выше индикатора МС-9. Совмещая по глубинам диаграммы, записанные при спуске и подъеме скважинного прибора, наведенную активность ^{20}F находят по разности показаний между второй и первой кривыми, которая является мерой содержания CaF_2 в породе (методика В. Я. Бардовского). Контроль за качеством измерений в интервалах флюоритового оруденения осуществляют по трехкратной регистрации диаграмм. При этом среднеквадратичная погрешность измерений не превышает 3—4% [26].

Недостатком предложенной методики является малая чувствительность к фтору (порог 10—15% CaF_2) в связи с большим фоновым излучением и низкой эффективностью газоразрядных детекторов. Гораздо большей чувствительностью к фтору (до 0,2%) обладает спектрометрический КНА по изотопу ^{16}N , основная гамма-линия которого $E_{\gamma a} = 6,14$ МэВ существенно отличается от энергии гамма-излучения других изотопов. Поскольку ^{16}N имеет $T_{1/2} = 7,35$ с, измерения проводят при непрерывной записи. Оптимальные условия проведения измерений следующие: источник Po + Вe активностью $Q_n = 5$ Ки, $L = 1,3 \div 1,5$ м, $v = 400 \div 500$ м/ч, кристалл NaI(Tl) большого размера. При применении двух сцинтилляционных детекторов с кристаллами 60 × 50 мм регистрируется 60—80 имп/мин на 1% CaF_2 . Кривые записывают дважды (при спуске и подъеме скважинного прибора) с целью учета радиационного гамма-излучения [2].

Исследования на марганец

Метод КНА используется для количественных определений Mn в породах как по временной селекции ($T_{1/2} = 2,58$ ч), так и по спектрометрическим исследованиям в области энергий $E_{\gamma a} = 0,84$ МэВ. Помехой обычно является изотоп ^{28}Al , влияние которого исключают паузой $t_n = 15 \div 20$ мин.

Рудный интервал скважины облучают Po + Be-источником мощностью $Q_n = 10^7$ нейтр./с в течение $t_a = 3$ мин, а затем, спустя $t_n =$

18 мин в течение $t_n = 3$ мин, измеряют наведенную активность. Порог чувствительности метода на марганец составляет первые единицы процентов. Трудность определения содержания марганца в руде состоит в том, что при концентрациях более 40% наведенная активность $J_{\gamma a}$ мало зависит от содержания, т. е. эталонировочный график достигает насыщения [2].

Определение водо-нефтяного контакта

Определение ВНК методом КНА основано на изучении наведенной активности ^{24}Na , ^{38}Cl и ^{52}V . Поскольку водоносный коллектор характеризуется повышенным содержанием Na и Cl, то наведенная активность против него будет больше, чем против нефтеносного коллектора.

При активации ^{37}Cl точку облучают Po + Be-источником в течение $t_a = 40$ мин, а спустя $t_n = 20$ мин после облучения на протяжении $t_n = 40$ мин измеряют наведенную активность ^{38}Cl [18, 47].

При активации ^{23}Na выбирают $t_a = 4$ ч, $t_n = 20$ мин, $t_n = 4$ ч. В обоих случаях применяют источник мощностью $Q_n = (1 \div 2) \times$

10^7 нейтр./с. Индикатор устанавливают в точку активации с точностью 20 см. Измерения производят в отдельных точках через 0,5–2,0 м. Водоносной и нефтеносной частям пласта и контакту между ними должны соответствовать 2–3 замера. В обоих случаях на результаты измерений будет оказывать влияние наведенная активность ^{56}Mn (реакции на ^{55}Mn и ^{56}Fe).

Основной помехой при определении ВНК по ^{38}Cl и ^{24}Na является наведенная активность ^{56}Mn , которую можно учесть по временной селекции.

С целью учета нестабильности аппаратуры и переменной мощности источника нейтронов результаты КНА выражают в виде относительных параметров

$$\beta_{\text{Cl}} = \frac{J_{\text{Cl}}}{J_{\text{Cl}} + J_{\text{Mn}}} \approx \frac{J_{\text{Cl}}}{J_{\text{Mn}}}; \quad (J_{\text{Cl}} \ll J_{\text{Mn}}); \quad (64)$$

$$\beta_{\text{Na}} = \frac{J_{\text{Na}}}{J_{\text{Na}} + J_{\text{Mn}}}. \quad (65)$$

В песчано-глинистых разрезах против нефтеносной части пласта $\beta_{\text{Cl}} = 0 \div 0,03$, $\beta_{\text{Na}} = 0 \div 0,24$, против водоносной части —

при сильном поджатии расстояние между метками на диаграмме получается больше фактического, а при слабом — фотобумага не наматывается в приемную кассету;

5) обмывать кабель при подъеме его из скважины, чтобы избежать облипания кабеля и ролика блок-баланса глинистым раствором;

6) в зимнее время не допускать образования льда в желобе блок-баланса.

§ 6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ НА СКВАЖИНЕ

По прибытии на скважину начальник отряда выясняет у бурового мастера состояние скважины. Если буровая и скважина подготовлены к каротажу в соответствии с требованиями технической инструкции [50], то начальник отряда дает распоряжение на развертывание лаборатории и подъемника.

Подъемник и лаборатория устанавливаются на горизонтальной площадке вблизи устья скважины на расстоянии, превышающем полуторную высоту буровой вышки.

Автомашину подъемника ставят на тормоз, под колеса подкладывают брусья или клинья, чтобы она не сдвинулась в случае прихвата. Лабораторию и подъемник заземляют. В качестве заземления используют контур буровой или металлический стержень, вбитый во влажный грунт на глубину не менее 0,5 м или помещенный в неизолированную от земли емкость с буровым раствором. После этого электромонтер буровой или начальник отряда подключает лабораторию к сети с напряжением не более 380 В. Подключение к сети выполняют только тогда, когда разъем на катушке смоточного устройства соединен, вилка на силовом блоке лаборатории установлена в положение, соответствующее напряжению сети, а выключатель сетевого напряжения лаборатории выключен. В холодное время года лабораторию включают на подогрев.

Над устьем скважины устанавливают и закрепляют блок-баланс таким образом, чтобы плоскость его ролика проходила через середину барабана лебедки и кабель опускался по оси скважины. Спуско-подъемные операции в скважине удобно выполнять через подвесной блок, так как в этом случае стпадает необходимость в многократном привлечении буровой бригады для спуска в скважину и подъема на поверхность различных приборов, исключается соскакивание кабеля с блок-баланса и предотвращается выход скважинного прибора или кабельного наконечника на блок-баланс. На щеку блок-баланса надевается датчик глубин таким образом, чтобы при спуске кабеля счетчики глубин станции и подъемника увеличивали свои показания. При выключенном питании панели контроля каротажа датчик глубин подключают соответствующими кабелями к лаборатории и подъемнику.

Затем проверяют сопротивление изоляции жил кабеля (см. § 23), при необходимости прозванивают коллекторный провод и соединяют им коллектор лебедки с измерительной схемой лаборатории

$\beta_{\text{Cl}} = 0,06 \div 0,12$, $\beta_{\text{Na}} = 0,35 \div 0,45$. В карбонатном разрезе против нефтеносного пласта $\beta_{\text{Cl}} = 0,1 \div 0,2$, против водоносного — $\beta_{\text{Cl}} = 0,4 \div 0,8$ [2].

Метод КНА по Cl и Na дает хорошие результаты при минерализации пластовых вод свыше 40—70 г/л [50].

Поскольку в ряде случаев нефть характеризуется повышенным содержанием ^{51}V , то ВНК в необсаженной скважине можно определить по наведенной активности ^{52}V , облучая точки скважины в течение $t_a = 40$ мин. При этом суммарный наведенный эффект будет складываться с наведенных активностей ^{52}V , ^{38}Cl и ^{28}Al , которые определяют по временной селекции [29].

Техника работ

Подготовка радиометрической аппаратуры к работе и техника проведения измерений на скважине в методе КНА осуществляются так же, как и в других методах РК.

Поскольку аппаратура работает на скважине продолжительное время (8—10 ч), она должна отличаться хорошей стабильностью. Для оценки стабильности работы аппаратуры на базе в течение 8—10 ч через 10—20 мин измеряют количество импульсов в 1 мин от радиового эталона С-41, расположенного на расстоянии 1,0—1,5 м от детектора.

Контроль стабильности работы аппаратуры перед проведением измерений осуществляют после прогрева ее в течение 1 ч по скоростям счета от эталона С-41, располагая его таким же образом, как на базе. Полученные показания не должны отличаться от показаний, зафиксированных на базе, более чем на 5%.

Для установки оптимального уровня дискриминации канала скорости счета против характерного для данного месторождения пласта в одной из его точек измеряют J_γ и $J_{\gamma a}$ и при различных порогах дискриминации U , строят графики зависимости

$$v = J_{\gamma a} / J_\gamma = f(U_v). \quad (66)$$

Оптимальный уровень дискриминации должен соответствовать максимальной величине v .

Измерения должны производиться эталонированной аппаратурой. Эталонирование осуществляется при помощи радиового эталона. Нелинейность аппаратуры при максимальной скорости счета на выбранном диапазоне панели РК не должна быть более 3%.

Оценка качества диаграмм

Подлинники диаграмм КНА имеют такую же форму заголовка, как и в методах НК и НК.

Результаты точечных замеров фиксируют в журнале полевых наблюдений, составленном в произвольной форме. В нем указываются общие сведения о скважине и измерительной аппаратуре,

тип и количество индикаторов, размер кристалла, тип источника и его активность в момент проведения измерений, натуральный фон, интенсивность излучения (в мкР/ч или имп/мин) от источника известной интенсивности при расположении его в фиксированной точке, дата последней эталонировки, шаг измерений, глубина точек замера и соответствующая им естественная гамма-активность, начало и конец активации (время активации t_a), время остывания (пауза t_n), время между последующими отсчетами наведенной активности, скорости счета за выбранный интервал времени замера, общее время замера t_n .

Если замер спада наведенной активности произведен в данной точке скважины при включенной протяжке каротажного регистратора, то подлинник диаграммы должен иметь такой же заголовок, как и при непрерывной записи; на полученной кривой проставляют глубину расположения точки замера, начальное и конечное время регистрации. При этом каждая диаграмма должна иметь масштабную шкалу, выраженную в имп/мин или мкР/ч.

Качество измерений оценивают по контрольному показанию, определяемому до и после измерений в разведочной скважине, а также по результатам повторных замеров против опорных пластов. При этом среднеквадратичная погрешность измерений не должна превышать 5% [26].

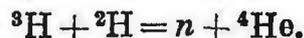
§ 40. ИМПУЛЬСНЫЙ НЕЙТРОН-НЕЙТРОННЫЙ КАРОТАЖ

Методика работ

Область применения метода

В методе импульсного нейтрон-нейтронного каротажа (ИННК) горючие породы облучаются в течение времени ΔT кратковременными потоками быстрых нейтронов энергии 14,1 МэВ от импульсного генератора, следующими один за другим через определенный интервал времени T_n , а затем через промежуток t (задержка, время ожидания) в течение времени Δt («окно» временного анализатора, или просто «окно») происходит регистрация тепловых нейтронов (рис. 54).

Образование быстрых нейтронов происходит в ускорительной трубке в результате бомбардировки тритиевой мишени положительными ионами дейтерия по реакции



Считается, что спустя время $t_s = 10 \div 10^2$ мкс нейтроны становятся тепловыми, а затем наступает процесс диффузии, заканчивающийся поглощением тепловых нейтронов.

При работе нейтронного источника в импульсном режиме можно регистрировать не только плотность тепловых нейтронов, но и интенсивность радиационного гамма-излучения (ИНГК). Однако в практике каротажа чаще всего регистрируют плотность тепловых нейтронов.

Коэффициент диффузии D тепловых нейтронов определяется водородосодержанием среды и не зависит от минерализации пластовых вод. Поскольку количество ядер водорода в водоносных и нефтеносных пластах примерно одинаково, коэффициенты диффузии в них близки между собой. Следовательно, по коэффициенту D выделить продуктивные пласты невозможно, однако его можно использовать для определения пористости пластов [13].

При выделении продуктивных пластов в разрезах скважин обычно определяют время жизни тепловых нейтронов τ_n , т. е. время, в течение которого нейтрон, став тепловым, существует («живет») в среде до момента захвата его ядром элемента.

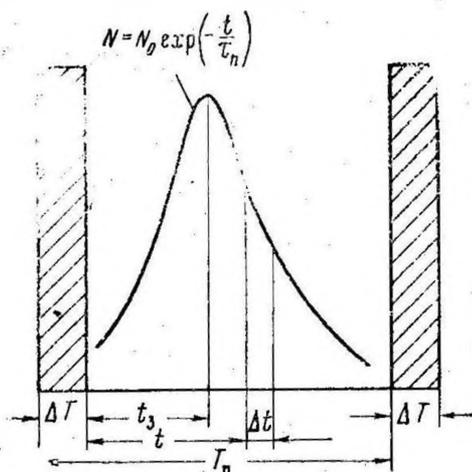


Рис. 54. Схема работы импульсного генератора нейтронов

Как видно из рис. 54, с увеличением времени от момента окснчания импульса быстрых нейтронов плотность тепловых нейтронов в скважине вначале возрастает, а затем при времени t_3 достигает своего максимального значения, после чего уменьшается по экспоненциальному закону [29]:

$$N = N_0 \exp(-t/\tau_n), \quad (67)$$

где N_0 и N — плотности нейтронов в начальный момент и спустя время t (задержка).

Учитывая, что скважина, заполненная буровым раствором, и цементное кольцо в затрубном пространстве (наличие его аналогично увеличению диаметра скважины) являются хорошими замедлителями нейтронов, плотность тепловых нейтронов в них спустя время t_3 после действия импульсного источника будет в несколько раз выше, чем в пласте, следовательно, диффузия нейтронов направлена преимущественно из скважины в пласт.

Поскольку в методе ИННК тепловые нейтроны регистрируются через время $t \gg t_3$, нейтроны, замедлившиеся в скважине, будут постепенно поглощаться буровым раствором. Затем наступает момент (при условии $\tau_{np} > \tau_{nc}$, где τ_{np} и τ_{nc} — время жизни тепловых нейтронов в пласте и скважине), когда их плотность в пласте становится больше, чем в скважине, и индикатор регистрирует в скважине плотность тепловых нейтронов, пропорциональную в каждый момент времени плотности нейтронов в горной породе.

Когда $\tau_{nc} > \tau_{np}$, регистрируемая плотность тепловых нейтронов будет обусловлена временем их жизни в скважине и τ_{np} определить невозможно. В таких случаях раствор в скважине должен быть заменен более минерализованным.

С увеличением задержки повышается вероятность регистрации тепловых нейтронов, идущих из пласта, и, следовательно, умень-

наступает влияние скважины, зоны проникновения и цементного кольца на результаты ИННК. Благодаря работе нейтронного источника в импульсном режиме и изменению величины задержки радиус исследования в методе ИННК составляет 60—80 см, т. е. больше, чем в стационарных нейтронных методах каротажа.

Хотя влияние зоны проникновения в методе ИННК значительно меньше, чем в стационарных методах, однако оно полностью не исключается. При больших задержках влияние зоны проникновения мало сказывается на результатах ИННК в том случае, когда ее диаметр меньше радиуса исследования метода и фильтрат бурового раствора имеет невысокую минерализацию. При высокой минерализации фильтрата бурового раствора зона проникновения диаметром 10—15 см значительно экранирует тепловые нейтроны, идущие из нефтеносного пласта [13].

Если диаметр зоны проникновения превышает радиус исследования метода ИННК, отличить продуктивные пласты от водоносных практически невозможно. Это имеет место в карбонатных коллекторах, характеризующихся глубоким проникновением фильтрата бурового раствора, где стационарными нейтронными методами и методами электрокаротажа нефтеносные пласты часто не выделяются. Однако через некоторое время (месяцы или годы) после бурения скважины зона проникновения разрушается, восстанавливается естественная минерализация пластовых вод, и нефтеносные и водоносные карбонатные пласты начинают отличаться по содержанию в них хлора таким же образом, как и до вскрытия их скважиной. Поэтому амплитуды кривых ИННК против нефтеносных пластов при задержках 1000—1500 мкс увеличиваются в 2—10 раз по сравнению с водоносными пластами.

Как известно, выделение продуктивных пластов в тонкослоистых песчано-глинистых разрезах методом КС представляет определенную трудность, так как ρ_k против них близко к значениям против глин. В методе ИННК максимальные амплитуды кривых соответствуют газонефтяным пластам и плотносцементированным породам, разделение которых производят с привлечением других методов каротажа.

В осадочных породах нефтяных и газовых месторождений время жизни тепловых нейтронов τ_n в большой степени зависит от содержания элементов с высоким сечением захвата тепловых нейтронов (B, Fe, Mn, Cl). В пластовых водах указанных месторождений растворено наибольшее количество солей соляной кислоты, особенно NaCl (до 80—95%), поэтому водоносные коллекторы, насыщенные минерализованной водой, характеризуются малым τ_n , следовательно, отмечаются на кривых ИННК резким уменьшением регистрируемой плотности тепловых нейтронов по сравнению с нефтеносными коллекторами.

Таким образом, метод ИННК в большинстве случаев позволяет достаточно четко определить ВНК в разведочных, наблюдательных и эксплуатационных скважинах. Однако при низкой минерализации

пластовых вод (менее 50 г/л) определение водо-нефтяного контакта затруднительно вследствие малого различия τ_n в водоносной и нефтяной частях пласта [29].

На кривых ИННК достаточно четко отбивается и газо-водяной контакт, так как τ_n в газоносной части пласта значительно больше, чем в водоносной, однако оно соизмеримо с τ_n плотносцементированных пород, поэтому одной кривой ИННК не всегда достаточно для определения ГВК.

При высокой минерализации пластовых вод метод ИННК позволяет не только расчленить коллекторы по поглощающим свойствам, но и определить их нефтенасыщенность k_n [13].

Выбор размера зонда

Выбор размера зонда L в методе ИННК имеет существенное значение, так как от отношения h/L (h — мощность пласта) зависят положение на кривой точек, соответствующих границам пласта, и величина расхождения между $\tau_{nэ}$ экспериментальным (полученным в скважине) и $\tau_{nр}$ расчетным.

Величина расхождения между $\tau_{nэ}$ и $\tau_{nр}$ определяется в зависимости от размера зонда и среднего времени жизни тепловых нейтронов в среде.

Связь между величинами L , $\tau_{nр}$ и $\tau_{nэ}$ устанавливается по эмпирической формуле [13]:

$$\frac{\tau_{nэ}^{1,13}}{0,2L + 47} = 0,0226\tau_{nр} - 0,13, \quad (68)$$

где L — размер зонда (расстояние от источника до нижнего конца индикаторов в сантиметрах).

На рис. 55 представлены графики $\tau_{nэ} = f(\tau, L)$, построенные по формуле (68), которыми можно пользоваться, как номограммой, для определения $\tau_{nр}$ по известным значениям L и $\tau_{nэ}$; пунктирная прямая представляет собой геометрическое место точек, в которых $\tau_{nэ} = \tau_{nр}$. Графики построены для однородной и безграничной (с точки зрения радиуса исследования метода) среды, т. е. без учета влияния мощности пласта на результаты измерения.

Однако $\tau_{nэ}$ в исследуемом пласте будет близко к ее величине в том же пласте бесконечной мощности только тогда, когда мощность пласта будет превышать двухкратное расстояние от мишени до верхнего конца индикаторов; в случае $h < L$ и $h = 50$ см при $\tau_{nп} < \tau_{nвм}$ (где $\tau_{nп}$ и $\tau_{nвм}$ — время жизни тепловых нейтронов в пласте и вмещающих породах) измеряемое $\tau_{nэ}$ завышается соответственно на 80 и 30% по отношению к его значению в пласте бесконечной мощности [13].

В соответствии с рис. 55 для исследования нефтеносных пластов ($\tau_{nр} = 210 \div 370$ мкс) следует выбрать $L \approx 30$ см, а для газоносных ($\tau_{nр} = 400 \div 650$ мкс) — $L \approx 50$ см.

Поскольку аппаратура ИГН-4 предназначена для исследования как нефтяных, так и газовых скважин, размер зонда L в ней выбран равным 44 ± 1 см (в данном случае под L подразумевается расстояние от мишени до середины группы счетчиков СИ10Н). При таком L аппаратура ИГН-4 обеспечит четкое выделение пластов мощностью $h > 50$ см, а в пластах $h > 1$ м измеряемое $\tau_{nз}$ будет близко к $\tau_{nр}$ расчетному.

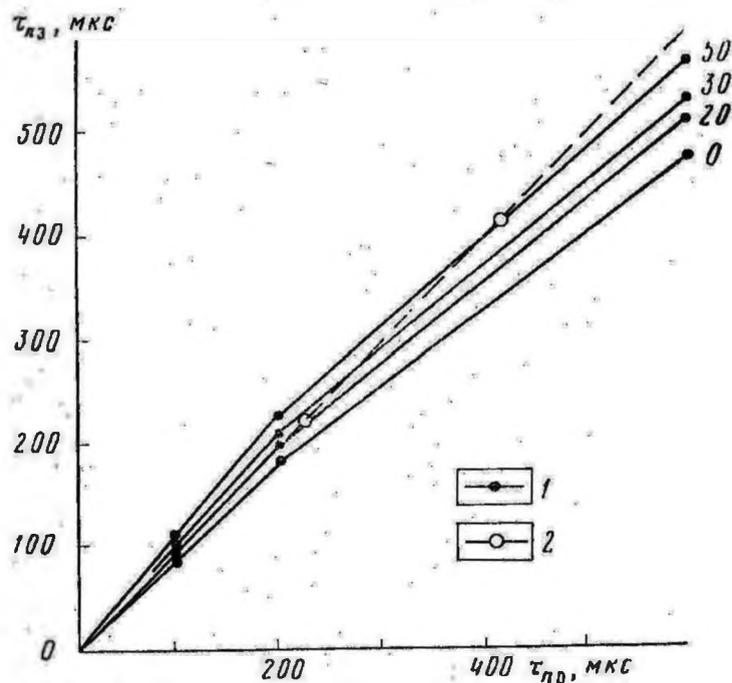


Рис. 55. Графики $\tau_{nз} = f(\tau_{nр}, L)$.

1 — прямые оптимальных зондов; 2 — экспериментальные точки. Шифр кривых — размер зонда в см

Выбор задержки t и временного «окна» Δt

Выбор величин t и Δt зависит от среднего времени жизни тепловых нейтронов $\tau_{nср}$ в изучаемой среде. При выборе t и Δt должно соблюдаться условие $t > \tau_{nср} > \Delta t$.

Как следует из физической сущности метода, для качественного литологического расчленения разреза скважины кривые ИННК следует регистрировать при возможно больших задержках, так как при этом на результатах измерений практически не сказывается влияние ближней зоны и улучшается дифференциация кривых по параметру τ_n . Одновременно с увеличением t падает скорость счета в дифференциальном канале, а это, как известно, приводит к повышению статистической погрешности измерений [см. формулу (34)]. Поэтому при записи кривых ИННК в нефтяных и газовых скважинах ограничиваются некоторыми средними величинами задержек $t = 1000 \div 1200$ мкс.

Увеличение длительности временного «окна» Δt при выбранной задержке ведет к повышению скорости счета в канале, а

следовательно, к уменьшению погрешности измерений. Учитывая диапазон изменения $\tau_{nп}$ в продуктивных пластах, Δt при исследовании газоносных пластов следует брать больше, чем при исследовании нефтеносных пластов.

Поскольку аппаратура ИГН-4 имеет фиксированные «окна» $\Delta t = 100$ и 200 мкс, чаще всего при изучении продуктивных пластов берут $\Delta t = 200$ мкс, иногда Δt увеличивают до $400-500$ мкс путем изменения емкости в схеме одновибратора «окна» (см. рис. 58).

Определение $\tau_{nэ}$

Основным параметром, по которому производится количественная интерпретация данных ИНК, является время $\tau_{nэ}$, определяемое по графику $\lg N_{\text{диф}}/N_{\text{инт}} = f(t)$ ($N_{\text{диф}}$ — скорость счета в дифференциальном канале при фиксированном «окне» и различных задержках t ; $N_{\text{инт}}$ — скорость счета в интегральном канале), по оси ординат

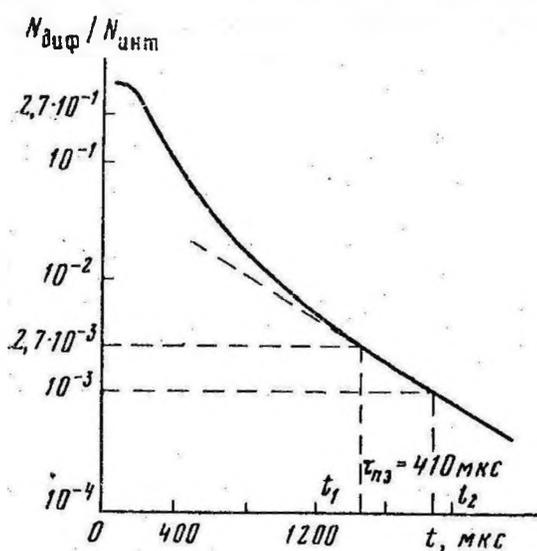


Рис. 56. График спада плотности тепловых нейтронов в водоносном песке, обсаженном асбестоцементной колонной [22]

которого берут логарифмический масштаб, а по оси абсцисс линейный.

Точную величину $\tau_{nэ}$ определяют по графикам, построенным по результатам точечных замеров спада плотности тепловых нейтронов (рис. 56). Точки замеров выбирают по дифференциальным кривым ИНК, наносят их на кабель в виде меток и фиксируют в рабочем журнале. Расстояния между точками измерений в однородных нефтеносных пластах большой мощности должны быть $0,6-0,8$ м, в литологически неоднородных пластах малой мощности $0,4-0,5$ м, в водоносных пластах $0,8 \div 1,0$ м. Наиболее точное значение $\tau_{nэ}$ соответствует точкам продуктивного

пласта, отстоящим от его границ на $0,8-1,0$ м, т. е. когда на результатах определения не сказывается влияние вмещающих пород.

При выборе точек измерений для определений ВНК, ГВК водоносной и продуктивной частям пласта и контакту между ними должно соответствовать по $2-3$ замера. Во всех случаях на каждой точке регистрируют скорость счета в интегральном канале. Для повышения точности измерений скорость счета находят как среднее арифметическое из четырех замеров на одной и той же задержке. Время замера в каждой точке выбирается такое, при котором скорость счета в интегральном канале составляет $5 \cdot 10^5-10^6$ импульсов.

Время $\tau_{nэ}$ можно определить и по непрерывным кривым ИННК, записанным при различных задержках и фиксированном «окне», хотя погрешность измерений в этом случае больше. Однако к такому способу прибегают лишь в тонкослойном разрезе при залегании продуктивных пластов на большой глубине, когда $\tau_{nэ}$ получить трудно в связи с низкой точностью определения глубин [10].

Время $\tau_{nэ}$ определяют аналитическим способом по формуле

$$\tau_{nэ} = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{N_1}{N_2}}, \quad (69)$$

где N_1 и N_2 — скорости счета при задержках t_1 и t_2 .

Однако более точно $\tau_{nэ}$ находят графическим способом. Для этого на прямолинейном участке кривой спада плотности тепловых нейтронов (или на касательной к ней в правой части) берут точки, в которых скорость счета отличается в 2,7 раза; при этом $\tau_{nэ}$ соответствует отрезку времени $t_1 - t_2$ на оси абсцисс (см. рис. 56).

Установка масштаба записи кривых

Погрешность определения $\tau_{nэ}$ по непрерывным кривым ИННК зависит не только от статистической погрешности измерений, но и особенно от погрешности установки масштаба записи кривых, которая не должна превышать 5%.

В каждом дифференциальном канале устанавливается свой масштаб записи кривой. Чтобы не ошибиться в его выборе, необходимо при спуске остановить прибор против заведомо газоносного или плотносцементированного (при исследовании нефтяных скважин) пласта, характеризующегося, как известно, максимальными показаниями ИННК, и измерить на нем скорости счета в интегральном и дифференциальном каналах на задержках, при которых будут записываться дифференциальные кривые. Масштабы записи кривых должны быть выбраны такие, при которых на указанном пласте кривые ИННК будут иметь максимальную амплитуду в пределах ширины диаграммной ленты. В соответствии с этим для каждого канала при выбранной задержке подбирается своя скорость счета от калибратора, и заданный масштаб кривой устанавливается по отклонению пишущего устройства по формуле (36).

При переходе на запись кривых задержка в дифференциальном канале не изменяется.

Выбор скорости v перемещения прибора и постоянной времени τ интегратора

В методе ИННК, так же как и в других методах РК, от выбора величин v и τ зависит статистическая точность измерений и влияние на форму кривых инерционности аппаратуры. Поэтому при выборе v и τ руководствуются теми требованиями, что и при проведении

стандартных нейтронных методов. Обычно в практике ИННК выбирают $v = 100 \pm 120$ м/ч при $\tau = 12$ с.

Техника работ с аппаратурой ИГН-4

Подготовка аппаратуры к включению на базе

Для проверки и настройки аппаратуры необходимо иметь на базе специально оборудованную скважину глубиной около 1,5 м. Наличие такой скважины обеспечивает необходимую защиту от нейтронного излучения при проверке и настройке электронной схемы скважинного прибора.

Скважинный прибор разбирают на две части. Верхнюю часть освобождают от кожуха и в открытом виде соединяют с нижней частью прибора, в котором расположены высоковольтный трансформатор $Tr5$ и нейтронная трубка УНГ-1 (рис. 57).

Нижнюю часть прибора помещают в скважину. Корпус каротажной лаборатории и шасси панелей ИГН-4, УГ-1, УВК-2 и блока пересчета тщательно заземляют. Тумблеры сетевого напряжения должны быть выключены. Блок пересчета, выпрямитель и осциллоскоп подключают к сети.

Межпанельными кабелями соединяют: разъем «К панели управления» на УВК-2 с разъемом III «Питание» на панели ИГН-4 (рис. 58, 59); разъем «К генератору» на УВК-2 с разъемом «Питание» на УГ-1 (см. рис. 17); разъем «Выход» на УГ-1

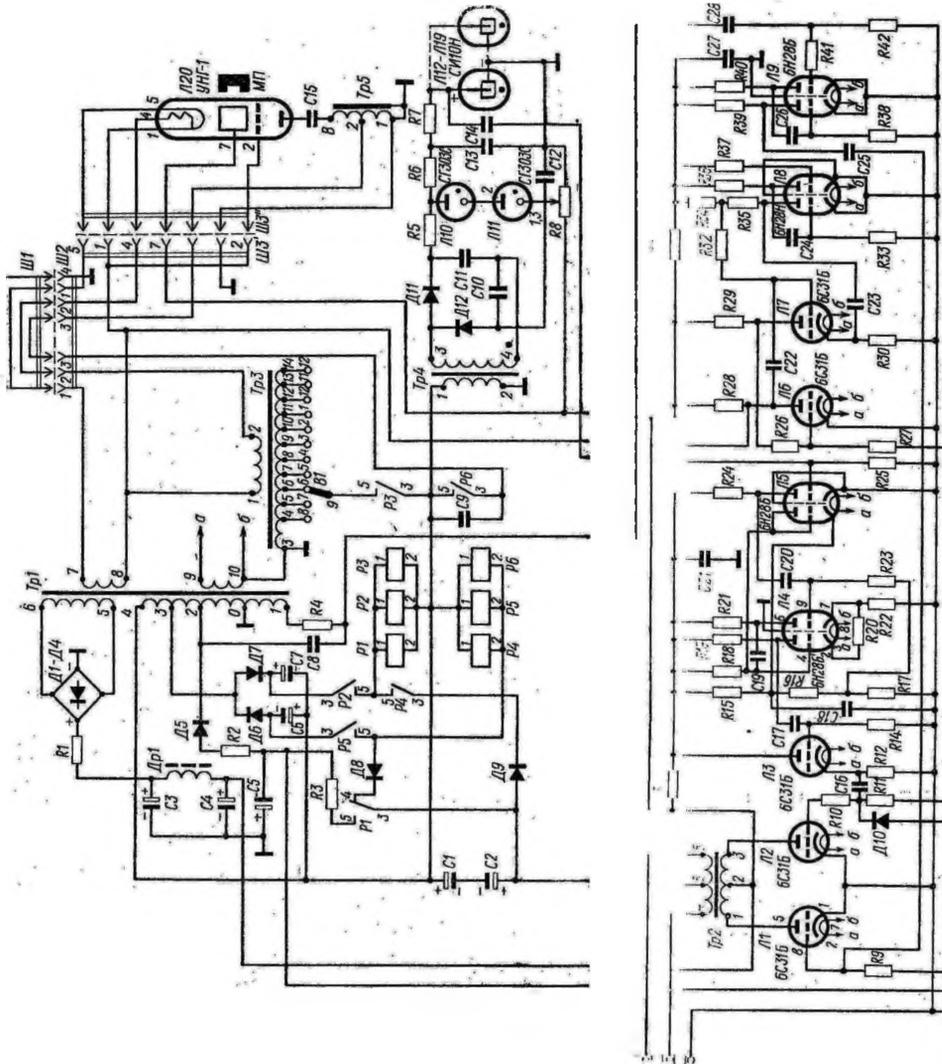


Рис. 57. Электрическая схема скважинного прибора аппаратуры ИГН-4

или панелью управления скважинного прибора. Собирают необходимые схемы измерений, готовят к работе аппаратуру станций, проверяют на поверхности работоспособность скважинных приборов, выполняют необходимые проверки и регулировки.

Убедившись в нормальной работе аппаратуры, зонд или прибор опускают в скважину, на блок-балансе или на роторе поближе к кабелю (при работе с подвесным блоком) устанавливают магнитный меткоуловитель (ММУ) и подключают его к датчику глубин. При нахождении кабельного наконечника или первой метки на кабеле против точки отсчета глубин на механическом счетчике глубин каротажной станции устанавливают соответственно нулевые показания или цену первой метки. Переключатель «ДГ; Пр» на панели контроля каротажа (АКС/Л-64, АЭКС) или панели управления осциллографа Н013 (АКС/Л-7, СК-1) устанавливают в положение «ДГ» (датчик глубин) и при выключенном лентопротяжном механизме регистратора опускают зонд в буровой раствор. При выходе зонда из колонны проверяют нулевое положение кривой КС и устанавливают масштаб записи $n_{КС}$ по отклонению блика или ползунка реохорда; указанные положения бликов фиксируют на диаграммной ленте. При работе с автоматическим потенциометром на диаграммной ленте обязательно отмечают границу перехода ползунка реохорда с линейной шкалы на масштабную.

При неподвижном зонде устанавливают масштаб $n_{ПС}$ и фиксируют отклонения пишущего устройства при подаче в канал разностей потенциалов от ГКП: 100 мВ, 40 мВ и 20 мВ соответственно для принятых масштабов записи 25 мВ/см (12,5 мВ/см), 5 мВ/см и 2,5 мВ/см.

На станциях с потенциометрами масштаб $n_{ПС}$ можно устанавливать, не опуская зонд в скважину. С помощью ГКП выбирают начало записи кривой ПС таким образом, чтобы при нахождении датчика ПС против глин пишущие устройства устанавливались на 11—12 см (ползунок реохорда), 13—14 см (блик правого гальванометра канала IV ФР-6), 5—6 см (блик основного гальванометра канала IV регистратора Н013).

При записи кривой градиента ПС пишущие устройства устанавливают на середине шкал регистраторов. Зонд или прибор опускают на забой и контролируют работу аппаратуры по отклонениям пишущих устройств. Если масштаб $n_{ПС}$ установлен слишком крупным или неправильно выбрано начало записи кривой ПС, переходят на более грубый масштаб или смещают пишущее устройство в другое положение. В призабойной части скважины проверяют нулевые положения пишущих устройств и их отклонения в соответствии с выбранными масштабами записи.

Соблюдая необходимую скорость подъема кабеля, производят запись кривых в поисковом масштабе глубин. В процессе записи при заниженной скорости подъема проверяют нулевую линию КС через каждые 500 м глубины (нефтяные и газовые скважины) и через каждые 50 см каротажной ленты (угольные и рудные скважины).

с разъемом Ш2 «УГ» на панели ИГН-4; разъем Ш3 «Регистратор» на панели ИГН-4 с входами измерительных каналов станции (см. рис. 9); разъем Ш4 «Пересчет» на панели ИГН-4 с соответствующим разъемом на блоке пересчета.

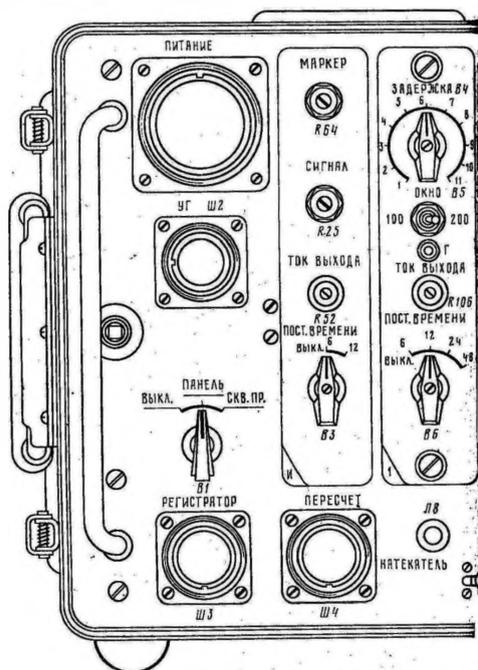
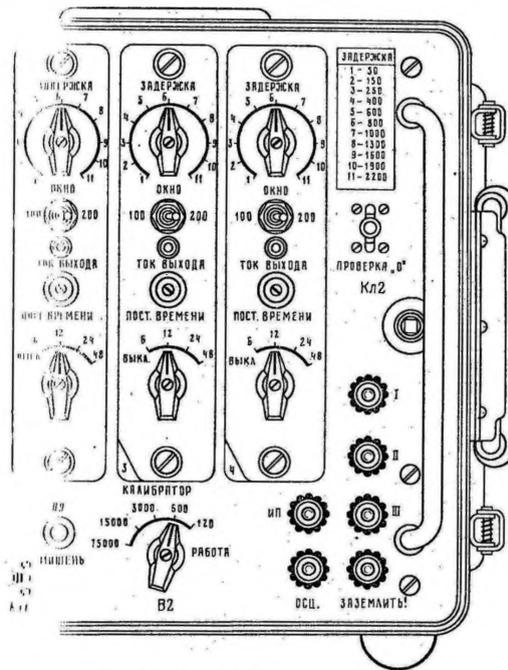


Рис. 59. Общий вид панели

К гнездам К4 и К5 «Осц.» на панели ИГН-4 (см. рис. 58) подключают вертикальный вход электронного осциллографа 90 (С1-19Б). Выводы жил I, II и III скважинного прибора подключают трехжильным кабелем длиной 10—15 м к соответствующим клеммам панели ИГН-4. Правильность подключения жил проверяется омметром по следующим признакам: между жилами I и II — сопротивление максимальное, а между жилами I и III, II и III — одинаковое, равно около 1 кОм. К жилам I и II необходимо подводить

«минус» омметра, цепь которого будет замкнута «на корпус» через обмотку трансформатора Tr2, нормально замкнутые контакты 3 и 4 реле P1, диод Д8, обмотки реле P4 — P6 и первичную обмотку трансформатора Tr4 (рис. 57). При обратном включении диод Д8



Включение аппаратуры ИГН-4

не пропустит ток омметра «на корпус», что может быть квалифицировано, как обрыв цепи жил I и II.

Органы управления и настройки отдельных блоков должны находиться в следующих исходных положениях: на выпрямителе УВК-2 калибр напряжения «850В» — в положении «Вкл.», на генераторе МГ1 переключатель «Частота; грубо» — в позиции «360—440 Гц», регулятор «Частота; плавно» — в положении резонансной частоты высоковольтного трансформатора Tr5 скважинного прибора,

переключатель «*U* выхода» — в положении «300 В», переключатель «Стабилизация» — в положении «*U*», тумблер «Шунт 2А; выкл.» — в положении «Выкл.», регуляторы «Возбуждение» и «Настройка АРУ» — в крайнем левом положении (см. рис. 17). На панели ИГН-4 переключатель *B1* «Выкл.»; панель; скв. пр.» — в положении «Выкл.», переключатели *B4* «Задержка» — в положении «1» (50 мкс), переключатели *B3* (интегральный канал) и *B6* (дифференциальные каналы) «Пост. времени» — в положении «Выкл.», тумблеры *B5* «Окно» — в положении «200», переключатель *B2* «Калибратор» — в положении «120». Ползунки потенциометров *R52* (интегральный канал), *R106* (дифференциальные каналы) «Ток выхода», *R25* «Сигнал» и *R64* «Маркер» выводятся в крайнее левое положение (см. рис. 58, 59).

На блоке пересчета тумблеры включения счета «И», «1», «2», «3» и «4» устанавливаются в верхнее положение, переключатели коэффициентов пересчета — в положение «1», ключ «Пуск» и тумблер «Контроль» — в нерабочее положение. Нажатием кнопок стрелки счетчиков устанавливаются в нулевое положение.

Проверка работы блока пересчета

Включив питание блока пересчета, проверяют его работу от внутреннего калибратора, задающего частоту 40 ± 4 Гц.

После включения тумблера «Контроль» и установки ключа «Пуск» в рабочее положение электромеханические счетчики в каналах должны начать синхронный отсчет импульсов. По отсчитанному числу импульсов в 1 мин определяют частоту внутреннего калибратора. Затем убеждаются в нормальной работе декадных блоков при различных коэффициентах пересчета.

Отдельную проверку блока пересчета можно осуществить от внешних запускающих импульсов отрицательной полярности амплитудой 3—6 В и длительностью 15 мкс с частотой следования 3 Гц, подаваемых на входы всех каналов от генератора Г5-7А. Обычно в полевых условиях в качестве внешних запускающих импульсов для проверки блока пересчета используются импульсы калибратора панели ИГН-4.

Проверка калибратора панели ИГН-4

Включив питание выпрямителя УВК-2, соответствующими регуляторами устанавливают по контрольному прибору напряжения 250 и 180 В.

Для подачи необходимых напряжений на панель ИГН-4 переключатель *B1* «Выкл.; панель; скв. пр.» переводят в положение «Панель» (см. рис. 58, 59). Импульсы калибратора проходят по тракту интегрального канала и с катода *Л3* одновибратора — формирователя счетных импульсов через конденсатор *С13* поступают на блок «И» пересчетного устройства.

При установке переключателя *B2* «Калибратор; работа» в положение «Калибратор» включается питание от выпрямителя *D5 — D8* на обмотку реле *P2*, и его контакты 3 и 5 замыкают антидинатронную сетку лампы *L13* каскада совпадений через резистор *R113* на корпус, переводя тем самым каскад в режим резисторного усилителя. При этом импульсы калибратора (так же, как и счетные импульсы) с резистора *R30* (лампа *L2*) поступают на управляющую сетку каскада совпадений, усиливаются им и с резистора *R88* через конденсатор *C49* в отрицательной полярности попадают на блок пересчета дифференциального канала.

Работу калибратора проверяют на всех его диапазонах частот, установив ключ «Пуск» на блоке пересчета в положение счета внешних запускающих импульсов. При проверке калибратора на пределах 120, 600 имп/мин и 3000, 15 000 имп/мин переключатели пересчета на блоке пересчета устанавливаются соответственно в положение «1» и «10». Проверку предела 75 000 имп/мин осуществляют только в интегральном и первом дифференциальном каналах при коэффициенте пересчета «100» (каналы II, III и IV выключают). Контроль частот можно производить также при помощи *ЭО* по длительности импульсов калибратора на резисторе *R24*. При отклонении частот калибратора от номинального значения более чем на 5% их подстраивают подбором резисторов *R5 — R9*. Если по каким-либо причинам подстройку частот не делают, то в аппаратный журнал записывают фактическое количество импульсов калибратора, которым и пользуются при установке масштаба записи кривых.

Проверка выходных токов интеграторов

Проверку выходных токов интеграторов выполняют от импульсов калибратора. Для этого в каналах регуляторы «Ток выхода» (см. рис. 58, 59) выводят вправо до отказа, включают постоянную времени 6с и к выходу канала последовательно с резистором 300 Ом подключают микроамперметр.

Выходные токи интеграторов должны соответствовать значениям, указанным в табл. 19.

Т а б л и ц а 19

Выходные токи интеграторов дифференциальных каналов аппаратуры ИГН-4

Положение переключателя <i>B4</i> «Задержка»	Частота калибратора, имп/мин	Выходной ток, мкА
1, 2, 3, 4	15 000	17—20
5, 6, 7	3 000	17—20
8, 9, 10, 11	600	45—50

Выходной ток интегратора канала «И» при частоте калибратора 75 000 имп/мин должен быть 15—17 мкА. При переходе на низшую

частоту выходные токи интеграторов во всех каналах должны изменяться линейно с погрешностью не более 5%.

Проверка постоянных времени в каналах может быть осуществлена таким же образом, как и в аппаратуре типа ДРСТ, или по продолжительности снижения выходного тока до 0,37 значения, установившегося после выключения калибратора. Удобно эту проверку выполнять по отклонениям бликов гальванометров. Одновременно при этом проверяют работу ключа *Кл2* «Проверка 0». При его включении блики гальванометров всех каналов должны устанавливаться в нулевое положение практически мгновенно, так как конденсаторы *C27* (канал «И») и *C55* (дифференциальные каналы) в цепях постоянных времени отключаются.

Установка номинальных постоянных времени осуществляется подбором резисторов *R51*, *R70* (канал «И») и *R105*, *R107*, *R108*, *R112* (дифференциальные каналы).

Проверка цепи мишень — натекатель панели ИГН-4

При этой проверке необходимо отключить жилы кабеля от скважинного прибора и к клеммам *I*, *II* и *III* панели подключить реостат $R = 1950 \text{ Ом}$, установив ползунок в среднее положение (рис. 60).

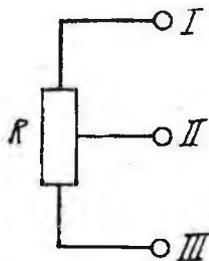


Рис. 60. Схема проверки цепи мишень — натекатель панели управления аппаратуры ИГН-4

Переключатель *B1* переводят в положение «Скв. пр.» (см. рис. 59) и запускают генератор УГ-1. Порядок включения генератора такой же, как и при работе с прибором типа КСП. Регуляторами «Возбуждение» и «Настройка АРУ» доводят напряжение возбуждения до 220 В, контролируя его величину по вольтметру на УГ-1 (см. рис. 17).

При установке ключа *Кл1* в положение «Мишень» и «Натекатель» должны загораться тиратроны *Л9* и *Л8*. При выключенном генераторе и переводе ключа сначала в положение «Мишень», а затем в положение «Натекатель» включенный между клеммами *I* и *III* вольтметр должен показать напряжение не ниже -40 В и $+40 \text{ В}$.

Выключают питание панели переключателем *B1* и к клеммам *I*, *II*, *III* подключают скважинный прибор.

Регулировка фантомной схемы

Переключатель *B1* переводят в положение «Панель», а через 2—3 мин — в положение «Скв. пр.» (см. рис. 59) и запускают УГ-1, установив на последнем напряжение возбуждения 150 В ($2/3$ номинального).

После прогрева ламп скважинного прибора при отрегулированной фантомной схеме питания на фоне прямой или слегка волнистой линии на экране ЭО должны наблюдаться маркерные импульсы

отрицательной полярности. Если фантомная схема не отрегулирована, то маркерные импульсы будут наблюдаться на фоне синусоиды, соответствующей частоте питающего напряжения скважинного прибора.

Разбаланс фантомной схемы приводит к появлению дополнительного счета в интегральном канале вследствие прохождения через диод *Д1* (см. рис. 58) положительных полуволн напряжения питания скважинного прибора.

Фантомную схему балансируют регулированием ползунка трансформатора *Тр1* «Баланс» на шасси панели. Доводят напряжение питания скважинного прибора до 220 В. В этом случае на мишень ускорительной трубки подается половинное напряжение, при котором выход нейтронов уменьшается в 10^2 раз. Безопасное расстояние в воздухе, при котором допустимая плотность потока нейтронов не превышает 20 нейтр./см²·с, равно 55 см, а при полном напряжении — 550 см. Включают ключ «Пуск» на блоке пересчета и устанавливают в интегральном канале коэффициент пересчета «10». Регулятором *R25* «Сигнал» добиваются отсутствия счета в интегральном канале от положительных хвостов маркерных импульсов.

Проверка канала маркерных импульсов

В гнездо «Г» подключают вертикальный вход *Э0*, работа которого осуществляется на ждущей развертке при длительности развертки 1—10 мкс.

Резистор *R64* «Маркер» регулируют до появления на экране *Э0* импульсов «окна», близких к прямоугольной форме. Изменяя позиции тумблера *B5* «Окно; 200; 100», определяют ширину окна умножением количества светящихся меток в пределах ширины импульса на длительность отдельной метки.

Проверка узла управления работой трубки

При положительном полупериоде переменного напряжения на высоковольтной обмотке *Тр5* питания мишени на катод трубки подается отрицательный (относительно анода) управляющий импульс длительностью около 200 мкс, и трубка работает, как кенотрон, ток которого заряжает конденсатор *C15* до амплитудного значения напряжения на обмотке *Тр5* (см. рис. 57).

Образование нейтронов в ускорительной трубке происходит в тот момент, когда на катод трубки подается отрицательный (относительно анода) импульс длительностью около 100 мкс, а на анод — удвоенное отрицательное напряжение 80—100 кВ (сумма напряжений на *C15* и *Тр5*).

Точная синхронизация управляющих импульсов на катоде трубки с максимумами напряжения на мишени осуществляется при помощи фазовращающей ячейки *R4C8*, синусоидальное напряжение которой усиливается и ограничивается двойным триодом *Л8*.

Ограниченное синусоидальное напряжение используется для запуска блока управления трубкой, собранного на ждущем одновибраторе *Л6 — Л7*. Запуск одновибратора осуществляется отрицательным импульсом (подается на катод *Л7*), образованным путем дифференцирования ограниченной синусоиды напряжения цепочкой *R30C23*, с одновременной подачей ограниченной синусоиды через *R32* на сетку той же лампы. Благодаря этому одновибратор за один период синусоидального напряжения выдает два прямоугольных импульса длительностью 100 и 200 мкс и напряжением не менее 200 В, которые можно наблюдать на экране ЭО при подключении его к *R28*. Нормальной работы одновибратора добиваются подбором резистора *R27*.

Проверка канала счетных импульсов скважинного прибора

От блока счетчиков отпаивают *C14* (см. рис. 57), включают питание скважинного прибора и подают от генератора Г5-15 на вход усилителя счетных импульсов *Л5* через *C14* импульсы отрицательной полярности амплитудой 10 мВ, длительностью 1—2 мкс и частотой повторения 1500—2000 Гц. На *R12* в цепи катодного повторителя должны наблюдаться положительные прямоугольные импульсы амплитудой не менее 65 мВ и длительностью не более 20 мкс.

Порог срабатывания одновибратора — формирователя импульсов *Л4* резистором *R16* подбирается такой, чтобы одновибратор надежно срабатывал от входных импульсов амплитудой 5 мВ.

Настройка узла питания счетчиков

К блоку счетчиков припаивают *C14* и в разрыв цепи стабилитронов *Л10 — Л11* включают микроамперметр с пределом 50—100 мкА. Подбором резистора *R5* устанавливают через стабилитроны ток 50 мкА. Напряжение на каждом из них должно быть 1250 В. Подсвечивают счетчики ампульным источником через замедлитель нейтронов.

При ступенчатом изменении напряжения *R8* через 50 В по измеренным напряжениям на *C13* и зарегистрированным скоростям счета в интегральном канале строят счетную характеристику счетчиков. Номинальное напряжение на счетчиках устанавливают резистором *R8* таким образом, чтобы оно не превышало на 30—40 В напряжение, соответствующее началу плато.

Счетчики, входящие в блок, не должны отличаться по эффективности более чем на $\pm 25\%$.

Проверка и установка паспортного режима ускорительной трубки

Вилку *Ш1* убирают и в гнезда 1—1 разъема *Ш2* (гнезда 2—2 и 3—3 разомкнуты) (см. рис. 57) включают амперметр со шкалой 2,5—5,0 А; подав нормальное напряжение на скважинный прибор,

проверяют ток накала трубки, который должен соответствовать паспортному (1,8—2,0 А).

При выключенном питании скважинного прибора в гнезда 2—2 (гнезда 1—1 и 3—3 разомкнуты) снова включают амперметр. Подача питания на скважинный прибор, проверяют ток натекателя трубки. При этом соединительные провода должны быть по возможности короче и иметь сечение не менее 2 мм².

Точную регулировку тока натекателя выполняют обычно не более 4—5 раз в течение всего срока службы трубки УНГ-1 (150—200 ч при $t = 120^\circ \text{C}$). Необходимость такой регулировки обусловлена тем, что расход дейтерия в трубке постепенно уменьшается за счет его адсорбции на ее внутренних поверхностях (так называемая ионная откачка) [6].

Подав питание на скважинный прибор, переводят ключ «Мишень; натекатель» сначала в положение «Мишень», а затем в положение «Натекатель». При установке ключа в положение «Мишень» (импульс +40 В) срабатывают реле $P4 - P6$. Контакты 3 и 5 реле $P6$ закорачивают ограничительный конденсатор $C9$, обеспечивая тем самым подачу полного напряжения на $Tr5$. Реле $P4$ контактами 3 и 5 подготавливают к включению питания натекателя трубки, а контакты 3 и 5 реле $P5$ подключают обмотки реле $P4 - P6$ к выпрямителю $D6C6$, благодаря чему они остаются во включенном состоянии.

При установке ключа в положение «Натекатель» (импульс +40 В) срабатывают реле $P1 - P3$ (через диод $D9$). Контакты 3 и 5 реле $P3$ включают питание на первичную обмотку $Tr3$ натекателя, а контакты 3 и 5 реле $P2$ — цепь питания обмоток реле $P1 - P3$ от выпрямителя $D7C7$. При замыкании контактов 3 и 5 реле $P1$ от выпрямителя смещения $D5$ на панель управления поступает постоянный ток, пропорциональный напряжению на головке скважинного прибора. Измерение этого тока производят на гнездах «ИП» панели.

Поскольку при включении ключа $Kл1$ напряжение питания скважинного прибора уменьшается, его доводят до номинального значения регулятором «Настройка АРУ» на УГ-1. После этого регулировкой переключателя $B1$ первичной обмотки $Tr3$ устанавливают паспортный ток натекателя трубки (2,0 ÷ 3,2 А).

Далее при выключенном питании скважинного прибора к гнездам 3—3 разъема $Ш2$ подключают миллиамперметр с пределом на 200 мА, гнезда 1—1 закорачивают между собой (гнезда 2—2 разомкнуты) и проверяют резонансную частоту первичной обмотки $Tr5$.

Включив питание скважинного прибора, переводят ключ в положение «Мишень». Плавной регулировкой частоты на УГ-1 при поддержке неизменного напряжения питания скважинного прибора добиваются минимума тока в первичной обмотке $Tr5$. Показания регулятора «Частота; плавно» записывают в аппаратный журнал. В это положение устанавливают регулятор и при работе на скважине.

При проверке тока натекателя трубки и установке резонансной частоты генератор нейтронов обязательно должен находиться в

скважине. При этом работу осуществляют в строгом соответствии с правилами техники безопасности при обращении с источниками ядерного излучения [50].

Регулировка фазировки управляющих импульсов

Выключив питание скважинного прибора, вставляют вилку *III* в разъем *III2*. Вместо резистора *R4* фазовращателя включают магазин сопротивлений на 20—30 кОм (см. рис. 57). К клеммам «Осц.» и «Заземлить» (см. рис. 58, 59) подключают *ЭО*.

При нахождении прибора в скважине включают его питание и регулятор *R25* «Сигнал» устанавливают в положение, при котором интегральный канал еще не срабатывает от положительных выбросов маркерных импульсов, а канал маркера — от отрицательных выбросов счетных импульсов. Включают ключ «Мишень; натекатель» сначала в положение «Мишень», а затем — в положение «Натекатель». Доводят напряжение питания скважинного прибора до номинального и записывают в аппаратный журнал показания миллиамперметра, подключенного к клеммам «*ИП*» панели. Через 3—5 мин во всех каналах должна увеличиться скорость счета. Подбором сопротивления на магазине сопротивлений добиваются максимальной скорости счета в интегральном канале.

Выключают питание скважинного прибора, отсчитывают величину сопротивления фазовращателя на магазине сопротивлений и вместо него впаивают постоянный резистор *R4*, соответствующий оптимальной фазировке.

Работа с кабелем

Скважинный прибор подключают к кабелю подъемника. Правильность подключения коллекторного провода к панели управления определяют по признакам, указанным выше. При этом оплетку бронированного кабеля соединяют с клеммой «*III*» на панели.

Включают питание всех блоков и скважинного прибора. После перевода ключа *Кл1* в положение «Натекатель» регулятором «Настройка АРУ» (см. рис. 17) регулируют выходное напряжение до тех пор, пока прибор, подключенный к клеммам «*ИП*» на панели, не покажет такую же величину тока, какая была при проверке прибора без кабеля. Показания вольтметра выходного напряжения на УГ-1 записывают в аппаратный журнал. Величину этого напряжения затем устанавливают и при работе на скважине. После этого окончательно проверяют работу всех блоков аппаратуры ИГН-4.

Убедившись в нормальной работе аппаратуры, выключают питание всех ее блоков и навинчивают на скважинный прибор охранный кожух. В собранном виде прибор помещают в эталонировочное устройство, представляющее собой бак (1,5 × 2,0 м) с пресной водой, и определяют в нем время жизни тепловых нейтронов, которое не

должно отличаться от среднего более чем на 10%. Одновременно находят цену условной единицы интегрального канала. Эти операции выполняют перед каждым выездом на скважину.

Проведение измерений на скважине

Подготовка аппаратуры к включению, подсоединение скважинного прибора к кабелю и порядок включения на скважине такие, как на базе.

При включении аппаратуры прибор должен находиться в устье скважины на глубине 5—10 м. Переключатели «Задержка», «Окно», и «Пост. времени» устанавливают в позиции, определяемые рассмотренными выше методическими положениями (см. рис. 59).

Проверив работоспособность аппаратуры, устанавливают масштабы записи кривых во всех каналах. Требуемых отклонений добиваются регуляторами «Ток выхода» (на панели ИГН-4) и аттенюаторами «Точно» при коэффициентах ослабления 2—5 (на измерительной панели станции).

При включенной протяжке фиксируют нулевые положения бликов и их отклонения в соответствии с заданными масштабами. При расположении первой метки на кабеле против точки отсчета глубин набирают на счетчике глубин ее цену и спускают прибор в исследуемый интервал скважины. Работу аппаратуры контролируют по пересчетному прибору, осциллоскопу и отклонениям бликов гальванометров. При необходимости корректируют масштабы записи кривых. Когда прибор подходит к нижней границе интервала исследований, проверяют нулевые положения бликов и их отклонения в соответствии с масштабами записи и приступают к записи кривых.

Количество регистрируемых кривых выбирают в соответствии с выработанной на месторождении методикой. Для литологического расчленения пород по поглощающим свойствам в продуктивном интервале скважины записывают 2—3 дифференциальные и одну интегральную кривые в масштабах глубин 1 : 500 и 1 : 200. После основных записей выполняют контрольные измерения на интервале не менее 50 м и снова фиксируют на бумаге нулевые положения бликов и их отклонения в соответствии с заданными масштабами.

При определении времени жизни тепловых нейтронов в продуктивных пластах измерения выполняют в соответствии с методическими положениями, рассмотренными выше.

Оценка качества материалов ИННК

Интегральные кривые ИННК должны иметь такой же заголовок, как и диаграммы НК. В заголовках дифференциальных кривых, кроме сведений, соответствующих интегральной кривой, указываются величина временного «окна» и задержка.

Результаты точечных замеров заносятся в журнал полевых наблюдений, имеющий произвольную форму, в котором указываются

Заворотько Ю. М. Методика и техника геофизических исследований скважин. М., «Недра», 1974. 280 с.

В предлагаемой читателям работе освещены основные положения методики и техники промышленно-геофизических исследований в нефтяных, газовых, угольных, рудных и гидрогеологических скважинах на примере серийных образцов каротажных станций (АКС/Л-4, АКС/Л-64, ОКС/Л-64, АКС/Л-7 и СК-1) и скважинной аппаратуры (типов КСП, МДО, ТБК, АИК, ДРСТ, ИГН, СПАК, АКЦ, ТСМК, ТЭГ, ИК и др.).

В книге описаны физическая сущность каждого метода каротажа, область применения, методика работ, основные проверки и регулировки каротажных станций и скважинных приборов, порядок проведения измерений на скважине, оценка качества первичных материалов, охарактеризованы различные помехи, искажающие результаты измерений, и меры борьбы с ними.

Книга является учебным пособием для учащихся техникумов, специализирующихся по геофизическим методам исследования скважин. Она может быть использована также геофизиками в практической работе.

Таблиц 25, иллюстраций 79, список литературы — 56 назв.

Рецензенты: В. А. Устюжанинов, К. А. Фадеев (преподаватели Старооскольского геологоразведочного техникума), А. А. Мухер (нач. производственного отдела управления Нефтепромгеофизика Министерства нефтяной промышленности)

Отметку нулевой линии не рекомендуется производить в интервалах залегания угольных пластов и рудных зон. Длина протяжки ленты при промежуточной отметке нуля должна быть 0,5—1,0 см.

Если кривая ПС приближается к одному из краев бумаги ближе чем на 0,5 см, ее переносят путем изменения разности потенциалов на ГПП без остановки подъема кабеля.

Для контроля определения глубин при повторном каротаже скважины предыдущие измерения перекрывают на интервале не менее 50 м в нефтяных, газовых и рудных скважинах и 10 м — в угольных скважинах с привязкой глубины к ближайшей метке [50]. В конце интервала исследований на диаграммной ленте фиксируют те же контрольные и градуировочные сигналы, что и перед началом записи. Для контроля качества регистрации кривых в каждой скважине выполняют повторные измерения (предпочтительно в аномальных зонах): не менее 50 м в нефтяных, газовых и рудных скважинах и 10—25 м — в угольных. При этом контрольная запись кривой ПС в нефтяных и газовых скважинах должна быть выполнена в другом масштабе $n_{ПС}$.

Если башмак колонны находится не далее чем в 200 м от интервала исследования, то на диаграмме обязательно фиксируют положение нулевой линии КС кривых стандартных зондов. Независимо от глубины замера необходимо делать контрольную запись в колонне — не менее 20 м для зонда с наибольшим отношением K/n . В обоих случаях запись кривых КС должна быть начата на 10—25 м ниже башмака колонны.

Если на отдельных интервалах скважины кривые не поместились в пределах диаграммы или не уложились в динамический диапазон аппаратуры, производят повторную запись в более мелком масштабе с перекрытием основной записи на 10 м по глубине скважины в обе стороны. В угольных и рудных скважинах повторные измерения выполняют в более крупном масштабе при приближении кривой КС к нулевой линии ближе чем на 0,5 см.

После проведения стандартного электрокаротажа в нефтяных и газовых скважинах выполняют боковое зондирование (БКЗ), а в угольных и рудных — детализацию угольных пластов и рудных зон. Интервал проведения БКЗ задается заранее. По полученным кривым поискового масштаба глубин оператор определяет, какие угольные пласты и рудные зоны необходимо детализировать. При этом он должен знать величины физических параметров против того или иного полезного ископаемого, оценить его мощность по поисковому масштабу глубин, воспользоваться геологическим разрезом скважины с выносками угольных пластов и рудных зон в детализационном масштабе глубин и данными каротажа по соседним скважинам (сравнивая каротажные диаграммы между собой). Детализации подвергаются все угольные пласты рабочей и близкой к ней мощности и рудные зоны, представляющие практический интерес.

Границы и строение угольных пластов мощностью свыше 3,5 м могут быть определены по кривым, зарегистрированным в поиско-

необходимые сведения о скважине и измерительной аппаратуре, шаг измерений, глубины точек замера, скорость счета в интегральном канале за выбранный промежуток времени, временное «окно», задержки и соответствующие им скорости счета в дифференциальных каналах за тот же промежуток времени, что и в интегральном канале.

Оформление и оценку качества непрерывных кривых ИННК выполняют так же, как и кривых НК, НКГ.

Среднеквадратичная погрешность измерений при непрерывном каротаже не должна превышать 10%. Скорости счета в дифференциальных каналах при одной и той же задержке не должны отличаться более чем на $\pm 10\%$.

§ 41. ГАММА-НЕЙТРОННЫЙ КАРОТАЖ

Методика работ

В методе гамма-нейтронного каротажа (ГНК) по стволу скважины измеряется плотность фотонейтронов, возникающих в результате возбуждения ядер элементов жесткими гамма-квантами и перехода их в нормальное состояние.

Образование фотонейтронов возможно лишь тогда, когда энергия гамма-квантов, поглощаемых ядрами, будет превышать пороговую $E_{\gamma n}$ для данного элемента. Для большей части элементов $E_{\gamma n}$ более 10—15 МэВ. Например, у ^{23}Na она равна (в МэВ) 12,05, у ^{27}Al — 12,75, у ^{28}Si — 16,8, у ^{35}Cl — 9,95, у ^{40}Ca — 15,9, у ^{55}Mn — 10,1, у ^{54}Fe — 13,8, у ^{63}Cu — 11, у ^{64}Zn — 11,65, у ^{201}Hg — 13,22 и т. д. Наименьший порог фотоядерной реакции у бериллия ($E_{\gamma n} = 1,67$ МэВ) и дейтерия ($E_{\gamma n} = 2,23$ МэВ) [53].

Поскольку в практике каротажа применяются источники гамма-квантов энергии $E_{\gamma} < 2,09$ МэВ, фотоядерную реакцию можно осуществить лишь на ядрах бериллия ^9Be . Из всех источников гамма-квантов, способных вызвать фотоядерную реакцию у бериллия, рациональнее всего использовать радиоактивный изотоп ^{124}Sb ($T_{1/2} = 60$ дней, $E_{\gamma} = 1,692$ МэВ — выход 50% и 2,09 МэВ — выход 6,5%, гамма-активность 1 мКи — 1,18 мг-экв Ra, гамма-постоянная — $K_{\gamma} = 9,92$ Р/ч) [29, 47].

При облучении ^9Be гамма-лучами ^{124}Sb образуется поток быстрых нейтронов энергии 24 и 422 кэВ соответственно для $E_{\gamma} = 1,67$ и 2,09 МэВ и изотоп ^8Be , который быстро распадается на две альфа-частицы. Выход нейтронов на один гамма-квант для ядер бериллия составляет $3 \cdot 10^{-4}$. Поскольку поток фотонейтронов от гамма-квантов энергии $E_{\gamma} = 2,09$ МэВ примерно в 20 раз меньше, чем от энергии $E_{\gamma} = 1,69$ МэВ, нейтронное излучение можно считать монохроматическим с энергией 24 кэВ.

Для проведения гамма-нейтронного каротажа в производственных условиях используется аппаратура типа ГНК как с борными пропорциональными счетчиками, так и со сцинтилляционными детекторами типа, изготовленными на базе светосоставов Т-1 и Т-2, состоящих из смеси $\text{ZnS}(\text{Ag})$ и борной кислоты, обогащенной B^{10} .

В аппаратуре ГНК-2А используется сцинтиллятор марки М-21-В (светосостав Т-1), сопряженный с ФЭУ-35. Детектор такого типа обладает сравнительно высокой эффективностью (около 20%) к тепловым нейтронам и малой чувствительностью к гамма-лучам. Следует отметить, что использование ФЭУ-35 нередко приводит к занижению показаний после 1—2 ч работы на 20—30%. В аппаратуре типа ГНК лучше применять фотоумножители жалюзного типа — ФЭУ-11, ФЭУ-13, ФЭУ-16, обладающие высокой временной и температурной стабильностью, малым уровнем шумов и наименьшим изменением рабочих параметров под воздействием ядерных излучений [45].

При использовании сцинтилляционных детекторов чувствительность аппаратуры повышается в 5—6 раз по сравнению с борными пропорциональными счетчиками, обеспечивается высокая скорость счета медленных нейтронов, уменьшается активность источника в 3—4 раза. Чувствительность аппаратуры типа ГНК на сцинтилляционных счетчиках не менее 15 имп/мин на 0,01% ВеО в заполненных водой скважинах диаметром 115 мм при мощности источника ^{124}Sb 60 мКи. Рекомендуется использовать источники активностью 30—100 мКи.

При работе с борными пропорциональными счетчиками активность источника определяется числом n счетчиков нейтронов в скважинном приборе и выбирается примерно $250/n$ [55]. Длина зонда в аппаратуре ГНК равна 11 см. Между источником и сцинтилляционным детектором расположен свинцовый экран толщиной 5 см.

При выборе скорости подъема скважинного прибора и постоянной времени интегратора руководствуются теми же соображениями, что и в методе ГК. Как показала практика каротажа при работе со сцинтилляционными детекторами, запись кривых ГНК целесообразно вести при $v = 180 \div 250$ м/ч, $\tau = 6 \div 12$ с (масштаб глубин 1 : 200) и при $v = 20 \div 25$ м/ч, $\tau = 24$ с (масштаб глубин 1 : 50). Такой режим измерений при детализации позволяет выделять с достаточной степенью точности рудные тела мощностью 0,1 м с линейными запасами ВеО 0,05%.

Масштабы записи кривой ГНК выбирают в зависимости от содержания ВеО в породе и устанавливают такие, чтобы аномалии кривой на интервалах с максимальными линейными запасами имели возможно большую амплитуду и помещались в пределах диаграммной ленты. Установку масштаба записи кривой производят от калибратора и выражают в имп/мин·см.

Для определения процентного содержания ВеО в породе аппаратуру эталонируют в заводском эталонировочном устройстве и обязательно перед каротажем разведочной скважины выполняют контрольные измерения в опорной скважине.

Глубинность метода ГНК существенно зависит от влажности и плотности горных пород и может быть оценена в соответствии с формулой

$$\delta_n R = 2M, \quad (70)$$

где M — массовая длина миграции нейтронов; R — радиус исследования метода.

Поскольку расчет глубинности метода ГНК строго не обоснован, можно считать, что она мало отличается от глубинности в методе ННК [2].

Техника работ с аппаратурой ГНК

Подготовка аппаратуры к включению

Панель ГНК-1 (рис. 61) подключают к источнику питания УВК-1 (см. рис. 33) и регистратору, а скважинный прибор — к кабелю подъемника. Выводы коллектора лебедки соединяют с клеммами «I; II; III» панели управления, к гнезду «Пересчет» подключают пересчетный прибор, а к клеммам «Осциллоскоп» — ЭО типа С1-19Б. Корпус панели надежно заземляют.

Исходные установки органов управления панели следующие: переключатели «Выкл., накал; анод» и «Калибратор» — в положении «Выкл.»; «Контроль» — в положении «Пит.»; «Пост. времени; сек» — в положении «6 сек»; тумблер «Калибратор; скв. прибор» — в положении «Скв. прибор». Переключатели «Диапазоны» и «Дискриминация» устанавливают в положения, выбранные на контрольной скважине, ползунок потенциометра «Ток выхода» — в среднее положение, а переключатели источника УВК-1 — в следующие исходные позиции: «Род работы» — в положение «I» «Контроль источников» — в положение «I₁»; «Стабилизатор тока; грубо» — в положение «260—330 мА»; «U выхода» — в положение «120—170 В»; потенциометр точной регулировки тока выводят против часовой стрелки до упора (см. рис. 33).

В соответствии с инструкцией зондовое устройство соединяют с хвостовиком, в котором находится источник гамма-квантов, и помещают скважинный прибор в эталонировочное устройство, представляющее собой цилиндрический бак, заполненный смесью бериллийсодержащего вещества и парафина. Применение такого эталона позволяет осуществлять повседневный контроль аппаратуры и увязывать полученные в разное время результаты измерений.

Включение аппаратуры

Включают тумблер «Сеть» на УВК-1 и после 3—4 мин прогрева блока питания переключатель «Питание» панели ГНК-1 переводят в положение «Накал», а через 1—2 мин — в положение «Анод» (см. рис. 61).

Потенциометром «Стабилизатор тока; точно» на УВК-1 устанавливают такой ток питания (около 275 мА), при котором напряжение на вводе скважинного прибора равно 130 В. При позиции «U» переключателя «Род работы» на УВК-1 при помощи переключателя «Контроль источников» проверяют режимы питания панели ГНК-1.

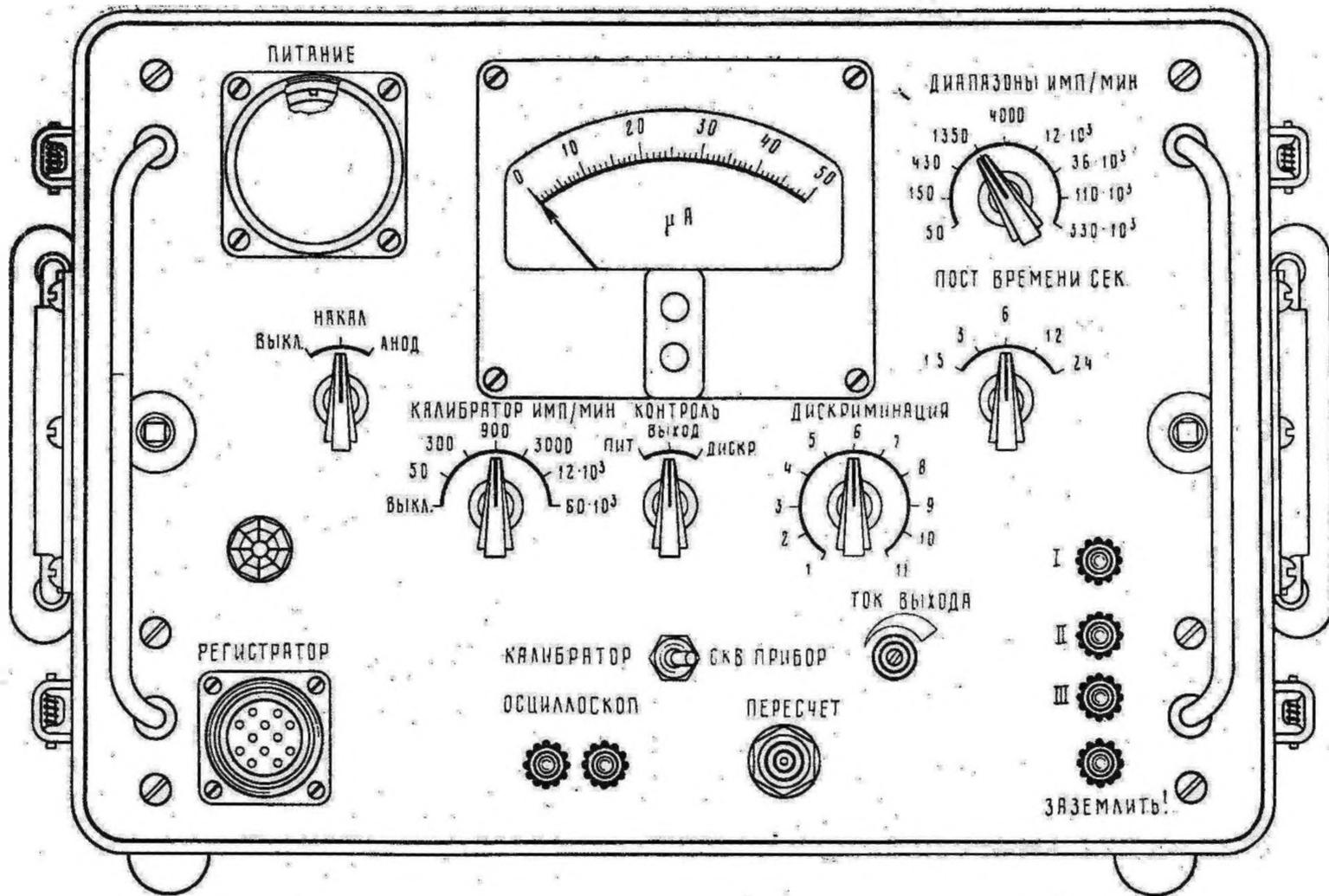


Рис. 61. Общий вид панели управления аппаратуры ГНК-1

После установки и проверки режимов питания скважинного прибора и панели на экране ЭО наблюдают положительные колоколообразные импульсы длительностью 15—20 мкс (на половине их амплитуды).

Аппаратуру прогревают в течение 30—40 мин, а зимой — и более длительное время.

Контроль за прогревом аппаратуры удобно вести при помощи пересчетного прибора, фиксируя количество поступающих импульсов из скважинного прибора за 1, 10 и 20 мин и сравнивая их с данными предыдущих измерений. При этом время между контрольными измерениями, которые рекомендуется использовать, не должно превышать 2—3 дней, что связано с распадом источника. Такой способ прогрева применяют во избежание перегрева или недогрева электронной схемы скважинного прибора в зависимости от времени года, так как неправильный прогрев приводит к большим расхождениям показаний эталонировочного устройства.

Выбор уровня дискриминации

Одним из важных факторов, обеспечивающих высокую чувствительность аппаратуры и получение достоверных данных о распространении бериллиевого оруденения, является выбор оптимального уровня дискриминации, при котором аппаратура регистрирует нейтроны на фоне интенсивного гамма-излучения источника.

В условиях скважины гамма-фон вблизи детектора значительно изменяется в зависимости от плотности и вещественного состава пород, диаметра и заполнения скважины и других факторов. Поэтому должен быть выбран такой порог дискриминации, который при исследованиях в различных скважинах и геологических условиях исключал бы влияние гамма-фона. В породах, не содержащих бериллия, скорость счета в канале от гамма-фона не должна превышать 3—4 имп/мин.

Порог дискриминации можно наблюдать по положению светящейся точки на переднем фронте импульса. Регулирование порога дискриминации осуществляется потенциометром, расположенным справа на шасси панели. Чтобы убедиться в правильности выбора порога дискриминации, необходимо после прогрева аппаратуры измерить скорости счета в эталонировочном устройстве на всех пределах дискриминации и построить график зависимости скорости счета от положения переключателя «Дискриминация». При низком уровне дискриминации (на первых пределах дискриминатора) скорость счета в канале будет большая, так как вместе с нейтронами регистрируются и гамма-кванты. Так как амплитуды импульсов детектора от гамма-квантов значительно меньше амплитуды от нейтронов, то дальнейшее увеличение порога дискриминации приводит к заметному уменьшению скорости счета. При оптимальном уровне дискриминации скорости счета будут близки между собой.

Учитывая, что со временем активность источника уменьшается, каждый раз перед измерениями надо проверять уровень дискриминации и вводить необходимую корректуру.

Контроль работы аппаратуры в опорной скважине

Данные контрольных измерений в эталонировочном устройстве находятся в такой же зависимости от активности источника, как и показания прибора при каротаже скважин. Это исключает введение поправки на распад гамма-источника. Однако следует отметить, что характер распределения фотонейтронов в эталоне и скважине разный. Строго пропорциональные изменения в них наблюдаются тогда, когда длина зонда, форма и расположение источника остаются неизменными.

Замена источника или деталей скважинного прибора приводит к изменению показаний прибора в эталоне и скважине, что обуславливает значительные систематические погрешности. Необходимо систематически контролировать работу аппаратуры в опорной скважине, в которой встречены интервалы бериллиевого оруденения с кондиционными линейными запасами.

Контрольные измерения в опорной скважине выполняют не реже одного раза в месяц (при ежедневной работе на одном месторождении). Если одна и та же установка обслуживает несколько участков, то на каждом из них должна быть опорная скважина. Контрольный каротаж опорной скважины сводится к определению расхождений (не более 10%) скорости счета и площади аномалий против одного и того же интервала оруденения.

Результаты измерений в опорной скважине используются также для определения пересчетного коэффициента k , представляющего собой скорость счета над насыщенным по мощности ($h > 0,5$ м) рудным телом, отнесенную к единице концентрации бериллия.

Величину k находят по формуле [45]

$$k = S/qh, \quad (71)$$

где S — площадь, ограниченная кривой ГНК и осью глубин; q — концентрация Be в руде, определяемая по результатам опробования керна; h — мощность рудного тела.

В дальнейшем величина k используется для подсчета запасов Be в разведочных скважинах.

Порядок проведения работ в разведочной скважине

Подготовка аппаратуры к работе производится в соответствии с рассмотренными выше положениями после шаблонирования скважины шаблоном, диаметр которого больше диаметра скважинного прибора.

После проверки работоспособности аппаратуры измеряют при помощи пересчетного прибора 4—5 раз скорость счета в эталоне, которая принимается за условную эталонную единицу.

Установку заданного масштаба кривой производят от калибратора, скорость счета которого не должна превышать максимальную для выбранного диапазона измерений.

Перед спуском прибора в скважину переключатели «Контроль», «Калибратор» и тумблер «Калибратор; скв. прибор» устанавливают соответственно в положения «Выход», «Выкл.» и «Калибратор» (см. рис. 61) и фиксируют на ленте регистратора станции нулевое положение пишущего устройства. Затем фиксируют на ленте отклонение от калибратора в соответствии с задаваемым масштабом. Переводят тумблер «Калибратор; скв. прибор» в положение «Скв. прибор» и записывают отклонение пишущего устройства при расположении скважинного прибора в эталоне. Скважинный прибор быстрыми и точными движениями опускают в скважину, строго соблюдая правила техники безопасности при работе с радиоактивными источниками [50].

На счетчике глубин панели контроля каротажа устанавливают глубину, соответствующую цене первой метки, и опускают прибор на забой со скоростью не более 2000—3000 м/ч. По достижении забоя сразу начинают регистрацию кривой в поисковом масштабе глубин в соответствии с рассмотренными выше методическими положениями.

После этого выполняют детализационные исследования. Масштабы записи детализационных кривых выбирают таким образом, чтобы аномалии имели амплитуды не менее 5—8 см. Детализация аномальных участков производится дважды при одних и тех же условиях записи. При расхождении площадей аномалий более 10% детализацию выполняют третий раз.

После детализации аномальных зон прибор извлекают из скважины и производят завершающую регистрацию исходных контрольных данных.

Оценка качества диаграмм ГНК

Подлинники диаграмм ГНК должны содержать общие сведения о скважине и измерительной аппаратуре, указанные в пункте 19 § 10. Кроме того, приводятся следующие данные: тип и количество индикаторов; размеры кристалла и зонда; тип и номер источника и его активность на дату проведения каротажа; скорость счета в эталонировочном устройстве; фактическая частота калибратора; диапазон и порог дискриминации панели ГНК, постоянная времени интегратора, диаметр скважинного прибора.

Диаграммы ГНК считаются качественными при соблюдении следующих требований:

- 1) измерения в скважинах выполнены в соответствии с рассмотренными выше методическими и техническими положениями;
- 2) полученные подлинники удовлетворяют требованиям пунктов 2, 5, 7, 9, 16—18 § 10;
- 3) погрешность измерений ε не превышает 10%.

В разведочной скважине погрешность измерений определяют по результатам основного и контрольного замеров на интервалах с кондиционными линейными запасами BeO в соответствии с формулой

$$\varepsilon = \frac{S_o - S_k}{S_o + S_k} \cdot 200, \quad (72)$$

где S_o и S_k — площади аномалий основного и контрольного замеров [45].

Расхождение результатов основного и контрольного каротажа в опорной скважине по каждому рудному пересечению определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{\frac{S_o}{N_o} - \frac{S_k}{N_k}}{\frac{S_o}{N_o} + \frac{S_k}{N_k}} \cdot 200, \quad (73)$$

где N_o , N_k — скорости счета в рабочем эталоне в момент выполнения основного и контрольного каротажа.

Результаты непрерывного каротажа аномальных зон должны контролироваться по точечным замерам. При этом погрешность измерений также не должна превышать 10%.

Глава XII

ПОМЕХИ ПРИ РАДИОАКТИВНОМ КАРОТАЖЕ

На диаграммах радиоактивного каротажа могут наблюдаться аномалии, связанные не с изменением радиоактивных свойств горных пород, а с флуктуациями интенсивности измеряемого излучения, режимом работы аппаратуры, утечками тока в кабеле, скважинных приборах и наземных панелях, с космическим излучением, техническим состоянием скважины.

Аномалии, вызванные статистическими флуктуациями, обусловлены неравномерным протеканием ядерных процессов во времени, в результате чего количество зарегистрированных детектором импульсов за единицу времени отклоняется от среднего значения $J_{ср}$ в некоторых пределах, характеризующихся среднеквадратичной и относительной погрешностями измерений [см. формулы (34), (48), (49)].

Влияние статистических флуктуаций легко обнаружить по резкой изрезанности кривых и отсутствию их повторяемости при контрольных измерениях. Искажения кривых РК, связанные с режимом работы аппаратуры, обусловлены недопустимо большой скоростью подъема скважинного прибора, большим собственным фоном газоразрядных счетчиков и разбросом их чувствительности, неправильным выбором уровня дискриминации и предела измерения наземной

панели, неточностью градуировки и т. д. Влияние этих искажений подробно изложено в §§ 29, 30, 35, 36.

Характерными признаками помех, обусловленных утечками тока, являются отличие тока питания скважинного прибора от номинального и его резкие изменения в процессе записи, завышение или занижение регистрируемой интенсивности вплоть до полной потери скорости счета в канале, появление локальных аномалий, не подтверждающихся при контрольных измерениях. Для устранения утечек тока предпринимают меры, указанные в §§ 23, 27.

Влияние космического излучения сказывается в основном на кривых ГК (вследствие малой скорости счета в канале), зарегистрированных на глубине 20—30 м от поверхности земли.

Аномалии, обусловленные изменением технического состояния скважины, наблюдаются при выходе скважинного прибора из раствора, переходе измерительного устройства из необсаженной скважины в обсаженную или из зацементированного интервала в свободную колонну, при изменении диаметра скважины. Выход скважинного прибора из раствора сопровождается увеличением скорости счета в канале. Очень резко это проявляется на кривых методов искусственной радиоактивности. Наличие обсадной колонны обуславливает занижение регистрируемого излучения и ухудшение дифференциации кривых, особенно в случае нескольких обсадных колонн.

При наличии цементного кольца в затрубном пространстве скважины амплитуды кривых ГК и ГК-П уменьшаются (в связи с более высокой плотностью цементного камня по сравнению с буровым раствором), а кривых нейтронных методов каротажа, наоборот, несколько увеличиваются за счет пониженного водородосодержания цемента по сравнению с буровым раствором. Если в цемент был добавлен радиоактивный изотоп (см. § 34), то показания ГК увеличиваются.

Влияние изменения диаметра скважины и толщины глинистой корки на кривые подробно рассмотрено в соответствующих главах по каждому методу РК.

Г л а в а XIII

АКУСТИЧЕСКИЙ КАРОТАЖ

§ 42. МЕТОДИКА РАБОТ

Акустический каротаж занимает важное место в общем комплексе геофизических исследований нефтяных и газовых скважин и применяется в вариантах скорости распространения упругих волн в горных породах и их затухания. Скорости определяют по времени пробега T головной преломленной волны между излучателем и приемником и по интервальному времени ΔT , представляющему собой время пробега волны между двумя излучателями, отнесенное к единице длины. Преимущество последнего способа состоит в том, что на результат измерения скорости практически не влияет время пробега волны по буровому раствору [28].

По величине ΔT в необсаженных скважинах производят достаточно четко литологическое расчленение пород, определяют их пористость, коррелируют разрезы скважин. Преимущество акустического каротажа при оценке пористости состоит в том, что между временем ΔT и коэффициентом пористости k_p существует почти линейная зависимость, кривая ΔT имеет фиксированный нуль (в отличие от кривой НГК) и на результат определения k_p мало влияют скважинные условия.

При акустическом каротаже по затуханию измеряются амплитуды колебаний упругих волн между излучателем и приемником и логарифм отношения амплитуд на фиксированной базе. Различия ослабления упругих колебаний в горных породах также используется для литологического расчленения разреза и выделения трещинных и кавернозных коллекторов. Например, плотные разности известняков, песчаников, ангидритов и каменная соль характеризуются минимальным ослаблением упругих колебаний, глины, каверны — максимальным, песчаники, алевроиты — промежуточными его величинами. В нефтеносных пластах ослабление упругих колебаний больше, чем в водоносных, в газоносных пластах с незначительным проникновением фильтрата бурового раствора — самое большое.

Поскольку некоторые породы по скорости распространения упругих волн и их ослаблению мало различаются, акустический каротаж

вом масштабе глубин (1 : 200). При небольшой глубине скважины, частом чередовании пластов, подлежащих детализации, и угленасыщенности разреза свыше 50% кривые могут быть зарегистрированы по всей скважине в масштабе глубин 1 : 50 [50].

Масштабы записи измеряемых параметров при детальных исследованиях выбирают в соответствии с методическими положениями § 3. Перед детализацией зонд или прибор опускают на 2—3 м ниже подошвы пласта или рудной залежи, на диаграмме фиксируют нулевое положение пишущего устройства и его отклонение относительно заданного масштаба. Эти данные фиксируют всякий раз при изменении масштаба записи кривых. Запись кривых во вмещающих породах со стороны подошвы и кровли пласта или рудной залежи должна быть произведена в интервале не менее 1 м.

Если амплитуды аномалий КС и ПС против угольных пластов известны заранее (например, по соседним скважинам) и это не требует изменения масштабов записи кривых при детализации, то на станциях АЭКС, АКС/Л-7, СК-1 их можно записать одновременно в поисковом и детализационном масштабах глубин с соответствующим снижением скорости подъема кабеля на интервалах детализации.

Замер считается произведенным, если все диаграммы проявлены, кривые тщательно проверены с оценкой погрешности измерений. После этого зонд или скважинный прибор поднимают на поверхность, отсоединяют от кабеля, снова проверяют сопротивление изоляции его жил и приступают к выполнению других видов работ.

Проинтерпретировав кривые, оператор дает представителю геологической службы предварительные сведения о мощности, строении и глубине залегания угольных пластов и рудных зон, а в некоторых случаях — и по продуктивным пластам.

§ 7. ТЕХНИКА РАБОТ НА СТАНЦИИ АЭКС

Проверка и регулировка токовой цепи

После заземления станцию подключают к сети или бензоэлектроагрегату. На силовом щитке включают переключатель «Сеть» и изменением положения переключателя силового блока устанавливают по вольтметру напряжение 220 В.

Перед включением токовой цепи необходимо: закортить гнезда «А» и «В», загрубить предел миллиамперметра, перевести тумблеры «Токовая цепь» в положение «=», ввести в цепь все реостаты регулировки силы тока вращением их против часовой стрелки, поставить переключатель «Выпрямитель» в положение «Вкл.», ручку выпрямительного блока вывести против часовой стрелки (рис. 4).

Для включения токовой цепи переключатель «Измерение, намаг.; РК; выкл.» необходимо поставить в положение «Измерение». Регулируют напряжение выпрямителя и реостатом «Регулировка силы тока; грубая» по миллиамперметру в цепи АВ устанавливают ток

в необсаженных скважинах следует комплексировать с другими методами каротажа.

Применение акустического каротажа для оценки качества цементирования обсадных колонн основано на различии затухания ультразвуковых колебаний при распространении их по свободной колонне и колонне, имеющей сцепление с цементным кольцом. В свободной колонне или при отсутствии сцепления цемента с колонной продольная волна распространяется по ней с максимальной скоростью (минимальным временем t_k) и имеет максимальную амплитуду колебаний $A_{k \max}$.

При хорошем сцеплении цемента с колонной и породой продольные волны по колонне возбуждают такие же волны в цементе и прилегающей к ней породе. В результате потери энергии на возбуждение колебаний в цементе и породе резко уменьшается амплитуда A_k , т. е. в этом случае колонна как бы отсутствует, и регистрируемое время пробега T_n будет максимальным и характерным для породы и сцепленного с нею цемента. Значения T_n , близкие к t_k , характерны для свободной колонны или плохого сцепления. Исключение составляют случаи, когда скорость распространения волн по породе больше или близка к скорости распространения их по колонне. Поэтому для более однозначного истолкования результатов цементирования необходимо иметь диаграммы акустического каротажа по необсаженной скважине.

Амплитуда колебаний волн в породе A_n зависит от наличия цемента в затрубном пространстве и степени его сцепления с породой и колонной. Продольная волна имеет малую амплитуду колебания в породе и практически не отмечается приемником при отсутствии цемента за колонной или при его плохом сцеплении с породой или колонной. При сцеплении цемента с колонной и породой, отличающейся меньшим поглощением колебаний, чем цемент, амплитуда A_n больше амплитуды волн, зарегистрированных в колонне, сцепленной только с цементом.

Если породы характеризуются более высоким поглощением акустического сигнала, чем цемент, то сигналы A_n и T_n от пород выделить трудно. Аналогичная картина наблюдается и в случае частичного цементирования затрубного пространства.

Хорошему сцеплению цемента с колонной и породой обычно соответствуют максимальное время T_n и минимальная амплитуда $A_k = 0,2 A_{k \max}$, а плохому — минимальное время T_n (равное или близкое к t_k) и большая амплитуда $A_k = 0,8 \div 0,9 A_{k \max}$; при частичном сцеплении $A_k = 0,2 \div 0,8 A_{k \max}$.

Акустический метод контроля цементирования обсадных колонн выгодно отличается от других методов каротажа тем, что позволяет с меньшими затратами средств своевременно и эффективно оценить качество схватывания цементного кольца при использовании как чистых цементов, так и других тампонажных смесей, а также дает возможность изучать процесс формирования цементного кольца во времени. Для метода характерна высокая чувствительность даже

к небольшим изменениям толщины цементного кольца. Например, при толщине его 30 мм поглощение акустического сигнала достигает почти максимальной величины. При этом на диаграммах обнаруживаются дефекты цементирования интервалов длиной 3—5 м с углом раскрытия более 45°. Акустический метод достаточно четко отмечает незацементированные интервалы скважины, длина которых соизмерима с расстоянием между излучателем и приемником.

Зная основные признаки, по которым на скоростных и амплитудных кривых выделяются различные породы и участки хорошего, частичного и плохого сцепления цементного кольца с колонной и породой, оператор более квалифицированно оценит на скважине качество диаграмм акустического каротажа.

При акустическом каротаже в необсаженных скважинах применяется аппаратура типа СПАК (трехэлементный зонд — два излучателя и приемник), а в обсаженных скважинах — аппаратура типа АКЦ (двухэлементный зонд — излучатель и приемник). Аппаратура СПАК-2М позволяет регистрировать интервальное время ΔT , времена пробега T_1 , T_2 и амплитуды A_1 , A_2 первых вступлений волн между ближним и дальним излучателями и приемником, а также $\lg A_1/A_2$. В аппаратуре типа АКЦ регистрируются параметры T_n , A_k и A_n на фиксированной базе 2,5 м. Времена пробега, интервальное время, амплитуды упругих колебаний и логарифм отношения амплитуд измеряются соответственно в микросекундах, микросекундах на метр, вольтах (или милливольтгах) и децибелах на метр. В аппаратуре типа СПАК и АКЦ магнитострикционные излучатели посылают в окружающую среду пакеты упругих колебаний частотой $f = 25$ кГц.

Связь между частотой f , длиной волны λ и скоростью распространения упругих волн v_n в изучаемой среде определяется формулой [37]

$$\lambda = v_n / f.$$

При указанной частоте и скорости упругих волн в породах от 1500 до 7500 м/с длина волны колеблется от 6 до 30 см, что соответствует изменению радиуса исследования в акустическом каротаже от 18 до 90 см (3λ).

Масштаб записи скоростных и амплитудных параметров зависит от литологии и упругих свойств горных пород и выбирается с таким расчетом, чтобы максимальные отклонения кривых находились в пределах 8—10 см шкалы фоторегистратора. Обычно этим требованиям удовлетворяют следующие масштабы записи кривых: T_1 и T_2 — $20 \div 50$ мкс/см, T_n — 50 мкс/см, $\Delta T = 10 \div 50$ мкс/м·см, A_1 и $A_2 = 0,5 \div 1$ В/см, $\lg A_1/A_2 = 2 \div 4$ дБ/м·с. Масштабы записи каждой пары кривых — T_1 и T_2 , A_1 и A_2 , A_k и A_n устанавливаются одинаковые. Обычно кривые T_1 , T_2 и T_n регистрируют со смещением нулевых линий примерно на 200—400 мкс при помощи компенсаторов поляризации и корректоров нуля фоторегистратора. Масштабы измеряемых параметров устанавливают от калибровочных устройств наземных панелей по отклонениям бликов гальванометров. Нулевые

положения бликов, их отклонения в соответствии с установленными масштабами, смещение нулевых линий временных кривых обязательно фиксируются на диаграммных лентах перед началом и в конце измерений.

Правильность установки масштабов записи временных кривых контролируется по измеренной скорости упругих колебаний в незацементированной колонне ($v = 5300 \text{ м/с} \pm 5\%$).

Основным масштабом глубин при записи амплитудных и скоростных кривых является 1 : 500. Дополнительная регистрация кривых производится в масштабе глубин 1 : 200 в интервале залегания продуктивных пластов при условиях записи, соответствующих основному масштабу глубин.

При определении глубин за точки записи кривых T_1 , T_2 и A_1 , A_2 принимается середина расстояния между ближним и дальним излучателями и приемником, кривых ΔT и $\lg A_1/A_2$ — середина расстояния между излучателями, а кривых T_n , A_k и A_n — середина расстояния между излучателем и приемником.

Скорость подъема скважинного прибора типа СПАК не должна превышать 1200 м/ч, а прибора типа АКЦ — 2500 м/ч. Поскольку в аппаратуре акустического каротажа импульсные сигналы преобразуются в постоянный ток при помощи интеграторов, имеющих фиксированные значения постоянных времени, то скорость выше указанного предела приводит к сглаживанию кривых, уменьшению их амплитуды и смещению в сторону движения скважинного прибора (как в методах РК). К тому же при повышенной скорости подъема прибора нарушается стабильность записи вследствие распространения упругих колебаний по его корпусу. Скорость спуска скважинных приборов на забой не должна превышать 4000—5000 м/ч. При спуске прибора на забой и в процессе записи контролируют работу аппаратуры по потреблению тока скважинным прибором, выходным токам, по наблюдению волновых картин на экране осциллографа и отклонениям бликов гальванометров.

После основной записи с перекрытием в интервале не менее 50 м ранее проведенных исследований выполняют в таком же объеме контрольную запись всех параметров на участках скважины с наиболее динамичным изменением кривых. В свободной колонне регистрируют кривые (СПАК) в интервале не менее 30 м, а кривые акустического цементомера — не менее 200 м. Если цементирование колонны выполнено до устья, то кривые регистрируют до выхода прибора из бурового раствора.

При изучении формирования цементного кольца в случае применения тампонирующих смесей с неизвестными акустическими свойствами измерения выполняют многократно через определенные промежутки времени до момента относительной стабилизации процесса образования цементного камня. Если в скважине предполагается проведение работ, связанных с каким-либо воздействием на зацементированную колонну (например, перфорация), то акустический каротаж проводят до и после выполнения таких работ.

§ 43. ТЕХНИКА РАБОТ С АППАРАТУРОЙ СПАК-2М

Схема подключения

При проверке аппаратуры на базе временную и амплитудную панели (рис. 62, 63) располагают на столе и заземляют. Для подачи на обе панели требуемых напряжений от выпрямителя УВК-1 разъемы *Ш1* и *Ш2* «Блок ампл.» временной панели соединяют соответственно с разъемом «Выход» на выпрямителе и разъемом *Ш1* «Вр. блок» амплитудной панели. Высоочастотными кабелями гнезда «Синхр. осцил.» (блок II) и «Контроль» (блок III) соединяют соответственно с гнездом «Синхронизация» и входом *У* осциллоскопа С1-19Б, а гнездо «Блок ампл.» временной панели — с гнездом «Вр. блок» амплитудной панели.

Электронные блоки скважинного прибора извлекают из охранных кожухов и готовят его к работе в собранном виде. Определив тестером назначение жил кабеля подъемника и коллекторного провода, подсоединяют скважинный прибор к кабелю при помощи контрольного переходника, а коллекторные концы — к соответствующим клеммам временной панели; при этом жилу III соединяют с клеммой «Заземлить».

Проверка и регулировка временной панели

Перед проверкой и регулировкой отдельных блоков панели (рис. 62, 64) их извлекают из отсеков и включают в схему при помощи контрольных плангов. Произведя внешний осмотр, убеждаются в отсутствии механических повреждений и в соответствии монтажа принципиальной схеме. Регулятор *Р6* «Запуск» выводят влево до упора, переключатель *В4* «Режим» устанавливают в положение «Баланс ΔT » или «1», а переключатели *В1* «Питание», *В5* «Контроль» и тумблер *В2* «Запуск» — в положение «Выкл.». Включают выпрямитель УВК-1, после прогрева его в течение 2—3 мин проверяют выходные напряжения переключением переключателя «Контроль источников» (см. рис. 33). Переключатель *В1* «Питание» на временной панели переводят в положение «Аппарат. нав.», а затем — в положение «Приб. скв.».

При помощи тестера и электронного осциллоскопа (ЭО) проверяют режимы работы отдельных каскадов (табл. 20) и наличие в отдельных точках схемы импульсов необходимой формы, амплитуды и длительности (рис. 65).

Проверка и регулировка блока I

При подключении осциллоскопа к контакту 6 лампы *Л1* (схема фиксации гидроволн) на экране должны наблюдаться положительные прямоугольные импульсы амплитудой 50 ± 5 В и частотой следования 25 Гц. Длительность импульсов должна изменяться в пределах $200 \div 2000$ мкс (см. рис. 64, 65) при регулировке потенциометра *Р8* (находится на блоке).

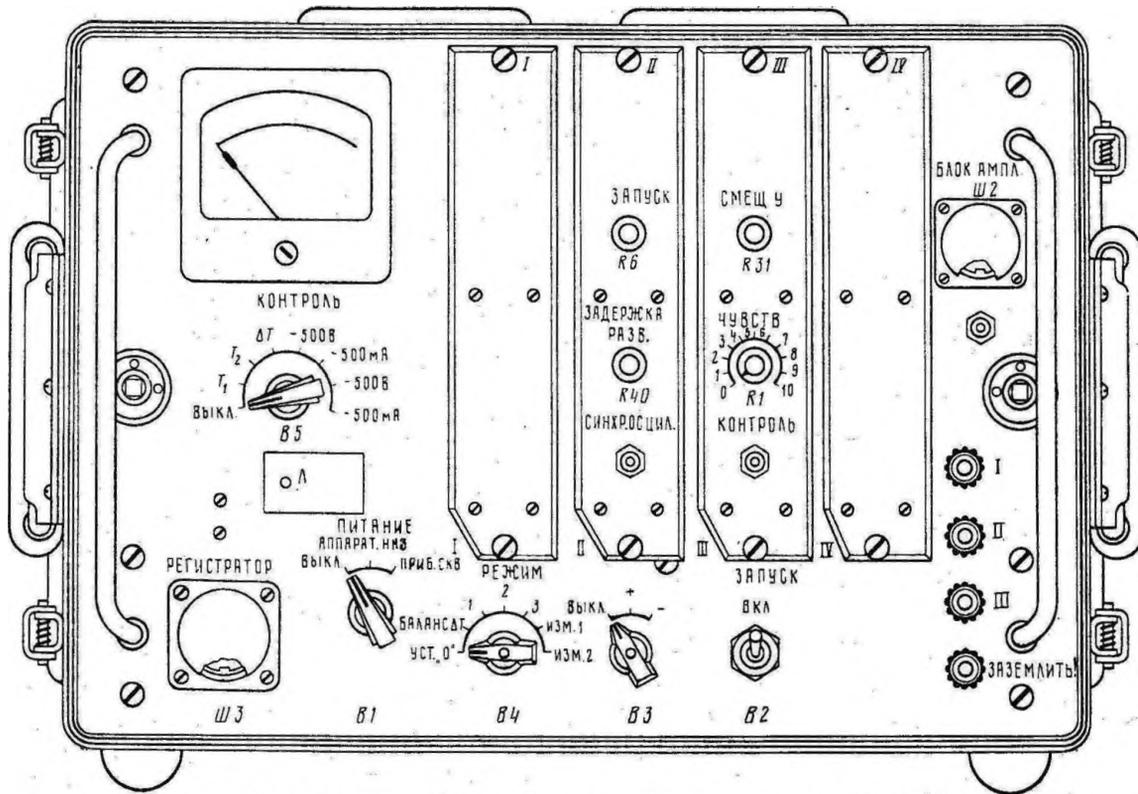


Рис. 62. Внешний вид временной панели аппаратуры СПАК-2М

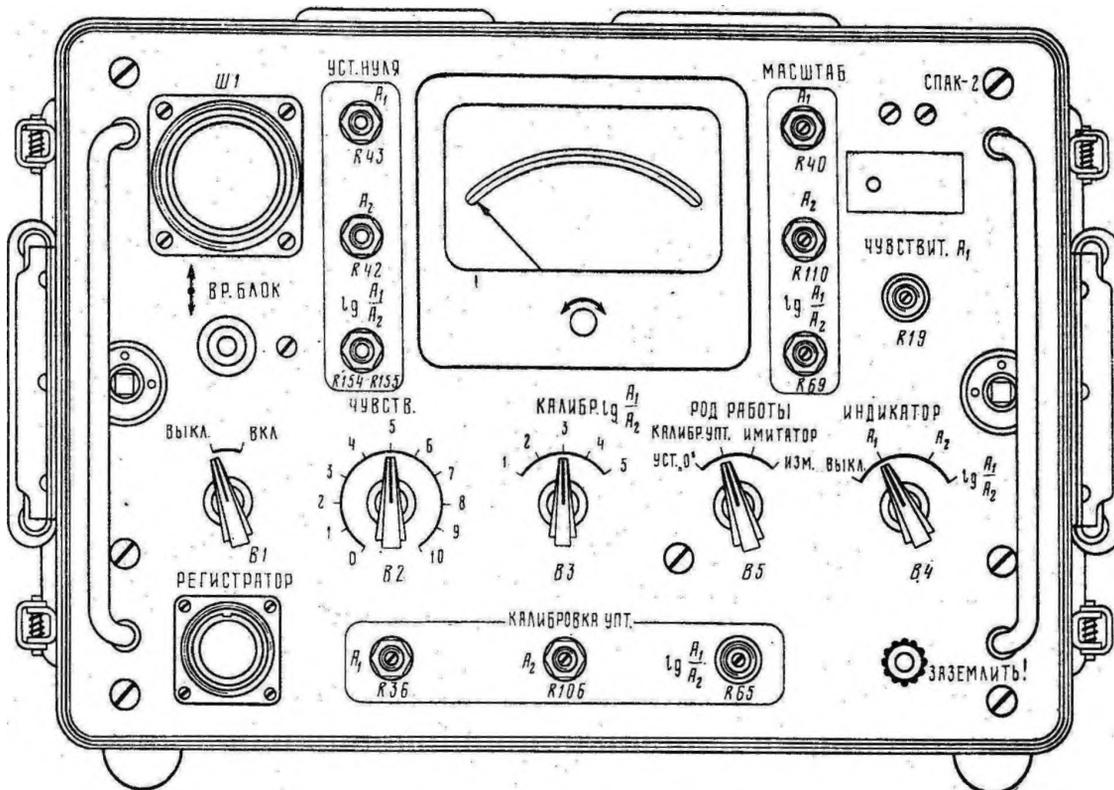


Рис. 63. Внешний вид амплитудной панели аппаратуры СПАК-2М

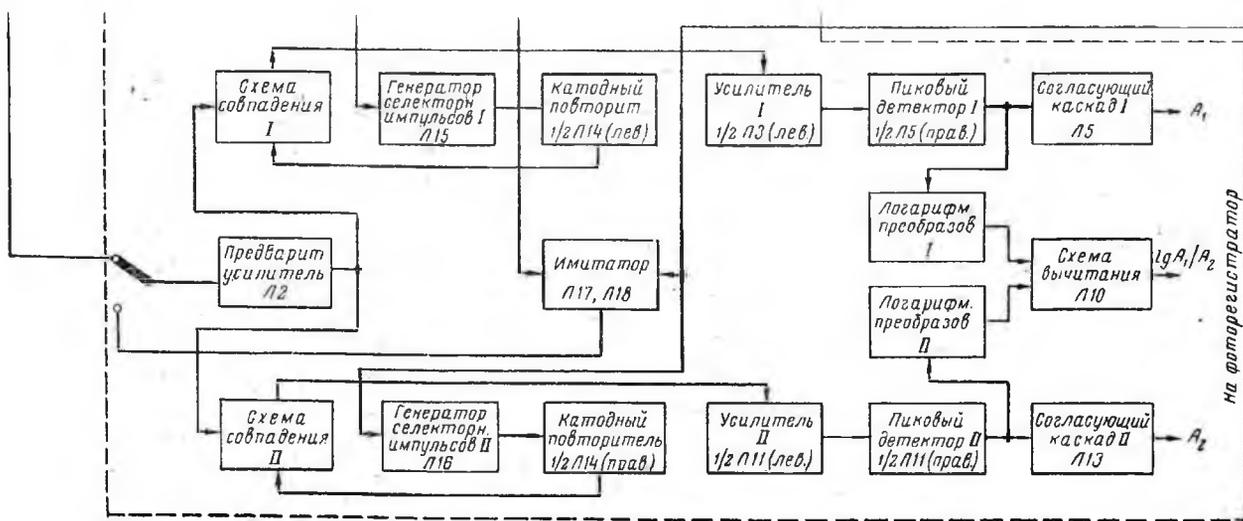
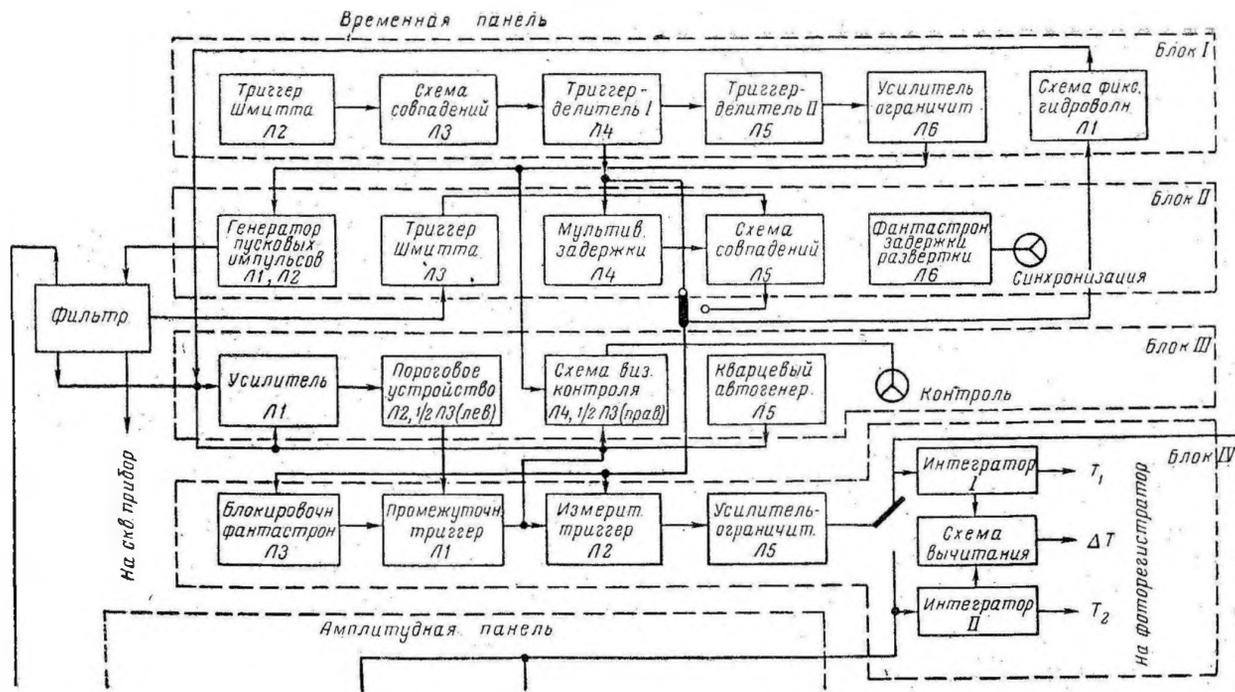


Рис. 64. Блок-схема временной и амплитудной панелей аппаратуры СПАК-2М

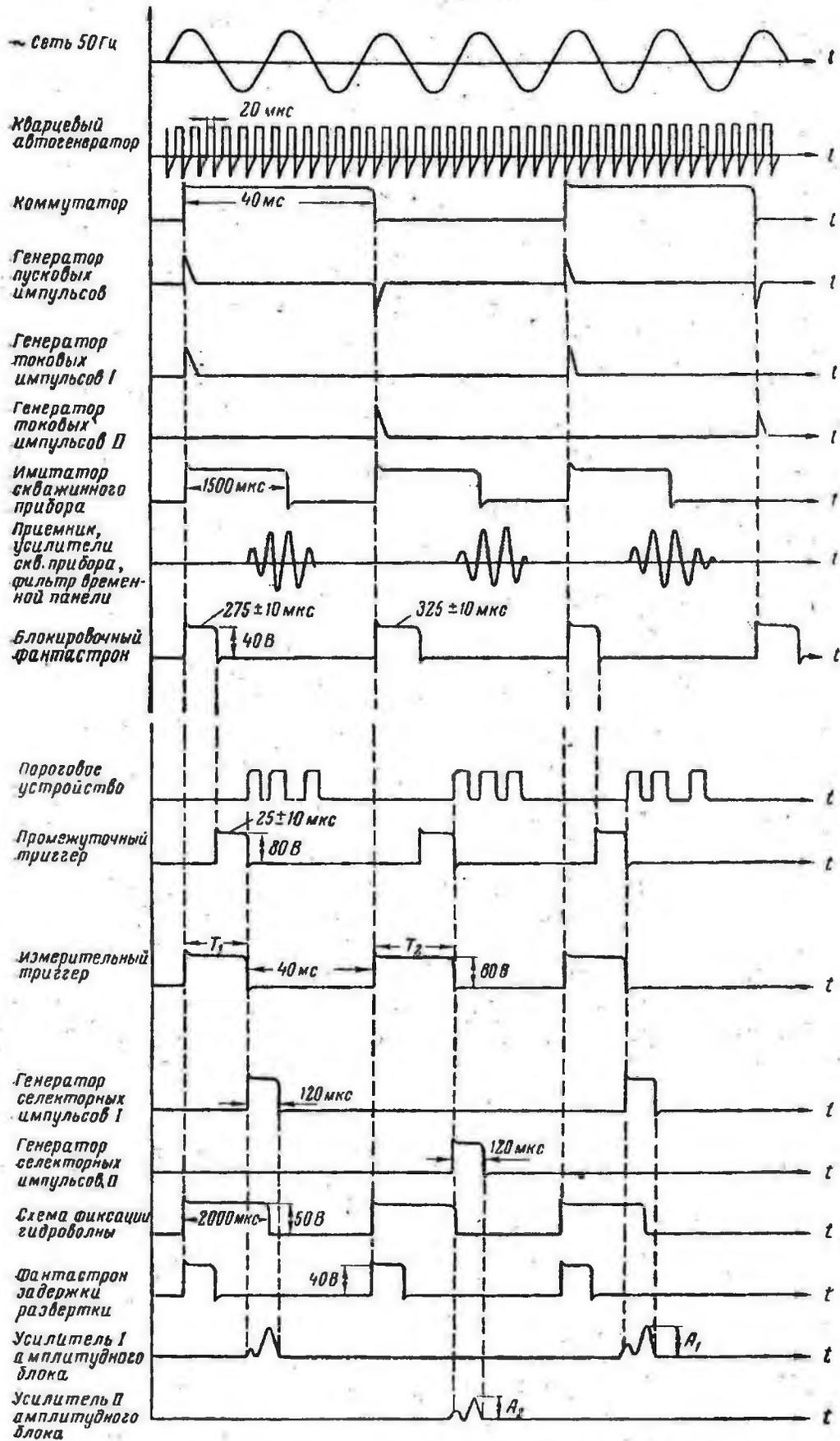


Рис. 65. Временные диаграммы аппаратуры СПАК-2М. Масштабы времен и амплитуд не соблюдены

Т а б л и ц а 20

Режимы работы ламп временной панели аппаратуры СПАК-2М
(напряжение в В)

Элемент схемы	Штырьки ламп								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Блок I									
<i>Л1</i>	15	15	~6,3	~6,3	125	45	4	—	—
<i>Л2</i>	~6,3	70	60	230	0	200	70	70	~6,3
<i>Л3</i>	~6,3	16	0	250	0	95	14,5	16	~6,3
<i>Л4</i>	~6,3	50	50	140	0	165	25	50	~6,3
<i>Л5</i>	~6,3	50	38	160	0	170	38	50	~6,3
<i>Л6</i>	~6,3	0	-14	170	0	170	-14	0	~6,3
Блок II									
<i>Л1, Л2</i>	-10	0	~6,3	~6,3	0	460	0	—	—
<i>Л3</i>	~6,3	75	60	250	0	185	70	75	~6,3
<i>Л4</i>	~6,3	50	40	250	0	140	50	50	~6,3
<i>Л5</i>	~6,3	13	0	250	0	115	12	13	~6,3
<i>Л6</i>	17	16	~6,3	~6,3	135	50	4	—	—
Блок III									
<i>Л1</i>	~6,3	2	0	125	0	125	0	2	~6,3
<i>Л2</i>	~6,3	9	55	210	0	220	60	90	~6,3
<i>Л3</i>	130	0	80	~6,3	~6,3	90	1	30	0
<i>Л4</i>	~6,3	2	0	165	0	120	-50	0	~6,3
<i>Л5</i>	~6,3	3	-7	170	0	170	-35	0	~6,3
Блок IV									
<i>Л1</i>	~6,3	50	45	120	0	215	30	50	~6,3
<i>Л2</i>	~6,3	50	35	165	0	165	35	50	~6,3
<i>Л3</i>	25	25	~6,3	~6,3	40	65	6	—	—
<i>Л4</i>	~6,3	0	-5	170	0	130	-50	0	6,3
<i>Л5</i>	135	140	50	~6,3	~6,3	0	0	140	135

Аналогично подключают ЭО к контакту 6 лампы Л2 (триггер Шмитта) и регулируют потенциометр R11 (находится на блоке) до появления на выходе триггера положительного прямоугольного импульса длительностью 5 мкс и амплитудой 75 В. На анодах лампы Л6 выходного каскада должны наблюдаться прямоугольные импульсы длительностью 40 мс, амплитудой 150 В и частотой следования 12,5 Гц.

Проверка и регулировка блока II

К среднему контакту потенциометра R6 «Запуск» подключают вход ЭО и включают тумблер В2 «Запуск» (см. рис. 62). На выходе генератора пусковых импульсов (Л1, Л2) должны наблюдаться короткие экспоненциальные разнополярные импульсы, амплитуда которых плавно регулируется потенциометром R6 в пределах 0 ÷ 600 В (см. рис. 65). На контакте 6 лампы Л4 (мультивибратор задержки) должны наблюдаться прямоугольные импульсы положительной

50—100 мА. Затем регулятор частоты пульсатора «Меньше; больше» устанавливают примерно в среднее положение, запускают электродвигатель пульсатора и переводят тумблеры «Токовая цепь» в положение « \sim ».

При нормальной работе токовой цепи стрелка миллиамперметра должна равномерно колебаться в пределах 0,5 деления шкалы и его показания не должны отличаться более чем на 10% от показаний



Рис. 4. Общий вид пульсаторно-токовой панели станции типа АЭКС

при постоянном токе. В противном случае необходимо прочистить коллектор пульсатора (при выключенном переключателе «Выпрямитель»), прижать его щетки и проверить схему ступенчатого уменьшения тока, вращая пульсатор рукой в таком же направлении, как и от мотора. При этом наблюдают за показаниями миллиамперметра, которые должны ступенчато уменьшаться перед изменением полярности тока в цепи.

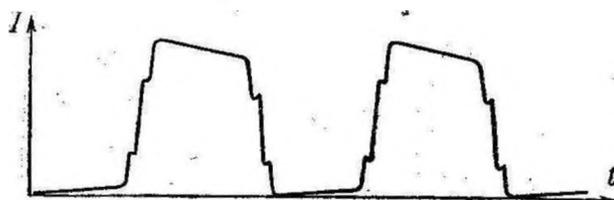


Рис. 5. Форма тока в цепи АВ станции типа АЭКС

Правильность и качество работы токовой цепи лучше всего проверить с помощью электронного осциллоскопа (ЭО). Для этого выводы «А» и «В» испытательного прибора (входит в комплект станции)

подключают к гнездам «А» и «В» пульсаторно-токовой панели, а выводы «М» и «N» — к вертикальному входу ЭО. В токовой цепи устанавливают ток 50—100 мА, а на испытательном приборе — контрольный шунт 5—10 Ом. В случае отсутствия испытательного прибора токовую цепь закорачивают резистором в несколько десятков омов и к нему подключают вертикальный вход ЭО. При правильной работе токовой цепи на экране ЭО должны наблюдаться чистые (без «всплесков») колебания тока (рис. 5).

Чтобы сила тока в цепи АВ при записи кривой ρ_k (за исключением кривых токового каротажа ТК и метода скользящих контактов МСК) изменялась возможно меньше, токовая цепь должна иметь

полярности длительностью 200 мкс, амплитудой 125 В и частотой следования 25 Гц.

Подключив ЭО к контакту 6 лампы Л5 (схема совпадений), убеждаются в наличии положительных прямоугольных импульсов длительностью 2000 мкс, амплитудой 150 В и частотой следования 25 Гц. При подключении ЭО к гнезду «Синхр. осцил.» на экране должны наблюдаться экспоненциальные разнополярные синхроимпульсы амплитудой 15 В, длительность которых изменяется от $150 \pm \pm 30$ до 1500 ± 30 мкс при регулировании потенциометра R40 «Задержка разв.» (см. рис. 62).

Проверка и регулировка блока III

Переключатель В4 «Режим» устанавливают в положение «Изм. 1» (см. рис. 62), на вход регулятора R1 «Чувств.» (все равно что на гнездо «Блок ампл.») подают синусоидальные колебания амплитудой 0,5 мВ и частотой 25 кГц от генератора ГЗ-7А и убеждаются в плавном увеличении сигнала на выходе усилителя Л1 (контакт 6) при вращении потенциометра R1 «Чувств.» по часовой стрелке. Не отключая генератор, наблюдают на аноде лампы Л2 (контакт 6) порогового устройства положительные прямоугольные импульсы длительностью 20 ± 5 мкс и амплитудой 125 В (см. рис. 65). При регулировке потенциометра R1 на входе лампы Л2 измеряют амплитуду входного сигнала, при которой срабатывает триггер (обычно $0,3 \pm \pm 0,1$ В).

Чтобы пороговое устройство срабатывало от положительных импульсов, регулируют потенциометр R15 (находится на блоке) в цепи управляющей сетки левой половины лампы Л2. Устойчивой работы порогового устройства добиваются регулировкой потенциометра R21 (находится на блоке) в цепи экранной сетки левой половины лампы Л3. Длительность выходных импульсов порогового устройства определяется величиной полупериода входных сигналов и составляет около 20 мкс. Эти импульсы поступают на промежуточный триггер и вызывают второе его опрокидывание (см. рис. 65). В нормальной работе схемы визуального контроля убеждаются по смещению изображений на экране ЭО (подключен к гнезду «Контроль») при регулировке потенциометра R31 «Смещ. Y» (см. рис. 62) и по наличию меток блокировки и срабатывания измерительного триггера (см. блок IV).

Форма колебаний кварцевого автогенератора Л5 должна соответствовать осциллограмме, приведенной на рис. 65. Их наблюдают на экране ЭО (при повышенной чувствительности) в одной из позиций «Баланс ΔT», «1», «2», «3» переключателя В4 «Режим» (см. рис. 62).

Проверка и регулировка блока IV

Для уяснения сущности проверок и регулировок блока IV обратимся к блок-схеме аппаратуры (см. рис. 64, 65) и рассмотрим взаимодействие его отдельных каскадов. Первое опрокидывание измерительного триггера Л2 происходит от триггера делителя (блок

1), а второе — после срабатывания промежуточного триггера. Однако промежуточный триггер регистрирует измеряемый сигнал порогового устройства только после прохождения импульса блокировочного фантастрона, запускаемого одновременно с измерительным триггером импульсами триггера-делителя Л4 (блок I), иначе говоря, под действием заднего фронта импульса блокировочного фантастрона произойдет первое опрокидывание промежуточного триггера, а под действием измеряемого сигнала — второе его опрокидывание.

Задний фронт импульса промежуточного триггера закроет измерительный триггер, и на выходе последнего сформируется прямоугольный импульс, равный по длительности измеряемому сигналу T_1 или T_2 , т. е. длительность измеряемых сигналов будет равна сумме длительности импульсов блокировочного фантастрона и промежуточного триггера (см. рис. 65). Длительность блокировки промежуточного триггера (длительность импульсов блокировочного фантастрона) зависит от позиции переключателя В4 «Режим» (см. рис. 62). В позициях «Баланс ΔT », «1», «2» и «3» длительности импульсов блокировки равны соответственно 325 ± 10 , 275 ± 10 , 575 ± 10 и 875 ± 10 мкс для канала T_1 и 325 ± 10 , 325 ± 10 , 675 ± 10 и 1025 мкс для канала T_2 .

Подстройку длительностей импульсов блокировки в зависимости от положения переключателя В4 «Режим» производят потенциометрами R15, R16, R17, R18 в канале T_1 и R20, R21, R22 в канале T_2 (все потенциометры расположены на шасси панели справа). Учитывая, что промежуточный триггер формирует положительные прямоугольные импульсы длительностью 25 ± 10 мкс, измеряемые сигналы в зависимости от положения переключателя В4 «Режим» будут регистрироваться в течение 350 мкс («Баланс ΔT »), 300 мкс («1»), 600 мкс («2»), 900 мкс («3») в канале T_1 и 350 мкс («Баланс ΔT »), 350 мкс («1»), 700 мкс («2»), 1050 мкс («3») в канале T_2 . Указанные импульсы измерительного триггера используются для калибровки каналов T_1 и T_2 . Так как схема вычитания регистрирует разницу $\Delta T = T_2 - T_1$, то стандарт-сигналы ΔT_k в режиме калибровки будут равны 50, 100 и 150 мкс (В4 «Режим» соответственно в положениях «1», «2», «3»). При установке В4 в положение «Баланс ΔT » разность $\Delta T = T_2 - T_1 = 0$.

Прямоугольные импульсы промежуточного триггера поступают и в схему визуального контроля (блок III), где дифференцируются и используются в качестве моментов срабатывания измерительных каналов T_1 и T_2 . На схему визуального контроля поступают также импульсы от коммутатора, которые в свою очередь вызывают срабатывание блокировочного фантастрона (блок III) и осуществляют первое опрокидывание измерительного триггера (блок IV).

Второе опрокидывание измерительного триггера происходит от промежуточного триггера, т. е. под действием измеряемого сигнала. При этом на экране ЭО наблюдаются короткие экспоненциальные импульсы (метки) положительной (первое опрокидывание

измерительного триггера) и отрицательной (второе опрокидывание измерительного триггера) полярности, т. е. расстояние между этими метками на экране ЭО соответствует длительностям импульсов T_1 и T_2 . Метки канала T_1 находятся в верхней части экрана ЭО, а канала T_2 — в нижней части. Таким образом, регистрируемые времена T_1 и T_2 будут завышены по сравнению с действительными временами пробега между излучателями и приемником на время пробега (постоянное для данной длины кабеля) сигналов в скважинный прибор и обратно, т. е. определяемая скорость упругих волн будет меньше фактической (даже без учета двойного времени пробега упругой волны по буровому раствору). Поэтому скорость распространения упругих волн в горных породах определяют не по временам пробега, а по интервальному времени ΔT , где указанные выше ошибки исключаются.

Подавая на вход потенциометра $R1$ «Чувствительность» (блок III) колебания от кварцевого автогенератора (переключатель $B4$ «Режим» в одном из положений «Баланс ΔT », «1», «2», «3») (см. рис. 62), наблюдают на экране ЭО импульсы блокировочного фантастрона, промежуточного и измерительного триггеров вышеуказанных длительностей. При необходимости подстраивают длительности импульсов блокировочного фантастрона соответствующими регуляторами (см. выше). Длительности импульсов T_1 и T_2 можно измерить по количеству меток времени на экране ЭО (подключен к гнезду «Контроль») в промежутке между метками блокировки и срабатывания каналов T_1 и T_2 .

При установке переключателя $B4$ «Режим» в положение «Изм. 1» (см. рис. 62) срабатывание каналов T_1 и T_2 происходит от заднего фронта импульса схемы фиксации гидроволн $L1$ (блок I). Длительность импульса схемы устанавливается равной 1800 ± 10 мкс регулировкой потенциометра $R8$ (находится на блоке I). При этом длительность импульсов блокировки должна быть $300 \pm 10\%$ мкс в канале T_1 и $400 \pm 10\%$ мкс в канале T_2 . Подстройку указанных длительностей производят потенциометрами $R19$ в канале T_1 и $R23$ в канале T_2 (потенциометры находятся на шасси панели).

Подключают вход ЭО к контакту 3 реле $P1$ (блок IV) и при положении «Баланс ΔT » переключателя $B4$ «Режим» наблюдают одинаковые по амплитуде импульсы T_1 и T_2 , в противном случае регулируют потенциометр $R44$ (на шасси панели). Одновременно регулировкой потенциометра $R45$ (на шасси панели) на контрольном приборе панели (переключатель $B5$ «Контроль» — в положении « ΔT ») добиваются нулевых показателей. Подключая выходы каналов T_1 , T_2 и ΔT на вход фоторегистратора, проверяют линейности каналов по измерениям импульсов известной длительности T_{K_1} (0, 300, 600, 900 мкс), T_{K_2} (0, 350, 700, 1050 мкс) и ΔT_K (0, 50, 100, 150 мкс) в зависимости от позиций переключателя $B4$ «Режим». При позиции «Баланс ΔT » переключателя $B4$ выходные токи каналов T_1 и T_2 должны быть не менее 10 мкА, а канала ΔT при позиции «1» переключателя $B4$ — не менее 6 мкА.

Проверка работы скважинного прибора

До подачи питания на скважинный прибор переключатель трансформатора «Приб. скв.»: (блок V, на шасси панели) устанавливают в положение «1», выключают тумблер *B2* «Запуск» (см. рис. 62), выводят влево до упора потенциометр *R6* «Запуск», переключатель *B5* «Контроль» устанавливают в положение « ~ 500 ».

Включив УВК-1 и проверив его выходные напряжения, переключатель *B1* «Питание» устанавливают сначала в положение «Аппарат. наэ.», а спустя 2—3 мин переводят в положение «Приб. скв.» и ручкой трансформатора «Скв. прибор» (на шасси панели) доводят напряжение на головке прибора до 220 В. При включенном тумблере *B2* «Запуск» медленно вращают регулятор *R6* «Запуск» до тех пор, пока не запустятся излучатели. После запуска излучателей снова доводят напряжение на головке прибора до 220 В. При этом контрольный прибор панели показывает напряжение несколько больше 220 В на величину падения напряжения на кабеле. Напряжение, полученное за контрольным прибором, устанавливают затем и при работе на скважине.

Для проверки срабатывания блока усилителя от колебаний излучателей необходимо до подачи на прибор питающего напряжения соединить какой-либо излучатель с приемником при помощи алюминиевого или медного провода и затем подать на прибор импульсы запуска. Срабатывание усилителя от пьезоприемника легко обнаруживается по появлению на экране ЭО высокочастотных колебаний.

Проверку усилителя скважинного прибора можно осуществить и при помощи имеющегося в нем имитатора, задающего пакет затухающих колебаний частоты 25 ± 1 кГц с задержкой на $1500 \pm \pm 10\%$ мкс относительно импульса запуска. Колебания имитатора появляются на экране ЭО при вращении потенциометра *R6* «Запуск» еще до запуска излучателей.

Проверка и регулировка амплитудной панели

При проверке и регулировке амплитудной панели (см. рис. 63, 64) необходимо обеспечить схему соединений, включить выпрямитель УВК-1, выставить на нем необходимые напряжения и подать питание на панель включением переключателя *B1*.

Поскольку генераторы селекторных импульсов амплитудной панели (см. рис. 64, 65) запускаются задними фронтами импульсов T_1 и T_2 измерительного триггера *L2* (блок IV), то ее проверка и регулировка должны выполняться при настроенной и включенной временной панели. После прогрева амплитудной панели в течение нескольких минут регуляторами *R111* и *R112* (на шасси панели) обеспечивают напряжение накала ламп 6,3 В соответственно согласующих каскадов (*L5* и *L13*), логарифмических преобразователей (*L6* — *L9*) и схемы вычитания (*L10*). Затем проверяют режимы работы ламп амплитудной панели (табл. 21).

Режимы работы ламп амплитудной панели аппаратуры СПАК-2М
(напряженье в В)

Элемент схемы	Штырьни лампы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Л2</i>	235	45	105	~6,3	~6,3	135	0	4,5	0
<i>Л3</i>	~6,3	3,8	0	170	0	0	0	0,7	~6,3
<i>Л4</i>	125	0	1,4	~6,3	~6,3	440	70	100	0
<i>Л5</i>	~6,3	10	0	250	0	—	—	—	~6,3
<i>Л6</i>	2,75	—	~6,3	~6,3	2,75	—	—	—	—
<i>Л7</i>	3	—	~6,3	~6,3	3	—	—	—	—
<i>Л8</i>	3,75	—	~6,3	~6,3	3,75	—	—	—	—
<i>Л9</i>	5	—	~6,3	~6,3	5	—	—	—	—
<i>Л10</i>	~6,3	7,5	—	250	0	250	—	7,5	~6,3
<i>Л11</i>	~6,3	4,5	0	170	0	0	0	0,5	~6,3
<i>Л12</i>	125	0	1,3	~6,3	~6,3	440	75	100	0
<i>Л13</i>	~6,3	9,5	0	250	0	—	—	—	~6,3
<i>Л14</i>	~6,3	7	0	230	0	230	0	7	~6,3
<i>Л15</i>	~6,3	45	35	230	0	115	45	45	~6,3
<i>Л16</i>	~6,3	50	30	230	0	105	50	50	~6,3
<i>Л17</i>	~6,3	45	30	230	0	115	45	45	~6,3
<i>Л18</i>	~6,3	0	-1,5	60	0	280	0	6	~6,3

Установив переключатель *В4* «Режим» (см. рис. 62) временной панели в одно из положений — «1», «2» или «3», наблюдают на анодах ламп *Л16* (I генератор селекторных импульсов) и *Л15* (II генератор селекторных импульсов) положительные прямоугольные селекторные импульсы длительностью 120 мкс и амплитудой 120 В. Установка требуемой длительности импульсов обеспечивается потенциометрами на шасси панели *R135* (лампа *Л16*) и *R128* (лампа *Л15*). Импульсы такой же длительности, но амплитудой 80 В должны наблюдаться и на выходах катодных повторителей (контакты 2 и 8 лампы *Л14*). При этом передние фронты импульсов должны иметь завал на 40 мкс, при котором улучшается их прохождение через схему совпадений. Если завал отличается от 40 мкс, необходимо подобрать резисторы *R116*, *R120* и емкости *C28*, *C29* на выходах катодных повторителей.

При проверке имитатора вход *Э0* сначала подключают к аноду (контакт 4) лампы *Л18*, на котором должен выделяться отрицательный импульс длительностью 1000—1500 мкс и амплитудой 100В, а затем — к катоду (контакт 2), где должен наблюдаться радиоимпульс такой же длительности (на уровне 0,5) и амплитуды не менее 50В. Потенциометр *R151* (на шасси панели) регулируют таким образом, чтобы на его среднем выводе высокочастотные колебания имели амплитуду 4 В.

Установив переключатель *В5* «Род работы» в положение «Имитатор» (см. рис. 63), а переключатель *В2* «Чувств.» — в положение «10» (сигнал имитатора амплитудой 4 В поступает на вход предварительного усилителя *Л2* без ослабления), проверяют наличие радиоимпульса на входе (контакт 2) и выходе (контакт 6) лампы *Л2*.

Для обеспечения работы схемы совпадений в оптимальном режиме необходимо, чтобы запирающее напряжение в средних точках соединения диодов $D2 - D3$ и $D9 - D10$ было не менее 75 В, но и не более 80 В, так как под действием селекторных импульсов схемы совпадений срабатывать не будут. При оптимальной работе схем совпадений на входах усилителей I ($L3$) и II ($L11$) в «окне» длительностью 120 мкс должны наблюдаться только пакеты высокочастотных колебаний.

Установив регуляторы $R19$ «Чувств. A_1 » (на лицевой панели) и $R89$ «Чувств. A_2 » (на шасси панели) в среднее положение, измеряют при помощи ЭО амплитуды высокочастотных колебаний на выходах (контакт 8) усилителей $L4$ и $L12$, которые должны быть в пределах 110—130 В.

Проверка оптимальных режимов работы пиковых детекторов, согласующих каскадов и схемы вычитания сводится к получению нулевых показаний индикатора и к установке требуемых выходных токов панели. При проверке нуля устанавливают переключатель $B5$ «Род работы» в положение «Уст. 0» (входы согласующих каскадов и схемы вычитания закорачиваются), а переключатель $B3$ «Калибр. $\lg A_1/A_2$ » — в положение «1» ($\lg A_1/A_2 = 0$, т. е. $A_1 = A_2$). Установку нуля в каналах A_1 , A_2 и $\lg A_1/A_2$ выполняют потенциометрами $R43$ «Уст. 0; A_1 », $R42$ «Уст. 0; A_2 » и $R154 - R155$ «Уст. 0; $\lg A_1/A_2$ » при соответствующих позициях переключателя $B4$ «Индикатор». Затем переключатель $B5$ «Род работы» переводят в положение «Калибровка УПТ» (при этом на входы пиковых детекторов подаются калибровочные напряжения, величина которых изменяется в зависимости от позиции переключателя $B3$ «Калибр. $\lg A_1/A_2$ ») и потенциометрами $R36$ « A_1 » и $R106$ « A_2 » калибровки УПТ по индикатору панели устанавливают одинаковые выходные токи, равные 40 мкА.

При позиции «1» переключателя $B3$ «Калибр. $\lg A_1/A_2$ » потенциометром $R65$ « $\lg A_1/A_2$ » калибровки УПТ выставляют по индикатору нулевые показания в канале $\lg A_1/A_2$. Если при переводе переключателя $B5$ «Род работы» в положение «Уст. 0» выходной ток канала $\lg A_1/A_2$ не будет равен нулю, по потенциометром $R154 - R155$ «Уст. нуля; $\lg A_1/A_2$ » снова устанавливают нулевые показания по индикатору. Эти регулировки выполняют до тех пор, пока индикатор не будет давать нулевых показаний при позициях «Уст. 0» и «Калибр. УПТ» переключателя $B5$ «Род работы».

Установив переключатель $B5$ «Род работы» в положение «Имитатор», а $B2$ «Чувств.» — в положение «10» (на входы каналов A_1 и A_2 подаются сигналы имитатора амплитудой 4 В), потенциометрами $R19$ «Чувств. A_1 » и $R89$ «Чувств. A_2 » (на шасси панели) доводят показания индикатора до 40 мкА.

При установке переключателя $B5$ в положение «Калибр. УПТ» проверяют калибровочные сигналы на выходе канала $\lg A_1/A_2$ при изменении позиций переключателя $B3$ «Калибр. $\lg A_1/A_2$ » (в позициях «1», «2», «3», «4», «5» сигналы на выходе соответствуют

затуханиям 0, 6, 12, 18 и 24 дБ). При этом индикатор панели должен дать четыре равных приращения тока с погрешностью не более $\pm 5\%$.

Подключив выходы каналов A_1 , A_2 и $\lg A_1/A_2$ к микроамперметру или фоторегистратору, убеждаются в нормальной работе регуляторов масштабов записи $R40$ « A_1 », $R110$ « A_2 » и $R69$ « $\lg A_1/A_2$ ». При выведенных вправо до отказа регуляторах масштабов и позиции «Калибровка УПТ» переключателя $B5$ выходные токи каналов A_1 и A_2 должны быть около 50 мкА, а канала $\lg A_1/A_2$ — не менее 20 мкА ($B3$ — в позиции «5»).

Проведение измерений на скважине

Запись временных кривых

Перед спуском прибора в скважину смазывают касторовым маслом уплотнительные кольца головки, закрепляют центрирующие устройства симметрично середине прибора таким образом, чтобы они не располагались в одной плоскости, обеспечивают схему соединений. Включают питание выпрямителя УВК-1 и панелей, проверяют работоспособность аппаратуры. Для того чтобы аппаратура вошла в оптимальный режим работы, необходимо ее прогреть в течение 30—45 мин. Зачастую это осуществляется в процессе спуска прибора на интервал исследований.

Обычно первыми регистрируют временные кривые, а затем амплитудные. Запись кривых T_1 и T_2 осуществляют основными гальванометрами первого и второго каналов фоторегистратора НО13. Кривую ΔT записывают гальванометрами канала III с одинаковыми значениями постоянных по току (для этого в гнезда «Г8-2» на панели шунтов необходимо вставить перемычку) со смещением нулевой линии второго гальванометра на 5—8 см влево от нуля шкалы. Это делается для того, чтобы избежать повторных записей в случае выхода первого гальванометра за пределы шкалы фоторегистратора.

Для обеспечения требуемого смещения поступают следующим образом. Соединяют гнезда «ГКП» и «ЗК2» измерительной панели станции (см. рис. 9) и устанавливают блик первого гальванометра корректором нуля в нулевое положение при позиции «Баланс ΔT » переключателя $B4$ «Режим» (см. рис. 62). В канал подают разность потенциалов от ГКП, при которой отклонение первого блика соответствует требуемому смещению. Затем корректором нуля блик второго гальванометра устанавливают на нуль шкалы и выключают ГКП. Установку нуля временных кривых T_1 и T_2 производят при позиции «Уст. 0» переключателя $B4$ «Режим». Нулевые положения всех бликов фиксируют на диаграммных лентах.

Для получения заданных масштабов записи n_T и $n_{\Delta T}$ временных кривых обеспечивают расчетные отклонения l бликов гальваномет-

ров от калиброванных сигналов T_k и ΔT_k в соответствии с формулами

$$l = T_k/n_T; \quad (74)$$

$$l = \Delta T_k/n_{\Delta T}L. \quad (75)$$

где $L = 0,5$ м (база зонда).

Требуемых отклонений добиваются регулировкой постоянных по напряжению в каналах фоторегистратора.

Установку масштабов записи производят при положениях «1», «2», «3» переключателя $B4$ «Режим». Масштабы кривых T_1 и T_2 удобно устанавливать в положении «Баланс ΔT » переключателя $B4$, так как оба стандарт-сигнала $T_k = 350$ мкс, и тогда, например, для $n_T = 50$ мкс/см отклонения бликов будут равны 7 см. Полученные отклонения фиксируют на диаграммах.

При установке масштаба $n_{\Delta T}$ выбирают такие стандарт-сигналы ΔT_k , чтобы можно было зафиксировать на ленте отклонение и второго блика. Так, например, для $n_{\Delta T} = 25$ мкс/м·см при $\Delta T_k = 50$ мкс/м ($B4$ в позиции «1») и $T_k = 100$ мкс/м ($B4$ в позиции «2») отклонения первого блика будут равны соответственно 4 и 8 см. Если смещение между бликами выбрано равным 8 см, то при $\Delta T_k = 100$ мкс/см блик второго гальванометра установится в нулевое положение, поэтому на диаграмме необходимо зафиксировать также отклонение от стандарт-сигнала $\Delta T_k = 150$ мкс/м ($B4$ в позиции «3»), равное 4 см.

После установки масштабов записи при включенных стандарт-сигналах кривые T_1 и T_2 смещают влево при помощи корректоров нуля, а кривую ΔT — при помощи ГКП. Следует подчеркнуть, что при измерениях ΔT коэффициент ослабления в канале фоторегистратора имеет малую величину, поэтому для того, чтобы выходное сопротивление ГКП не влияло на общее сопротивление измерительной цепи, устанавливать масштаб записи кривой ΔT следует при включенном в канал ГКП. Если при замере в процессе спуска прибора на забой обнаружится, что при выбранном смещении какая-либо кривая отстоит далеко от нуля шкалы, то устанавливают ее новое смещение с таким расчетом, чтобы против пород с максимальной скоростью распространения упругих волн амплитуды аномалий были 1,5—2,0 см (считая от нуля шкалы). Смещения всех кривых обязательно фиксируют на диаграммах.

Переключатель $B4$ «Режим» переводят в положение «Изм. 1», скорость спуска прибора снижают до величины, которая будет принята при записи кривых, и потенциометр $R1$ «Чувств.» (см. рис. 62) регулируют таким образом, чтобы исключалось срабатывание каналов $T1$ и $T2$ от напряжения шумов. Последнее обнаруживается на волновых картинах по «срыву» меток срабатывания в сторону меток блокировки.

В привабойной части скважины проверяют нули регистратора, установку масштабов записи и смещение кривых и переходят на запись кривых в соответствии с методическими положениями § 43.

Убедившись в удовлетворительном качестве полученных кривых (см. § 46), приступают к регистрации амплитудных кривых.

Запись амплитудных кривых

Подготовку к работе амплитудной панели выполняют так, как описано выше. Амплитудные кривые записывают гальванометрами 1 : 1 и 1 : 5.

Чтобы записать кривые A_1 , A_2 и $\lg = A_1/A_2$ в масштабах n_{A_1} , n_{A_2} и n_α , необходимо обеспечить отклонения бликов в соответствии с формулами

$$l = A/n_A; \quad (76)$$

$$l = \alpha/n_\alpha L, \quad (77)$$

где A — стандарт-сигнал амплитуды от имитатора, В; α — стандарт-сигнал затухания, дБ; $L = 0,5$ м (база зонда).

Позиция переключателя $B2$ «Чувств.» (см. рис. 63) при записи кривых должна быть выбрана такой, чтобы максимальные амплитуды сигналов A_1 и A_2 в исследуемом разрезе не выходили за пределы линейного участка выходной характеристики, т. е. чтобы выходные токи в каналах не превышали 40—45 мкА. В соответствии с выбранной позицией переключателя $B2$ производят также калибровку каналов A_1 и A_2 от имитатора. Так, например, если при записи кривых выбрана позиция 7 переключателя $B2$, то при калибровке на вход предварительного усилителя будет подаваться стандарт-сигнал амплитуды 2,8 В, и тогда для $n_A = 0,5$ В/см необходимо обеспечить отклонения бликов 5,6 см.

При установке масштаба n_α переключатель $B3$ «Калибр. $\lg A_1/A_2$ » устанавливают в одно из положений — «2», «3», «4» или «5», при которых стандарт-сигналы затухания α соответственно равны 6, 12, 18 и 24 дБ. Например, при $\alpha = 6$ дБ для масштаба $n_\alpha = 2$ дБ/м·см необходимо получить отклонение блика $l = 6$ см. Требуемых отклонений бликов добиваются регулированием потенциометров «Масштаб» соответствующего параметра и изменением постоянных по напряжению в каналах фоторегистратора.

Нулевые положения бликов и их отклонения от стандарт-сигналов фиксируют на диаграммах в начале и конце интервала исследований. Запись кривых производят в соответствии с методическими положениями § 42.

Для записи амплитуды сигнала по буровому раствору необходимо потенциометр $R1$ «Чувств.» на временной панели вывести влево до упора и потенциометром $R8$ (на шасси блока I временной панели) отрегулировать длительность импульса фантастрона гидроволн таким образом, чтобы задний фронт импульса совпал с моментом прихода волны по раствору. В остальном техника работ здесь такая же, как и при записи кривых A_1 и A_2 . Для того чтобы не делать лишнюю

спуско-подъемную операцию, кривую гидроволны можно записать перед записью кривых A_1 и A_2 при спуске прибора. При оценке качества амплитудных кривых руководствуются положениями § 45.

§ 44. ТЕХНИКА РАБОТ С АКУСТИЧЕСКИМ ЦЕМЕНТОМЕРОМ АКЦ-1

Подготовка аппаратуры к включению на базе

Панель АКЦ-1 (рис. 66) устанавливают в отсек аппаратурного стенда станции и через разъем *Ш1* подключают к источникам питания УВК-1, УВК-2 или УИП-К. Корпуса лаборатории, панели АКЦ-1 и источника питания тщательно заземляют. Выходы каналов A_n , T_n и A_k через разъем *Ш2* «Регистратор» подключают к входам каналов измерительной панели станции. Измерительную панель станции устанавливают для работы на постоянном токе. К гнезду «Сигнал» подключают осциллоскоп С1-19Б, гнездо «Синхронизация» на панели соединяют с гнездом внешней синхронизации осциллоскопа. При этом переключатель «Синхронизация» на *Э0* устанавливают в положение «Внешняя».

Скважинный прибор располагают на столе и вводы I, II и III его головки трехжильным проводом подключают к соответствующим клеммам панели. Клемма *III* является земляной. При этом необходимо следить за тем, чтобы прибор не изгибался. При работе с УВК-2 напряжение 850 В выключают тумблером на шасси панели справа. При работе с УВК-1 напряжение источника « U_3 » устанавливают в положение «180 В» (см. рис. 33).

Органы управления панели АКЦ-1 должны находиться в следующих исходных позициях: переключатели *B1* «Питание» и *B6* «Контроль» — в положении «Выкл.»; тумблер *B1* «+; —» в блоке запуска — в положении «+»; ось потенциометра *R26* «Запуск» повернута против часовой стрелки до упора; переключатель *B1* «Скв. прибор» трансформатора *Tr1* (на шасси панели) — в позиции «1»; это соответствует минимальному напряжению питания скважинного прибора.

Проверка работы панели

После прогрева источника питания в течение 3—5 мин переключатель *B1* «Питание» переводят в положение «Панель» (см. рис. 66), контролируют и при необходимости корректируют выходные напряжения источника. Затем переключатель *B2* «Режим» устанавливают в положение «Уст. 0» и при позициях « A_n » и « A_k » переключателя *B6* «Контроль» потенциометрами *R41* «Уст. нуля» стрелку прибора ИП1 выводят на нуль. Одновременно корректорами нуля фоторегистратора блики гальванометров устанавливают в нулевые положения. За нулевые положения бликов каналов A_k , A_n и T_n принимаются соответственно «0», «0» и «4 см» шкалы фоторегистратора ФР-6. При таком расположении бликов обеспечивается наименьшее пересечение кривых на диаграмме при записи на скважине.

большое сопротивление, что достигается полным введением в нее реостата грубой регулировки тока, а в некоторых случаях и переключением тумблера «Малый ток» в верхнее положение. Требуемой величины тока добиваются регулировкой напряжения источника питания и реостатов средней, точной и частично грубой регулировки тока.

Проверка работы потенциометра

Перед проверкой работы потенциометра (рис. 6) необходимо: замкнуть входные гнезда каналов (или включить тумблеры «Делитель»), включить пределы измерения «Л-100» (или «Л-20») и потенциометрами «Нормализация» стрелки приборов в цепях компенсационных элементов вывести на середины шкал (или на красную черту); потенциометры «Умножить» поставить в положение

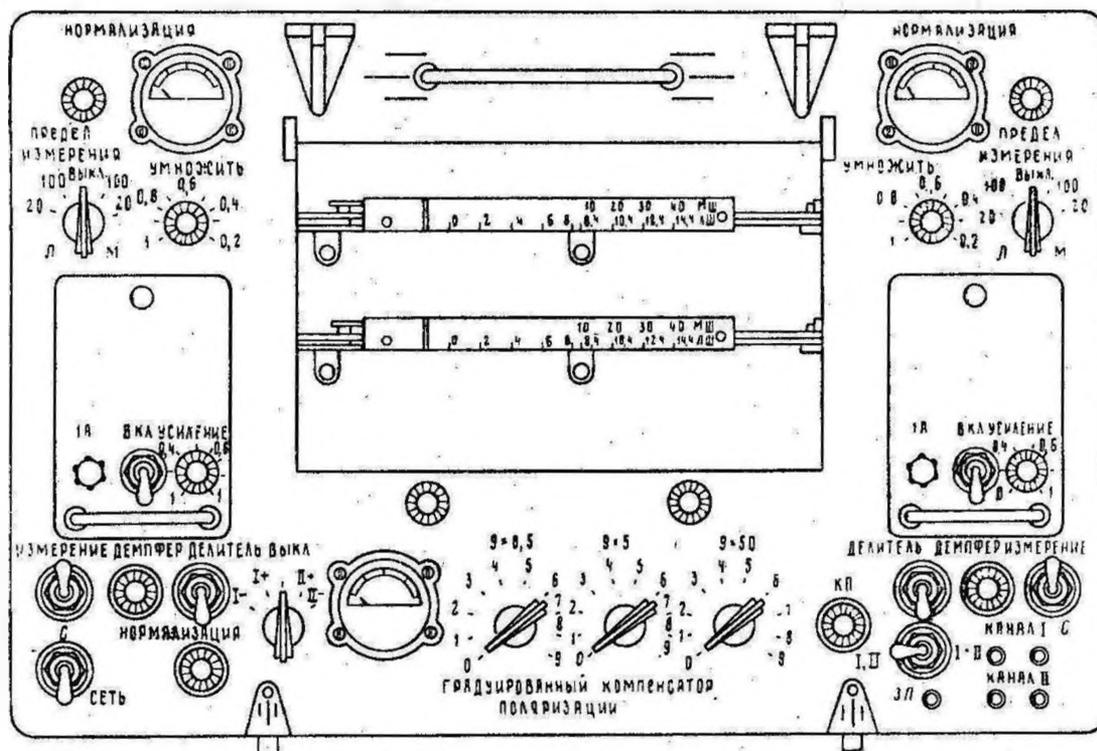


Рис. 6. Общий вид потенциометра ПАСК-8

«1», тумблеры «Измерение; С» — в верхнее положение, тумблер «I, II; I + II» — в положение «I, II», включить питание нуль-органов; ручки «Усиление» поставить в положение «0,4—0,6» (конкретно устанавливают при настройке).

Включение потенциометра производят тумблерами «Сеть» на потенциометре и панели контроля каротажа. После прогрева нуль-органов ползунки реохордов должны стать в нулевое положение, в противном случае их устанавливают в это положение регуляторами «Установка нуля» на реохордах. Подают от ГКП в какой-либо

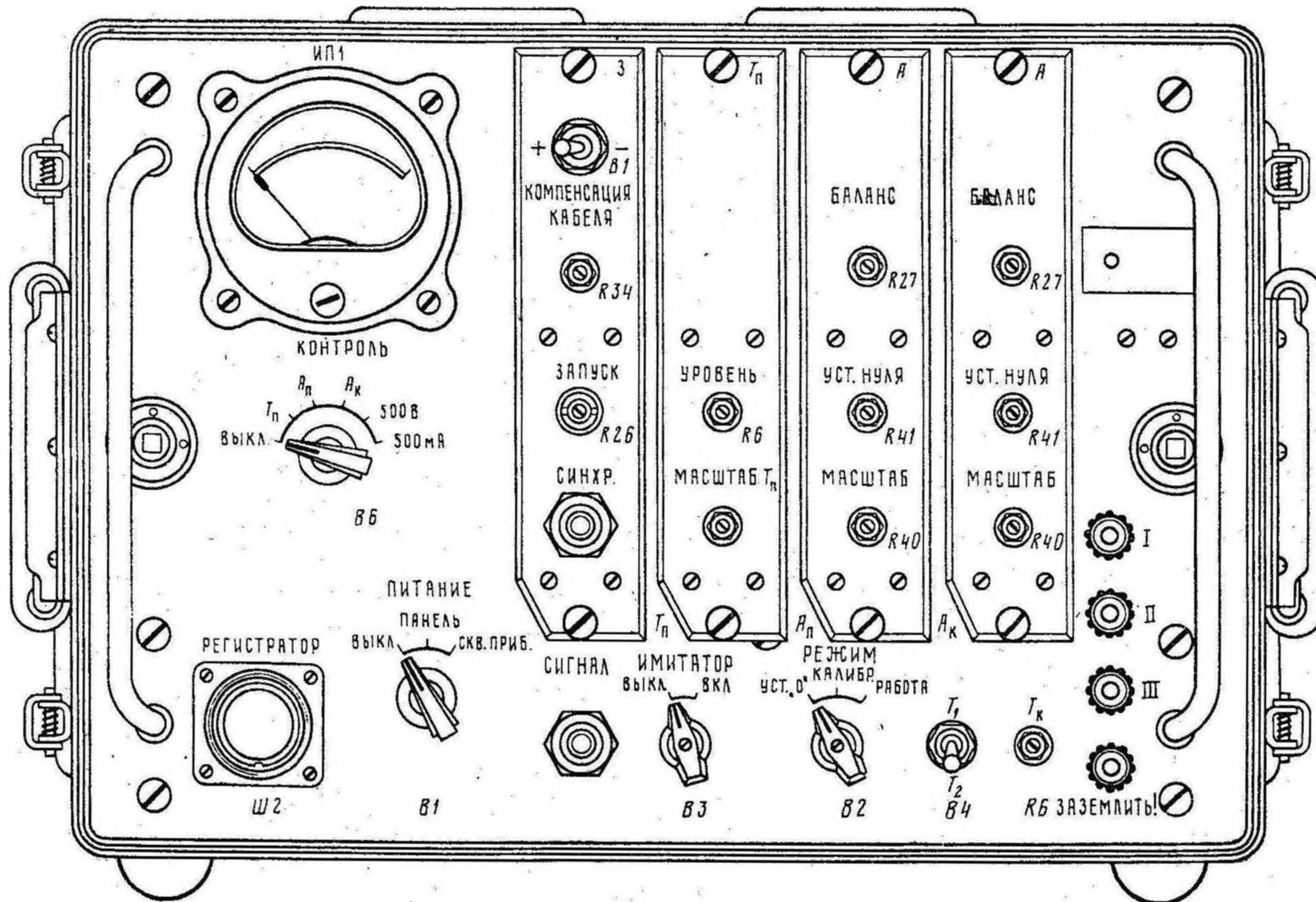


Рис. 66. Внешний вид панели управления аппаратуры АКЦ-1

Переключатели *B2* «Режим» и *B3* «Имитатор» устанавливают соответственно в положения «Калибр.» и «Вкл.». При этом на экране ЭО можно наблюдать высокочастотные колебания имитатора. Длительность развертки, горизонтальное и вертикальное усиление осциллоскопа выбирают такие, чтобы на экране была четко видна волновая картина.

Потенциометром *R27* «Баланс» при среднем положении ползунка потенциометра *R6* «Уровень» по прибору ИП1 в каналах A_k и A_n устанавливают одинаковые токи 35—40 мкА.

При регулировании потенциометров *R40* «Масштаб» выходные токи каналов A_n и A_k вызывают отклонение бликов гальванометров. При этом в измерительных каналах станции устанавливают коэффициенты ослабления 10—20.

При положении «Калибр.» переключателя *B2* «Режим» выходной ток канала T_n зависит от позиции тумблера *B4* « T_1 ; T_2 ». В позиции « T_1 » (600 мкс) ток по прибору ИП1 должен быть равен $15 \div 17$ мкА, а в позиции « T_2 » (1200 мкс) $28 \div 33$ мкА. Регулируя резистор *R47* «Масштаб T_n », наблюдают за отклонением блика гальванометра канала T_n .

При включенном имитаторе, позиции «Работа» переключателя *B2* «Режим», среднем положении ползунка потенциометра *R6* «Уровень» (блок T_n) и включении тумблера *B4* « T_1 ; T_2 » в позицию « T_1 » регулирование длительности импульса фантастрона колонны потенциометром *R6* « T_k » (в общей части схемы) вызывает изменение тока канала A_k . Ток канала A_n не зависит от положения ползунка потенциометра « T_k ».

Совместная проверка работы панели и скважинного прибора

Переключатель *B6* «Контроль» переводят в положение «500 В» выключают имитатор, переключатель *B2* «Режим» устанавливают в положение «Работа».

Подают питание в скважинный прибор переводом переключателя *B1* «Питание» в положение «Скв. прибор». Переключателем *B1* «Скв. прибор.» трансформатора *Tr1* (на шасси панели) доводят по прибору ИП1 напряжение до 220 В. Потенциометром *R2* (внутри на блоке запуска) вводят такое минимальное сопротивление, при котором надежно срабатывает формирующее устройство. При его устойчивой работе на трансформаторе *Tr1* (блок запуска) прослушиваются пусковые импульсы еще до запуска излучателя скважинного прибора.

После прогрева ламп скважинного прибора потенциометром *R26* «Запуск» подают минимальный сигнал запуска, при котором надежно работает излучатель. Вновь доводят напряжение питания скважинного прибора до 220 В и балансируют фантомную схему питания скважинного прибора. Балансировка осуществляется перемещением ползунка трансформатора *Tr1* «Баланс» (на шасси панели) в общей части схемы и сводится к получению прямой или слегка волнистой линии в промежутке между импульсом запуска и реакцией аркатрона.

На экране ЭО процесс балансировки виден более отчетливо при подключении скважинного прибора к кабелю подъемника (рис. 67).

В нормальной работе излучателя убеждаются путем прослушивания его характерных тактовых колебаний.

При проверке усилительной части скважинного прибора включают его имитатор. Для этого потенциометр $R26$ «Запуск» (см. рис. 66) выводят влево до отказа и изменяют полярность пускового импульса переводом тумблера $B1$ «+; —» в положение «—». Вращают ползунки потенциометра $R26$ до такого положения, при котором включается имитатор и не работает излучатель. Высокочастотные колебания имитатора можно наблюдать на экране ЭО при повышенной чувствительности последнего:

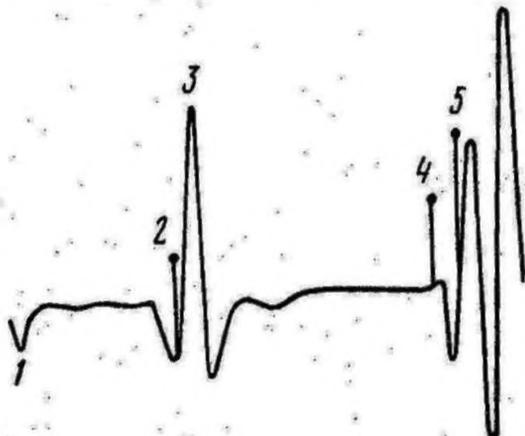


Рис. 67. Волновая картина на экране осциллографа при нахождении прибора АКЦ-1 в свободной колонне

1 — импульс запуска; 2 — метка компенсатора задержки; 3 — реакция аркатрона; 4 — метка T_k ; 5 — метка T_n

Для окончательной проверки работы аппаратуры на базе помещают скважинный прибор в металлическую трубу, заполненную водой, и подключают его к кабелю подъемника через контрольный переходник. Работа выполняется следующим образом. Переключатель $B2$ «Режим» устанавливают в положение «Работа», а $B3$ «Имитатор» — в положение «Выкл.».

К жилам I и III (или II и III) контрольного переходника подключают вольтметр и переключателем трансформатора $Tr1$ «Скв. прибор» доводят напряжение

до 220 В после запуска излучателя. Показания прибора ИП1 панели записывают в аппаратный журнал и пользуются ими при работе на скважине.

После балансировки фантомной схемы потенциометром $R34$ «Компенсация кабеля» совмещают метку компенсатора задержки в кабеле с началом реакции аркатрона, а метку T_k фантастроны колонны потенциометром $R6$ « T_k » — с первым вступлением волновой картины (см. рис. 67). При этом длительность развертки и усиление по X и Y осциллографа устанавливают такие, чтобы были четко видны первые вступления волн. Потенциометром $R14$ (на шасси панели) в канале A_k по прибору ИП1 устанавливают выходной ток в пределах 40—50 мкА. При этом потенциометр $R6$ «Уровень» (блок T_n) регулируют так, чтобы метка T_n , соответствующая началу «окна» A_n , была на уровне половины второго вступления волны по свободной колонне. После этого проверяют калибровку каналов.

Проведение измерений на скважине

Подготовка к включению, включение и проверка работоспособности аппаратуры при нахождении скважинного прибора на поверхности осуществляются так же, как и на базе. Убедившись в нормальной работе аппаратуры, на выключенном скважинном приборе симметрично относительно его середины закрепляют элементы центрирующего устройства. Опускают прибор в скважину. Настройку аппаратуры производят при нахождении скважинного прибора в незацементированной колонне, заполненной раствором. После запуска излучателя на экране ЭО появляется волновая картина. При медленном спуске прибора по максимальным значениям амплитуд A_k и A_n отыскивают интервал колонны, не имеющий сцепления с цементом, что обычно затруднений не вызывает. Настройка аппаратуры в данном случае осуществляется так же, как и на базе при нахождении прибора в трубе, заполненной водой.

Масштаб записи кривой T_n устанавливают по отклонению блика гальванометра в соответствии с формулой (74). При этом стандарт-сигнал T_k равен 600 или 1200 мкс соответственно для позиций « T_1 » и « T_2 » тумблера В4 « $T_1; T_2$ ». При установке масштабов кривых T_n , A_n и A_k переключатели В2 «Режим» и В3 «Имитатор» устанавливают соответственно в положения «Калибр.» и «Вкл.», а тумблер В4 « $T_1; T_2$ » — в положение « T_1 » или « T_2 ». Поскольку кривая T_n регистрируется в масштабе $n_T = 50$ мкс/см, то блику гальванометра $1/8$ следует задать отклонения 2,4 или 4,8 см соответственно для стандарт-сигналов $T_1 = 600$ мкс и $T_2 = 1200$ мкс. Не выключая стандарт-сигнала, кривую T_n смещают влево при помощи ГКП или корректора нуля. Смещение устанавливают с таким расчетом, чтобы кривая T_n в свободной колонне имела амплитуду 1,5—2,0 см.

Хорошая дифференциация кривых A_k и A_n обеспечивается при отклонениях бликов гальванометров от стандарт-сигнала на 8—10 см. При этом сначала потенциометрами «Баланс» по индикатору панели устанавливают выходные токи 35—40 мкА, а затем производят установку масштабов параметров A_k и A_n регулированием потенциометров «Масштаб» при определенных значениях постоянных по напряжению в измерительных каналах станции. Поскольку при интерпретации кривых A_k и A_n используются относительные величины указанных параметров, то их масштабы можно выразить и в микроамперах на сантиметр. Нулевые положения бликов, их отклонения от калиброванных сигналов и величины смещения кривой T_n обязательно фиксируют на диаграммной ленте в начале и конце интервала исследований.

Запись кривых производят в соответствии с методическими положениями § 44. Качество записанных кривых должно удовлетворять требованиям § 45.

§ 45. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДИАГРАММ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА

Диаграммы акустического каротажа снабжаются форменными заголовками.

Диаграммы акустического каротажа считаются качественными, если запись произведена исправной и отрегулированной аппаратурой с соблюдением рассмотренных выше методических положений и погрешности измерения зарегистрированных параметров не превышают следующих величин: 1,5% — для T_1 и T_2 ; 5 и 2% — для T_n соответственно в зацементированной и свободной колоннах, 3% — для ΔT ; 10% — для A_k и A_n ; 15% — для A_1 и A_2 ; 20% — для $\lg A_1/A_2$; смещение нулевых линий до и после каротажа — не более 2 мм [50].

Качество диаграмм акустического каротажа устанавливается по характеру и форме записи в свободной колонне, по повторяемости параметров основного и контрольного замеров, по величине показаний кривых T_1 , T_2 и ΔT против пластов с известными скоростными свойствами (каменная соль, ангидриты), по сравнению кривых с данными других методов. Показания кривых скоростного каротажа в свободной колонне должны соответствовать величине кажущейся скорости распространения упругих волн, определенной в результате обобщения материалов по ранее пробуренным скважинам или найденной экспериментальным путем. При этом величины T_n должны быть равны t_k , а кривые A_k и A_n должны иметь одинаковую форму и равные максимальные амплитуды.

Кривая T_n против муфтовых соединений свободной колонны диаметром менее 200 мм должна характеризоваться приращением времени не более 10 мкс, а при большем диаметре — до 40 мкс. Номинальное снижение амплитуд A_k и A_n на муфтах не должно превышать 30% $A_{k \max}$.

Правильность регистрации кривых A_n и T_n устанавливается в интервалах устойчивого приема сигнала по увеличению времени T_n и уменьшению амплитуды A_n , и наоборот. Если наблюдается их синхронное изменение, диаграммы бракуются.

Интервальное время ΔT в опорных пластах различных скважин должно соответствовать номинальному его значению с погрешностью не более 10%, а в свободной колонне — не более 5%. Качество записи кривой ΔT можно проконтролировать в любой точке скважины по разности показаний кривых T_2 и T_1 .

Резкие незакономерные изменения кривых, зарегистрированных аппаратурой типа СПАК, могут быть обусловлены проскальзыванием циклов (просчетом фаз), срабатыванием каналов от упругих колебаний, распространяющихся по корпусу прибора, влиянием акустических шумов при движении прибора по стенке скважины, нестабильностью питающего напряжения и другими причинами. Проскальзывание циклов обуславливается малой амплитудой (большим затуханием) проходящих к приемнику упругих колебаний, в результате чего пороговое устройство срабатывает от вторых или

последующих вступлений. Это можно наблюдать на экране ЭО по «срывам» метки срабатывания в сторону волновой картины гидро-волны. Проскальзывание циклов приводит к скачкообразному увеличению показаний кривых T_2 и ΔT . Так, например, при пропуске одного периода колебаний в карбонатном разрезе ошибка определения времени пробега увеличивается примерно на 40 мкс, а в песчано-глинистом разрезе — на 80 мкс.

Уменьшение амплитуды колебаний, а следовательно, появление проскальзывания циклов наблюдается при смещении оси прибора от оси скважины и особенно (вплоть до нулевых значений амплитуд A_1 и A_2) на интервалах разгазирования бурового раствора. Проскальзывание циклов сравнительно легко обнаруживается по увеличению показаний и одинаковой конфигурации кривых T_2 и ΔT , смещенных по глубине относительно друг друга приблизительно на половину (1 м) размера зонда. Одновременно на интервалах искаженных временных кривых имеют место искажения и амплитудных кривых. Срабатывание каналов от упругих колебаний корпуса прибора приводит к тому, что показания кривых T_1 , T_2 и $\lg A_1/A_2$ не изменяются.

В кавернозных интервалах скважины времена пробега и ослабление амплитуд в двухэлементном зонде увеличиваются, что связано с увеличением пути пробега упругой волны по буровому раствору и ухудшением условий ее преломления и отражения на стенках каверн, а также с интерференцией волн вблизи каверн. В трехэлементном зонде интервальное время ΔT и $\lg A_1/A_2$ не зависят от диаметра скважины, однако непараллельность осей скважины и прибора в интервалах каверн приводит к тому, что кривые ΔT и $\lg A_1/A_2$ по своей конфигурации напоминают кривую градиента ПС с максимумом при входе прибора в каверну и с минимумом — при выходе.

Г л а в а XIV

СКВАЖИННАЯ МАГНИТОРАЗВЕДКА И МАГНИТНЫЙ КАРОТАЖ

§ 46. МЕТОДИКА РАБОТ

Область применения методов

В комплекс магнитометрии скважин входит изучение составляющих X , Y , Z полного вектора T магнитного поля и приращения его вертикальной составляющей ΔZ (скважинная магниторазведка), а также измерение магнитной восприимчивости κ горных пород (магнитный каротаж).

По данным скважинной магниторазведки в околоскважинном пространстве обнаруживают рудные тела, содержащие ферромагнитные минералы, определяют элементы их залегания и выясняют геологическую природу наземных аномалий.

Интенсивные аномалии Z в скважине создают крутопадающие пласты и линзообразные рудные тела, расположенные под скважиной, а также горизонтально или полого залегающие структуры, находящиеся вне скважины. Слабые аномалии Z наблюдаются в скважине, пройденной в стороне от вертикально залегающего рудного тела или над центром горизонтальной залежи.

По характерным особенностям картины аномальных значений векторов T_a определяют, с какой стороны от скважины находится намагниченное тело и направление его падения.

При пересечении рудного тела скважиной по величине T_a устанавливают также направление падения тела и с какой стороны от скважины находится его большая часть. Подсечение рудного тела скважиной четко подтверждается магнитным каротажем.

Поскольку горные породы достаточно хорошо дифференцированы по магнитной восприимчивости, магнитным каротажем решают ряд геологических задач, основными из которых являются: 1) литологическое расчленение разреза скважин; 2) выделение рудных зон; 3) определение содержания железа в рудах; 4) корреляция разрезов скважин; 5) получение количественных данных о магнитной восприимчивости пород для интерпретации наземных аномалий магнитного поля.

Магнитный каротаж применяют на месторождениях магнетитовых, титаномагнетитовых, сидеритовых, хромитовых, никелевых, марганцевых, некоторых полиметаллических и оловянных руд, а также бокситов. Скважинная магниторазведка и магнитный каротаж являются обязательными методами геофизических исследований скважин на месторождениях сильно магнитных руд, а также слабо магнитных руд, залегающих среди практически немагнитных разновидностей пород.

Магнитометрию скважин выполняют различными типами аппаратуры, среди которых наибольшее применение получил трехкомпонентный скважинный магнитометр ТСМК-40. Магнитные исследования в скважинах выполняют вместе с квернометрией и инклинометрией.

Измерение составляющих X , Y , Z

Измерения составляющих X , Y , Z в скважинах производят через 5—10 м. При резких изменениях поля, что наблюдается вблизи или внутри рудного тела, расстояние между точками наблюдений уменьшают до 1—2 м.

Основные замеры обычно выполняют при спуске прибора, а контрольные (до 10%) — при его подъеме. Контрольные точки выбирают на участках плавного изменения поля и привязывают по глубине с точностью 10—15 см. Наиболее точная привязка осуществляется по каротажным диаграммам ΔZ или κ .

Существенное влияние на результаты измерений составляющих поля оказывает неточная установка прибора вдоль оси скважины,

что имеет место на участках повышенной кавернозности или малом угле искривления скважины. Для уменьшения влияния каверн на результаты измерений к скважинному прибору подсоединяют удлинитель или на куске кабеля — дополнительный груз.

Наиболее благоприятны для скважинной магниторазведки условия в скважинах с углом наклона от 5 до 40° и азимутальным уклоном не более 2—3° на 100 м.

Выбор контрольного пункта КП₀

Измеренные в скважине составляющие X , Y , Z и кривая ΔZ должны быть привязаны к нормальному полю на КП₀, к которому отнесены наземные крупномасштабные магнитные съемки.

При выборе КП₀ руководствуются следующими положениями:

1) КП₀ должен располагаться в магнитном поле, близком к нормальному, на расстоянии не более 50—60 км от участка работ; обычно его выбирают на контрольном пункте наземной съемки;

2) вертикальная составляющая Z_0 , горизонтальная составляющая H_0 и магнитное склонение D_0 на КП₀ должны быть известны;

3) КП₀ должен располагаться на ровной площадке достаточных размеров и иметь удобные подъездные пути;

4) КП₀ должен быть достаточно удален от электрических силовых установок, линий электропередач, электрифицированных железных дорог и скоплений металлических предметов.

Выбор режима измерений

Масштабы записи кривых ΔZ и κ выбирают в зависимости от изменения магнитных свойств горных пород в разрезе и устанавливают одинаковыми во всех скважинах на участке работ. Окончательно масштабы записи кривых выбирают опытным путем по предельным значениям магнитных свойств горных пород.

При оптимальных масштабах записи амплитуды кривых против пород с аномальными магнитными свойствами должны занимать не менее $\frac{2}{3}$ ширины диаграммной ленты. Интервалы скважины, где кривые не поместились в пределах диаграммы, перекрывают в более грубых масштабах, при которых амплитуды аномалий составляют не менее половины ширины ленты.

При выборе масштабов глубин и скорости подъема кабеля руководствуются положениями § 2 и 4.

Эталонирование аппаратуры

Эталонирование каналов напряженности поля сводится к определению цены деления прибора ИП1 «Магнитное поле» магнитометра ТСМК-40 (рис. 68). При этом применяют кольца Гельмгольца, входящие в комплект аппаратуры. Обычно цена деления прибора составляет 200 ± 6 гамм.

Используя результаты градуировки, величины составляющих X , Y , Z и масштабную шкалу кривой ΔZ выражают в гаммах.

Для перевода показаний прибора ИП2 «Восприимчивость» в единицы СГС канал κ эталонируют при помощи цилиндрических эталонов известной магнитной восприимчивости, входящих в комплект аппаратуры или изготовленных своими силами.

Эталон делают из смеси порошкообразного магнетита со скульптурным гипсом или цементом. Лучше всего для этих целей использовать порошок рудного концентрата того месторождения, на котором

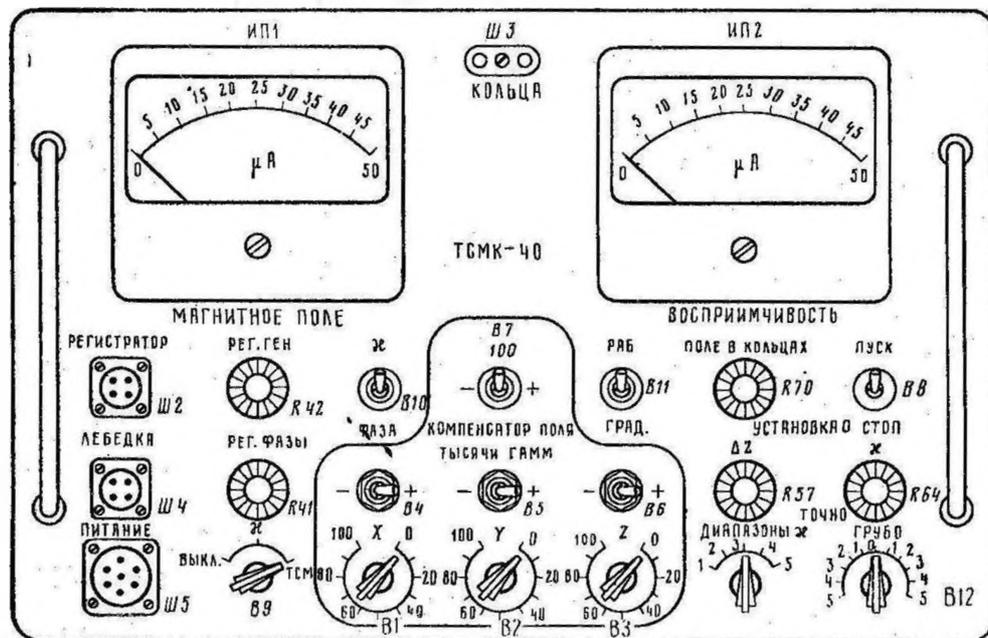


Рис. 68. Общий вид панели управления магнитометра ТСМК-40

выполняют магнитный каротаж. Эталон имеет форму полого цилиндра высотой $h = (3,5 \div 4) l$ (l — длина датчика κ), внутренним диаметром d (равным диаметру разведочных скважин) и внешним диаметром $D = d + 2l$. Для эталонирования достаточно иметь 2—4 эталона с различными значениями κ . При этом $\kappa_{\min} \leq 0,01$ ед. СГС, а κ_{\max} должно соответствовать средней магнитной восприимчивости пород (руд) района работ. Для контроля работы аппаратуры перед измерениями на скважине необходимо иметь еще один эталон с κ , в 3—4 раза меньше κ_{\max} .

При эталонировании канала κ центр датчика располагают в середине эталона и снаряд прижимают к стенке эталона. По значениям κ эталонов для различных диапазонов κ -канала строят эталонировочные графики, по которым показания прибора ИП2 «Восприимчивость» или отклонения ползунка реохорда при записи кривой переводят в единицы СГС. Эталонирование κ -канала выполняют ежемесячно.

§ 47. ТЕХНИКА РАБОТ С МАГНИТОМЕТРОМ ТСМК-40

Подготовка магнитометра к включению

Перед включением прибора, полученного с завода, прежде всего убеждаются в отсутствии механических повреждений отдельных узлов и блоков и в соответствии монтажа принципиальной электрической схеме, проверяют вращение ориентирующих систем датчиков снарядов ΔZ — κ и ССТ (скважинный снаряд трехкомпонентный). В блоки ССТ и ΔZ заливают обезвоженное трансформаторное масло. Затем снаряд ΔZ — κ устанавливают в инклинометрический стол под углом 10 — 15° на расстоянии не менее 10 м от металлических предметов.

«Прозвонив» жилы кабеля подъемника, прибор подключают к кабелю и коллекторным проводом — к разъему *Ш4* «Лебедка» (см. рис. 68). Через эквивалент кабеля прибор можно прямо соединить с панелью управления. К соответствующим гнездам разъема *Ш5* «Питание» подключают питающую и компенсационную батареи (БП и БК) типа 29-ГРМЦ-13. К разъему *Ш2* «Регистратор» подсоединяют вход регистратора.

Перед включением прибора ручки органов управления пульта должны находиться в следующих исходных позициях:

- 1) переключатель *B9* «Выкл.; κ ; ТСМ» — в положении «Выкл.»; тумблер *B10* « κ ; фаза» — в положении «Фаза»;
- 2) тумблеры *B7* « ± 100 » и *B8* «Пуск; стоп» — в среднем положении;
- 3) тумблер *B11* «Раб.; град.» — в положении «Раб.» (среднее положение тумблера);
- 4) переключатели *B1*, *B2*, *B3* ступенчатого компенсатора — в положении «0»;
- 5) регулятор *R42* «Рег. ген.» — в крайнем правом положении, а регулятор *R41* «Рег. фазы» — в крайнем левом положении.

Проверка работы канала ΔZ

Переводом переключателя *B9* «Выкл.; κ ; ТСМ» в положение «ТСМ» включают питание аппаратуры. Кратковременным нажатием тумблера *B8* «Пуск; стоп» в положение «Пуск» запускают шаговый искатель, который начнет автоматически работать по программе, указанной в табл. 22. Начало цикла измерений (1,2 команды) соответствует максимальным показаниям (45 — 50 МКА) прибора ИП2 «Восприимчивость». Переводом тумблера *B8* в положение «Стоп» останавливают шаговый искатель в положениях 3 или 5, 7, при которых датчик ΔZ подключается к схеме измерения через соответствующий компенсатор. Если прибор ИП1 «Магнитное поле» не дает показаний, изменяют знак поля тумблерами *B4*, *B5*, *B6* «+; —» компенсаторов «X», «Y», «Z» соответственно при положениях 3, 5, 7 шагового искателя.

канал положительную разность потенциалов (ток в цепи ГКП регулируют потенциометром «Нормализация»), тогда в другой канал включается неградуированный компенсатор поляризации (КП). Проверку работы каналов осуществляют изменением разности потенциалов на компенсаторах поляризации. При этом ползунки реохордов должны достаточно быстро устанавливаться в положение компенсации, что достигается регулировкой потенциометров «Демпфер» и корректировкой усиления нуль-органов. Ручки «Демпфер» должны находиться в таком положении, при котором выбег ползунков реохордов от положения компенсации (при отклонении на 6—8 см) не превышает 4 мм.

Необходимо следить за тем, чтобы ползунки реохордов двигались с одинаковой скоростью при включении и выключении разности потенциалов. Если они перемещаются с разной скоростью, производят подстройку вибропреобразователей нуль-органов (см. § 29).

При установке пределов «М-100» (или «М-20») на масштабном участке шкалы (6,4 см) должно происходить закругление предела измерения в 5 раз.

При одновременной проверке каналов потенциометра и измерительной цепи пульсаторно-токовой панели (ПТП) от компенсаторов поляризации необходимо: подключить выход ПТП на входы каналов, замкнуть гнезда «М» и «N» (см. рис. 4), выключить делители; поставить тумблеры «Измерительная цепь» в нижнее положение, а тумблер « $I - \Delta U$ » — в положение « ΔU » и запустить пульсатор.

Одновременную проверку работы потенциометра, токовой и измерительной цепей производят с помощью испытательного прибора, подключив его гнезда «А», «В», «М», «N» к соответствующим гнездам ПТП.

При одновременной проверке каналов потенциометра от контрольных шунтов ПТП необходимо каналы поставить на параллельную работу, тумблер « $I - \Delta U$ » перевести в положение «I», запустить пульсатор и включить токовую цепь (это можно сделать и на постоянном токе).

Установка постоянной по напряжению и нормализация ГКП

Точное значение постоянной m необходимо знать при записи кривых ПС, МЭП (метод электродных потенциалов), ВП (вызванных потенциалов), так как их масштаб равен m , точном измерении разности потенциалов и силы тока с целью определения коэффициентов резистивиметров и микрозондов на трехжильном кабеле и построения градуировочных графиков термометров, каверномеров и т. д.

Требуемая величина m в измерительном канале устанавливается при подаче на него известной разности потенциалов, от которой ползунок реохорда отклоняется на величину l , определяемую формулой (16).

Для наиболее точного определения m лучше всего воспользоваться электроразведочным потенциометром ЭП-1, подключив его клеммы М и N на вход канала ПАСК-8. Установив на ЭП-1 извест-

Программа команд шагового искателя аппаратуры ТСМК-40

Очередность команд	Номера контактов шагового искателя	Время выдержки, с	Команды	
			Снаряд ΔZ - ж	Снаряд ССТ
1	1, 9, 17	10 ± 3		Освобождение системы датчиков
2	2, 10, 18	5 ± 2		Арретирование и подключение системы датчиков
3	3, 11, 19	10 ± 3	Подключение датчика к схеме измерения через линию компенсатора «X»	Подключение датчика X к схеме измерения через линию компенсатора «X»
4	4, 12, 20	$1 \pm 0,5$		Промежуточное положение. Переключение коммутирующих реле
5	5, 13, 21	10 ± 3	Подключение датчика к схеме измерения через линию компенсатора «Y»	Подключение датчика Y к схеме измерения через линию компенсатора «Y»
6	6, 14, 22	$1 \pm 0,5$		Промежуточное положение Переключение коммутирующих реле
7	7, 15, 23	10 ± 3	Подключение датчиков к схеме измерения через линию компенсатора Z	Подключение датчика Z к схеме измерения через линию компенсатора «Z»
8	0		Нейтральное положение	Нейтральное положение

При выходе стрелки прибора ИП1 за шкалу в измерительный канал вводят соответствующий компенсатор, набирая на нем такое количество гамм, при котором стрелка прибора будет находиться в пределах шкалы. Полное значение ΔZ соответствует сумме показаний компенсатора и прибора ИП1. Истинное значение поля ΔZ можно измерить только в положении «ТСМ» переключателя В9 «Выкл.; ж; ТСМ».

Далее проверяют юстировку оси датчика ΔZ : измеряют ΔZ в четырех азимутах через 90° при помещении прибора в инклинометрическом столе, выставленном по уровням. При этом допустимые расхождения измерений ΔZ не должны превышать 200 гамм. В противном случае выполняют дополнительную юстировку при помощи ориентирующих грузиков. Убедившись в правильности юстировки оси датчика ΔZ , выводы 1(+) и 2(-) разъема Ш2 панели подключают на вход канала ПАСК-8. Подготовка ПАСК-8 к работе осуществляется обычным способом (предел «Л-20» с включением делителя 1/25).

Переключатель В9 «Выкл.; ж; ТСМ» переводят в положение «ж» (только в этом положении канал ΔZ выдает выходной ток на регистратор). При этом в канал ΔZ дополнительно включается неградуированный компенсатор поля R57 « ΔZ », при помощи которого устанавливают первоначальное положение записи на диаграмме.

На ступенчатом компенсаторе изменяют поле на 10 000 гамм и регулированием потенциометров «Нормализация» и «Умножить» (см. рис. 6) устанавливают масштаб записи $n_{\Delta Z}$ кривой ΔZ по отклонению ползунка реохорда в соответствии с формулой

$$l = 10\,000/n_{\Delta Z}. \quad (78)$$

При этом стрелка прибора в цепи компенсационного элемента потенциометра должна находиться вблизи красной черты.

Проверка работы ж-канала

При проверке ж-канала аппаратуру готовят к работе так, как описано выше. Устанавливают шаговый искатель в нулевое положение (только в этом положении возможна регистрация ж). Выводы контактов 3(+) и 4(-) разъема Ш2 «Регистратор» подключают на вход канала ПАСК-8. Переключатель В9 «Выкл.; ж; ТСМ» устанавливают в положение «ж», а тумблер В10 «ж; фаза» — в среднее положение («ж»). Переключателем В12 «Установка 0; ж; грубо» и регулятором R64 «Точно» устанавливают нуль по прибору ИП2 «Восприимчивость». При этом ползунок реохорда должен находиться на нуле шкалы, в противном случае устанавливают его в это положение регулятором «Установка 0» на реохорде.

Нулевые показания прибора ИП2 можно установить в двух различных положениях ручек «Установка 0», одно из которых будет соответствовать истинному нулю, а второе — ложному. При настройке

прибора ИП2 на истинный нуль его стрелка при медленном поднесении железного предмета к датчику κ сразу отклоняется вправо. В случае ложного нуля она сначала отклоняется влево за нуль-шкалы, а затем дает нормальные показания.

После установки нуля и записи нулевой линии на диаграмме ручками «Установка 0» по прибору ИП2 устанавливают ток 40 мкА на 2—3 диапазоне κ -метра. Потенциометрами «Умножить» и «Нормализация» на пределе «Л-100» ПАСК-8 добиваются отклонения ползунка реохорда на 10 см. Таким образом, 1 см отклонения ползунка будет соответствовать выходной ток 4 мкА, а не магнитная восприимчивость.

Для перевода показаний прибора ИП2 в единицы магнитной восприимчивости датчик κ градуируют при помощи эталонов.

Проверка работы снаряда ССТ

Скважинный прибор устанавливают в инклинометрический стол так же, как и снаряд $\Delta Z - \kappa$, и подключают к пульту через разъем Ш4 «Лебедка» (см. рис. 68). Органы управления панели устанавливают в положения, указанные выше. Переключатель В9 «Выкл.; κ ; ТСМ» устанавливают в положение «ТСМ». Запускают шаговый искатель и останавливают его в позициях 3, 5 и 7 (см. табл. 22). Включение соответствующего датчика контролируется по прибору ИП1 «Магнитное поле». Потенциометрами R41 «Рег. фазы» и R42 «Рег. ген.» добиваются минимальных показаний прибора ИП2.

На соответствующем компенсаторе вводят такое количество гамм, при котором стрелка прибора ИП1 находится в пределах шкалы. Полное значение составляющих X, Y, Z складывается из показаний компенсатора и прибора ИП1.

Далее проверяют юстировку системы датчиков прибора ССТ по датчику Y. При этом скважинный прибор закрепляют в выставленном по уровням инклинометрическом столе и, вращая последний вокруг вертикальной оси, добиваются по прибору ИП1 нулевых показаний. Дополнительную юстировку выполняют при помощи юстировочного винта тогда, когда показания прибора ИП1 отличаются более чем на ± 1 деление шкалы при развороте стола на 180° .

Проверка пригодности компенсационной батареи

Эта проверка выполняется при включении в схему измерений любого датчика поля. При позиции « κ » переключателя В9 «Выкл.; κ ; ТСМ» (см. рис. 68) потенциометром R57 « ΔZ » задают стрелке прибора ИП1 отклонение на всю шкалу. Компенсационная батарея считается пригодной к работе, если после введения на один шаг ступенчатого компенсатора стрелка прибора ИП1 устанавливается в нулевое положение с точностью до одного деления.

Проверка цены деления магнитометра

При проверке цены деления магнитометра прибор ССТ должен быть полностью настроенным и проверенным.

По оси датчиков устанавливают кольца Гельмгольца и подключают их к пульту управления в гнездо ШЗ «Кольца» (см. рис. 68). Тумблер *B11* «Раб.; град.» устанавливают в положение «Градуировка», а тумблер *B9* — в положение «ТСМ». Наклоненный под углом 10—15° скважинный прибор вращают вокруг вертикальной оси инклинометрического стола и добиваются по прибору ИП1 минимальных показаний. Подав ток на кольца, потенциометром *R70* «Поле в кольцах» по дополнительному миллиамперметру, включенному в цепь колец, устанавливают ток 10 мА, одновременно контролируя его по прибору ИП2. Перемещают кольца вдоль оси снаряда и добиваются максимальных показаний прибора ИП1.

Выключив ток в кольцах, по разности показаний прибора ИП1 определяют цену деления его шкалы по формуле

$$\epsilon = IC/(n - n_0), \quad (79)$$

где C — постоянная колец (указывается в паспорте и гравировается на корпусе колец), обычно $C = 1000$ гамм/мА; I — сила тока в кольцах, мА; n , n_0 — отсчеты по прибору при наличии и отсутствии тока в кольцах.

Разность $n - n_0$ определяют как среднее из пяти измерений в плюсовую и минусовую стороны. Цена деления ϵ прибора ИП1 должна быть 200 ± 6 гамм; в небольших пределах ее подгоняют подбором резистора, шунтирующего датчик.

Оценку и регулировку цены деления прибора производят по всем датчикам не реже одного раза в месяц, а также после ремонта аппаратуры, смены скважинных снарядов, смены кабеля.

Снятие кривых X_0 , Y_0 , Z_0 на КП₀

Измерение составляющих X_0 , Y_0 , Z_0 на КП₀ производят отрегулированным и проверенным прибором не реже одного раза в три месяца.

Станцию типа АЭКС располагают на расстоянии 20—30 м от КП₀, скважинные приборы ΔZ — κ и ССТ устанавливают в инклинометрический стол и регулируют последний по уровням. Кабель лебедки должен находиться как можно дальше от датчиков скважинного прибора.

Аппаратуру готовят к работе так же, как и на базе. Снаряду ССТ задают углы наклона 10; 20; 30; 40; 50° и для каждого из них через 15° по азимуту снимают показания датчиков X , Y , Z . По

полученным результатам строят кривые нормального поля X_0 , Y_0 , Z_0 (рис. 69).

Величину поля ΔZ_0 проверяют каждый раз перед выездом на скважину.

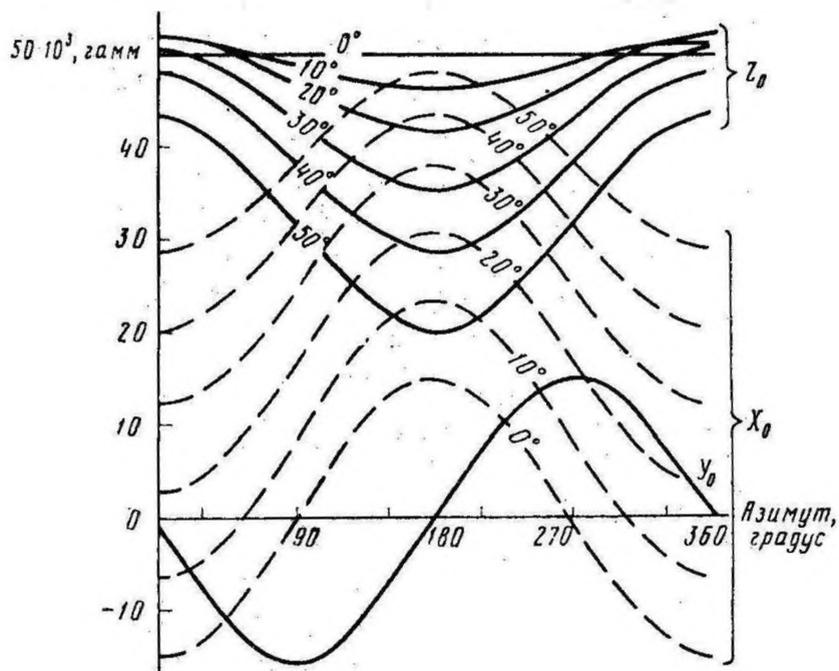


Рис. 69. Кривые нормального магнитного поля магнитометра ТСМК-40. Шифр кривых — углы наклона в градусах

Проведение измерений на скважине

Измерения в скважине начинают с записи кривой ΔZ , чтобы скважинный прибор принял рабочий температурный режим перед регистрацией кривой κ .

Для учета ошибок, обусловленных дрейфом нуля ΔZ , вблизи устья скважины, вдали от автомашины, железных предметов и бурового агрегата выбирают дополнительный контрольный пункт КП_{скв}, на котором измеряют ΔZ до и после каротажа, и полученные показания записывают на диаграмме.

На диаграммной ленте фиксируют нуль регистратора, устанавливают масштаб записи кривой ΔZ и отмечают отклонения ползунка реохорда при различных показаниях ступенчатого компенсатора (прямой и обратный ходы). Эти же показания фиксируют и в конце измерений.

В процессе спуска прибора на забой контролируют работу аппаратуры. При кратковременной остановке прибора на забое измеряют $\Delta Z_{заб}$.

Так как максимальный выход прибора ТСМК-40 соответствует напряженности поля 40 000—50 000 гамм, то с учетом величин

поля на устье и забое скважины часть поля компенсируют ступенчатым компенсатором, набирая на нем такое количество гамм, при котором разность между максимально измеряемым полем в скважине и полем, скомпенсированным компенсатором, была бы меньше 40 000—50 000 гамм.

С учетом выбранного масштаба $n_{\Delta Z}$ резистором R57 « ΔZ » (см. рис. 68) или ГКП станции устанавливают начало записи кривой ΔZ . В таком положении пера регистратора на диаграммной ленте делают черту и против нее записывают $\Delta Z_{заб}$.

Соблюдая рассмотренные выше методические положения, записывают кривую ΔZ . Измеряют ΔZ в соответствии с методическими положениями § 47.

Оценив качество записи ΔZ , регистрируют кривую κ . При этом подготовку аппаратуры к работе делают возможно быстрее, чтобы не нарушить установившийся температурный режим скважинного прибора. Техника работ при записи кривой κ такая же, как описано выше.

Снаряд ΔZ — κ устанавливают около скважины, желательно на то же самое место, что и перед измерением ΔZ , не ближе 2—3 м от металлических предметов. На диапазоне 2 или 3 κ -канала и пределе «Л-100» (см. рис. 6) потенциометра проверяют истинный нуль прибора ИП2 «Восприимчивость» (см. рис. 68) и устанавливают масштаб записи кривой. Переключаются на диапазон 4 или 5 κ -канала и контролируют работу аппаратуры при помощи рабочего эталона. Нулевое положение ползунка реохорда и его отклонения от рабочего эталона при установке масштаба фиксируют на ленте до и после каротажа. При спуске прибора на забой контролируют работу аппаратуры и правильность установки масштаба записи n_{κ} . Порядок проведения измерений κ такой же, как и ΔZ .

Убедившись в хорошем качестве кривой κ , приступают к регистрации составляющих поля в соответствии с методическими положениями, рассмотренными выше. При этом техника работ такая же, как и при проверке прибора ССТ на базе.

Для более точной привязки точек измерений по глубинам одну из меток на кабеле устанавливают против точки отсчета глубин и совмещают эту же метку на диаграмме ΔZ с пером регистратора. В дальнейшем спуск прибора осуществляют с включенной протяжкой ленты.

Точки замеров номеруют на диаграмме, записывают в журнал, их глубины затем считывают с диаграммой ленты после выполнения измерений в скважине. Полученные результаты измерений заносят в рабочий журнал.

Оценка качества диаграмм магнитометрии скважин

Оформление и оценка качества диаграмм магнитометрии скважин и других методов каротажа в принципе одинаковы. Полученные диаграммы снабжаются форменными заголовками [50].

Диаграммы магнитометрии скважин считаются высококачественными при соблюдении следующих требований:

1) запись кривых произведена в соответствии с методическими и техническими положениями, рассмотренными в § 46 и 47;

2) качество записи кривых и точечных замеров соответствует пунктам 2, 5, 7, 16, 18 § 10;

3) диаграммы правильно оформлены и содержат в начале и конце записи расшифрованные градуировочные и контрольные сигналы;

4) все аномалии поискового масштаба кривых κ и ΔZ детализированы, при этом детализационные кривые начинаются и заканчиваются соответственно ниже и выше аномальной зоны не менее чем на 1 м;

5) контрольные измерения и перекрытия ранее проведенных исследований выполнены в объеме не менее 50 м (для кривых κ и ΔZ) и не менее 10% от общего числа точек основных замеров (для составляющих поля);

6) расхождения между основными и контрольными замерами интенсивности не превышают 10%, а глубин — 0,3 м (поисковый масштаб) и 0,15 м (детализационный масштаб);

7) дрейф нуля кривой κ по отметкам до и после каротажа находится в пределах $5 \div 6$ мм, а кривой ΔZ — в пределах $2 \div 3$ мм (на $KП_{с.кв}$).

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИН

Г л а в а XV

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В СКВАЖИНАХ

§ 48. МЕТОДИКА РАБОТ

В основу термометрии положено различие горных пород и полезных ископаемых по их тепловому сопротивлению и температуропроводности.

Термометрию применяют для изучения геотермического градиента или ступени (эти данные используются для построения геотермических карт района работ и расчета вентиляции проектируемых шахт), для определения высоты подъема цементного кольца, выявления газоносных пластов в разведочных и эксплуатационных скважинах, установления мест поглощения бурового раствора, притока и затрубной циркуляции жидкости, оценки температурных условий работы бурового инструмента и геофизических приборов, реже — для изучения геологического разреза.

Перед определением геотермического градиента (ступени) скважина должна находиться в состоянии покоя (отсутствуют перелив, газопроявления, циркуляция раствора, закачка жидкости, затрубное движение жидкости) для скважин диаметром 0,2—0,3 м не менее 10 сут. Допустимым считается такое время, после которого разница между измеряемой температурой и температурой пород в любой точке скважины не превышает 1° С [50].

Обычно время пребывания скважины в покое определяется в опытным порядке. Например, Артемовской геофизической экспедицией установлено, что в условиях Донбасса для полного теплообмена между буровым раствором и горными породами в скважине диаметром 89 мм требуется не менее 12 ч, при этом разность температур между раствором и породами не превышает 0,5° С.

При изучении геотермического градиента, кроме записи термограммы, необходимо выполнять измерения температуры в отдельных точках скважины при неподвижном термометре. При этом надо помнить, что постоянная времени термометра в этом случае примерно в 2 раза больше, чем при быстром его движении в скважине. Кроме того, для контроля следует иметь две геотермограммы, зарегистрированные с интервалом не менее 1 сут.

Термометрию для отбивки цементного кольца (ОЦК) производят в первые 1—2 сут после затворения цемента, так как именно в это время выделяется наибольшее количество тепла. Цементное кольцо на термограмме отмечается достаточно четко, если оно находится на небольшой глубине в кавернозных породах невысокой температуры. Однако по результатам термометрии невозможно оценить качество схватывания цемента с колонной и породой.

Отбивка цементного кольца затруднительна при исследовании высокотермальных скважин, когда температура пород соизмерима с температурой схватывания цемента, при цементировании скважин облегченными тампонирующими смесями, выделяющими при схватывании небольшое количество тепла, при повторной заливке цементного раствора в период капитального ремонта скважин [35].

Процесс расширения газа при поступлении его в буровой раствор сопровождается понижением температуры (эффект охлаждения), что используется для выделения в разрезах скважин газоносных пластов. В разведочных скважинах по результатам измерения температуры можно выделить газоотдающие пласты в достаточно большом интервале опробования, оценить эффективные мощности газоносных коллекторов, определить критические значения коллекторских свойств и величины геологических и геофизических параметров (мощность пластов, удельное сопротивление, относительную гамма-активность), характеризующих эти свойства [40].

Если в разведочных скважинах не наблюдались газопроявления в процессе бурения, то целесообразно выполнить термометрию при допустимом понижении гидростатического давления бурового раствора. Такие скважины обязательно должны быть оборудованы превентером. В последнее время термометрию в эксплуатационных газовых скважинах стали выполнять при изменении их рабочих дебитов. В таких случаях обычно используется бронированный кабель, который заводится через сальник лубрикатора.

Для преодоления противодействия газа сверху над термометром закрепляют несколько свинцовых грузов, вес Q которых рассчитывают по формуле [41]

$$Q = R^2 p / (r - R)^2 \delta, \quad (80)$$

где R — радиус кабеля; r — радиус груза; p — давление газа в скважине; δ — плотность свинца.

Общая длина грузов и прибора не должна превышать длины лубрикатора.

Перед спуском прибора в скважину ее шаблонируют с целью исключения возможного прихвата груза и прибора. Спуск кабеля осуществляется при включенной задней скорости подъемника. Интервал времени между замерами температуры и количество замеров зависят от конкретных условий и выбираются в опытным порядке. Например, на Шебелинском газовом месторождении при дебите скважины 200 тыс. м³/сут сразу записывались три термограммы: первая — при подъеме прибора, вторая — при спуске и третья —

при подъеме. На таких термограммах четко отбивается нижняя граница газоотдающего пласта. Техника измерений в скважинах под давлением обычно не отличается от измерений в разведочных скважинах.

Методика измерений при установлении мест притоков и поглощений состоит в следующем. При определении притока методом оттартывания в скважине лучше создать неустановившийся тепловой режим при температуре раствора ниже температуры пород. Сразу же после этого выполняют контрольный замер. После каждого оттартывания через определенные промежутки времени записывают термограммы. Место притока отмечается резким повышением температуры. Время между замерами определяют в опытным порядке, так как возрастание температуры зависит от многих факторов: температуры пород и раствора, диаметра скважины, плотности и уровня раствора и т. д. Слишком сильно понижать уровень раствора не следует, так как может произойти растягивание тепловой аномалии.

В скважинах, где недопустимо понижение уровня раствора, места притоков определяют методом продавливания. При этом используется свойство водоотдающего пласта поглощать воду при искусственном увеличении давления раствора в скважине. Скважина заполняется сверху раствором, температура которого меньше температуры раствора, находящегося в ней. После закачки раствора и каждого продавливания производят запись термограммы. Интервал притока отмечается характерным изломом кривой. При свободном поглощении раствора в скважине наблюдают за перемещением контакта двух растворов различной температуры.

Затрубное движение жидкости определяют при неустановившемся тепловом режиме, закачивая в скважину раствор, имеющий более низкую температуру, чем у окружающих пород. Вначале выполняют контрольный замер, а затем в течение нескольких часов записывают несколько термограмм. До и после интервала затрубной циркуляции наблюдается постепенное нарастание температуры с глубиной, а сам интервал отмечается постоянством температуры.

Термограммы записываются в масштабе глубин 1 : 500 в нефтяных и газовых скважинах и 1 : 200 — в угольных и рудных скважинах. Масштабы температур устанавливаются 0,25 и 0,5° С в 1 см в нефтяных, газовых и рудных скважинах, 1° С в 1 см в угольных скважинах, 0,5° С в 1 см в гидрогеологических скважинах при определении притока [50].

Температуру измеряют градуированными приборами. Градуировку выполняют не реже одного раза в три месяца, а также после замены чувствительных плечей и других деталей схемы.

Если планируется проведение в скважине комплекса работ, то первой выполняют термометрию при спуске термометра, чтобы не нарушать установившийся тепловой режим скважины. При ОЦК термограмму записывают по всему зацементированному интервалу и не менее чем на 300 м ниже и выше этого интервала.

ную разность потенциалов, потенциометрами «Нормализация» и «Умножить» добиваются требуемого отклонения для заданного значения m ; при этом стрелка прибора в цепи компенсационного элемента ПАСК-8 должна находиться на середине (или правее) шкалы.

Обычно в полевых условиях потенциометром ЭП-1 не пользуются, а известные разности потенциалов ΔU подают от ГКП или контрольных шунтов. Известные разности потенциалов $9 \times 0,5$; 9×5 и 9×50 мВ с ГКП будут сниматься при токе в его цепи, равном 5 мА. Для установки этого тока поступают следующим образом. Градуированный компенсатор включают в канал с известной постоянной m (см. выше), определяют на ГКП некоторую ΔU и делят ее на m . Расчетного отклонения добиваются путем регулировки тока в цепи ГКП (потенциометром «Нормализация» ГКП). Например, при $m = 12,5$ мВ/см и второй позиции переключателя 9×50 мВ ползунок реохорда необходимо установить на 8 см, т. е. с ГКП точно снимается $\Delta U = 100$ мВ, что соответствует току 5 мА в его цепи. По положению стрелки прибора в цепи компенсационного элемента ГКП на шкалу наносят черту или его показания заносят в аппаратный журнал.

Учитывая, что разность потенциалов, снимаемая с ГКП, изменяется со временем вследствие «старения» элемента, устанавливать постоянную m предпочтительнее по известной разности потенциалов с контрольных шунтов. Для этого шкалу миллиамперметра в токовой цепи необходимо проградуировать прибором более высокого класса точности.

Если постоянную m устанавливают с использованием делителя, то разность потенциалов подают с контрольных шунтов.

Можно, хотя и менее удобно, установить сначала постоянную m меньше номинального значения (2,5 и 12,5 мВ/см), а затем увеличить ее в 25 раз включением делителя.

Схема измерения КС, ПС и градиента ПС

При одновременной записи кривых КС и ПС электроды A , B и M зонда подключают к соответствующим гнездам на ПТП, а гнездо « N » — к заземлению.

При записи кривых КС и градиента ПС электроды A , M и N зонда подключают к одноименным гнездам на ПТП, а гнездо « B » заземляют; полярность подключения вилки канала ПС на входе потенциометра изменяется на обратную (это равнозначно верхнему положению электрода N и нижнему положению электрода M на зонде в цепи ПС). В обоих вариантах схем тумблер « I , $II - I + II$ » должен находиться в положении « I , II », а тумблеры «Измерение; C » — в положении «Измерение» (см. рис. 6). В случае записи кривой КС вторым каналом потенциометра необходимо тумблер « I , $II - I + II$ » перевести в положение « $I + II$ », а тумблер «Измерение; C » — поставить в положение « C ». Вторым каналом кривую КС можно записать и при последовательном соединении

Наибольшей допустимой скоростью перемещения термометра принимается такая, при которой погрешность измерений не превышает $0,2^\circ \text{C}$ по сравнению с измерениями на самой малой скорости (табл. 23).

Т а б л и ц а 23

Допустимые скорости перемещения термометра

Постоянная времени, с	0,5	0,5—1,0	1—2	2—4	Свыше 4
Допустимая скорость, м/ч	1000	800	600	400	300

При определении притоков в местах аномалий скорость перемещения прибора должна быть уменьшена до 100—200 м/ч. При ОЦК она может быть увеличена вдвое по сравнению с величинами, указанными в табл. 23.

Точкой записи термограммы является середина медной трубочки, в которой находятся чувствительные элементы термометра. Перед записью кривой на диаграмме фиксируют нулевое положение пишущего устройства и его отклонения от контрольного шунта или стандарт-сигнала при нахождении электротермометра в емкости с раствором или в воздухе, а также в начале записи термограммы.

Для непрерывного контроля за током питания термометров на трехжильном кабеле на станциях АКС/Л-7 и АКС/Л-64 один из измерительных каналов должен записывать кривую стабильности тока в цепи АВ. В начале, середине и конце интервала исследований обязательно фиксируются нулевые показания блика этого канала.

При работе с термометрами на трехжильном кабеле температура среды определяется по формуле

$$T = T_0 + C_T \frac{\Delta U}{I}, \quad (81)$$

где T_0 — температура равновесия мостика ($\Delta U = 0$), $^\circ\text{C}$; ΔU — измеряемая разность потенциалов, мВ; C_T — постоянная термометра, $^\circ\text{C}/\text{Ом}$; I — сила тока, мА.

Термометр характеризуется нормальной чувствительностью S при нормальной силе тока I_0 ; величина S соответствует ΔU при изменении температуры на величину ΔT , т. е.

$$S = \Delta U / (T - T_0), \quad (82)$$

Обычно $S = 2,5 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$.

Значения I_0 , S и T_0 выгравированы на металлической планке, укрепляемой на одной из ножек фонаря термометра.

При $T - T_0 = 1^\circ \text{C}$ и $\Delta U = S = 2,5 \text{ мВ}$ формула (81) примет вид

$$I_0 = 2,5 C_T. \quad (83)$$

Обычно $I_0 = 10 \div 15 \text{ мА}$.

При измерении температуры отклонению пишущего устройства на 1 см соответствует $\Delta U = m$ (постоянная по напряжению) и $\Delta T = n_T$ (масштаб термограммы).

Тогда формула (81) примет вид

$$I = C_T m / n_T. \quad (84)$$

Как видно из формулы (84), заданный масштаб термограммы можно получить путем изменения как силы тока в цепи питания, так и постоянной по напряжению измерительного канала. При этом не обязательно знать точные значения I и m , однако величина m должна быть выбрана такой, чтобы сила тока I не превышала двойного паспортного значения.

Из формул (83) и (84) видно, что m для общепринятых масштабов имеет малые значения, а это требует обязательного регулирования сопротивления канала при работе с фоторегистраторами.

Масштаб n_T устанавливают по отклонению l пишущего устройства при подключении измерительного канала к контрольному шунту R_0 по формуле [46].

$$l = C_T R_0 / n_T. \quad (85)$$

Контрольный шунт подбирают такой, чтобы l было максимально большим, но пишущее устройство не выходило за пределы шкалы регистрирующего прибора. Для более точного определения величины n_T отклонение l устанавливают по блику основного гальванометра или на линейной шкале автоматического потенциометра.

При работе с термометром ТЭГ-2 в схему генератора скважинного прибора включаются резисторы, имитирующие температуры 20 и 100° С, т. е. перепад температур составляет 80° [4].

При установке позиции «100°» в измерительную цепь включают некоторую ΔU от ГКП, потенциометром «Масштаб» (см. рис. 72) устанавливают пишущее устройство на нуль и определяют величину S по формуле

$$S = \Delta U / 80. \quad (86)$$

Изменив показания ГКП на 5 мВ, путем регулировки постоянной по напряжению измерительного канала устанавливают для заданного масштаба n_T отклонение пишущего устройства по формуле

$$l = 5 / S n_T. \quad (87)$$

§ 49. ТЕХНИКА РАБОТ

Техника работ с термометрами на трехжильном кабеле

Перед подключением термометра к аппаратурному стенду станции проверяют сопротивление изоляции его схемы и определяют назначение жил. При проверке изоляции схемы термометр переворачивают

чувствительным плечом кверху и слегка ударяют по корпусу. Термометр ЭТС-2 ударять не нужно, так как ртутный контакт в схеме размыкается при перевернутом приборе.

Допустимым сопротивлением изоляции схемы термометра считается 2 МОм, для гарантии на поверхности оно должно быть равно 5—6 МОм. Назначение жил определяют тестером. Сопротивление между жилами M и N термометра — наибольшее, например, у ЭТМИ-58 — около 300 Ом.

Техника работ на станции типа АЭКС

Жилы A , M и N термометра подключают к соответствующим гнездам пульсаторно-токовой панели (см. рис. 4), гнездо « B » подключают к заземлению либо к корпусу прибора (при работе на поверхности). Полярность подключения жил должна быть такая, чтобы при увеличении температуры ползунок реохорда отклонялся влево. Это проверяется при измерении температуры путем нагревания чувствительного плеча (потереть рукой).

Поскольку в станции ток в цепи AB не стабилен, реостат грубой регулировки тока необходимо полностью ввести и в токовую цепь включить балластное сопротивление тумблером «Малый ток». Регулировку тока в цепи AB производят путем изменения напряжения выпрямительного блока и реостатами средней и точной регулировки тока. Если станция питается от собственного бензоэлектроагрегата, то цепь AB термометра лучше питать от батарей.

Работу с термометром выполняют в следующем порядке. Включают питание станции, готовят к работе ПАСК-8 (см. рис. 6), устанавливают предел измерений «Л-20», а токовую и измерительную цепи — для работы на постоянном токе. Тумблер « $I - \Delta U$ » (см. рис. 4) устанавливают в положение « I », т. е. канал подключают к контрольному шунту. Включают токовую цепь. Реостатами регулировки тока и потенциометрами «Умножить» и «Нормализация» (см. рис. 6) ползунок реохорда устанавливают на расчетное отклонение l , соответствующее задаваемому масштабу [формула (85)], при этом стрелка прибора в цепи компенсационного элемента потенциометра должна быть против середины шкалы.

Выключают токовую цепь, в измерительный канал вводят некоторую разность потенциалов от ГКП $\Delta U_{ГКП}$ и переводят показания ГКП в градусы. Тумблер « $I - \Delta U$ » переводят в положение « ΔU », вводят $\Delta U_{ГКП}$, при которой начало записи термограммы соответствует положению ползунка реохорда в правой части шкалы (10—12 см), определяют температуру в данной точке скважины и производят запись кривой при спуске прибора.

Если в процессе записи термограмма подходит к левому краю диаграммной ленты (1—2 см), то ее переносят вправо путем изменения показаний на ГКП, не останавливая записи.

Техника работ на станциях типа АЭС

Цепь AB термометра подключается к гнездам «-АВ» панели управления, а жилы M и N — к соответствующим гнездам измерительной панели (см. рис. 8, 9) с соблюдением такой полярности, как на станции АЭС. В токовую цепь термометра включают также балластное сопротивление 10—12 кОм, так как при малом токе в цепи AB не обеспечивается достаточная его стабилизация универсальными источниками питания.

Работу выполняют в следующем порядке. Готовят к работе фоторегистраторы и токовые цепи. Блики дополнительных гальванометров закрывают шторками (регистратор ФР-6) или корректорами нуля выводят за шкалу (регистратор НО13). Тумблер «АВ-короткое» переводят в положение «Короткое». Измерительную цепь устанавливают для работы на постоянном токе, переключатель пределов измерения миллиамперметра панели управления станции типа АЭС — в положение «15» или «60» мА. Штекером с сопротивлением 600 Ом соединяют гнезда выбранного контрольного шунта « R_0 » и « $K1$ » измерительной панели, а штекером без сопротивления — гнезда «ГКП» и « $K2$ ». Устанавливают в измерительном канале коэффициент ослабления 2—5.

Установив переключатель «Выкл.; \sim ; =» панели управления в положение «=», включают источник питания и после его прогрева подают ток в цепь питания термометра. Регулируют выходное напряжение источников питания (обычно не более 200 В) и по миллиамперметру панели управления устанавливают ток питания термометра, близкий к паспортному. Устанавливают масштаб термограммы по отклонению блика гальванометра [см. формулу (85)] путем грубого и плавного изменения постоянной по напряжению, а при необходимости — и регулированием тока источника питания.

Для проверки сопротивления измерительного канала выключают токовую цепь и на него подают $\Delta U_{\text{ГКП}}$ (обычно переключатель « 9×5 » на ГКП устанавливают в первое положение). Штекер с сопротивлением извлекают из гнезда « $K1$ ». При отрегулированном сопротивлении канала блик гальванометра останется в прежнем положении, в противном случае регулируют сопротивление канала. Регулировку сопротивления канала и перевод показаний ГКП в градусы производится одновременно.

Чтобы блик гальванометра не выходил за пределы шкалы, перед включением на запись термограммы увеличивают коэффициент ослабления до 10—20 и подают ток в цепь термометра. Изменяют показания ГКП (обычно отрицательные у устья скважины, так как $T < T_0$) и коэффициент ослабления таким образом, чтобы блик гальванометра все время находился в пределах шкалы, устанавливают коэффициент ослабления, который был при установке масштаба, и выбирают начало записи термограммы в правой части шкалы. С учетом показаний ГКП определяют температуру в данной точке скважины и производят запись кривой так же, как на станции типа АЭС.

Техника работ с термометром на одножильном кабеле

Термометр типа ТЭГ подсоединяют к кабелю (рис. 70). Необходимые напряжения (≈ 270 В и ~ 110 В) на панель термометра могут быть поданы от любых источников питания. При работе на станциях АКС/Л-64, АКС/Л-7 необходимо изготовить отдельный коммутационный жгут (рис. 71).

После прогрева аппаратуры выполняют коммутацию путем нажатия кнопки Кн «20°; 100°; измерение» (рис. 72). Позиция переключателя скважинного прибора определяется по отклонению стрелки прибора панели термометра. Электрическим корректором нуля пишущее устройство регистратора устанавливают на нуль.

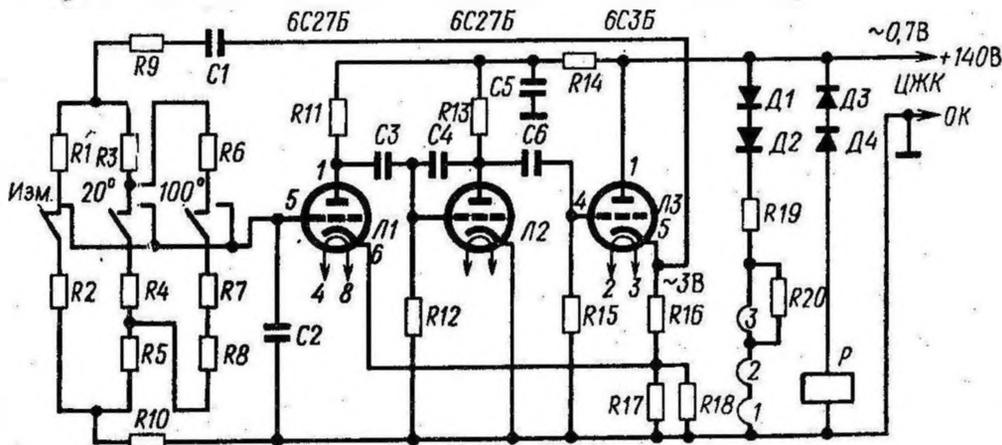


Рис. 70. Электрическая схема скважинного прибора ТЭГ-2

При полностью введенном регуляторе $R27$ «Масштаб» (повернут по часовой стрелке, что соответствует максимальной чувствительности) коммутируют переключатель скважинного прибора в позицию «20°», подключают разъем «Выход к регистратору» на вход измерительного канала станции и потенциометром $R20$ «Уст. нуля» снова приводят пишущее устройство к нулю, а механической регулировкой стрелку миллиамперметра на панели термометра выставляют на деление шкалы 20° С.

Заглубив канал регистратора, коммутируют переключатель скважинного прибора в позицию «100°», при которой стрелка должна установиться на деление шкалы «100°». При необходимости корректируют показания миллиамперметра регулированием потенциометра $R25$. После этого снова проверяют нулевое положение пишущего устройства при позиции «20°».

Устанавливают масштаб записи термограммы. Переключатель позиций термометра коммутируют в положение «100°», включают ГЖП, точно устанавливают в его цепи ток 5 мА, набирают на переключателе «9 × 5° мВ» некоторую разность потенциалов, например +200 мВ, и потенциометром «Масштаб» приводят пишущее устрой-

ство к нулю. При этой операции необходимо тщательно следить за тем, чтобы блик гальванометра сильно не закручивался. Постоянная m в канале регистратора должна быть 1,25—2,50 мВ/см.

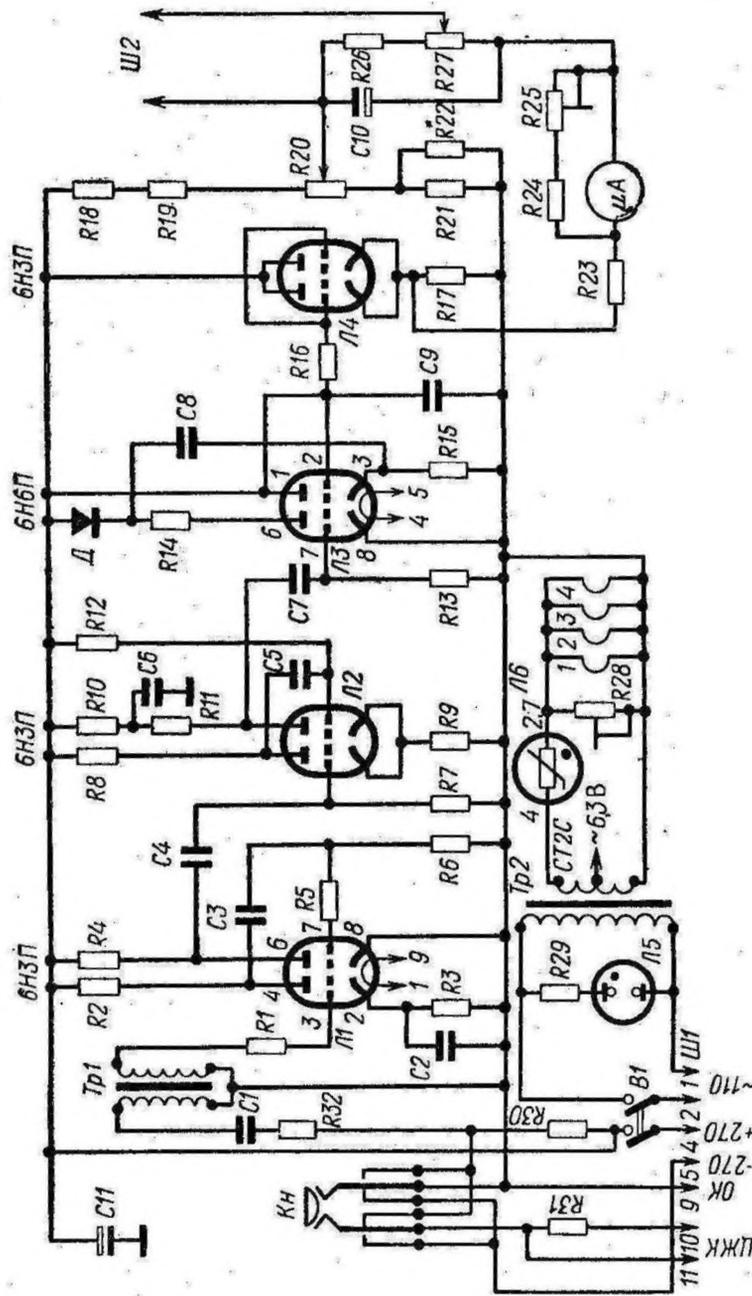


Рис. 71. Электрическая схема панели управления ТЭГ-2

Таким образом, изменению температуры на 1°C будет соответствовать

$$S = 200:80 = 2,5 \text{ мВ}/^\circ\text{C}.$$

Увеличивают показания ГКП на 5 мВ (соответствует изменению температуры на 2°C) и изменением постоянной по напряжению

в канале регистратора устанавливают отклонение пишущего устройства в соответствии с выбранным масштабом [формула (87)].

Например, при $n_T = 0,5^\circ \text{C}/\text{см}$ отклонение

$$l = 5 : (2,5 \cdot 0,5) = 4 \text{ см.}$$

Если на ГКП набрать и скомпенсировать 100 мВ ($S = 1,25 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$), то 5 мВ будут соответствовать 4°C , а масштабу $n_T = 0,5^\circ \text{C}/\text{см}$ — отклонение 8 см.

Термометр переключают на измерение температуры в скважине. Если при этом ползунок реохорда выходит за пределы шкалы, то на ГКП набирают некоторую разность потенциалов со знаком «плюс» при $T > 20^\circ$ и со знаком «минус» при $T < 20^\circ$.

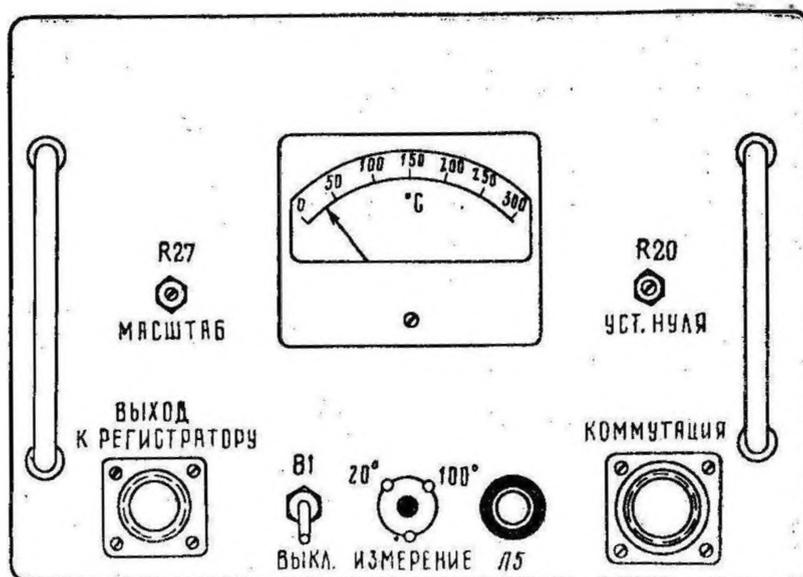


Рис. 72. Внешний вид панели управления ТЭГ-2

Начало записи кривой выбирают так же, как и при работе с термометрами на трехжильном кабеле.

Определяют температуру в начале записи и производят при спуске запись кривой.

Градуирование термометров

Градуирование термометров на трехжильном кабеле производится для проверки их линейности и определения постоянных C_T , S , T_0 , I_0 .

Термометр помещают в бак с водой или термостат, температура в которых изменяется в пределах $10\text{—}90^\circ \text{C}$. Нагревая, а затем охлаждая термометр, строят график $\Delta U = f(T)$ при силе тока больше и меньше I_0 . Температура измеряется ртутным термометром с ценой деления $0,1^\circ \text{C}$. Графики $\Delta U = f(T)$ представляют собой осредненные прямые линии, пересекающиеся на оси температур в точке T_0 .

Постоянную C_T определяют по двум точкам каждого графика (рис. 73):

$$C_T = \frac{I(T_2 - T_1)}{\Delta U_2 - \Delta U_1}, \quad (88)$$

а затем из нескольких определений находят ее среднее значение.

По формуле (83) находят I_0 . Силу тока в цепи питания термометра и разности потенциалов в диагонали мостика измеряют по отклонению пишущего устройства регистрирующего прибора, поэтому перед измерениями в измерительном канале устанавливается точная величина постоянной по напряжению.

При измерении $T > T_0$ изменяют полярность подключения жил M и N или выхода канала на регистрирующий прибор. При этом надо помнить, что ΔU будет положительной.

Градуирование термометра ТЭГ-2 сводится к подбору эталонных резисторов $R4$ и $R7$ (см. рис. 70) и построению градуировочного графика. Это выполняется следующим образом. Вместо резисторов $R4$ и $R7$ в схему включают магазины сопротивлений. При позиции «Измерение» потенциометром $R20$ «уст. нуля» (см. рис. 71, 72) устанавливают выходное напряжение, равное нулю. При позиции «20°» подбором величины сопротивления на магазине также добиваются нуля выходного напряжения. Затем спаивают изготовленное проволочное сопротивление $R4$, величина которого равна сопротивлению на магазине. Проверяют выходное напряжение при позициях «20°» и «Измерение». Нулевые напряжения указывают на правильность подбора $R4$. Ползунок потенциометра $R20$ должен находиться в среднем положении, в противном случае подбирают $R22$. Аналогично поступают и при подборе резистора $R7$, имитирующего температуру 100° С. Компенсацию выходного напряжения производят при помощи ГКП. Резисторы $R4$ и $R7$ должны иметь сопротивление не более 20 Ом, в противном случае сопротивления чувствительных элементов или иные сопротивления этого узла не соответствуют требуемому значению.

При всех трех положениях на экране электронного осциллоскопа наблюдают за формой импульсов на катоде (контакт 5) лампы ЛЗ скважинного прибора (см. рис. 70). Форма колебаний — синусоидальная, с несколько срезанными вершинами при положительных и отрицательных полуволнах.

Градуировку ТЭГ-2 производят в термостате, где можно создать температуру более 100° С. По полученным данным строят график зависимости измеряемой температуры от заданной. При одинаковых масштабах координатных осей получают прямую, идущую под углом 45°. Отклонение графика от прямой не должно превышать

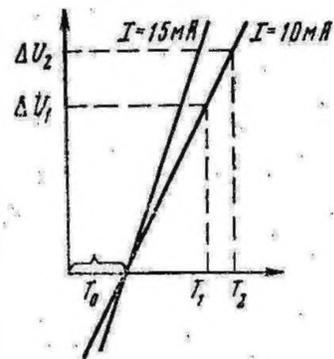


Рис. 73. Градуировочные графики термометра

десятих долей градуса; большие отклонения указывают на неисправность измерительной панели или отличие чувствительного плеча термометра от расчетного.

Одновременно при градуировке термометра определяют его постоянную времени τ , в соответствии с которой выбирают оптимальную скорость измерений при различных видах работ. Постоянную τ определяют при вводе в эксплуатацию новых приборов и после ремонта чувствительного элемента.

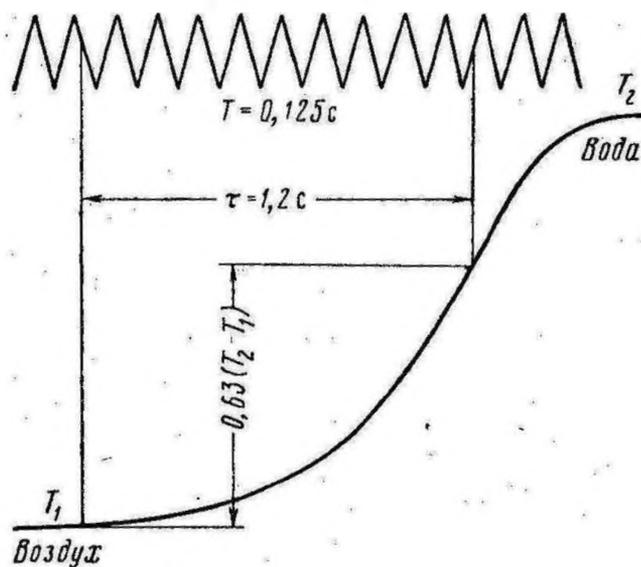


Рис. 74. Пример определения постоянной времени τ термометра

Необходимо приготовить два бака с водой с перепадами температур 2, 5 и 10° С и выполнить в них измерения температуры при быстром переносе термометра из одной среды в другую, фиксируя на диаграмме марки времени, в качестве которых рациональнее всего использовать колебания блика гальванометра (см. § 30).

Включив протяжку от электродвигателя панели контроля картажа, фиксируют на бумаге температуры T_1 и T_2 при быстром переносе термометра из одной среды в другую. Постоянная времени будет представлять собой время, в течение [которого термометр воспринимает 0,63 ($T_2 - T_1$)] (рис. 74).

Определение температуры на термограмме

Температура на термограмме в данной точке скважины определяется по формуле

$$T = T_0 \pm \Delta T \pm \Delta T_{\text{ГКП}}, \quad (89)$$

где T_0 — температура, при которой $\Delta U = 0$; $\Delta T = \ln_T$ — температура, измеренная по отклонению пишущего устройства; $\Delta T_{\text{ГКП}}$ — температура, установленная на ГКП.

Перевод показаний ГКП в градусы производится следующим образом. После установки масштаба термограммы токовую цепь выключают и в канал вводят $+\Delta U_{\text{ГКП}}$, поставив переключатель «9 × 5 мВ» в положение 1 (см. рис. 6, 9). Отклонение пишущего устройства при этом будет зависеть от установленной ранее постоянной по напряжению m , соответствующей заданному масштабу термограммы n_T , и силы тока в цепи ГКП. Регулируют ток в цепи ГКП и добиваются отклонения пишущего устройства, например, на 4 или 8 см, тогда при $n_T = 0,5$ град/см одно положение ГКП «5 мВ» будет соответствовать 2 и 4° С.

Так как ток в цепи ГКП может отличаться от 5 мА, то здесь идет речь не о разности потенциалов 5 мВ, а лишь о положении «5 мВ» переключателя «9 × 5 мВ».

С учетом сказанного формула (89) примет вид

$$T = T_0 \pm ln_T \pm \frac{lN}{5}k, \quad (90)$$

где l — отклонение пишущего устройства, см; N — показания ГКП, считываемые с ручек его переключателей; k — цена деления одного положения «5 мВ» ГКП, °С.

Слагаемое ln_T берут со знаком минус, если при увеличении температуры пишущее устройство отклоняется влево; знак слагаемого $\frac{N}{5}k$ соответствует полярности ГКП. Если при увеличении температуры пишущее устройство отклоняется вправо (обратная полярность), то слагаемое ln_T берут со знаком плюс, а $\frac{N}{5}k$ — со знаком, противоположным полярности ГКП. Температуру на термограмме, записанной термометрами типа ТЭГ, определяют по формуле (90), в которой $T_0 = 20^\circ \text{С}$, N — известная разность потенциалов, установленная на ГКП.

§ 50. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕРМОГРАММ

Полученная термограмма снабжается форменным заголовком с перечнем сведений, указанных в пункте 19 § 10. Кроме того, в заголовке указывают величину балластного сопротивления, включаемого в токовую цепь, дату градуировки прибора и условия записи (при спуске или подъеме), время между окончанием промывки и замером.

На термограмме проставляют глубины, показания ГКП в начале и конце записи, начальную и конечную температуры, масштабные шкалы — сверху и в местах переноса на термограммы с увеличением температуры слева направо (через 2 см). Переносы кривой должны быть выполнены при перемещении прибора до выхода пишущего устройства за нуль шкалы, так как при остановке термограмма искажается в результате перераспределения тепла в деталях термометра.

каналов, но тогда левый тумблер «Измерительная цепь» на ПТП должен находиться в положении «=», а тумблер «Измерение; С» — в положении «Измерение». Если при этом включить и канал I, то оба канала потенциометра будут записывать кривые КС.

При записи только кривой ПС один из электродов зонда (обычно нижний) подключают к гнезду «М» на ПТП, а заземление — к гнезду «N»; при записи лишь кривой градиента ПС верхний электрод зонда подсоединяют к гнезду «N», а нижний — к гнезду «М» на ПТП; можно также выводы «М» и «N» зонда подключить прямо на вход потенциометра.

Точкой записи кривых КС (для всех зондов) и градиента ПС является середина между сближенными электродами, а кривой ПС — электрод М.

Техника работ при установке масштаба $n_{КС}$

При установке масштаба $n_{КС}$ не обязательно знать точную величину постоянной по напряжению m (см. § 3), поэтому стрелку прибора в цепи компенсационного элемента потенциометра достаточно потенциометром «Нормализация» установить на середину шкалы.

Поскольку для уменьшения влияния помех на кривую КС в цепи АВ повышают силу тока с целью получения возможно большей разности потенциалов полезного сигнала, значительно превышающей уровень помех, то для записи кривой в заданном масштабе необходимо увеличить постоянную m . Однако слишком большой ток в цепи АВ устанавливать не рекомендуется, так как это может привести к значительному искрению на щетках токового коллектора пульсатора и пробоем его изоляции. По формуле (2) сначала ориентировочно определяют силу тока в цепи АВ для заданного масштаба $n_{КС}$ при выбранной постоянной m .

Заданный масштаб $n_{КС}$ устанавливают по отклонению l ползунка реохорда в соответствии с формулами (5) и (6). Для более точного отсчета l измерения выполняют на линейной шкале, а запись кривой КС — на масштабной, чтобы уменьшить число перекрытий на интервалах, где кривая не помещается по ширине диаграммной ленты.

При проведении БКЗ для более уверенного отсчета существенных значений ρ_k кривые КС рекомендуется регистрировать на линейной шкале.

Каждый оператор должен составить таблицу общепринятых масштабов $n_{КС}$ и соответствующих им отклонений при выбранных R_0 и m . При установке масштаба $n_{КС}$ ПТП устанавливается для работы на переменном токе, тумблер «I — ΔU » переводится в положение «I» и при вращающемся пульсаторе заданное отклонение l обеспечивается регулировкой тока в цепи АВ и подбором значения m в канале потенциометра. Корректировку отклонения l можно выполнить путем изменения силы тока в цепи компенсационного элемента потенциометрами «Нормализация» и «Умножить», но таким

На термограмме должны быть четко зафиксированы нуль пишущего устройства и его отклонение в соответствии с заданным масштабом в начале и конце интервала исследований.

Погрешности определения глубин не должны превышать удвоенных значений погрешностей, указанных в § 5.

Погрешности измерений температуры электротермометром определяют путем сравнения его показаний с показаниями ртутного термометра. Абсолютные расхождения при определении температуры пласта и геотермического градиента не должны быть более $0,5^{\circ}\text{C}$, в остальных случаях — не более 2°C . Погрешности за счет незакономерной изрезанности кривых не должны превышать $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ для геотермического градиента и $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ — для ОЦК. Если измерения температуры выполнены по точкам, то погрешность между основным и контрольным замером не должна быть более $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Контрольные замеры выполняются на одних и тех же глубинах через каждые пять точек. Результаты измерений заносятся в специальный журнал [50].

Глава XVI

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА СКВАЖИН

§ 51. МЕТОДИКА РАБОТ

Измерение диаметра скважины проводят на всех типах месторождений полезных ископаемых. Знать диаметр скважины необходимо для уточнения геологического разреза пород, выделения проницаемых пластов и определения их мощности в терригенных отложениях нефтяных, газовых и гидрогеологических скважин, корреляции разрезов, интерпретации материалов других геофизических исследований, контроля технического состояния скважины, точного определения места установки башмака колонны, скважинных фильтров, обсадных труб, подсчета объема затрубного пространства скважины при определении количества цемента, необходимого для цементирования обсадной колонны.

Кавернограммы обычно записываются в масштабе глубин 1 : 200, реже 1 : 500 или 1 : 50. В нефтяных и газовых скважинах часто берут масштабы записи кавернограмм 5 см/см, а при детальных исследованиях 1 или 2 см/см; в рудных и угольных скважинах — 5 или 2 см/см. Такой выбор масштабов обеспечивает возможность легкого отсчета значений диаметра и хорошую дифференциацию кривой.

Точкой записи кавернограммы являются нижние концы рычагов каверномера.

Глубины на кавернограмме определяются так же, как и в других методах каротажа.

Скорость перемещения каверномера при измерениях зависит от технического состояния скважины и применяемой каротажной станции. Максимально допустимой является такая скорость измерений, при которой максимальные значения диаметра скважины отличаются от их значений, зарегистрированных со скоростью в два раза меньше допустимой, не более чем на $\pm 1,5$ см [50]. Скорость измерений для станций с автоматическими потенциометрами 1000—1200 м/ч, а для станций с фоторегистраторами — 1500—2000 м/ч.

Диаметр должен измеряться градуированными приборами. Градуировка каверномеров на трехжильном кабеле независимо от типа прибора производится не реже одного раза в месяц, а на одножильном кабеле — не реже одного раза в неделю при помощи градуировочных колец или крестовины. Перед спуском каверномера в скважину на диаграмме фиксируют положение нуля регистратора или отклонение пишущего устройства при сжатых рычагах прибора, отклонение пишущего устройства при помещении рычагов каверномера в градуировочное кольцо или при полностью раскрытых рычагах и величину смещения нуля при подаче в канал разности потенциалов от градуированного компенсатора поляризации.

Независимо от величины интервала исследований обязательно записывают кавернограмму в колонне в объеме не менее 10 м с отбивкой башмака колонны.

Диаметр скважины d для каверномеров на трехжильном кабеле определяют по формуле

$$d = d_0 + C_d \frac{\Delta U}{I}, \quad (91)$$

где d_0 — диаметр, при котором $\Delta U = 0$, см; C_d — постоянная каверномера, см/Ом; ΔU — разность потенциалов, мВ; I — сила тока питания каверномера (обычно $I \approx 2$ мА).

Иногда вместо постоянной C_d пользуются нормальной силой тока I_0 , при которой изменению диаметра на 1 см соответствует $\Delta U = 1,25$ мВ, называемая нормальной чувствительностью S .

При $d - d_0 = 1$ см и $\Delta U = S = 1,25$ мВ формула (91) примет вид [27]

$$I_0 = 1,25 C_d \quad (92)$$

и

$$d = d_0 + \frac{\Delta U I_0}{1,25 I}. \quad (93)$$

При измерении диаметра отклонению пишущего устройства на 1 см соответствует $\Delta U = m$ и $d - d_0 = n_d$ (m — постоянная по напряжению при записи кривой, n_d — масштаб записи кривой).

Следовательно, формула (91) примет следующий вид:

$$I = C_d m / n_d. \quad (94)$$

Таким образом, заданный масштаб кавернограммы можно получить путем изменения величины как I , так и m , однако сила тока не должна превышать двойного паспортного значения.

Поскольку $C_d \approx 2$, при измерении диаметра постоянная m имеет большие значения, поэтому при работе с каверномерами не предъявляются такие высокие требования к регулированию сопротивления измерительной цепи (станции типа АКС), как при работе с термометрами.

Установка заданного масштаба кавернограммы обеспечивается по отклонению пишущего устройства при подключении измерительного канала к контрольному шунту R_0 по формулам

$$l = C_d R_0 / n_d i \quad (95)$$

$$l = \frac{C_d R_0}{n_d} \frac{m}{m_i}, \quad (96)$$

где m , m_i — соответственно постоянные по напряжению при записи кривой и установке масштаба n_d .

Формулой (95) пользуются в случае, когда кавернограмма записывается в крупном масштабе на станции типа АЭКС или в любом масштабе на станциях типа АКС, у которых $R_0 = 25$ Ом. Формулой (96) необходимо пользоваться на станции типа АЭКС, когда кавернограмма записывается при $n_d = 10$ см/см, так как при наибольшем $R_0 = 10$ Ом отклонение l будет малым.

§ 52. ТЕХНИКА РАБОТ

Техника работ с каверномерами на трехжильном кабеле

Перед подключением каверномера к кабелю измеряют сопротивление изоляции его схемы и определяют назначение жил.

Для измерения сопротивления изоляции переворачивают каверномер рычагами вверх и слегка ударяют по корпусу, с целью разомкнуть контакт схемы с корпусом, измеряют мегомметром сопротивление изоляции каждой жилы относительно корпуса (должно быть не менее 2 МОм).

Назначение жил каверномера определяют при помощи тестера. Токовая жила каверномера при его сложенных рычагах будет иметь наибольшее сопротивление по отношению к корпусу. Полярность подключения жил M и N каверномера должна быть такой, чтобы при измерении диаметра пишущее устройство отклонялось вправо.

Для проверки заполнения каверномера маслом на свечном мосту отвинчивают одну из пробок и слегка нажимают компенсатор давления; при нормальном заполнении оно должно появиться в отверстии.

Поскольку техника работ с каверномерами на станциях такая же, как и с термометрами, остановимся только на отличительных особенностях работы.

Техника работ на станции типа АЭКС

При $n_d = 2$ см/см устанавливают предел «Л = 20» потенциометра, ибо на большом пределе сила тока будет слишком большой [см. формулу (94)]. При $n_d = 5$ см/см установка масштаба и запись

кривой производится без изменения постоянной по напряжению на пределе «Л-100». В зависимости от величины изменения диаметра скважины при n_d , равном 2 или 5 см/см, в канал может быть введен ГКП. При $n_d = 10$ см/см установку масштаба производят обычно на пределе «Л = 20», а запись кривой — на пределе «Л = 100».

Напомним, что для лучшей стабилизации тока в цепь AB каверномера включают балластное сопротивление 10—20 кОм, и реостат грубой регулировки тока вводят полностью.

Установку масштаба кривой производят так же, как и при работе с термометром. Установленный масштаб кавернограммы проверяют при помощи калиброванных колец или крестовины и фиксируют на диаграмме отклонения, соответствующие масштабу записи и задаваемым диаметрам. Затем каверномер типа СКС или КМ-1 опускают в скважину со сложенными рычагами, которые на забое определенным способом раскрываются, что сопровождается резким отклонением ползунка реохорда вправо, и производят запись кривой.

Техника работ на станциях типа АКС

Схема подключения каверномера к аппаратурному стенду такая же, как у термометра.

В измерительной цепи устанавливается коэффициент ослабления 10—20, предел измерения миллиамперметра панели управления ЭМУ «15 мА» (см. рис. 8, 9), сила тока питания каверномера 2—4 мА. Установка тока производится регулированием выходного напряжения источника питания.

Установку масштаба кавернограммы производят по отклонению пишущего устройства [см. формулу (95)] регулированием силы тока в цепи AB и плавным изменением постоянной m на выбранном пределе измерений.

Техника работ с каверномерами на одножильном кабеле

При работе с каверномерами на одножильном кабеле используется панель ПКО (рис. 75, 76).

Каверномер подключается к гнездам «ЦЖК» и «ОК» панели ПКО. Напряжение ± 270 В на панель ПКО подают от любого источника питания. Измеряемый сигнал с панели ПКО подается через разъем «Выход» на вход любого измерительного канала станции.

На станциях типа АКС в измерительном канале устанавливается коэффициент ослабления 10—20, на станции ОКС/Л-64 — предел потенциометра «Л-100».

Установка масштаба кавернограммы производится следующим образом. При сложенных рычагах каверномера и положении «Замер» переключателя $B1$ «Мин.; замер; макс.» потенциометром $R9$ «Установка», а при необходимости и корректором нуля регистрирующего прибора устанавливают пишущее устройство на нуль. Затем рычагам каверномера задают известный диаметр раскрытия (d_{\max}) и

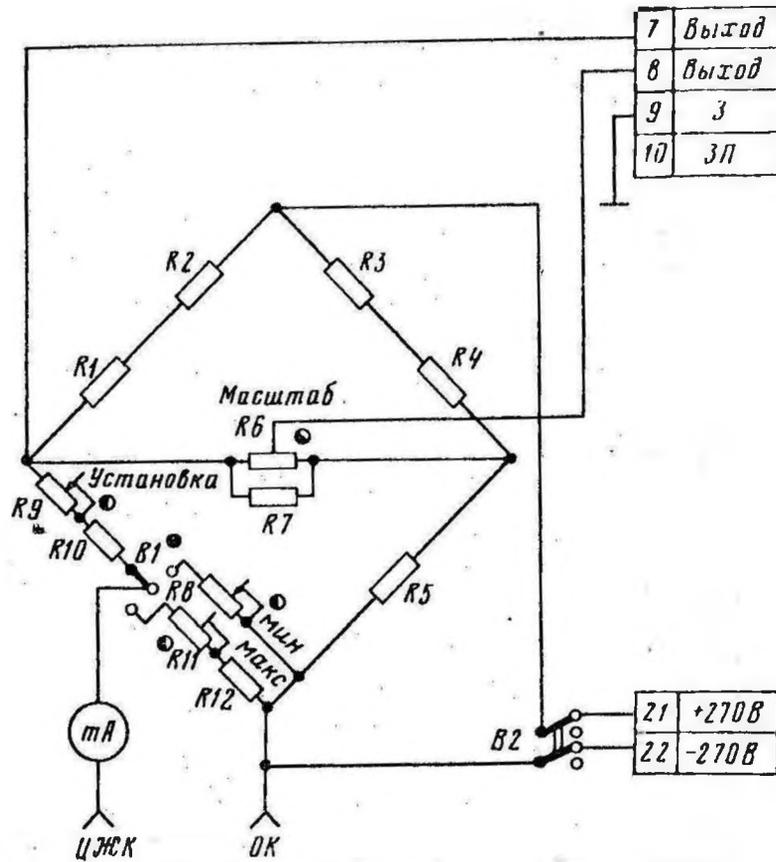


Рис. 75. Электрическая схема панели ПЗО

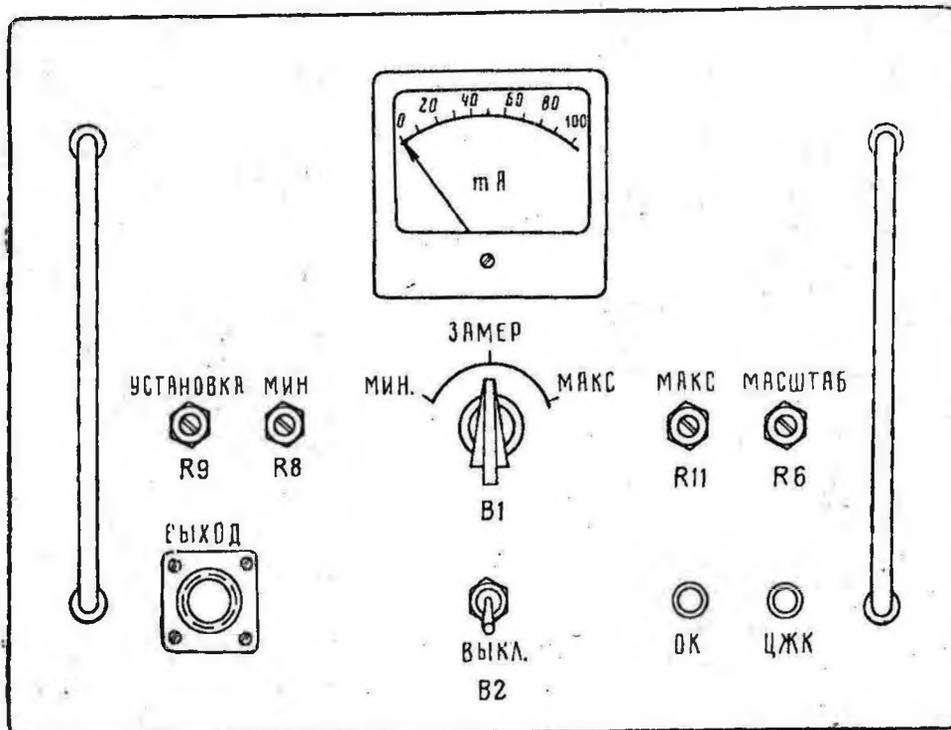


Рис. 76. Внешний вид панели ПЗО

потенциометром «Масштаб» устанавливают расчетное отклонение l в соответствии с заданным масштабом согласно формуле

$$l = d_{\max}/n. \quad (97)$$

Если при полностью введенном сопротивлении $R6$ «Масштаб» отклонение l получается меньше расчетного, то требуемого отклонения добиваются изменением в канале постоянной по напряжению.

Заданный масштаб кавернограммы можно получить и иным способом. Уравновешивают мостик каверномера при сложенных рычагах потенциометрами $R9$ «Установка» и $R8$ «Мин.» соответственно при положениях «Замер» и «Мин.» переключателя $B1$ «Мин., замер, макс.», а затем при известном диаметре раскрытия рычагов добиваются одинаковых отклонений пишущего устройства в положениях «Замер» и «Макс.» указанного переключателя, регулируя соответственно потенциометры $R6$ «Масштаб» и $R12$ «Макс.». В дальнейшем заданный масштаб кавернограммы устанавливается путем регулирования сопротивления $R12$ «Макс.» при положении «Макс.» переключателя $B1$ «Мин., замер, макс.».

Градуирование каверномеров

Градуирование каверномеров на трехжильном кабеле производится для определения I_0 , d_0 и C_d и для проверки их линейности. При градуировке получают график $\Delta U = f(d)$ (рис. 77), помещая рычаги каверномера в крестовину или калибровочные кольца. При этом собирают обычную схему измерения (минус источника питания подключают к корпусу каверномера). Для построения градуировочного графика значение ΔU берут как среднеарифметическое при прямом и обратном ходах.

На графике при $\Delta U = 0$ находят d_0 , а постоянную C_d определяют по формуле

$$C_d = \frac{(d_2 - d_1) I}{\Delta U_2 - \Delta U_1}. \quad (100)$$

Значение I_0 рассчитывают по формуле (96).

Каверномер должен иметь линейную характеристику, допустимое отклонение не должно превышать 10%.

Нелинейность градуировочного графика (см. рис. 77)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} 100. \quad (101)$$

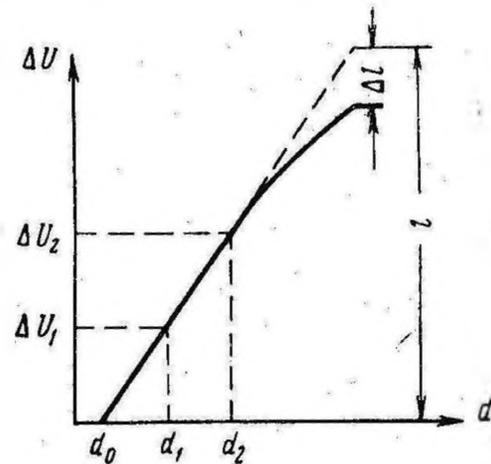


Рис. 77. Градуировочный график каверномера на трехжильном кабеле

Обычно каверномеры на трехжильном кабеле отличаются хорошей нелинейностью (1—2%). Нелинейность измерительных схем каверномеров на одножильном кабеле достигает 50%. Градуировочный график каверномера на одножильном кабеле представляет собой зависимость измеряемой величины ΔU от сопротивления датчика, которое зависит от диаметра раскрытия рычагов.

§ 53. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАВЕРНОГРАММ

Кавернограмма снабжается форменным заголовком (см. пункт 19 § 10).

На кавернограмме должны быть зафиксированы нулевые показания пишущего устройства в начале, конце записи и через интервалы 500 м (нефтяные и газовые скважины) и 100 м (угольные и рудные скважины); отклонения пишущего устройства, соответствующие выбранному масштабу и задаваемым известным диаметрам раскрытия рычагов с погрешностью не более 5%; показания пишущего устройства в колонне на интервале не менее 10 м; контрольные записи на интервале не менее 20 м (для фонарных каверномеров); величина смещения кривой (см) в случае пользования ГКП; марки времени, по которым определяется скорость подъема кабеля, и метки глубин.

Сверху на кавернограмму через 2 см наносят масштабную шкалу. Если каверномер имеет нелинейность более 5%, то масштабную шкалу наносят согласно градуировочному графику. На кавернограмме проводится пунктирная линия, соответствующая на исследуемом интервале номинальному диаметру скважины.

Глубины на подлинной диаграмме проставляются через 10 м. Погрешности определения глубин должны соответствовать требованиям § 5.

Если измерения диаметра выполнялись в скважине несколько раз, то ранее проведенные исследования перекрываются на интервале не менее 50 м. Погрешность измерения диаметра оценивается по результатам повторных замеров и по записям в колонне и не должна превышать $\pm 1,5$ см в нефтяных, газовых и угольных скважинах и ± 1 см — в рудных скважинах.

Г л а в а XVII

ИЗМЕРЕНИЕ ИСКРИВЛЕНИЯ СКВАЖИН

§ 54. МЕТОДИКА РАБОТ

Искривление скважины необходимо знать для того, чтобы определить истинную глубину залегания пластов относительно дневной поверхности, правильно построить геологический разрез и определить положение забоя скважины, ввести поправки на определение нормальной мощности пластов, контролировать смещение оси сква-

жины от заданного направления, особенно в наклонно-направленных скважинах, а также отсутствие резких отклонений, которые могут затруднить спуск бурового инструмента, геофизических приборов, обсадных труб, скважинных фильтров.

Измерение искривления производят по точкам через интервалы 25 или 20 м в вертикальных скважинах и через 10 или 5 м в наклонно-направленных [50]. В данной точке скважины искривление измеряют через 20 с после остановки прибора, что вполне достаточно для успокоения стрелок отвеса и буссоли.

Первый замер искривления выполняют на 2—3 м выше места остановки инклинометра (чтобы убедиться в совпадении осей прибора и скважины), последующие 2—3 замера — через интервалы, в 3—5 раз меньшие, чем заданный. Последний азимут измеряют не ближе, чем в 5 м от башмака колонны. Через каждые 5 точек (вертикальные скважины) и в каждой точке (наклонно-направленные скважины) контрольные измерения делают на 1 м выше основного замера. При сомнительных показаниях прибора и резких изменениях искривления инклинометр спускают на предыдущую точку замера, и измерения осуществляют через 5—10 м. При повторном каротаже скважины перекрывают не менее 3 (вертикальные скважины) и 5 точек (наклонно-направленные) ранее выполненных измерений.

Глубины точек измерений определяют по счетчику глубин и контролируют по меткам на кабеле. Погрешности определения глубин принимаются такие же, как и при термометрии.

§ 55. ТЕХНИКА РАБОТ С ИНКЛИНОМЕТРОМ ИК-2

Схемы соединений

Выводы «ЦЖК» и «ОК» коллекторного провода подключают к соответствующим гнездам пульта управления инклинометра. Корпус измерительной панели надежно заземляют. Тумблер *В1* «Вкл.; выкл.», включающий питание измерительной схемы, должен быть выключен (рис. 78, 79).

Для питания инклинометра напряжение 140 В с соблюдением необходимой полярности подводится от источника постоянного тока через разъем «Питание» пульта управления. Перед включением питания на панель инклинометра на всех источниках питания реостаты, регулирующие выходное напряжение, должны быть выведены против часовой стрелки.

Подготовка инклинометра к работе

На источнике питания устанавливают напряжение 140 В и включают тумблер *В1*.

При нажатии кнопки *К3* «Перекл. позиций» (см. рис. 79) ее контакты *2К3* и *4К3* размыкаются, а контакты *1К3* и *3К3* замыкаются. При этом на клеммы «ЦЖК» и «ОК» подаются соответственно «минус»

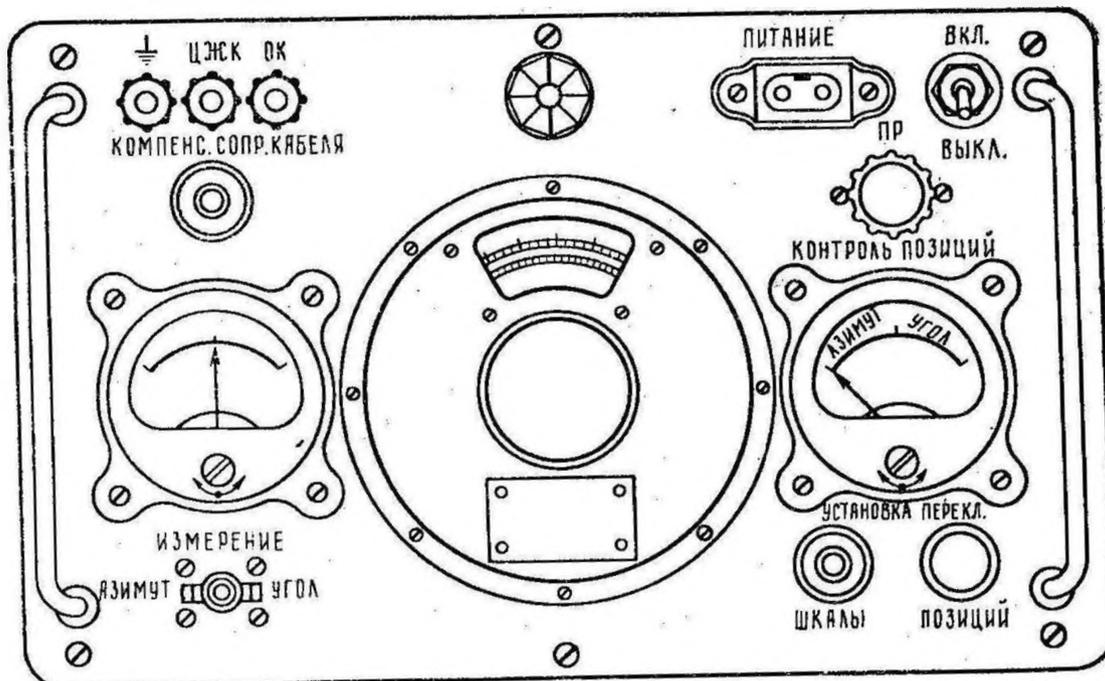


Рис. 78. Внешний вид панели инклинометра ИК-2

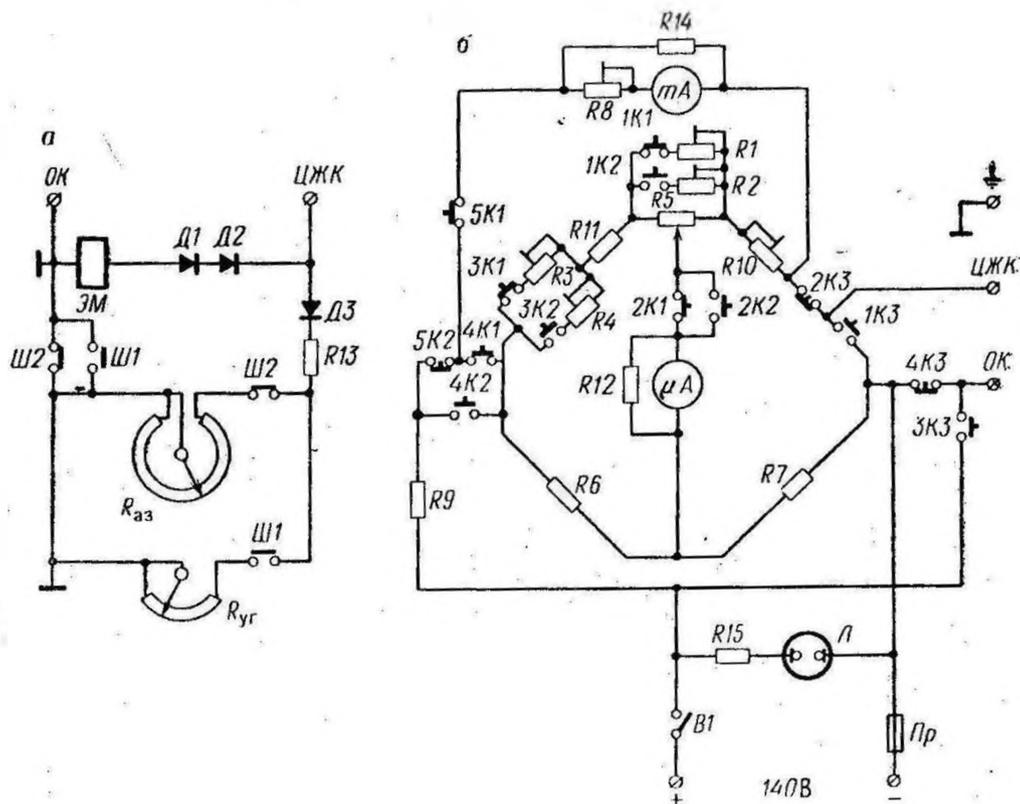


Рис. 79. Электрические схемы скважинного прибора (а) и панели управления (б) инклинометра ИК-2

и «плюс» источника питания; диоды $D1$ и $D2$ (см. рис. 78) отпираются, и электромагнит ЭМ срабатывает, устанавливая переключающий механизм в одну из шести позиций (табл. 24).

Т а б л и ц а 24

Положения переключающего механизма инклинометра ИК-2

Номер позиции	Операция	Показания прибора «Контроль позиций»	Положение буссоли и отвеса	Положение щеток
1	Успокоение чувствительных элементов	Нуль	Свободное	Нейтральное
2	Контрольный замер азимута, компенсация сопротивления кабеля	Азимут	Свободное, включен весь азимутальный реохорд (азимут 360°)	Наложены щетки, подключающие реохорд азимута
3	Измерение азимута	Азимут	Фиксированное, включается часть реохорда азимута	То же
4	Успокоение чувствительных элементов	Нуль	Свободное	Нейтральное
5	Контрольный замер угла, компенсация сопротивления кабеля	Угол	Свободное, включен весь реохорд угла (угол 50°)	Наложены щетки, подключающие реохорд угла
6	Измерение угла	»	Фиксированное, включается часть реохорда угла	То же

При отжатой кнопке $K3$ контакты $2K3$ и $4K3$ замкнуты. При этом плюс источника питания подключается через схему к «ЦЖК», а минус — к «ОК». В зависимости от положения ключа $K1-K2$ «Измерение; азимут — угол» и установленной позиции переключателя скважинного прибора в измерительную схему на поверхности включается угловой $R_{уг}$ (все контакты $K1$ замкнуты, за исключением $5K1$) или азимутальный $R_{аз}$ (все контакты $K2$ замкнуты за исключением $5K2$) реохорды, составляющие одно из плеч мостовой схемы.

Проведение измерений

Перед спуском инклинометра в скважину его устанавливают вдали от металлических предметов (не ближе 5 м) и задают ему определенные углы наклона (малый и большой) и любые азимуты, которые измеряют угломером — квадрантом и буссолью.

Перед выполнением замеров определяют позицию переключающего механизма скважинного прибора путем нескольких переключений. При включении в измерительную схему углового реохорда $R_{уг}$ показания индикационного прибора «Контроль позиций» наибольшие. Регулированием потенциометра $R8$ «Установка шкалы» добиваются того, чтобы при установке позиции «Угол» или «Азимут»

образом, чтобы стрелка миллиамперметра в цепи компенсации находилась вблизи середины шкалы. Если масштаб $n_{КС}$ устанавливался по формуле (6), то перед записью кривой КС необходимо увеличить предел измерения потенциометра, чтобы ползунок реохорда не упирался в ограничитель в правой части шкалы. После перехода на запись кривой, выключая и включая токовую цепь, регулируют демпфирование канала.

Масштаб $n_{ПС}$ устанавливают в соответствии с положениями § 3. Запись кривых КС и ПС производят так, как указано в § 6.

§ 8. ТЕХНИКА РАБОТ НА СТАНЦИЯХ АКС/Л-64, АКС/Л-7, СК-1

Проверка и регулировка токовой цепи

Станции надежно заземляют и при выключенных переключателях сетевого напряжения подключают к сети. К гнездам «Выход генератора» и «Форма тока» панели управления (ПУ) токовой цепью (рис. 7, 8) подключают соответственно первый и второй вертикальные входы электронного осциллоскопа С1-19Б. Включают переключатели «Сеть», «Стабилизатор напряжения» и «Стабилизатор тока» на блоке трансформаторов и соответствующим регулятором на УИП-К устанавливают напряжение 270 В. После прогрева источника питания (в течение 2—3 мин) переключатель В1 «Ток питания; \sim ; =» переводят в положение « \sim ». При этом загорается контрольная лампочка Л7 и включается питание накала и анодов ламп панели управления.

При достаточном вертикальном и горизонтальном усилении электронного осциллоскопа на его экране должны наблюдаться синусоидальные колебания генератора, поступающие на вход лампы Л2. Если колебания отличаются от синусоидальных, то регулируют резистор R5 обратной связи в цепи генератора. Ползунок резистора R5 устанавливают в такое положение, при котором генератор запускается и задает синусоидальные колебания.

На выходе каждого усилительного каскада должны проследиваться синусоидальные колебания, что достигается выравниванием напряжений на анодах ламп Л3 потенциометром R24 и Л4—Л5 — потенциометром R34. Выключают питание панели, закорачивают цепь АВ тумблером В5 «АВ; короткое» переводом его в положение «Короткое», переключатель В2 «Зонд; малый зонд; микрозонд» устанавливают в положение «Зонд», полностью вводят в цепь нагрузочный реостат, включают амперметр на замер переменного тока тумблером В3 « \sim ; =», потенциометр R38 «Режим стаб.» выводят влево до отказа.

Для запуска электромашинного усилителя (ЭМУ) переключатель «Выкл.; пуск; работа» сначала устанавливают в положение «Пуск», а затем (при достаточных оборотах двигателя М) — в положение «Работа». Если двигатель не запускается, необходимо проверить целостность конденсаторов сдвига фазы. Включение и выключение

стрелка прибора «Контроль позиций» находилась соответственно в секторах шкалы «Угол» или «Азимут».

Переключатель скважинного прибора устанавливают во вторую (или пятую) позицию и, регулируя ручку кругового реохорда *R5*, совмещают красную черту шкалы азимутов (или углов) с визирной риской на окне шкалы; ключ *K1 — K2* «Измерение; угол — азимут» переводят в положение «Азимут» (или «Угол») и потенциометром *R10* «Компенс. сопр. кабеля» устанавливают стрелку микроамперметра в диагонали моста на нуль, измеряют установленные ранее углы и азимуты. Измерение азимута производится в третьей позиции, а угла — в шестой позиции переключающего механизма инклинометра. Мост уравнивается круговым реохордом *R5*; отсчет азимутов и углов производится по соответствующим шкалам против визирной риски окна. Цена деления шкалы азимутов 5° , углов $0,5^\circ$.

Убедившись в правильной работе инклинометра, выключают питание и опускают прибор в скважину при фиксированном положении стрелок отвеса и буссоли (третья или шестая позиция). Спуск и подъем кабеля необходимо выполнять без рывков и ударов о забой и стенки скважины. Скорость перемещения инклинометра не должна превышать 2000—2500 м/ч.

По достижении забоя скважины устанавливают первую позицию скважинного переключателя и производят измерения в соответствии с методическими положениями, рассмотренными выше. Если позиция скважинного переключателя до этого не была известна, необходимо последовательными переключениями дойти до первой позиции, считая импульсы и наблюдая за показаниями индикационного прибора «Контроль позиции». Эта операция должна быть выполнена особенно тщательно, чтобы точно знать, какой параметр измеряется — азимут или угол. В противном случае это может привести к грубой ошибке. Поскольку сопротивление кабеля и обратное сопротивление диодов *D1 — D2* изменяются с изменением температуры, необходимо перед каждым замером угла и азимута производить компенсацию сопротивления кабеля.

Для замера искривления скважины в данной точке необходимо выполнить полный цикл переключений. Интервал между переключениями соседних позиций должен быть не менее 10 с. Подъем инклинометра на следующую точку замера производится в шестой или третьей позиции скважинного переключателя. В одной из этих позиций должен находиться инклинометр при его извлечении из скважины и транспортировке.

Градуирование инклинометра

Контроль показаний инклинометра выполняется на базе систематически один раз в месяц, после замены отдельных элементов электрической схемы пульта управления и скважинного прибора, а также после регулировки и балансировки его подвижных систем.

Градуирование инклинометра заключается в согласовании шкал азимутов и углов с показаниями азимутов и углов, задаваемых ему на установочном столе. Инклинометр закрепляют в установочном столе УСИ-2 и производят измерения в четырех отличающихся на 90° азимутах при различных углах наклона сначала при прямом, а затем при обратном ходе. Погрешность измерений не должна превышать значений, указанных в табл. 25.

Т а б л и ц а 25

Допустимые погрешности измерений искривления скважин

Угол отклонения, градус	Погрешность измерения, градус	
	угла	азимута
Менее 2	0,5	—
2—5	0,5	10
5—10	0,5	5
10—50	1	5
Свыше 50	2	5

Техника измерений при этом следующая. Закрепив прибор в установочном столе, регулировочными винтами ножек устанавливают по уровням в горизонтальное положение горизонтальную ось установочного стола, вращением которой задают углы отклонения оси инклинометра от вертикали. Установив на УСИ-2 буссоль (нуль ее шкалы — к инклинометру), располагают его горизонтальную ось перпендикулярно к магнитному меридиану и на лимбе вертикальной оси устанавливают нулевые показания. После этого лимб фиксируют стопорным винтом и снимают буссоль во избежание влияния ее магнитной стрелки на результат измерения азимута. Необходимые углы и азимуты задают по лимбам горизонтальной и вертикальной осей.

Учитывая неточность шкалы углов и наличие люфта горизонтальной оси, углы отклонения лучше измерять угломером-квадрантом. Для отсчета угла прикладывают призму угломера-квадранта к корпусу инклинометра таким образом, чтобы плоскость симметрии угломера совпадала с плоскостью инклинометра, и нажатием, а затем вращением ручки червяка устанавливают пузырек уровня на середину его стеклянной трубки. Отсчет по лимбу и нониусу угломера-квадранта дает угол отклонения оси инклинометра от вертикали.

Перед градуировкой измерительная панель извлекается из кожуха, чтобы получить доступ к потенциометрам $R3$, $R1$ «Азимут: 0° ; 360° » и $R4$, $R2$ «Угол: 0° ; 50° », расположенным на горизонтальном шасси панели.

При согласовании шкалы азимутов инклинометр устанавливают под углом 3° и азимутом 5° и во второй позиции при нажатом ключе $K1$ — $K2$ («Измерение; азимут») на круговом реохорде $R5$ совмещают красную риску шкалы азимутов (360°) с визирной риской окна.

Потенциометром *R1* «Азимут 360°» устанавливают стрелку микроамперметра на нуль. Затем в третьей позиции скважинного переключателя совмещают отметку «5°» шкалы азимутов с визирной риской окна и потенциометром *R3* «Азимут 0°» вновь устанавливают стрелку микроамперметра на нуль. Эти операции выполняют последовательно до тех пор, пока в обоих положениях стрелка микроамперметра не будет находиться на нуле без подгонки.

Согласование шкалы углов производится при углах наклона инклинометра 0° и 50°. При угле наклона 0° в шестой позиции при нажатом ключе *K1* — *K2* («Измерение; угол») нулевая отметка шкалы углов устанавливается против визирной риски окна и стрелка микроамперметра выводится на нуль резистором *R4* («Угол 0°»). При угле наклона 50° и позиции 5 красная риска шкалы углов совмещается с визирной риской окна и стрелка микроамперметра выводится на нуль резистором *R2* («Угол 50°»).

При согласовании граничных значений шкал погрешности измерений не должны превышать величин, указанных в табл. 25.

После наладки прибора цанговые зажимы всех резисторов стопрят и производят контрольные измерения.

§ 56. ДОКУМЕНТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНКЛИНОМЕТРИИ

Результаты измерений, выполненных инклинометром, тщательно документируются и заносятся в журнал наблюдений.

Качество замеров искривления скважин оценивается по результатам контрольных измерений, которые необходимо строго выполнять в соответствии с методическими положениями, рассмотренными выше.

Погрешности измерений угла и азимута искривления скважин не должны превышать величин, указанных в табл. 25.

Погрешности при измерении искривления скважин могут быть обусловлены следующими причинами: нарушением изоляции цепей и жил кабеля; непараллельностью осей инклинометра и скважины, что часто наблюдается в больших кавернах, неравномерной толщины глинистой корки, резких уступов в скважине (для уменьшения погрешностей необходимо использовать инклинометр с удлинителем); недостаточно полной компенсацией сопротивления кабеля; несоблюдением необходимого интервала времени между переключениями соседних позиций переключающего механизма инклинометра; неисправностью аппаратуры и недостаточно точным ее регулированием.

При углах наклона скважин до 5° результаты измерения передаются геологической службе в виде таблицы, при больших углах — в виде таблицы и инклинограммы с указанием отклонения (в м) забоя от устья.

Таблица перевода встречающихся в учебном пособии единиц системы СГС
в единицы Международной системы СИ

Величина	Наименование	Обозначение единиц		Значение в единицах СИ, в долях и кратных от них
		русское	международное	
Площадь (эффективного сечения)	барн	б	b	$10^{-28} \text{ м}^2 = 10^{-24} \text{ см}^2$
Объем	литр	л	l	0,001 м ³
Время	минута	мин	min	60 с
	час	ч	h	3600 с
	сутки	сут	d	86 400 с
Температура	градус Цельсия	°С	°С	1 К (для разности температур) $t = T - 273,15$, где t — температура °С; T — абсолютная температура, К
Плотность	грамм на кубический сантиметр	г/см ³	g/cm ³	10 ³ кг/м ³
Работа, энергия	электронвольт	эВ	eV	$1,60210 \cdot 10^{-19}$ Дж
	килоэлектронвольт	кэВ	keV	$1,60210 \cdot 10^{-16}$ Дж
	мегаэлектронвольт	МэВ	MeV	$1,60210 \cdot 10^{-13}$ Дж
Относительная величина	процент	%	%	
Логарифмическая величина	бел	Б	B	
	децибел	дБ	dB	
	Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений *	рентген в час микрорентген в час	Р/ч мкР/ч	R/h μR/h
Активность изотопа *	кюри	Ки	Ci	$3,700 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$

* Подлежат изъятию до 1.1.1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ф. А. Состояние ядерно-геофизических методов исследования скважин, бурящихся на нефть и газ. — В кн.: Состояние и перспективы ядерно-геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых, вып. 5. М., «Недра», 1969.
2. Арцыбашев В. А. Ядерно-геофизическая разведка. М., Атомиздат, 1972.
3. Баранов В. И. Радиометрия. М., изд-во АН СССР, 1955.
4. Барминский А. Г. Скважинный электронный термометр ТЭГ-2. В кн.: Разведочная геофизика, вып. 11. М., «Недра», 1966.
- 5*. Башлыкян Н. И. Микроэлектрические методы исследования скважин. М., «Недра», 1966.
6. Беспалов Д. Ф. Малогабаритная ускорительная трубка УНГ-1 для скважинных генераторов нейтронов. — В кн.: Геофизическая аппаратура, вып. 30. М., «Недра», 1966.
7. Блюменцев А. М., Фельдман И. И. Некоторые вопросы применения спектрометрии захватного гамма-излучения для выделения и оценки содержания железа, марганца и хрома в разрезе скважин. — В кн.: Состояние и перспективы ядерно-геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых, вып. 5. М., «Недра», 1969.
8. Большаков А. Ю., Леман Е. П. Усовершенствование методики селективного гамма-каротажа. В кн.: Вопросы рудной геофизики, вып. 6. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1965.
9. Большаков А. Ю., Очкур А. П., Орлов В. Н. Рентгено-радиометрический каротаж подземных скважин на месторождениях руды и свинца. — В кн.: Вопросы рудной геофизики, вып. 6. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1965.
10. Бондаренко В. С. Метод повышения точности определения параметра ρ по диаграммам ИННК. — В кн.: Геофизические исследования на Украине. Киев, «Техніка», 1970.
11. Брагин А. А., Михайловский П. Н. Телеизмерения радиоактивных излучений. Киев, изд. АН УССР, 1963.
12. Булашевич Ю. П., Шулятьев С. А. Оптимальные условия активационного каротажа. — «Изв. АН СССР», сер. геофиз., вып. 2, 1960.
13. Бузов В. М. Вопросы интерпретации данных импульсного нейтронного каротажа. — В кн.: Состояние и перспективы ядерно-геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых, вып. 5. М., «Недра», 1969.
14. Влияние нейтронных свойств пород и руд на результаты ГНК. Изд. Всесоюз. ин-та экономики минер. сырья, сер. «Региональная, разведочная и промысловая геофизика», № 13. М., 1968. Авт.: В. В. Сальцевич, Б. С. Камышев, А. Д. Суворов и др.
15. Возжеников Г. С. Активационный анализ в рудной геофизике. М., «Недра», 1965.
- 16*. Горбенко Л. А. Каротажные кабели и их эксплуатация. М., «Недра», 1967.
- 17*. Гречухин В. В. Геофизические методы исследования угольных скважин. М., «Недра», 1970.
18. Дахнов В. Н. Промысловая геофизика. М., Гостоптехиздат, 1959.
- 19*. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. М., Гостоптехиздат, 1962.
20. Журавлев В. П., Васильева Г. П., Новиков Е. Н. О выборе оптимального трехэлектродного зонда бокового каротажа. — В кн.: «Разведочная геофизика», вып. 7. М., «Недра», 1965.
21. Заворотько Ю. М., Трященко Л. Ф. Учебные скважины для геофизических исследований. — «Среднее специальное образование», 1969, № 4.
22. Заворотько Ю. М., Трященко Л. Ф. Оборудование эталонных скважин для геофизических исследований. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 9.
23. Использование ядерно-геофизических исследований для изучения газовых месторождений. — В кн.: Состояние и перспективы ядерно-геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых, вып. 5. М., «Недра», 1969. Авт.: Я. Н. Басил, Л. Б. Берман, Ю. В. Гаузо и др.
24. Капиров Р. Л., Лейпунская Д. И. Одновременное определение содержания алюминия и кремния в алюмосиликатных породах методом активационного каротажа. М., «Недра», 1964.
25. Калашникова В. И., Ководаев М. С. Детекторы элементарных частиц. М., «Наука», 1966.
26. Капенова В. М., Савицкая Е. А. Применение непрерывного активационного каротажа скважин при разведке флюоритовых месторождений Узбекистана. Изд. Всесоюз. ин-та экономики минер. сырья, серия «Региональная разведочная и промысловая геофизика». М., 1969.
- 27*. Комаров С. Г. Техника промысловой геофизики. Изд. второе. М., Гостоптехиздат, 1957.
- 28*. Комаров С. Г. Геофизические методы исследования скважин. Изд. второе. перераб. и доп. М., «Недра», 1973.
29. Ларионов В. В. Радиометрия скважин. М., «Недра», 1969.
- 30*. Мейер В. А. Каротаж скважин при разведке полиметаллических месторождений. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1960.
- 31*. Методическая инструкция по использованию аппаратуры ДРСТ-2, РСН-М, РК-80л и РК-140 при массовых поисках. М., «Недра», 1969.
32. Милов В. Н., Пущанский В. Г., Зорин Г. К. Определение содержания железа по гамма-гамма-каротажу с инверсионным андом на месторождениях Кривого Рога. — В кн.: Вопросы рудной геофизики, вып. 6. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1965.
33. Мора Н. И. Оценка зольности углей по селективному гамма-гамма-каротажу. — В кн.: Геология Центрального Казахстана. М., «Наука», 1969.
34. Очкур А. П., Большаков А. Ю. К теории и методике рентгено-радиометрического анализа руд тяжелых металлов в естественном залегании. — В кн.: Вопросы рудной геофизики, вып. 6. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1965.
35. Оценка качества цементирования скважин по данным акустического цементометра АКЦ-1. — В кн.: Геофизические исследования на Украине. Киев, «Техніка», 1970. Авт.: А. А. Потушанский, Л. Я. Щербатов, А. Ш. Книшман, Ю. Н. Усенко.
- 36*. Перьков Н. А. Интерпретация результатов каротажа скважин. М., Гостоптехиздат, 1963.
- 37*. Пирсон С. Дж. Справочник по интерпретации данных каротажа. Перев. с англ. М., «Недра», 1966.
- 38*. Плюснин М. И. Индукционный каротаж. М., «Недра», 1968.
- 39*. Померанц Л. И., Чукин В. Г. Промыслово-геофизическая аппаратура и оборудование. М., «Недра», 1966.
40. Прилипко И. П., Трофименко Г. Л. Уточнение эффективных мощностей и критических значений параметров продуктивных пластов в процессе опробования газовых скважин. — В кн.: Геофизические исследования на Украине. Киев, «Техніка», 1970.

41. Применение методов промысловой геофизики при изучении газоносных коллекторов. М., Гостоптехиздат, 1962.
42. Радиоактивные методы исследования нефтяных и газовых скважин. М., Гостоптехиздат, 1957. Авт.: О. А. Барсуков, Н. М. Блинова, С. Ф. Выборных и др.
43. Радиозотопные методы исследования в инженерной геологии и гидрогеологии. М., Атомиздат, 1968. Авт.: В. И. Ферронский, А. И. Данилин, В. Т. Дувинчук и др.
- 44*. Рывкин И. Я. Автоматические каротажные станции. М., «Недра», 1964.
45. Сальцевич В. Б., Суворов А. Д. Особенности аппаратуры ГНК на сцинтилляционных счетчиках. Изд. Всесоюз. ин-та экономики минер. сырья, сер. «Региональная, разведочная и промысловая геофизика», № 13, М., 1968.
46. Способ спектральных отношений в рентгено-радиометрическом методе изучения элементарного состава руд в естественных условиях. — В кн.: Вопросы рудной геофизики, вып. 6. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1965. Авт.: В. А. Мейер, А. П. Очкур и др.
- 47*. Справочник геофизика. Т. II. Геофизические методы исследования скважин. М., Гостоптехиздат, 1961.
48. Сулакшин С. С. Искривление скважин и способы его измерения. М., Гостеолтехиздат, 1960.
49. Терешин Г. М. Радионизмерения. М., «Энергия», 1969.
- 50*. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. М., Гостеолтехиздат, 1963.
51. Уткин В. И. Некоторые результаты спектрального селективного каротажа при разведке угля. — В кн.: Разведочная геофизика, вып. 4. М., «Недра», 1965.
52. Фельдман И. И., Блюменцев А. М. Современное состояние и перспективы развития ядерно-геофизических методов исследования рудных скважин. — В кн.: Состояние и перспективы ядерно-геофизических методов, поисков и разведки полезных ископаемых, вып. 5. М., «Недра», 1969.
- 53*. Филиппов Е. М. Прикладная ядерная геофизика. М., изд-во АН СССР, 1962.
54. Чукин В. Г., Мельников А. Г., Хайтович А. Я. Аппаратура типа АБК-3 для трехэлектродного бокового каротажа. — В кн.: Разведочная геофизика, вып. 7. М., «Недра», 1965.
55. Шпакин О. В., Кошелев И. П. О достоверности и точности результатов фотонейтронного каротажа на бериллий. — В кн.: Вопросы рудной геофизики, вып. 6. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1965.
56. Шварцман М. М., Кошелев И. П. Об активационном методе определения меди в скважинах на месторождениях Рудного Алтая. — В кн.: Вопросы рудной геофизики, вып. 6. Изд. Ленингр. гос. ун-та, 1965.

* Основная литература.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КАРОТАЖА

Глава I. Стандартный электрический каротаж КС, ПС и БКЗ

§ 1. Выбор зондов	6
§ 2. Выбор масштабов глубин	9
§ 3. Выбор и установка масштабов записи кривых КС и ПС	9
§ 4. Выбор скорости спуска и подъема кабеля	14
§ 5. Определение глубин	16
§ 6. Порядок проведения работ на скважине	18
§ 7. Техника работ на станции АЭКС	21
§ 8. Техника работ на станциях АКС/Л-64, АКС/Л-7, СК-1	27
§ 9. Техника работ с аппаратурой КСП-1	44
§ 10. Оценка качества диаграмм	56

Глава II. Резистивиметрия

§ 11. Методика работ	60
§ 12. Техника работ	62

Глава III. Микрозондирование

§ 13. Методика работ	64
§ 14. Техника работ с аппаратурой МДО-2	65

Глава IV. Боковой каротаж

§ 15. Методика работ	71
§ 16. Техника работ с аппаратурой ТБК	75

Глава V. Боковой микрокаротаж

§ 17. Методика работ	80
§ 18. Техника работ с аппаратурой КМБК-3	81

Глава VI. Индукционный каротаж

§ 19. Методика работ	92
§ 20. Техника работ с аппаратурой АИК-3	94

	Стр.
Глава VII. Другие методы электрокаротажа	
§ 21. Методы регистрации тока	105
§ 22. Метод электродных потенциалов	107

Глава VIII. Помехи при различных видах электрического каротажа	
§ 23. Утечки тока	109
§ 24. Индуктивные помехи	112
§ 25. Помехи при измерении ПС	114
§ 26. Другие помехи	116
§ 27. Меры предупреждения различных помех	117
§ 28. Колебания пишущих устройств регистраторов	118

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

МЕТОДЫ РАДИОАКТИВНОГО КАРОТАЖА

Глава IX. Гамма-каротаж

§ 29. Методика работ	121
§ 30. Техника работ с аппаратурой ДРСТ-2	125
§ 31. Эталонирование аппаратуры РК	135
§ 32. Проведение работ на скважине	139
§ 33. Оценка качества диаграмм	143
§ 34. Метод радиоактивных изотопов	144

Глава X. Методы гамма-гамма-каротажа

§ 35. Гамма-гамма-каротаж плотности	149
§ 36. Селективный, спектрометрический и рентгено-радиометрический каротаж	153
§ 37. Оценка качества диаграмм	161

Глава XI. Нейтронные методы каротажа

§ 38. Нейтронный гамма-каротаж, нейтронный гамма-каротаж спектрометрический, нейтрон-нейтронный каротаж	162
§ 39. Каротаж наведенной активности	173
§ 40. Импульсный нейтрон-нейтронный каротаж	181
§ 41. Гамма-нейтронный каротаж	200

Глава XII. Помехи при радиоактивном каротаже

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ДРУГИЕ МЕТОДЫ КАРОТАЖА

Глава XIII. Акустический каротаж

§ 42. Методика работ	209
§ 43. Техника работ с аппаратурой СПАК-2	213
§ 44. Техника работ с акустическим цементмером АКЦ-1	229
§ 45. Оценка качества диаграмм акустического каротажа	234

Глава XIV. Скважинная магниторазведка и магнитный каротаж

§ 46. Методика работ	235
§ 47. Техника работ с магнитометром ТСМК-40	239

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИН

Глава XV. Измерение температуры в скважинах

§ 48. Методика работ	247
§ 49. Техника работ	251
§ 50. Оценка качества термограмм	259

Глава XVI. Измерение диаметра скважин

§ 51. Методика работ	260
§ 52. Техника работ	262
§ 53. Оценка качества кавернограмм	266

Глава XVII. Измерение искривления скважин

§ 54. Методика работ	266
§ 55. Техника работ с инклинометром ИК-2	267
§ 56. Документация результатов и оценка качества инклинометрии	272
Приложение	273
Список литературы	274

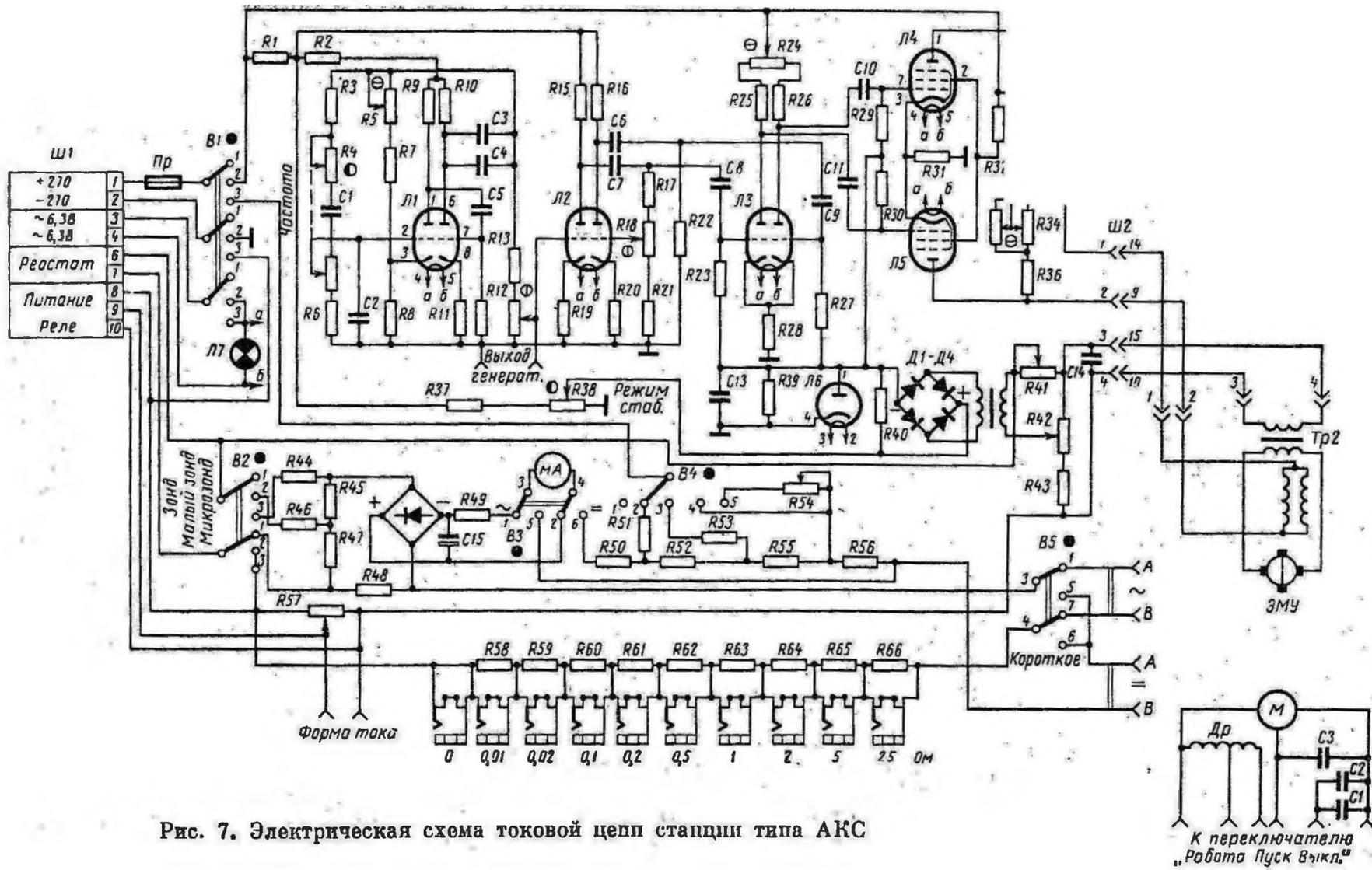


Рис. 7. Электрическая схема токовой цепи станции типа АКС

ЭМУ необходимо производить при переводе переключателя «Выкл.; пуск; работа» только по часовой стрелке. Включают питание панели управления и спустя примерно 1 мин потенциометром *R38* «Режим стаб.» устанавливают по прибору ток в цепи *AB*, равный 0,7—0,8 А. Запуск ЭМУ при включенном питании панели управления производить нельзя, так как двигатель не набирает достаточного числа оборотов, что приводит к перегрузкам силовой цепи.

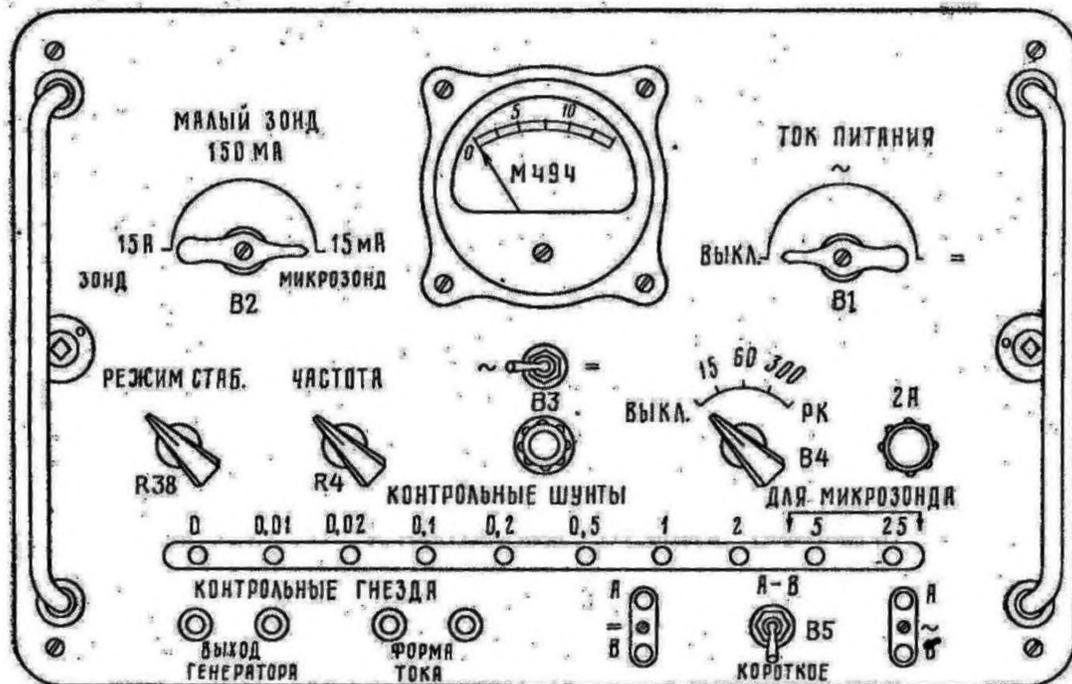


Рис. 8. Общий вид токовой панели станции типа АКС

Переключив второй вход осциллографа к гнездам «Форма тока» на экране ЭО, можно наблюдать синусоидальные колебания тока в цепи *AB*. Изменение частоты колебаний при регулировании потенциометра *R4* «Частота» можно контролировать по слуху, а также с помощью пересчетного прибора ПС-100, подключив его к гнездам «Форма тока».

При проверке стабилизации тока в цепи *AB* изменяют сопротивление нагрузочного реостата на 50—100 Ом и наблюдают за отклонением стрелки амперметра, которая после первоначального отброса должна возвратиться в прежнее положение, что указывает на нормальную работу схемы стабилизации. Нормальная работа схемы стабилизации обеспечивается подбором соответствующего положения ползунка потенциометра *R38*. Если таким способом не удастся добиться стабилизации тока, то поступают следующим образом. Устанавливают нагрузочный реостат в среднее положение и потенциометром *R38* добиваются тока в цепи *AB* 0,8—1,0А.

Если при полном введении нагрузочного реостата стрелка амперметра после первоначального отброса не доходит до исходного

ВВЕДЕНИЕ

Геофизические исследования являются основным способом бескорневой документации разрезов скважин благодаря большой достоверности и достаточной полноте получаемых сведений о геологическом строении месторождения. Они способствуют повышению темпов разведки и значительному снижению стоимости разведочных работ.

Геофизические методы исследования скважин подразделяются на электрические, радиоактивные, акустические, магнитные, геохимические и др. Применение этих методов позволяет без отбора керна производить литологическое расчленение разреза скважины, устанавливать последовательность и глубину залегания, мощность, строение и возраст горных пород и полезных ископаемых, по сопоставлению каротажных диаграмм обнаруживать тектонические нарушения, определять коэффициенты нефтенасыщения и газонасыщения, оценивать зольность угольных пластов и содержание в породах рудных элементов, контролировать разработку залежи, техническое состояние скважины и т. д. Решение указанных геологических и технических задач невозможно без современной геофизической аппаратуры, глубоких знаний методики и техники работ, автоматической обработки и интерпретации получаемых материалов.

Под методикой и техникой геофизических исследований скважин подразумевают совокупность рациональных методов, способов и приемов, обеспечивающих наиболее успешное решение геологических и технических задач в конкретных геолого-геофизических условиях при помощи имеющейся геофизической аппаратуры. Знание основных положений методики работ, принципов работы, устройства и правил эксплуатации геофизической аппаратуры, физической сущности методов и основ их интерпретации обеспечит получение на скважине высококачественного материала.

Применение любого геофизического метода определяется физическими свойствами горных пород и полезных ископаемых, скважинными условиями измерений, техническими возможностями аппаратуры (надежностью, диапазоном измеряемых параметров, точностью, необходимой чувствительностью, термостойкостью и допустимым давлением) и требует строгого соблюдения общепринятых

положения, то увеличивают величину потенциометра R_{41} (перемещением хомутика). Если при понижении сопротивления нагрузочного реостата на 50% (после его полного введения) показания амперметра становятся меньше исходных, величину R_{41} надо уменьшить. Хомутик на потенциометре R_{42} перемещают в небольших пределах, но так, чтобы падение напряжения на резисторе R_{42} не было больше, чем на R_{41} .

После таких регулировок при нахождении зонда в скважине сила тока в цепи AB не должна изменяться независимо от положения тумблера $B5$ « AB ; короткое». Однако даже при тщательно отрегулированной схеме стабилизации ток несколько изменяется при включении в токовую цепь электродов зонда. Поэтому масштаб записи кривой КС рекомендуется устанавливать при положении « AB » тумблера « AB ; короткое».

Проверка и регулировка фоторегистратора ФР-6

В первую очередь проверяют оптическую систему фоторегистратора: извлекают из него магазинную и приемную кассеты, на панели контроля каротажа (ПКК) включают тумблер «Сеть», переключате-

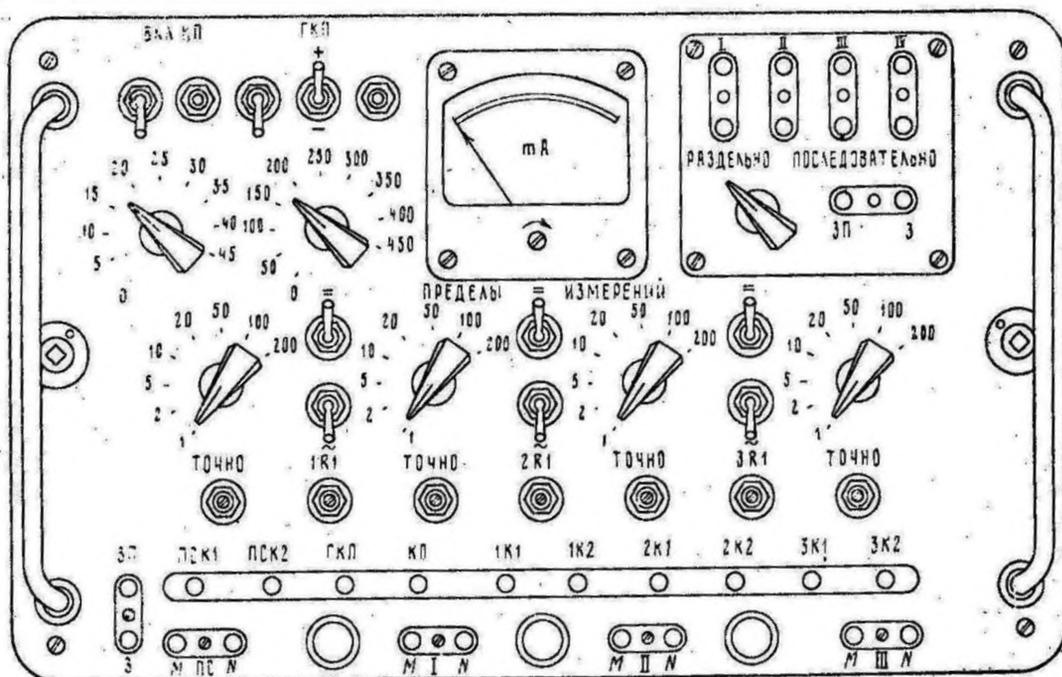


Рис. 9. Общий вид измерительной панели станции АКС/Л-7

лем «Яркость» устанавливают необходимую яркость бликов гальванометров, включают электрические корректоры нуля и выставляют ими блики на нули.

Для наблюдения за отклонениями бликов в один из каналов включают ГКП, соединив штекером гнезда «ГКП» и «К1» (рис. 9).

При этом измерительный канал устанавливают для работы на постоянном токе.

Чтобы блики попадали на визуальную и контрольную шкалы, регулируют по высоте положение осветителя и его наклон или смещают в вертикальной плоскости продолговатое зеркало. Отклонения бликов на визуальной и контрольной шкалах должны быть одинаковы, а если они разные, то продолговатое зеркало регулируют в горизонтальной плоскости. Вертикального положения бликов на визуальной шкале добиваются вращением линзы осветителя и установкой нити его лампочки в вертикальной плоскости.

При положении «Ручная» переключателя «Ручная; магнитная; намагничивание» на ПКК нажимают кнопку «Метка». При этом контрольная лампочка Л7 «Метка» и Л8 (рис. 10) должны давать кратковременную вспышку. Положение лампочки Л8 и светового окна ее осветителя необходимо отрегулировать таким образом, чтобы линия засветки метки занимала примерно половину контрольной шкалы.

Далее переключатель «ДГ; Пр»; на ПКК устанавливают в положение «Протяжка», включают тумблер «Диаграмма» и проверяют срабатывание лампочек Л9, Л10 горизонтальных линий, которое происходит в результате замыкания через каждые 5 м контакта К4. Контакт К3 замыкается через 50 м, выключая из цепи лампочек Л9 и Л10 резистор R32, в результате чего лампочки вспыхивают ярче. Положение лампочки Л9 и ее осветителя регулируют так, чтобы засвечивалась вся контрольная шкала. При срабатывании контакта К5 разрывается цепь лампочки Л13 осветителя гальванометров канала II. Изменением положения хомутика на резисторе R33 уменьшают свет лампочки Л14 осветителя канала III.

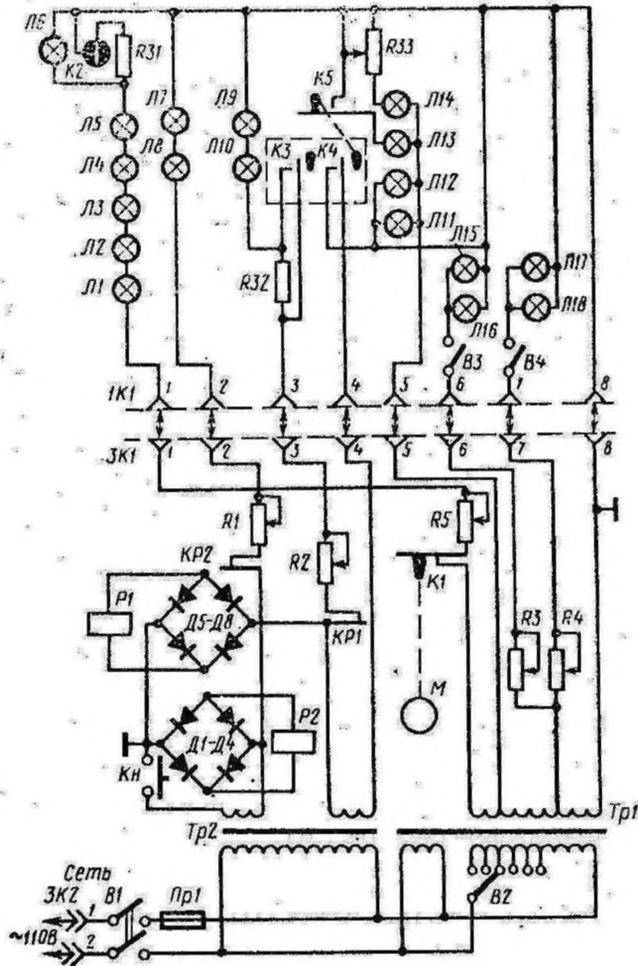


Рис. 10. Электрическая схема осветительных цепей осциллографа ФР-6

Благодаря контакту $K5$ и резистору $R33$ облегчается расшифровка кривых при их одновременной записи всеми каналами ФР-6 (например, при работе с приборами типов КСП, АКЦ, СПАК и др.).

Проверку цепей лампочек вертикальных линий выполняют путем вращения рукой верхнего прижимного валика с контактом $K2$. При размыкании контакта $K2$ в цепь лампочек включается резистор $R31$, а при замыкании — наоборот. В результате этого контрольная лампочка $L6$ «Вертикальные линии», а вместе с нею и лампочки $L1$ — $L5$ периодически притухают. Цепь лампочек $L1$ — $L6$ должна выключаться через каждые 0,5 мин в результате размыкания контакта $K1$ кулачком, насаженным на валу двигателя отметчика времени.

Убедившись в исправности осветительных цепей осциллографа, выключают протяжку и проверяют постоянные по току K_i всех гальванометров. Для этого включают токовую и измерительные цепи для работы на переменном токе (см. рис. 8, 9), устанавливая в цепи AB известную силу тока I (с помощью амперметра более высокого класса точности, чем в панели управления), соединяют штекером с сопротивлением гнезда « $R_0 = 0,01$ Ом» и « $K1$ » проверяемого канала.

Так как постоянная по напряжению m пропорциональна K_i [44], то проверка K_i сводится к установке номинального значения m при расчетном сопротивлении измерительного канала.

При коэффициенте ослабления «1» и полностью выведенном аттенюаторе ($m = 0,75$ мВ/см) отклонение блика гальванометра 1/1

$$l = 0,01I/0,75. \quad (18)$$

Требуемого отклонения добиваются регулировкой резисторов $R3$ (канал I), $R6$ (канал II) и $R9$ (канал III) на панели шунтов ФР-6.

Значения K_i гальванометров 1/5 и 1/25 должны быть соответственно в 5 и 25 раз больше, иначе говоря, соотношение в отклонениях бликов должно составлять 1 : 5 : 25. Этого добиваются следующим образом. В измерительном канале подбирают такой коэффициент ослабления, чтобы при $R_0 = 0,2$ Ом блик гальванометра 1/1 находился в пределах шкалы, и аттенюатором задают отклонение 5 или 10 см. Затем в измерительный канал подают разности потенциалов с контрольных шунтов $R_0 = 1$ Ом и 5 Ом и наблюдают за отклонениями бликов гальванометров 1/5 и 1/25.

Поскольку подаваемые разности потенциалов в 5 и 25 раз больше, чем на $R_0 = 0,2$ Ом, то блики гальванометров 1/5 и 1/25 должны давать такое же отклонение, как и основной гальванометр при $R_0 = 0,2$ Ом. В противном случае регулируют постоянные K_i гальванометров 1/5 резисторами $R13$ (канал I), $R14$ (канал II), $R15$ (канал III) и гальванометров 1/25 резисторами $R16$ (канал I), $R17$ (канал II), $R18$ (канал III) на панели шунтов фоторегистратора.

Аналогичным образом регулируют K_i и на постоянном токе при работе с панелью управления ЭМУ. Однако при исследовании нефтяных и газовых скважин эта панель зачастую отсутствует, поэтому рассмотрим регулировку K_i гальванометров с помощью ГКП.

В цепи ГКП точно устанавливают ток 5 мА, корректорами нуля все блики выводят на нуль основного гальванометра, штекером с сопротивлением соединяют гнезда «ГКП» и «К1» проверяемого канала, в котором устанавливают коэффициент ослабления, равный 5 и более (чтобы выходное сопротивление ГКП, равное 72 Ом, не оказывало существенного влияния на величину общего сопротивления канала) при полностью выведенном аттенюаторе. От ГКП в канал подают известную разность потенциалов $\Delta U_{\text{ГКП}}$, от которой блик основного гальванометра должен дать отклонение, определяемое формулой (16).

Если в отклонениях бликов гальванометров 1/1 и 1/5 соблюдается требуемое соотношение, то увеличивают $\Delta U_{\text{ГКП}}$ и проверяют соотношение отклонений бликов гальванометров 1/5 и 1/25.

Проверку постоянных K_i гальванометров 1/1 выполняют обычно перед пуском в работу новых станций или после замены резисторов на панели шунтов фоторегистратора. При работе на скважине проверяют лишь соотношение отклонений бликов. В этом случае в канале устанавливают любой коэффициент ослабления и подают не обязательно известные разности потенциалов с контрольных шунтов или ГКП.

Далее приступают к проверке работы лентопротяжного механизма и записи отклонений бликов на фотобумагу. Для этого переключатель масштабов «1 : 1; 10 : 1» внутри фоторегистратора устанавливают в положение «1 : 1», заправляют кассеты в прибор, отпускают прижимные валики, включают масштаб глубин 1 : 200 или 1 : 500 и, не закрывая приемной кассеты, наблюдают за протяжкой бумаги от двигателя ПКК. Фотобумага должна свободно заходить в приемную кассету и плотно наматываться на валик. При этом контрольная лампочка Л6 «Вертикальные линии» должна периодически притухать.

Закрыв крышку приемной кассеты и дверку фоторегистратора и протянув засвеченный участок бумаги, протяжку выключают. Устанавливают блики на нуль, в канал включают ГКП любым штекером, снова включают протяжку ленты, фиксируя на ней нулевые положения бликов и отклонения, соответствующие постоянной, а затем изменяющейся разности потенциалов; одновременно выполняют ручную отбивку меток. Отклонение одного из бликов от постоянной разности потенциалов необходимо запомнить. Изменяющуюся разность потенциалов получают путем переключения переключателей «9 × 5» и «9 × 50», регулирования тока в цепи ГКП и изменения величины m аттенюатором, выбрав при этом такой коэффициент ослабления в канале, чтобы блик каждого гальванометра отклонялся на всю шкалу. Записи необходимо выполнить каждым каналом.

На полученной диаграмме должны быть четко зафиксированы: нулевые положения бликов и отклонения от разностей потенциалов по всей ширине ленты, горизонтальные и вертикальные (с разрывами через 0,5 мин) линии и отметки меток. Расстояние между горизонтальными линиями должно строго соответствовать 5 м в выбранном

масштабе глубин; в противном случае регулируют гайку поджатия пружины фрикциона лентопротяжного механизма. Отклонения бликов от постоянной разности потенциалов на фотобумаге должны быть равны отклонениям, которые устанавливались на визуальной шкале.

В дальнейшем при проверке работы фоторегистратора на скважине пробную запись не производят, а ограничиваются лишь визуальными наблюдениями за работой осветительных цепей прибора, протяжкой фотобумаги и соотношением в отклонениях бликов гальванометров.

Проверка и регулировка осциллографа Н013

Проверка и регулировка на базе

На место снятых кассет устанавливают юстировочные экраны, закрепив их соответствующими винтами. На блоке трансформаторов включают переключатель «Сеть» и устанавливают по вольтметру напряжение ~ 220 В.

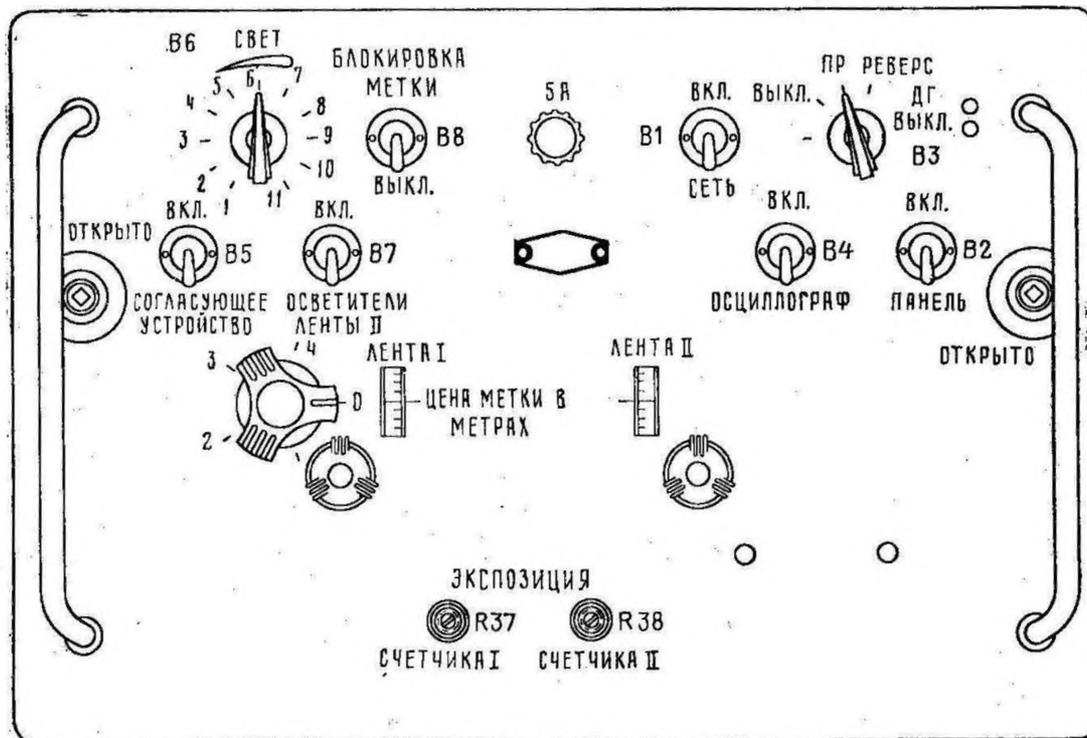


Рис. 11. Общий вид панели управления осциллографа Н013

На панели управления осциллографа включают тумблеры *V1* «Сеть» и *V7* «Осветители ленты II» (рис. 11, 12). Изменением положения переключателя *V6* «Свет» устанавливают необходимую яркость бликов. В каждом канале включают питание корректоров нуля переключателями «Корректор» (рис. 13) и, регулируя корректоры, наблюдают за перемещениями бликов на шкалах визуальных наблю-

дений и световых пятен на юстировочных экранах. Затем на юстировочном экране один из бликов устанавливают на нуль, а второму задают отклонение 6—7 см. Такие же отклонения должны быть и на шкале визуальных наблюдений, в противном случае изменяют наклон зеркала, стоящего перед гальванометрами. Если плоскости зеркала визуальной шкалы и наклонного зеркала не будут параллельны, то на визуальную шкалу блики совсем не будут попадать или будет попадать только их часть. Необходимого положения зеркал добиваются путем вращения их вокруг горизонтальной оси.

Положение зеркала и лампочки подсветки визуальной шкалы надо отрегулировать так, чтобы четко были видны деления шкалы и ее оцифровка.

Блики гальванометров должны иметь достаточную длину и занимать такое положение, чтобы при смещении цилиндрических линз каналов II и III все три световых пятна наблюдались на юстировочных экранах в пределах от 0 до 22 мм. Этого положения добиваются изменением наклона гальванометров и их осветителя. При этом одновременно можно отрегулировать и положение бликов в горизонтальной плоскости, установив их на нуль механической регулировкой при включенном питании корректора нуля и среднем положении его регулятора.

На панели контроля каротажа переключатель «Ручная; магнитная; намагничивание» устанавливают в положение «Ручная».

При позиции «Выкл.» тумблера *B8* «Блокировка метки» (на рис. 12 это соответствует включению тумблера) и нажатии кнопки «Метка» (на ПКК) на середине юстировочных экранов должны наблюдаться вспышки лампочек *L13* и *L14* отметки меток в виде узких световых полос; одновременно вспыхивает и контрольная лампочка *L15* между шкалами визуальных наблюдений (см. рис. 13).

При вращении вала с кулачковой системой (переключатель *B3* «Выкл.; Пр; реверс; ДГ; выкл.» — в положении «Протяжка») кнопки *Kn2* и *Kn3* замыкаются через 2 м, а кнопки *Kn8* и *Kn9* размыкаются через 2 м, но с опережением на 1 м по отношению к кнопкам *Kn2* и *Kn3*; кнопки *Kn4* и *Kn5* замыкаются через 10 м (один оборот вала), а кнопка *Kn10* — через 50 м.

При замыкании кнопок *Kn2* и *Kn3* включается питание на формирующие ячейки лент I и II и срабатывают реле *P1* и *P2*, контакты которых 7 и 8 замыкают цепи лампочек линий глубин *L7—L9* (лента I) и *L10—L12* (лента II). В этом случае на нижних линиях юстировочных экранов наблюдаются вспышки узких световых полос, отстоящих от линии «0—8 см» на расстояние $B = 12,5$ мм. Если световые полосы не совпадают с нижними линиями юстировочных экранов, то смещают цилиндрические линзы горизонтальных линий в вертикальной плоскости, слегка отпустив их сближенные стопорные винты. Фокусировку горизонтальных линий выполняют регулировочными винтами цилиндрических линз.

Благодаря системам блокировки исключается нанесение ложных линий глубин на диаграмму. Системы блокировки работают

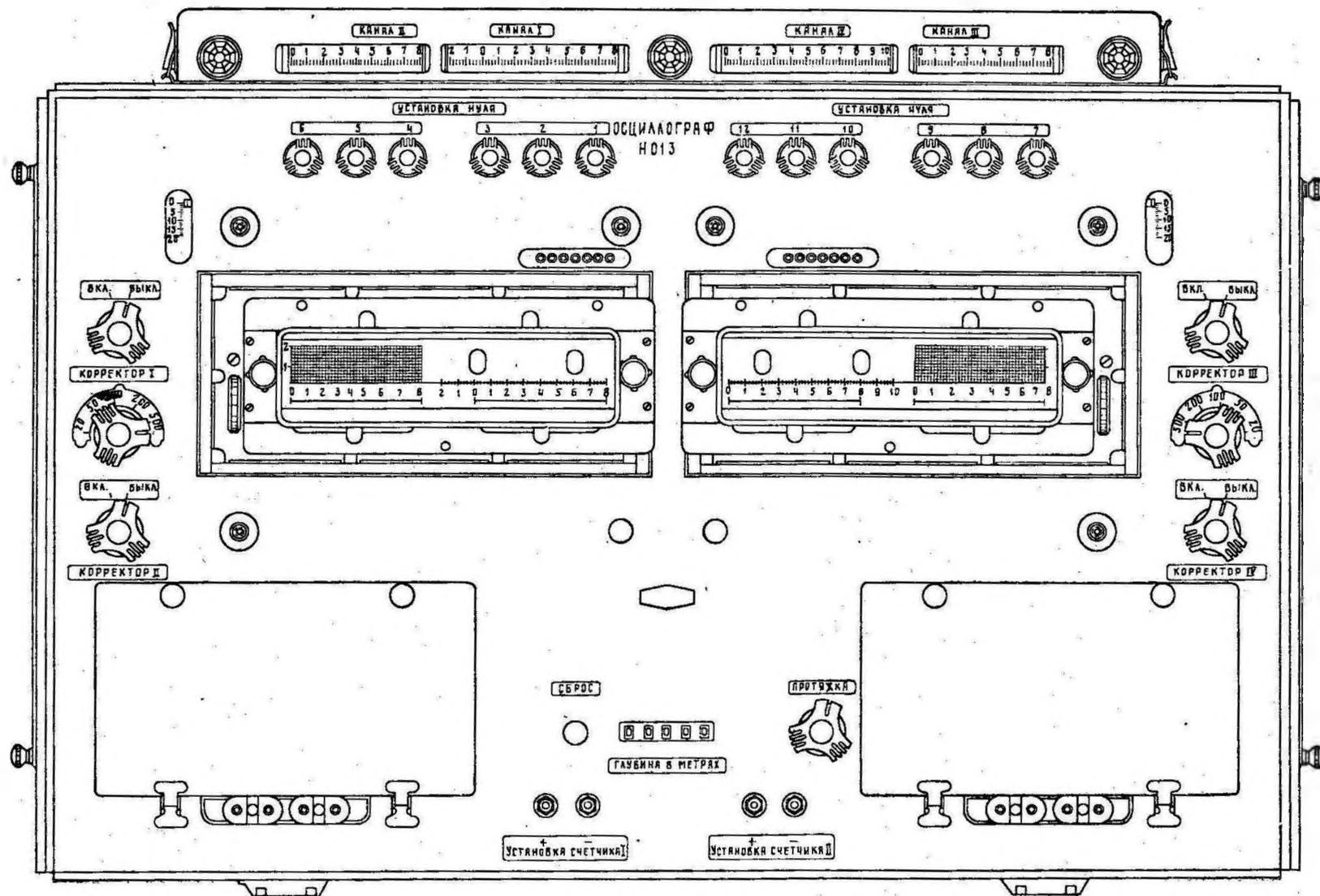


Рис. 13. Общий вид осциллографа H013

следующим образом. При срабатывании реле $P1$ и $P2$ через их замкнутые контакты 10 и 11 подается питание на обмотки реле $P5$ и $P6$, которые своими контактами 3 и 4 отключают питание обмоток реле $P1$ и $P2$, исключая тем самым нанесение ложных линий глубин. Хотя контакты 10 и 11 реле $P1$ и $P2$ разомкнуты, обмотки реле $P5$ и $P6$ будут под током, так как они самозаблокированы контактами 3 и 5. В таком положении реле будут находиться до тех пор, пока кнопки $Kn8$ и $Kn9$ не разомкнутся, в результате чего реле $P5$ и $P6$ обесточатся. Затем кнопки $Kn8$ и $Kn9$ снова замыкаются, и система блокировки устанавливается в исходное положение.

При замыкании кнопок $Kn4$ и $Kn5$ срабатывают реле $P7$ и $P8$, которые своими контактами 1 и 2 шунтируют резисторы $R45$ и $R46$, и лампочки $L7—L12$ вспыхивают ярче, нанося тем самым на фотобумаге более жирные линии глубин.

При замыкании кнопки $Kn10$ срабатывают реле $P9—P11$, а контакты 3—4 ($P9$, $P10$), 3 и 5 ($P11$), 10—11 ($P7$, $P8$) включают питание лампочек $L16$ и $L17$ осветителей счетчиков глубин. Цифры счетчиков глубин в перевернутом виде можно наблюдать на юстировочных экранах. Экспозиция засветки устанавливается временем срабатывания реле $P9$ и $P10$ и регулируется резисторами $R37$ «Экспозиция счетчика I» и $R38$ «Экспозиция счетчика II». Счетчики глубин увеличивают свои показания на единицу (т. е. на 10 м) при разомкнутой кнопке $Kn1$ (при разомкнутом контакте трения на валу), так как на обмотки электромагнитов $ЭМ3$ и $ЭМ5$ будет подаваться питание через контакты 4 и 5 ($P7$ и $P8$, $P1$ и $P2$), 7 и 9, 10 и 12 ($P4$).

При переводе переключателя $B3$ в положение «Реверс» электродвигатель $M1$ вращается в противоположном направлении, кнопка $Kn1$ замыкается (контакт трения на валу замкнут), срабатывает реле $P4$ и его контакты 7 и 8, 10 и 11 включают питание на обмотки электромагнитов обратного хода $ЭМ4$ и $ЭМ6$ счетчиков глубин и последние уменьшают свои показания.

Для проверки работы счетчиков без включения кулачкового вала нажимают кнопки $Kn12$ и $Kn13$ «Установка счетчика; +; —». При этом счетчики увеличивают или уменьшают свои показания в зависимости от того, какую кнопку нажимают. Если показания счетчиков глубин не просматриваются на юстировочных экранах, но лампочки $L16$ и $L17$ горят, необходимо вращением зеркала на счетчике при нажатой кнопке «Установка счетчика» направить луч в объектив. Четкость цифр счетчиков глубин на экране регулируется фокусировкой объективов.

Далее проверяют работу согласующего устройства, которое действует следующим образом. От очередного сигнала магнитной метки, поступающего с контактов 3 и 11 разъема $Ш1$, через интервалы кабеля, кратные 10, срабатывает реле $P3$ формирующей ячейки кабельной метки (тумблер $B5$ «Согласующее устройство» включен). При этом его контакты 7 и 8 размыкаются, и электромагнит $ЭМ2$ отключает барабан с кулачковой системой от вала сельсина $M3$. При замыкании контактов 6 и 7 ($P3$) включается электромагнит $ЭМ1$,

или разработанных в процессе опытных работ методических и технических положений.

Однако даже соблюдение указанных положений и высокое качество полевых материалов не всегда обеспечивают успешное решение поставленной геологической или технической задачи вследствие искажающего влияния скважины (повышенная минерализация бурового раствора и большая глубина зоны его проникновения, увеличение диаметра скважины и наличие глинистой корки большой толщины на ее стенках), изменения мощности, взаимного расположения и физических свойств пластов (ухудшение их пористости, увеличение глинистости, повышение минерализации пластовых вод, изменение концентрации рудных элементов и зольности угольных пластов), неоднозначности или недостаточной полноты сведений, получаемых при использовании того или иного геофизического метода. Эти условия и предопределяют применение широкого комплекса геофизических методов исследования скважин, в котором недостатки одного метода восполняются преимуществами другого.

Применение комплекса геофизических методов повышает эффективность разведочных работ, расширяет производственные возможности каждого метода. Однако одновременно с этим увеличивается продолжительность геофизических работ, особенно в глубоких и сверхглубоких скважинах, что неизбежно требует применения комплексных скважинных приборов и многоканальной геофизической аппаратуры, позволяющих за одну спуско-подъемную операцию регистрировать несколько однотипных или несколько различных физических параметров. Такой способ регистрации сокращает время на геофизические работы в скважинах, повышает точность измерений, исключает взаимное смещение получаемых кривых по глубине.

Для проведения комплексных измерений в скважинах используют автоматические каротажные лаборатории и станции типа АКС и придаваемую комплексную скважинную аппаратуру КСП, ТБК, КМБК-3, МДО-2, АИК-3, ДРСТ, ТСМК-40, СПАК-2, ИГН-4 и др. Наличие унифицированных панелей ИПЧМ, унифицированных узлов и блоков в аппаратуре улучшает ее эксплуатационные качества, габариты и масса, обеспечивает взаимозаменяемость отдельных блоков.

В связи с тем, что в глубоких и сверхглубоких скважинах гидростатическое давление столба буровой жидкости достигает несколько сотен кгс/см², а температура превышает 100° С, возникает необходимость в создании глубоководных скважинных приборов, которые могли бы надежно работать в течение нескольких часов в тяжелых физико-геологических условиях. Поэтому большинство серийных образцов скважинной аппаратуры отечественного производства рассчитано на давление 600—1000 кгс/см² и температуру 120—200° С. Одновременно с разработкой и внедрением новейших образцов геофизической аппаратуры созданы одножильные и трехжильные кабели, рассчитанные на температуру до 180° С и давление до 900 кгс/см² со строительной длиной до 8500 м.

устанавливающий барабан в нулевое положение. Контакты 4 и 5 реле *P3* замыкают цепь лампочек *L13—L15* кабельных меток. Время выдержки реле *P3* регулируется резистором *R19* и выбирается таким, при котором кулачковая система успевает установиться в нулевое положение до включения электромагнита *ЭМ2* и обеспечивается необходимая экспозиция засветки линий кабельных меток на лентах.

Сигнал кабельной метки будет поступать на вход формирующей ячейки тогда, когда кнопка *Kn11* будет замкнута соответствующим кулачком на валу, что происходит в пределах $\pm 27^\circ$ ($\pm 0,75$ м) отклонения вала от нулевого положения, и тумблер *B8* «Блокировка метки» выключен (это соответствует положению «Вкл.» на рис. 11). Отбивка магнитных меток будет происходить и при выключенном согласующем устройстве и замкнутом тумблере *B8*, но тогда линии меток на бумаге могут не совпадать с линиями глубин, т. е. будет отсутствовать согласование между ними.

При проверке работы согласующего устройства выдвигают панель управления из отсека аппаратного стенда, включают тумблеры «Согласующее устройство» и «Блокировка метки» и переключатель *B3* устанавливают в положение «Пр» или «Реверс». В тот момент, когда кулачок замыкает кнопку *Kn11*, несколько раз подряд нажимают кнопку «Метка» (на ПКК) при положении «Ручная» переключателя «Ручная; магн.; намагн.». При этом каждый раз можно видеть установку вала в нулевое положение.

Проверку цепи датчика глубин выполняют при включенных тумблерах *B2* «Панель» и *B4* «Осциллограф», положении «ДГ» переключателя *B3* и вращении рукой ручки «Протяжка» на осциллографе. При исправной цепи датчика сельсин панели управления должен равномерно вращаться.

Регулировку цепей гальванометров в *H013* производят так же, как и в осциллографе ФР-6. Перед проверкой постоянных K_i к входам измерительных каналов *H013* подключают омметр и резисторами *Rz1*, *Rz2*, *Rz3*, *Rz4* подгоняют внутреннее сопротивление до 600 Ом. Регулировка K_i гальванометров выполняется в канале I резисторами *Rx1*, *Ry1* (1/1), *Rx2* (1/5), *Rx3* (1/25), в канале II — *Rx4*, *Ry4* (1/1), *Rx5* (1/5), *Rx6* (1/25), в канале III — *Rx7*, *Ry7* (1/1), *Rx8* (1/5), *Rx9* (1/25), в канале IV — *Rx10*, *Ry10* (1/1), *Rx11* (1/5), *Rx12* (1/25). Для того чтобы постоянные K_i гальванометров во всех каналах находились в соотношении 1 : 5 : 25, на панелях шунтов в гнезда «Г5; 1», «Г6+; 1», «Г6—; 1» и «Г8; 1» необходимо вставить перемычки.

Далее вместо юстировочных экранов устанавливают кассетные камеры и при отжатой кулачковой муфте включают какой-либо масштаб глубин (1 : 200 или 1 : 500).

Путем осмотра убеждаются, что фотобумага при включенной протяжке из зарядной кассеты проходит через ведущий и направляющий валики в приемную кассету без перекосов и заеданий. Нормальная протяжка ленты контролируется по вращению ручек на крышках кассетных камер и по притуханию сигнальных лампочек *L18* и *L21*.

Мигание лампочек $L18$ и $L21$ объясняется шунтированием их цепей резисторами $R47$ и $R48$ при замыкании контактов $K1$ и $K2$ устройств сигнализации движения ленты.

Затем приступают к снятию контрольных осциллограмм в масштабе глубин $1 : 500$ (меньше расход бумаги) сначала при положении «Протяжка», а затем «Реверс» переключателя $B3$, фиксируя в каждом канале нули гальванометров, разность потенциалов от ГКП (как в станции АКС/Л-64) и отметки меток. Некоторый участок диаграммы необходимо записать в масштабе глубин $1 : 200$ или $1 : 100$, чтобы более точно проверить расстояние между горизонтальными линиями.

На каждой ленте должны быть четко зафиксированы:

1) линии глубин в масштабе диаграммы через 2 м (каждая пятая — более жирная); если расстояние между линиями глубин отличается от 2 м, то регулируют гайку поджатия пружины фрикциона;

2) вертикальные линии; одна из них должна быть с разрывами, которые получаются в результате шунтирования лампочек $L20$ и $L23$ резисторами $R2$ и $R3$ при замыкании кнопок $K6$ и $K7$ кулачками на валу двигателя $M2$ через каждые $0,5$ мин;

3) линии меток на середине каждой ленты;

4) цифры счетчиков глубин; при положении «Протяжка» и «Реверс» переключателя $B3$ показания счетчиков глубин должны соответственно увеличиваться и уменьшаться, что указывает на нормальную работу контакта трения, размыкающего и замыкающего кнопкой $Kн1$ цепь реле $P4$;

5) нули гальванометров, точно совпадающие с крайней вертикальной линией соответствующей дорожки записи;

6) кривые всех гальванометров по всей ширине дорожки записи; отклонения бликов на диаграмме от постоянной разности потенциалов должны точно соответствовать отклонениям на визуальной шкале.

Подготовка к работе на скважине

На скважине в принципе проводятся такие же подготовительные работы (проверки оптической системы, электрических цепей и протяжки осциллографа), как и на базе. Разница заключается лишь в том, что на скважине не снимают контрольных осциллограмм.

При нахождении первой метки на кабеле против ММУ на механическом счетчике глубин устанавливают цену первой метки для самого верхнего датчика или расстояние от первой метки до кабельного наконечника.

Перед спуском кабеля в скважину по верньерным указателям выставляют задержки A кабельных меток для обеих лент.

Величины A для трех случаев привязки глубины определяют по формулам:

$$A = L + BN - 10n \quad (19)$$

(при привязке глубины в устье скважины и записи на спуске),

$$A = L - BN - 10n \quad (20)$$

при привязке глубины в устье скважины и записи на подъеме),

$$A = L_m - BN - 10n \quad (21)$$

(при привязке глубины на забое и записи на подъеме), где L — цена первой метки (м), L_m — цена забойной метки, т. е. расстояние от ММУ до точки записи, м; B — смещение плоскости отметки глубин от плоскости записи (обычно $B = 12,5$ мм); N — расстояние, соответствующее 1 мм в заданном масштабе глубин, м; n — целое число (число оборотов вала с кулачковой системой), при котором $A < 10$ и остается положительной величиной.

Величину A рассчитывают для каждой ленты в отдельности. Основным датчиком для данной ленты является датчик с меньшей ценой первой метки.

Для дополнительных датчиков (с большей ценой первой метки) определяют величину смещения $l_{см}$ цилиндрических линз по формуле

$$l_{см} = l/N, \quad (22)$$

где l — расстояние между точками записи основного и дополнительного датчиков, м.

В дальнейшем поступают следующим образом.

При правом положении «Выкл.» переключателя ВЗ «Выкл.; Пр; ДГ; Выкл.» риску на ручке, предназначенной для установки кулачкового вала в нулевое положение, устанавливают против цифры n для первого и третьего случаев определения глубин и $n + 1$ — для второго случая. Если $n > 4$ или $n + 1 > 4$, то риску на ручке устанавливают против цифры, равной остатку от деления величины n или $n + 1$ на 5. При такой установке ручки печатаемые на ленте глубины будут кратными 5, т. е. последние фотографируемые цифры будут заканчиваться на 0 или 5. Если величина n_1 первой ленты будет отличаться от n_2 второй ленты, устанавливают величину n_1 первой ленты, и тогда сфотографированные цифры будут заканчиваться на 0 или 5 только на первой ленте.

Сбросив показания дифференциальных счетчиков на нуль, с помощью кнопок «Установка счетчика» выставляют на них показания $n + 1$ для первого и второго случаев привязки глубины и n — для третьего случая. После этого переключатель ВЗ переводят в положение «ДГ», включают магнитную отбивку меток, тумблеры «Блокировка метки» и «Согласующее устройство» и опускают зонд в буровой раствор при выключенных кулачковых муфтах на кассетах.

В дальнейшем работу на скважине выполняют в соответствии с положениями § 6.

Схемы соединений при записи кривых КС и ПС в варианте трехжильного кабеля

При одновременной записи кривых КС и ПС на станции АКС/Л-64 кривая КС может быть записана любым каналом КС, а кривая ПС — каналом IV; на станции АКС/Л-7 кривые КС и ПС удобно записывать на второй ленте.

Запись кривых КС и ПС производят по схеме двухполюсного зонда. При этом электроды *A* и *B* подключают к гнездам «AB; ~», а электрод *M* — к гнездам « $M_{КС}$ » и « $M_{ПС}$ » (т. е. канал ПС подключается параллельно к каналу КС); гнезда « $N_{КС}$ » и « $N_{ПС}$ » подсоединяют к независимым заземлениям («рыбам»).

Техника установки масштаба $n_{КС}$ в варианте трехжильного кабеля

При нахождении зонда в буровом растворе включают токовую цепь, тумблер *B5* «AB; короткое» переводят в положение «AB» (см. рис. 8), штекером с сопротивлением 600 Ом соединяют гнезда выбранного контрольного шунта и «*K1*» измерительного канала и изменением коэффициента ослабления переключателем «Грубо» и аттенюатором «Точно» устанавливают отклонение *l* по формуле (5).

Масштаб $n_{КС}$ на станции АКС/Л-7 можно устанавливать и с помощью штекера без сопротивления, соединив им гнезда «*K1*» и контрольного шунта, при нажатой кнопке на измерительной панели, так как в этом случае в канал включается резистор 600 Ом.

Регулировка сопротивления канала

Сопротивление измерительного канала при записи кривой КС и установке масштаба $n_{КС}$ должно быть одинаковым, иначе говоря, внешняя измерительная цепь должна иметь сопротивление, равное сопротивлению штекера — 600 Ом.

Проверку сопротивления канала КС выполняют следующим образом. Не разбирая схему установки масштаба записи кривой КС, тумблер «AB; короткое» переводят в положение «Короткое» и запоминают отклонение блика основного гальванометра. Затем штекером без сопротивления соединяют гнезда того же контрольного шунта и «*K2*». Если сопротивление внешней цепи равно 600 Ом, то блик не изменит своего первоначального положения, в противном случае в это положение его устанавливают регулировкой резистора на входе канала (*1R1*; *2R1*; *3R1*).

На станции АКС/Л-7 проверку сопротивления канала можно выполнить при закороченной цепи *AB* с помощью только одного штекера без сопротивления, соединив им гнезда контрольного шунта и «*K2*». При нажатой кнопке измерительный канал, как известно, имеет расчетное сопротивление. При отжатой кнопке и расчетном сопротивлении внешней цепи блик не должен изменять своего первоначального положения.

Можно воспользоваться и другими способами регулирования сопротивления канала, описанными в инструкциях к станциям, однако предложенные выше способы наиболее простые и быстрые. При больших коэффициентах ослабления (20—200) сопротивление канала можно не регулировать.

Техника установки масштаба $n_{ПС}$

Перед подключением цепи ПС канал ПС загрубляют, чтобы блик не вышел за пределы шкалы. Штекером без сопротивления соединяют гнезда «ГКП» и «К2» канала ПС, в цепи ГКП устанавливают ток 5 мА. Уменьшая коэффициенты ослабления и подавая в измерительный канал разности потенциалов от ГКП, все время удерживают блик гальванометра в пределах шкалы. В станции АКС/Л-7 блик гальванометра частично или полностью (в зависимости от предела измерения) можно удерживать в пределах шкалы корректором нуля.

В канале устанавливают такой коэффициент ослабления, при котором номинальная величина m является ближайшей к заданному масштабу, но меньше его, так как аттенюатор обеспечивает только увеличение m по отношению к номинальному значению.

Разность потенциалов на ГКП изменяют на известное число милливольт и изменением сопротивления аттенюатора добиваются расчетного отклонения блика в соответствии с формулой (16).

§ 9. ТЕХНИКА РАБОТ С АППАРАТУРОЙ КСП-1

Подготовка аппаратуры к включению на базе

Отсоединив многоэлектродный зонд от скважинного прибора, проверяют омметром соответствие электродов зонда контактам его головки. Стальной рулеткой измеряют расстояние от электрода A до полумуфты косы, которое при работе на скважине будет использовано для определения цены первой метки каждого зонда. Омметром на головке скважинного прибора проверяют сопротивления между контактами 17 (ЦЖК) — 19 (электрод A) и 17—18 (ОК) (рис. 14), которые должны быть равны соответственно около 30 Ом и не менее 100 МОм.

Извлекают электронную схему прибора из кожуха и снимают защитную крышку шасси. Контакты разъема скважинного прибора соединяют отдельным жгутом с соответствующими клеммами имитатора сигналов зонда (ИСЗ), а клеммы «ЦЖК» и «ОК» на ИСЗ — с клеммами «ЦЖК» и «ОК» на панели КСП-1 (рис. 15, 16).

Межпанельными кабелями соединяют: разъем «Питание» на УГ-1 (рис. 17) с соответствующим разъемом на УИП-К или с разъемом «К генератору» на УВК-2; разъем «Выход» на УГ-1 с разъемом Ш7 на панели КСП-1; разъем Ш8 панели КСП-1 с разъемом постоянного тока сменных панелей УИП-К или с разъемом «К панели управления» на УВК-2. Клеммы «Заземлить» всех панелей соединяют между

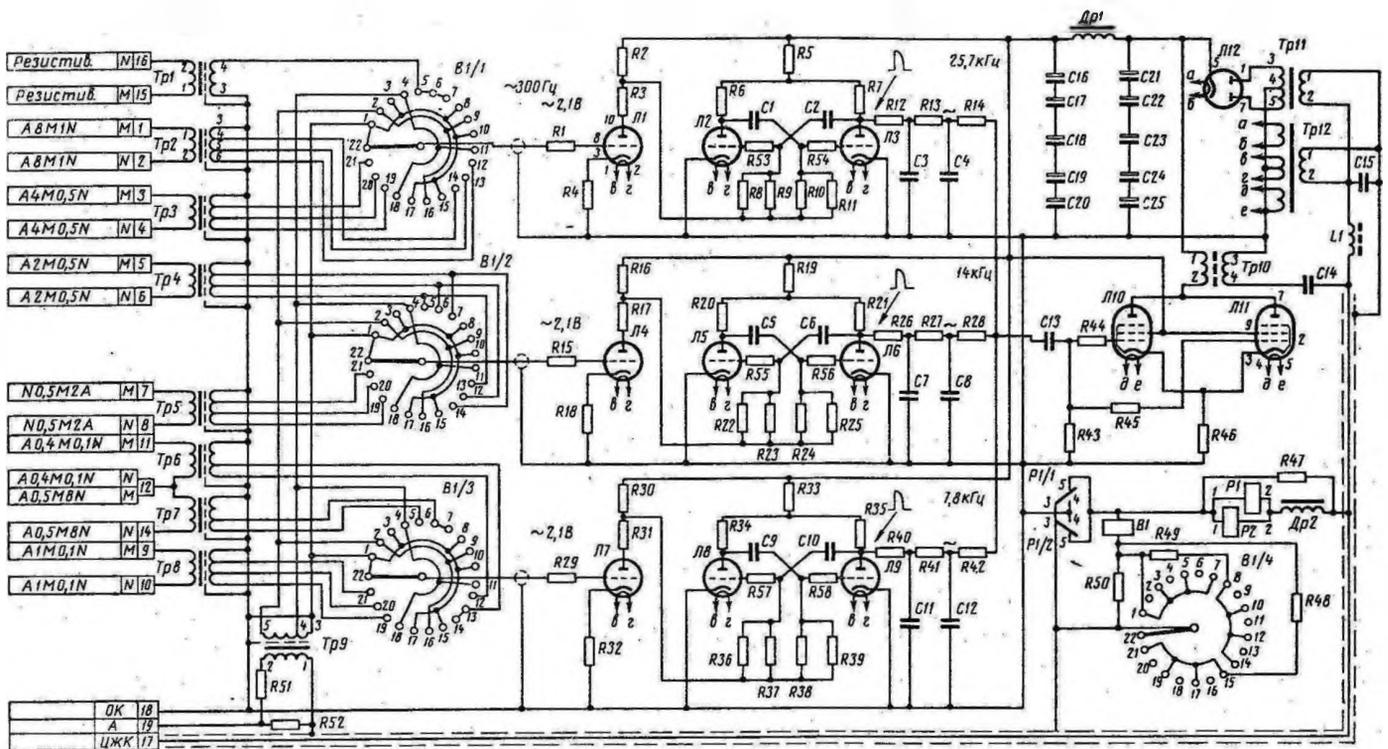


Рис. 14. Электрическая схема свдвинного прибора аппаратуры КСП-1

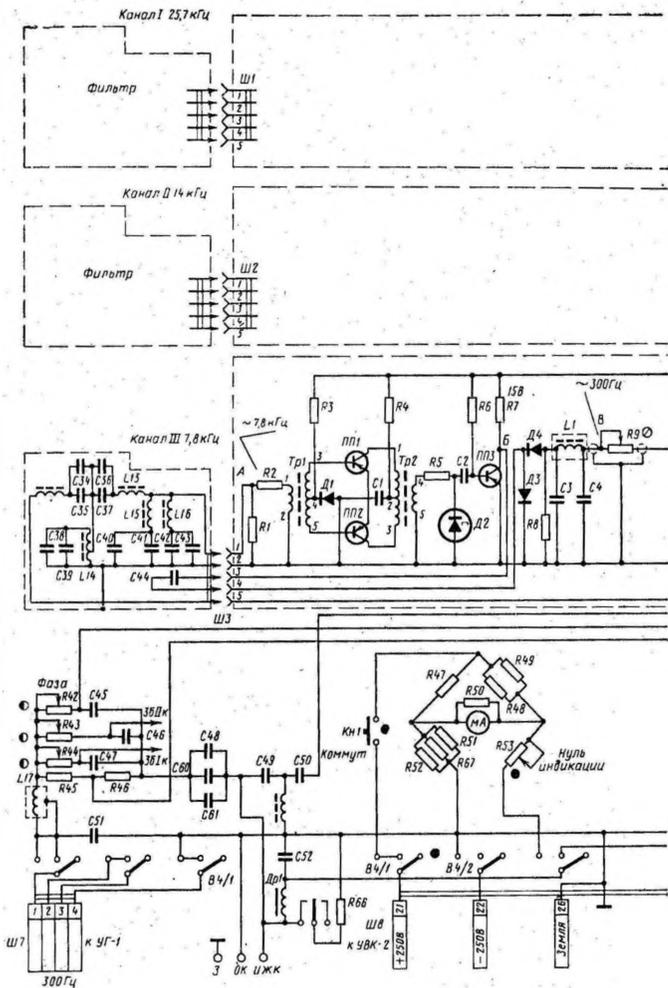
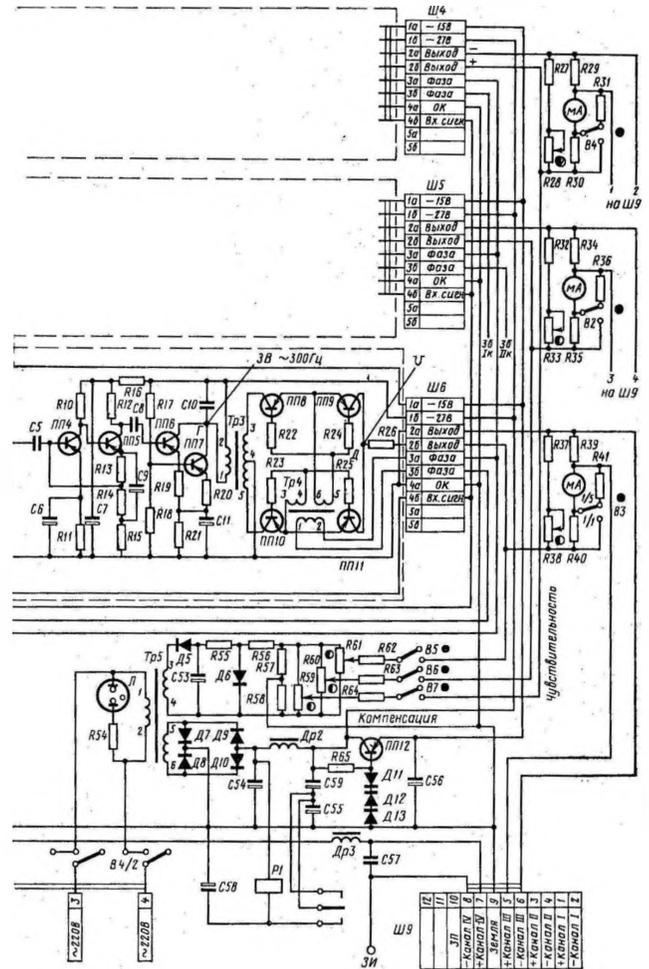


Рис. 15. Электрическая схема панели



управления аппаратуры КСП-1

Паряду с новейшими образцами аппаратуры разрабатываются и совершенствуются методика и техника геофизических работ. От того, как настроена и отрегулирована геофизическая аппаратура, как соблюдаются основные методические и технические требования при выполнении того или иного метода геофизических исследований, зависит качество полученных на скважине первичных материалов, определяющих успех всех геолого-геофизических работ при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. Рассмотрению этих вопросов и посвящено настоящее пособие.

При подготовке книги к изданию автору оказали большую помощь коллективы сотрудников трестов Укргеофизразведка, Днепрогеофизика, Киевского завода «Геофизприбор», Центрально-Казахстанского геологического управления, предметная комиссия геофизических методов разведки Киевского геологоразведочного техникума (А. А. Потушанский, В. М. Аванесов, А. И. Захаревич, В. К. Найчук, И. К. Лебедь, Л. Ф. Трященко, Н. В. Старинский, Я. М. Заворотько, В. В. Фарафонов, В. А. Борисов, В. П. Панфилов, Н. И. Мороз, В. М. Мороз, И. Ф. Трегуб и др.), которым автор выражает свою глубокую признательность. Автор благодарен А. А. Мухеру, К. А. Фадееву и В. А. Устюжанинову, взявших на себя труд по рецензированию рукописи.

напряжение накала ламп *Л1—Л9* и *Л12* будет равно 6,3 В, а ламп *Л10—Л11* — 5 В (см. рис. 14). Включают тумблер «АРУ» и регулятором «Настройка» устанавливают прежнюю величину тока.

Проверка работы скважинного прибора

Проверку режимов работы скважинного прибора и наземной панели производят спустя 10—15 мин после включения питания в соответствии с прилагаемыми картами напряжений (табл. 1, 2).

Таблица 1

Режимы работы ламп скважинного прибора аппаратуры КСП-1
(напряжение в В)

Элемент схемы	Номера контактов ламп									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Л1, Л4, Л7</i> (6С51Н)	~ 6,3	~ 6,3	+2,1	—	—	—	—	0	—	+70
<i>Л2, Л3, Л5,</i> <i>Л6, Л8, Л9</i> (6С51Н)	~ 6,3	~ 6,3	0	—	—	—	—	—	—	+63
<i>Л10, Л11</i> (ПК-250)	—	—	—	~ 27	—	+143	0	+6,2	+140	—
<i>Л12</i> (6Ц4П-В)	~ 125	—	~ 6,3	~ 6,3	+143	—	~ 125	—	—	—

Таблица 2

Режим работы транзисторов МП-42А панели КСП-1
(напряжение в В)

Транзистор	База	Эмиттер	Коллектор
<i>ПП1, ПП2</i>	-0,15	0	-13,5
<i>ПП3</i>	-0,12	0	-8
<i>ПП4</i>	-10,7	-10,5	-16,5
<i>ПП5</i>	-16,5	-16,5	-22,5
<i>ПП6, ПП7</i>	-15	-15,5	-27
<i>ПП12</i>	-14	-15	-27

Примечание. Все напряжения измерены относительно ОК.

При кратковременном нажатии кнопки «Коммутация» проверяют работу скважинного переключателя *В1* (см. рис. 14).

Потенциометр *Р53* (см. рис. 15, 16) «Нуль индикации» должен быть отрегулирован так, чтобы срабатывал переключатель *В1* и стрелка индикационного прибора отклонялась (через нуль) в цикле I на всю шкалу, а в циклах II и III — соответственно на $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$ шкалы. Номер цикла можно определить также по замерам сигналов зондов с ИСЗ, пользуясь электрической схемой скважинного прибора. При положении «нуль-сигнал» тумблеров на ИСЗ переход с цикла III на цикл I сопровождается пятью нулевыми замерами.

Переключатель *B1* устанавливают в одну из позиций нуль-сигнала (1, 3, 8, 10, 15, 17, 22), тумблеры *B1—B3* «Чувствительность» и *B5—B7* «Фаза» переводят соответственно в положение «1 : 1» и «Вкл.». Потенциометрами *R59—R61* «Компенсация» стрелки приборов 1ИП1—1ИП3 устанавливают на нуль (компенсация нуль-сигнала) и тумблеры *B1—B3* «Чувствительность» переводят в положение «1 : 5», и при среднем положении ползунков потенциометров *R28, R33* и *R38* «Чувствительность» выводят регулятор *R9* (на электронных блоках) в крайнее левое положение, потенциометрами *R42—R44* «Фаза» добиваются максимальных отклонений стрелок миллиамперметров, а затем потенциометром *R9* устанавливают их на всю шкалу или на деление «0,8» шкалы. В последнем случае диапазоны измерения ρ_k по шкалам приборов увеличиваются, что создает определенные удобства при снятии передаточных характеристик каналов и при проведении измерений на скважине. В дальнейшем стрелки приборов устанавливают в указанные положения потенциометрами «Фаза» и «Чувствительность». Коммутируют переключатель *B1* в положение «нуль-сигнал» (или какого-либо замера при позиции «нуль-сигнал» тумблеров «Сигнал; нуль-сигнал» на ИСЗ) и на анодах ламп *Л3, Л6* и *Л9* по осциллоскопу С1-19Б при соответствующем подборе и регулировке длительности развертки наблюдают прямоугольные колебания мультивибраторов. При этом на ЭО переключатель «Синхронизация» устанавливают в положение «Внутренняя». Подключая осциллоскоп к выходам фильтров каждого канала, наблюдают синусоидальные колебания соответствующих частот и определяют их амплитуду.

Далее проверяют амплитуды выходных сигналов поочередно в каждом канале при отпаянных от входа усилителя мощности (*Л10* и *Л11*) остальных каналов. Для этого емкость *С14* отпаивают от ЦЖК и припаивают к резистору 100 Ом, соединив второй конец резистора с ОК. Амплитуды сигналов на резисторе должны быть 6 В (канал I) и 3 В (каналы II и III).

После восстановления схемы в прежнее положение коммутируют переключатель *B1* на замер стандарт-сигнала 200 Ом·м или сигнала зонда 200 Ом·м на первой позиции масштабов и проверяют с помощью ЭО амплитуды синусоидальных колебаний частоты 300 Гц на входах резисторов *R1, R15, R29* (не более 2,1 В) и на анодах ламп *Л1, Л4, Л7* (около 24 В).

При позиции «нуль-сигнал» переключателя *B1* частотомером измеряют частоты колебаний на выходах фильтров мультивибраторов каждого канала. Отклонение частот от заданных не должно быть более $\pm 2\%$. Подстройка частот мультивибраторов осуществляется подбором резисторов *R9—R10* (канал I), *R23—R24* (канал II) и *R37—R38* (канал III).

При замерах стандарт-сигналов или сигналов зондов по частотомеру можно наблюдать отклонение частот от задаваемых мультивибраторами.

Совместная проверка и регулировка наземной панели и скважинного прибора

Проверка сигналов в электронных блоках

С электронных блоков снимают защитные экраны и сверху устанавливают фильтры.

При положении «нуль-сигнал» с помощью ЭО в контрольной точке А (на входе R2) измеряют амплитуды синусоидальных сигналов (не менее 35 мВ), а в контрольной точке Б (выход усилителя-ограничителя) — прямоугольные колебания частот 25,7; 14 и 7,8 кГц амплитудой около 15 В. При стандарт-сигнале 200 Ом·м в контрольных точках В (на выходе фильтра частотного детектора) и Г (на выходе измерительного усилителя) проверяют амплитуды и форму сигналов частоты 300 Гц (соответственно 60 мВ и 3 В). В контрольной точке Д (выход фазочувствительного выпрямителя) наблюдают пульсирующие колебания, поступающие на выход соответствующего канала (см. рис. 15).

Проверка величины нуль-сигнала

Оставив переключатель В1 в положении «нуль-сигнал», выключают питание панели КСП-1 и выходы ее каналов подключают на входы измерительной панели станций типа АКС. С помощью ГКП в каналах регистратора устанавливают $m = 1$ мВ/см. Не извлекая штекера из гнезда «К2» (см. рис. 9), включают питание панели КСП-1. При выключенных тумблерах В5—В7 «Компенсация» нормальное выходное напряжение нуль-сигнала должно отклонить блик гальванометра 1/1 примерно на 1 см.

Из гнезда «К2» извлекают штекер, компенсируют нуль-сигнал, корректорами нуля фоторегистратора устанавливают блики гальванометров в нулевое положение.

Проверка соотношения стандарт-сигналов и масштабов

В измерительных каналах станции увеличивают коэффициенты ослабления до 100—200, коммутируют переключатель В1 на измерение стандарт-сигнала 200 Ом·м, изменением постоянной по напряжению задают бликам гальванометров 1/5 отклонение 3—5 см. При позиции стандарт-сигнал 40 Ом·м стрелки приборов панели КСП-1 должны установиться на деление шкалы «0,2», а блики гальванометров 1/1 — в положение, какое занимали блики гальванометров 1/5 (с погрешностью не более $\pm 2\%$).

При проверке соотношения масштабов коммутируют переключатель зондов в первую позицию масштабов, устанавливают переключатель «8; 40; 200 Ом·м» на ИСЗ в положение «200 Ом·м» или «40 Ом·м»; тумблерами «нуль-сигнал; сигнал» включают сигналы соответствующих зондов и задают бликам гальванометров 1/5 отклоне-

ние 3—5 см. При второй позиции масштабов блики гальванометров 1/1 должны занимать ранее установленное положение бликов гальванометров 1/5. Бликам гальванометров 1/5 задают отклонения 3—5 см на второй позиции масштабов и коммутируют переключатель *В1* в третью позицию масштабов. При правильном соотношении масштабов блики гальванометров 1/1 снова должны занять ранее установленное положение бликов гальванометров 1/5.

В случае хорошего качества гальванометров соотношение масштабов проверяют по первоначальному отклонению блика гальванометра 1/25. Вполне очевидно, что во второй и третьей позициях масштабов блики гальванометров 1/5 и 1/1 должны устанавливаться в положение, какое занимал гальванометр 1/25 на первой позиции масштабов (с погрешностью $\pm 2\%$).

Проверка взаимовлияния каналов

В токовую цепь скважинного прибора включают три последовательно соединенных между собой магазина сопротивлений, с которых измеряемые сигналы подают на входные трансформаторы зондов (рис. 18). Скважинный прибор подключают к панели управления через кабель или его эквивалент, имеющийся в ИСЗ. Для использования эквивалента кабеля имитатора сигналов зонда необходимо соединить между собой клеммы «ЦЖК» и «ОК» панели КСП-1 и ИСЗ, а клеммы 17 (ЦЖК) и 18 (ОК) на ИСЗ подключить к соответствующим контактам разъема скважинного прибора.

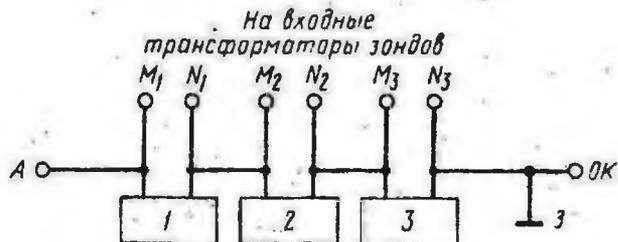


Рис. 18. Схема проверки аппаратуры КСП-1.

1, 2, 3 — магазины сопротивлений

Переключатель зондов скважинного прибора коммутируют в первую позицию масштабов II цикла измерений (зонды А8М1N; А2М0,5N; А0,4М0,1N). При нулевых показаниях на магазинах потенциометрами «Компенсация» компенсируют выходные сигналы и корректорами нуля устанавливают блики гальванометров на нуль. Затем на одном из магазинов набирают эквивалентное $\rho_k = KR_0 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, установив на остальных двух магазинах нулевые показания. Изменением постоянной по напряжению в одном из каналов задают блику гальванометра 1/1 максимальное отклонение в пределах шкалы и, принимая его за 100%, оценивают погрешность от влияния этого канала на остальные каналы. После этого на всех магазинах устанавливают $\rho_k = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и задают бликам гальванометров 1/1 одинаковые отклонения (5—7 см). Предварительно загрузив один из каналов, увеличивают в нем эквивалентное ρ_k в 10 раз и оценивают влияние

этого канала на остальные каналы, приняв их показания за 100% при $\rho_k = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Погрешности измерений, обусловленные взаимовлиянием каналов, не должны превышать 5%.

Техника установки масштаба записи ρ_k

Кривые КС будут записываться прибором КСП в заданных масштабах $n_{КС}$ в любой позиции масштабов переключателя зондов в том случае, если отклонения бликов гальванометров от сигналов зондов 40 и 200 Ом·м будут равны отклонениям от стандарт-сигналов 40 и 200 Ом·м, что указывает на соответствие фактического числа витков в обмотках входных трансформаторов зондов и стандарт-сигнала их расчетному значению. Однако это положение не всегда соблюдается.

Согласно техническим условиям на прибор КСП-1 погрешности отклонений от сигналов зондов и стандарт-сигналов принимаются равными $\pm 2\%$. Если учесть, что эти погрешности могут быть одного знака, то суммарная погрешность может достигать удвоенной величины, т. е. будет иметь значение, почти соизмеримое с точностью измерений 5%, обусловленной технической инструкцией [50].

Чтобы уменьшить погрешности установки масштаба $n_{КС}$, поступают следующим образом. Скважинный прибор подключают к ИСЗ или магазинам сопротивлений. При соблюдении соотношения в отклонениях бликов при различных позициях масштабов на ИСЗ или магазинах сопротивлений устанавливают замер 40 Ом·м и на первой позиции масштабов производят установку масштаба записи кривых [формула (15)]. Затем коммутируют переключатель зондов на замер стандарт-сигнала 40 Ом·м. Полученные отклонения и будут соответствовать ранее установленным масштабам. Этими отклонениями пользуются при установке масштаба на скважине по стандарт-сигналу 40 Ом·м.

Аналогичным образом поступают и на других позициях масштабов переключателя зондов, если не соблюдается требуемое соотношение между ними (1 : 5 : 25). Поскольку в позиции III масштабов отклонения бликов от сигналов зондов 40 Ом·м будут небольшие, то при установке масштабов $n_{КС}$ пользуются отклонениями от стандарт-сигнала 200 Ом·м.

Предложенный способ практически сводит к нулю погрешности в установке масштаба $n_{КС}$ за счет неточной намотки обмоток входных трансформаторов зондов и стандарт-сигнала.

Проверка линейности каналов

Как установлено в § 3, сопротивление горных пород не должно превышать $\rho_{k \text{ max}}$ на данной позиции масштабов скважинного прибора, т. е. должна сохраняться пропорциональность между входным и выходным сигналами.

Для построения передаточной характеристики канала $\rho_{к\text{ вых}} = f(\rho_{к\text{ вх}})$ (рис. 19) и проверки ее линейности пользуются такой же схемой, как и при проверке взаимовлияния каналов.

При нулевых положениях переключателей на магазинах сопротивлений компенсируют выходной сигнал, блики гальванометров устанавливают на нуль, по стандарт-сигналу 40 Ом·м в соответствии с положениями § 3 устанавливают масштабы $n_{кС}$ и измеряют $\rho_{к}$ на всех позициях масштабов для всех зондов. Величины $\rho_{к\text{ вх}}$ задают в соответствии с формулой (4), а $\rho_{к\text{ вых}}$ измеряют по отклонениям бликов гальванометров. Рекомендуется на первой позиции

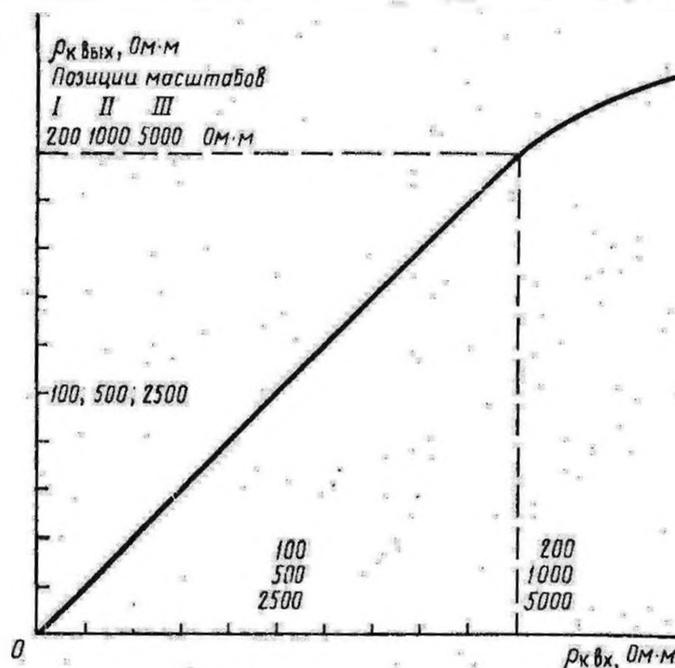


Рис. 19. Передаточная характеристика канала аппаратуры КСП-1 (выходной сигнал скомпенсирован при нулевых положениях переключателей на магазинах сопротивлений)

масштабов устанавливать $n_{кС} = 1,25 \div 1,5$ Ом·м/см, что позволяет по отклонениям бликов гальванометров $1/25$ измерять $\rho_{к\text{ вых}}$, превышающее максимальное на данной позиции масштабов без изменения пределов измерения станции.

Для зондов с большим коэффициентом измерения начинают с $R_0 = 0,01$ Ом, для зондов А0,4М0,1N и А0,5М8N его можно взять равным соответственно 0,02 и 0,1 Ом. При малых и больших (близких к максимальным) значениях $\rho_{к\text{ вх}}$ количество замеров увеличивают. Для всех зондов измерения заканчивают при $\rho_{к\text{ вх}}$, превышающем максимально измеряемое на 20—30%; при этом не обращают внимания на выход за шкалу стрелок миллиамперметров панели КСП-1. Исходя из полученной характеристики канала оценивают, какие максимально измеряемые $\rho_{к}$ горных пород в пределах допустимой погрешности следует перекрывать на следующей позиции масштабов.

Проведение измерений на скважине

На базе подключают прибор к кабелю подъемника и устанавливают рабочий ток питания по номинальным напряжениям накала ламп. Полученным током пользуются затем при работе на скважине.

Порядок проведения измерений на скважине рассмотрен в § 6, поэтому здесь укажем лишь на специфические особенности работы с прибором КСП-1.

После проверки сопротивления изоляции кабеля и косы (см. § 23) подключают скважинный прибор к кабелю, закорачивают электрод *A* на *OK*, подключают клеммы «ЦЖК» и «OK» панели КСП коллекторным проводом к соответствующим гнездам коллектора лебедки, к гнезду «ЗИ» подсоединяют «рыбу» (при записи кривой ПС).

Аппаратуру станций, генератор УГ-1 и панель КСП-1 готовят к работе так, как рассмотрено выше.

При работе с ФР-6 все блики гальванометров канала I корректорами нуля устанавливают на нуль, а каналов II и III — механической регулировкой соответственно на 2 и 4 см. Прогревают аппаратуру в течение 30 мин, затем при выключенном питании скважинного прибора отсоединяют электрод *A* от *OK* и опускают прибор в скважину.

После погружения многоэлектродного зонда в буровой раствор включают питание скважинного прибора, устанавливают его рабочий ток и обеспечивают необходимые масштабы записи по отклонениям бликов от стандарт-сигнала 40 Ом·м (см. выше). Масштаб кривой резистивиметра устанавливают в соответствии с результатами эталонировки (см. § 12).

Затем переключаются на запись кривых цикла I измерений и при спуске прибора на забой ведут визуальные наблюдения за бликами гальванометров. В призабойной части скважины корректируют нулевые положения бликов и установку масштабов записи $n_{КС}$ и резистивиметра и фиксируют их на диаграммной ленте. Включают лентопротяжный механизм регистратора и переходят на запись кривых зондов цикла I.

В процессе спуска прибора и последующего замера производят фотообработку диаграмм предыдущей записи и оценивают их качество (см. § 10).

§ 10. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДИАГРАММ

Под качеством каротажных диаграмм подразумевается степень их пригодности для качественной и количественной интерпретации.

Оценка качества первичных материалов является весьма ответственным этапом в общем комплексе геофизических исследований скважин, так как от этого зависит правильность последующей интерпретации кривых, а следовательно, конечный результат всех геолого-геофизических работ. Высокое качество полевых материалов определяется применением исправной аппаратуры, отрегулированной

ной в оптимальном режиме, высококачественного кабеля, правильным выбором методики работ, соблюдением технических условий на проведение исследований тем или иным методом, точностью регистрации измеряемых параметров, градуировочных и контрольных сигналов, правильным оформлением полевой документации.

Первичная обработка диаграмм и оценка их качества производятся исполнителем работ непосредственно на скважине, чтобы в случае брака можно было провести повторные измерения на более качественном уровне. Окончательное заключение о качестве диаграмм обычно делает инженер-интерпретатор или начальник партии при камеральной обработке.

В практике производственных организаций первичные материалы принимаются с оценками «хорошо», «удовлетворительно» и «брак».

Диаграммы КС и ПС принимаются с оценкой «хорошо», если соблюдены следующие требования.

1. Кривые записаны в соответствии с методическими положениями §§ 1—9.

2. Диаграммы соответствуют типовому геолого-геофизическому разрезу. Если такой разрез по месторождению или площади еще не составлен, то вместо него могут быть использованы каротажные диаграммы по соседним скважинам. Обычно в разрезах скважин района исследований всегда встречаются пласты, которым соответствуют характерные по форме и амплитуде аномалии, используемые для контроля качества результатов измерений. Однако при этом необходимо учитывать возможные отклонения конфигурации кривых, обусловленные изменением строения пластов и условий измерений.

3. Масштабы записи кривых КС и ПС соответствуют общепринятым в районе работ.

4. Погрешность измерений КС и ПС, определяемая как половина расхождения между основной и контрольной записями, не превышает 5% в нефтяных и газовых скважинах и 10% — в угольных и рудных [50].

5. Погрешности определения глубин не превышают допустимых значений, принятых на месторождениях того или иного типа (см. § 5). Смещение кривых по глубине не превышает 1 мм, а расхождение между соседними метками на диаграмме не отличается от фактического на кабеле более чем на 1%.

6. Максимальное смещение нулевой линии кривой КС или отдельных ее участков не превышает 2 мм в нефтяных, газовых и рудных скважинах и 1 мм на 25 см длины диаграммной ленты — в угольных скважинах.

7. На диаграммах в начале и конце записи зафиксированы и расшифрованы необходимые контрольные и градуировочные сигналы. Нестабильность градуировочных отклонений при установке масштабов записи кривых не превышает 3%.

8. На интервалах нефтяных и газовых скважин, где кривая КС подходит к нулевой линии ближе, чем на 1 см, а угольных и рудных на 0,5 см, выполнены повторные записи в более крупных масштабах,

а там, где эта кривая не поместилась в пределах диаграммной ленты или измеряемая величина ρ_k превышает максимально допустимое значение для выбранного предела измерения аппаратуры, сделаны перекрытия в более грубых масштабах. При этом повторные записи начинаются на 10 м ниже и заканчиваются на 10 м выше интервалов с низкими или высокими сопротивлениями.

9. Контрольные измерения; перекрытия ранее проведенных исследований и записи в колонне выполнены в необходимом объеме.

10. Качество записи кривых при проведении БКЗ оценивается по величинам ρ_k против глин, аргиллитов или глинистых сланцев, которые на кривых КС больших зондов (более 2 м) отмечаются примерно одинаковыми показаниями. Однако наилучшим способом контроля кривых КС является построение кривой зондирования для одиночных пластов высокого сопротивления мощностью более 1 м или мощных (более 5 м) однородных коллекторов. Незаконномерный ход кривой зондирования или БКЗ указывает на ошибочность проведенных измерений тем или иным зондом.

11. Смещение кривой ПС от условной линии (линии глин) за счет поляризации электродов на 100 м глубины скважины не превышает 1 см в нефтяных и газовых скважинах, 10 и 20 мВ соответственно в угольных и рудных скважинах, а кривой градиента ПС — 5 мВ в угольных и рудных скважинах.

12. На интервалах скважины, где кривая ПС подходит к одному из краев бумаги ближе чем на 0,5 см, произведено ее смещение с помощью ГКП.

13. При смене масштаба записи кривой ПС в случае повышенной минерализации пластовых вод или бурового раствора выполнена повторная запись в разных масштабах на интервале не менее 50 м.

14. Погрешности записи диаграмм КС и ПС, обусловленные намагниченностью лебедки, утечками тока, индуктивными помехами, емкостными связями цепей, неточностью регулировки аппаратуры и другими причинами, находятся в пределах, указанных в пунктах 4, 6, 7.

15. Все угольные пласты рабочей или близкой к ней мощности и рудные зоны, представляющие практический интерес, детализированы всеми применяемыми методами каротажа. При этом масштабы записи кривых выбраны такие, при которых аномалии против полезного ископаемого достаточно дифференцированы.

16. Все нехарактерные для данного разреза аномалии кривых записаны повторно.

17. На диаграммных лентах имеются все метки глубин, вертикальные и горизонтальные линии (для фоторегистраторов), марки времени, масштабные шкалы всех кривых с шагом через 2 см, а масштаб кривой ПС или градиента ПС изображен отрезком длиной 2 см, против которого указаны число милливольт и направление возрастания (+) и убывания (—) потенциала или градиента.

18. Диаграммы имеют хорошую фотообработку и на них отсутствуют разрывы и размывы записи.

19. Подлинники диаграмм содержат заголовок с перечнем следующих основных данных: наименование геофизического треста, геофизической экспедиции и конторы бурения; название площади или участка и номер скважины; вид каротажа; данные о скважине: альтитуда, глубина забоя, диаметры долота и колонны и соответствующие им глубины; тип, плотность, вязкость, водоотдача и удельное сопротивление промывочной жидкости; типы и номера подъемника, лаборатории, глубинных приборов; тип кабеля; цена первой метки; скорость и масштаб записи кривых; масштаб глубин; дата измерений и подпись исполнителя работ.

Кроме того, на подлинниках диаграммы стандартного каротажа и БКЗ указываются: тип и размер зонда, его коэффициент; величина контрольного шунта R_0 и отклонение пишущего устройства соответственно выбранным масштабам записи или величина отклонения от стандарт-сигнала; предел измерения наземной панели и скважинного прибора; дата начала и окончания разбуривания интервала каротажа.

Диаграммы КС и ПС принимаются с оценкой «удовлетворительно» в следующих случаях.

1. На диаграммах отсутствуют следующие данные: до 20% меток в интервале 200 м, горизонтальные или вертикальные линии, контрольные записи в колонне, градуировочные отклонения в начале или конце диаграммы, некоторые необходимые сведения в заголовках подлинников (например, данные о промывочной жидкости, наземном и скважинном оборудовании), повторные записи, если погрешность измерений может быть оценена по интервалу перекрытия ранее проведенных исследований и по известным значениям параметров против литологически выдержанных пластов.

2. Диаграммы имеют неудовлетворительную фотообработку, плохое взаимное расположение кривых, содержат большое количество переносов, разрывы и размывы записи, не исключающие возможности восстановления конфигурации кривых и амплитуд аномалий.

3. Кажущееся сопротивление, отсчитанное на кривых зондов размерами 0,4—0,6 м, отклоняется от кривой зондирования не более чем на 10%, а для других зондов — не более чем на 20%.

Диаграммы КС и ПС принимаются с оценкой «брак», если они записаны с недопустимыми погрешностями и с неисправимыми при обработке упущениями и помехами, в результате чего материал не может быть использован для решения геологических задач.

Оформленные, проверенные и подписанные исполнителем работ каротажные диаграммы передаются в отдел интерпретации для дальнейшей обработки.

Г л а в а I

**СТАНДАРТНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ
КАРОТАЖ КС, ПС И БКЗ**

Методы КС и ПС занимают ведущее место в общем комплексе геофизических исследований скважин и применяются на всех типах месторождений полезных ископаемых.

§ 1. ВЫБОР ЗОНДОВ

От типа и размера зонда зависят радиус исследования метода КС, форма, амплитуда и дифференциация кривых, положение на кривой точек, соответствующих границам пласта, и т. д.

При помощи градиент-зондов малых размеров получают хорошо дифференцированные кривые КС, на которых четко отбиваются границы пластов. Однако на результатах измерений значительно сказывается влияние скважины и зоны проникновения, а измеренное кажущееся удельное сопротивление пластов ρ_k превышает (но не более чем в два раза) истинное их сопротивление [19]. Величина ρ_k , измеренная градиент-зондами больших размеров, близка к истинной, но кривые в этом случае слабо дифференцированы, по ним трудно установить границы пластов с достаточной точностью. Особенно затрудняется отбивка прослоев малой мощности в пластах сложного строения, а некоторые из них вообще не отмечаются на кривых вследствие экранирования тока пластом высокого сопротивления.

В связи с этим в практике применяется градиент-зонд средних размеров, называемый стандартным зондом. Он дает дифференцированную кривую, четко отбивает границы пластов различного сопротивления, сводит к минимуму влияние скважины на величину ρ_k , измеряет ρ_k пластов, близкое к их истинному удельному сопротивлению. Результаты, полученные стандартными зондами, дают наиболее полное общее представление о геологическом разрезе скважины, облегчают сопоставимость диаграмм ρ_k по площади месторождения или района.

Так как мощность пластов и их удельное сопротивление изменяются в широких пределах, практически трудно выбрать стандартный зонд для всех типов месторождений, поэтому в каждом районе

Глава II

РЕЗИСТИВИМЕТРИЯ

§ 11. МЕТОДИКА РАБОТ

Удельное сопротивление бурового раствора ρ_c в скважине оказывает существенное влияние на величины измеряемых физических параметров. Повышенная минерализация бурового раствора приводит к сглаживанию кривых электрокаротажа и уменьшению их амплитуды, завышает вторичное гамма-излучение в методе нейтронного гамма-каротажа (НГК), уменьшает плотность тепловых нейтронов в нейтрон-нейтронном каротаже (ННК).

Данные о ρ_c используются для интерпретации материалов БКЗ (для нанесения креста скважины), кривых бокового каротажа и микронзондов, определения минерализации пластовых вод по кривой ПС, мест притоков, скорости и коэффициентов фильтрации подземных вод, мест поглощения бурового раствора в скважине и нарушения обсадных колонн и других целей.

Измерение ρ_c производится лабораторными и скважинными резистивиметрами различных конструкций, однако предпочтение следует отдавать последним, так как они позволяют изучать изменение сопротивления раствора по всему стволу скважины, в то время как при помощи лабораторных резистивиметров можно получить лишь общее представление о ρ_c , в измеренную величину которого необходимо ввести поправку на температуру для данной глубины скважины.

Чаще всего запись кривых ρ_c выполняют при подъеме резистивиметра, а в случае гидрокаротажных работ — при спуске и подъеме. При отдельной записи кривой ρ_c скорость измерений устанавливается несколько выше, чем при обычном электрокаротаже, и составляет 3500—4000 м/ч. При работе с прибором КСП-1 кривая ρ_c записывается вместе с кривыми КС, поэтому скорость измерений зависит от категории сложности геологического разреза и типа применяемой каротажной станции.

При определении скорости фильтрации подземных вод в необсаженных и оборудованных фильтрами скважинах резистивиметрию лучше выполнять сразу после окончания бурения, когда на стенках скважины против проницаемых пластов еще не образовалась плотная глинистая корка, препятствующая притоку воды. При этом резистивиметрию проводят после промывки скважины и установления в ней статического уровня раствора. Обычно перед резистивиметрией регистрируют кривые электрического и радиоактивного каротажа, термометрии и кавернометрии.

После подготовки скважины записывают кривую ρ_c , соответствующую естественной минерализации бурового раствора, затем засоляют скважину, несколько раз протягивая пористый мешок или перфорированную трубу с солью. Концентрация соли в растворе после такой обработки скважины не должна превышать 2 г/л. При выборе необходимого количества соли пользуются табл. 3.

Необходимая концентрация NaCl на 1 м скважины
(по Гринбауму)

Диаметр скважины, мм	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Количество соли, г	4	16	35	63	100	140	195	250	320

Сразу же после засолонения скважины записывают контрольную кривую ρ_c , по которой судят о равномерности засолонения и качестве подготовки скважины.

Обычно через определенные промежутки времени (выбираются в опытным порядке и составляют от 15—30 мин до 1 ч) записывают 5—6 кривых ρ_c , на которых интервалы притока пресных вод отмечаются постепенным увеличением сопротивления. При определении притоков минерализованных вод раствор в скважине заменяют пресным и в таком же порядке записывают кривые ρ_c . Время начала и окончания каждого замера обязательно отмечается на диаграмме.

Если позволяет техническое состояние скважины, замеры производят при последовательных спусках и подъемах резистивиметра, чтобы избежать излишнего размывания контактов между растворами различной концентрации при их перемешивании. Скорость измерений при таких работах не должна превышать 500 м/ч.

С целью ускорения работ при определении местоположения водоотдающих пластов понижают уровень жидкости в скважине (способ отгартывания). Перед проведением измерений скважину обрабатывают так же, как и при работе в статическом режиме. Сначала из нее отбирают небольшое количество жидкости (2—3 желонки) и сразу же записывают кривую ρ_c по всей скважине. Если полученная кривая фиксирует интервал притока недостаточно четко, то производят повторное, более интенсивное отгартывание. Кривую ρ_c снова записывают сразу же после отгартывания, а последующие кривые — через интервалы времени, определяемые в опытным порядке. Наблюдения продолжают до получения 3—4 кривых, отмечающих интервал притока достаточно четко.

В рассмотренных случаях измерения дают положительные результаты тогда, когда в скважине не наблюдается вертикального потока жидкости или скорость его мала. При вертикальном восходящем потоке жидкости в скважине резистивиметрией хорошо отмечается подошва водоотдающего пласта, а при нисходящем потоке — его кровля.

Послойное определение коэффициентов фильтрации подземных вод производится по следующей методике. Вначале записывают кривую ρ_c в масштабе глубин 1 : 200 с целью установления естественной минерализации и статического уровня раствора, а также фактической глубины скважины. Затем по всей скважине равномерно

засоляют раствор до концентрации 2—4 г/л и сразу записывают контрольную кривую. После этого в скважину начинают наливать пресную воду. Скорость налива должна находиться в пределах от 0 до 2 л/с, что обеспечивается при помощи специального регулировочного бака с водомерным устройством, через который вода из емкости поступает в скважину. Одновременно с началом налива записывают серию кривых ρ_c , которые фиксируют перемещение контакта между двумя растворами различной концентрации.

Так как с глубиной скорость перемещения контакта замедляется, интервал времени между последующими замерами увеличивается от 2—3 до 60—180 мин. Регистрацию производят до тех пор, пока граница раздела не опустится до забоя или не остановится против кровли нижнего водоупора. При этом глубины скважины точно определяют по меткам на кабеле, времена замеров фиксируют в журнале.

Аналогично можно определить и места повреждения обсадных колонн. В скважинах, в которых понижение столба раствора недопустимо, например в газовых, поглощающие пласты выявляют методом продавливания. При этом заливают раствор, резко отличающийся по удельному сопротивлению от раствора в скважине (фиксированная жидкость). Высота столба фиксированной жидкости должна составлять 50—100 м. При помощи резистивиметра наблюдают за перемещением контакта двух растворов после каждого продавливания. Место поглощения определяют по прекращению перемещения контакта, несмотря на дальнейшую закачку фиксированной жидкости. Аналогичным способом устанавливают места свободного поглощения бурового раствора в разведочных скважинах. Время между замерами определяют в опытным порядке, исходя из конкретных условий.

При всех видах работ кривые ρ_c записывают в масштабе глубин 1 : 200. Масштаб кривой ρ_c выбирают опытным путем на каждой скважине, исходя из величины сопротивления бурового раствора, чтобы кривая отстояла от нулевой линии не менее чем на 2—3 см. В случае определения притока пресных вод масштаб ρ_c должен быть таким, чтобы до засоления раствора в скважине отклонение кривой от нулевой линии занимало $\frac{3}{4}$ ширины диаграммной ленты. При записи последующих кривых его не изменяют.

§ 12. ТЕХНИКА РАБОТ

При измерениях скважинным резистивиметром на трехжильном кабеле обычно пользуются схемой однополюсного зонда.

В случае работы аппаратурой КСП-1 на станции АКС/Л-7 кривая ρ_c записывается в первом цикле измерений третьим каналом фоторегистратора, а на станциях АКС/Л-64 и АКС/Л-7 переключатель «Зонд; малый зонд; микрозонд» на панели управления (см. рис. 8) переводят в положение «Микрозонд», силу тока в цепи АВ резистивиметра устанавливают 5—10 мА и кривую ρ_c записывают при коэффициенте ослабления 20—50. Масштаб ее устанавливают по откло-

нению пишущего устройства при подключении измерительного канала к контрольному шунту 5—25 Ом в соответствии с формулой (5).

Заданному масштабу кривой ρ_c при работе с аппаратурой типа КСП соответствует отклонение пишущего устройства от стандарт-сигнала 40 Ом·м, полученное при эталонировке резистивиметра. Техника работ в этом случае состоит в следующем. Помещают резистивиметр в бак или колодец с известным удельным сопротивлением раствора ρ_0 . После подготовки аппаратуры КСП к работе приступают к измерению ρ_0 в любой позиции масштабов цикла I. Изменением постоянной по напряжению в измерительном канале станции устанавливают отклонение пишущего устройства согласно формуле (3). Затем измеряют отклонение от стандарт-сигнала «40 Ом·м». По полученному отклонению устанавливают масштаб записи кривой ρ_c при работе на скважине.

Если по условиям измерений на скважине требуется изменить масштаб записи в определенное число раз, то в такое же число раз изменяют и величину первоначального отклонения от стандарт-сигнала (более мелкому масштабу соответствует меньшая величина l) путем регулирования постоянной по напряжению в измерительном канале.

Таким образом, при работе с резистивиметром на одножильном кабеле не обязательно знать численное значение его коэффициента K , а при работе на трехжильном кабеле знать коэффициент резистивиметра необходимо.

Коэффициент резистивиметра нельзя определять по формуле для обычных зондов, так как его электроды имеют самую различную форму и взаимное расположение, отличаются от точечных и расстояние между ними соизмеримо с их размерами. В связи с этим коэффициент резистивиметра определяют экспериментальным путем не реже одного раза в месяц в среде с известным удельным сопротивлением раствора, определяемым лабораторным резистивиметром.

Для определения коэффициента лабораторного резистивиметра в каком-то объеме чистой дистиллированной воды растворяют известное количество химически чистого хлористого натрия или хлористого калия, которые перед взвешиванием обезвоживают легким прокаливанием. Удельное сопротивление такого раствора при известной температуре определяют по таблицам или графикам зависимости его от концентрации [28]. Чтобы установить пределы изменения коэффициента резистивиметра, необходимо приготовить несколько растворов удельного сопротивления от 0,1 до 5 Ом·м. В процессе работ пользуются тем резистивиметром, у которого коэффициент наиболее стабилен.

Техника работ при определении K заключается в следующем. В измерительном канале каротажной станции устанавливают известную постоянную по напряжению. В токовой цепи устанавливают силу тока 5—10 мА по отклонению пишущего устройства при подключении измерительного канала к контрольному шунту R_0 . Одно-

временно при работе на станциях с фотозаписью проверяют сопротивление измерительной цепи и переходят на измерение разности потенциалов. Слишком долго держать включенной токовую цепь лабораторного резистивиметра не рекомендуется, так как под действием электрического тока раствор нагревается, а это требует нового определения ρ_0 .

Коэффициент резистивиметра любого типа определяют по формуле

$$K = \rho_0 I / \Delta U. \quad (23)$$

Измерения резистивиметром на скважине проводят в соответствии с рассмотренными выше методическими положениями.

Диаграммы резистивиметрии считаются хорошего качества при соблюдении следующих требований.

1. Измерения в скважине выполнены в соответствии с вышерассмотренными методическими положениями предварительно проэталонированным резистивиметром.

2. Погрешность измерений, определяемая по сходимости сопротивления промыточной жидкости, выполненных в одной емкости скважинным и поверхностным резистивиметром, не превышает 20% в нефтяных и газовых скважинах и 10% — в других скважинах [50].

3. Погрешность при определении глубин в случае гидрокаротажных исследований не превышает удвоенных значений погрешностей для угольных и рудных скважин [50], а в нефтяных и газовых скважинах соответствует требованиям § 5.

Остальные требования см. пункты 6, 7, 17—19 § 10.

Г л а в а III

МИКРОЗОНДИРОВАНИЕ

§ 13. МЕТОДИКА РАБОТ

Микрозондирование заключается в измерении ρ_k горных пород зондами очень малой длины, электроды которых укреплены на обрезиненном башмаке и прижимаются рессорой к стенкам скважины.

В практике геофизических исследований скважин применяют микроградиент-зонд А0,025М0,025N и микропотенциал-зонд А0,05М. Результаты микрозондирования служат для детального расчленения геологического разреза скважины, выделения пластов-коллекторов и оценки эффективной мощности продуктивных горизонтов, определения пористости и трещиноватости пород, уточнения интервалов отбора проб, перфорации и других целей.

Поскольку радиус исследования микроградиент-зонда (МГЗ) не превышает 4 см, а микропотенциал-зонда (МПЗ) 10—12 см, МГЗ против пластов-коллекторов изучают в основном удельное сопротивление глинистой корки и некоторую часть промытой зоны, а МПЗ — удельное сопротивление пород в пределах промытой зоны, в которой основным флюидом является фильтрат бурового раствора, а в нефтяных и газовых пластах — также остаточные нефть и газ. Так как

в большинстве случаев удельное сопротивление промытой зоны больше сопротивления глинистой корки, то против пластов-коллекторов ρ_k микропотенциал-зонда превышает ρ_k микроградиент-зонда, т. е. пласты-коллекторы характеризуются положительным приращением ρ_k .

В пластах-коллекторах, насыщенных минерализованными водами (например, в рыхлых песчаниках, в которых отсутствует проникновение раствора), имеет место отрицательное приращение ρ_k , т. е. $\rho_k \text{ мГЗ} > \rho_k \text{ мПЗ}$. То же самое наблюдается также против непроницаемых пластов высокого сопротивления, что объясняется утечкой тока вдоль скважины [5]. Против непроницаемых пластов невысокого сопротивления (глины, аргиллиты, глинистые сланцы), а также против интервалов скважины с увеличенным диаметром ρ_k , измеряемое обоими зондами, будет одинаково.

Точкой записи кривой $\rho_k \text{ мГЗ}$ является середина между электродами M_r и N_r , а $\rho_k \text{ мПЗ}$ — электрод M_p , т. е. точки записи кривых обоих зондов практически совпадают. В нефтяных и газовых скважинах кривые микрозондов записывают в интервале проведения БКЗ в масштабе глубин 1 : 200.

В зависимости от удельного сопротивления горных пород и бурового раствора масштаб кривых выбирают от 0,5 до 2 Ом·м/см (чаще 1 Ом·м/см), при котором отклонение кривых от нулевой линии составляет не менее 0,5 см, если при температуре пласта $\rho_k \geq 0,2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Поскольку кривые микрозондов получаются слишком дифференцированными, что обусловлено тонкими неоднородностями в пластах и неровностями стенок скважины, то при скорости записи, превышающей оптимальную, пишущие устройства вследствие их инерционности (особенно при работе с регистратором ПАСК) не будут успевать с достаточной степенью точности регистрировать величины измеряемых сопротивлений; к тому же при большой скорости не будет обеспечиваться надежный контакт башмака микрозонда со стенками скважины. Поэтому при резких изменениях ρ_k в продуктивной части разреза скорость измерений уменьшают до 500—600 м/ч. Обычно скорость измерений для каждой станции и геологического разреза выбирают в опытным порядке, руководствуясь теми же положениями, что и при работе с обычными зондами. На станциях с фотозаписью скорость измерений не должна превышать 1000 м/ч, а на станциях типов АЭКС и ОКС не более 600—700 м/ч.

Глубины на диаграммах микрозондов определяют так же, как и при работе с обычными зондами.

Для контроля качества измерений дублируют запись обоими зондами на интервале не менее 50 м, при повторном каротаже выполняют перекрытие ранее каротируемого интервала по глубине не менее 50 м. Запись в колонне в интервале 20 м является обязательной.

§ 14. ТЕХНИКА РАБОТ С АППАРАТУРОЙ МДО-2

Аппаратура МДО-2 (рис. 20) позволяет производить одновременную запись кривых микрозондов А0,025М0,025N и А0,05М, что обусловлено применением в каналах частотной модуляции (несущая

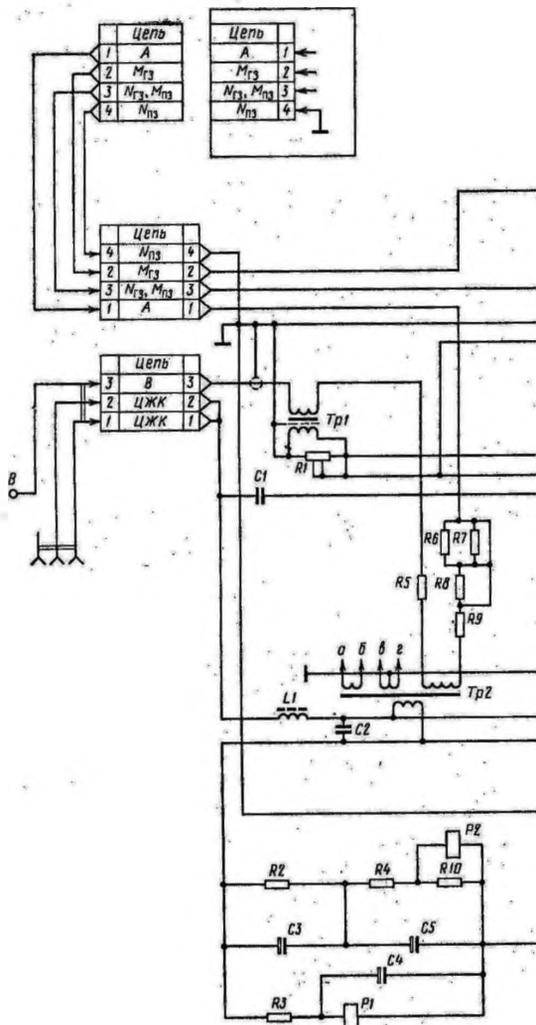
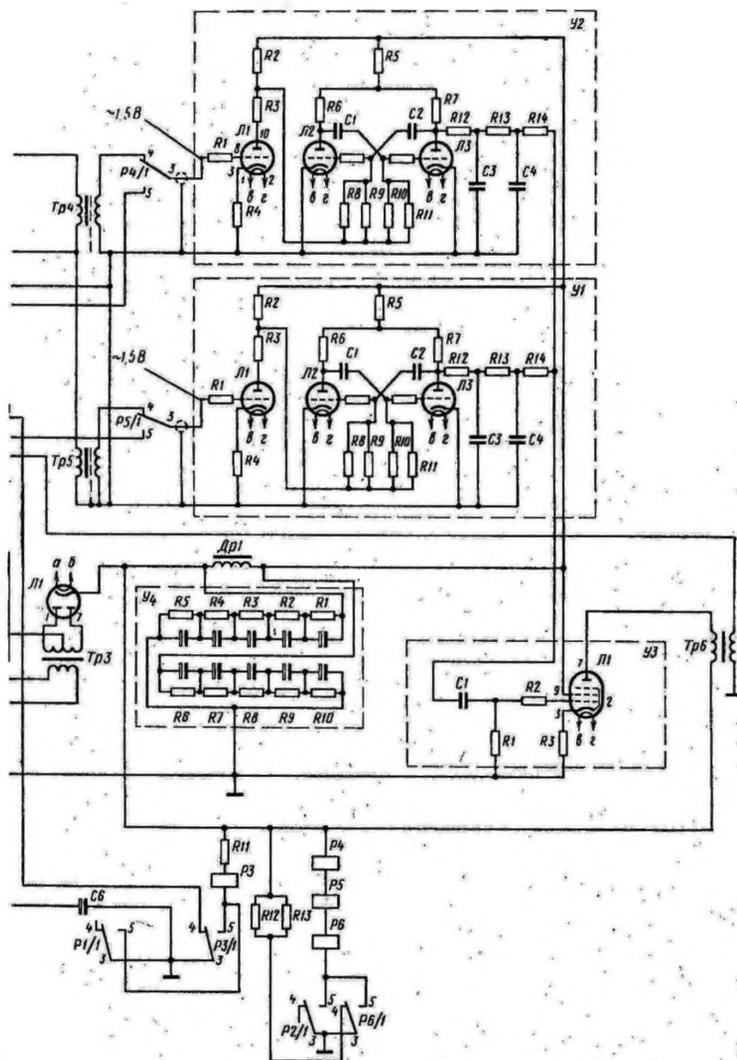


Рис. 20. Электрическая
У1—У4—унифициро



схемы аппаратуры МДО-2.
и прочие блоки

частота канала микроградиент-зонда 25,7 кГц, микропотенциал-зонда — 14 кГц). Сквaziнный прибор МДО-2 работает с панелью КСП-1 и генератором УГ-1 (см. рис. 16, 17).

Проверка аппаратуры на базе

Микрозонд подсоединяют к кабелю, жилы ЦЖК и ОК коллекторного провода соединяют с соответствующими гнездами панели КСП-1. Токовую и измерительные цепи микрозонда подключают к магазинам сопротивлений (рис. 21). Такую схему можно выполнить

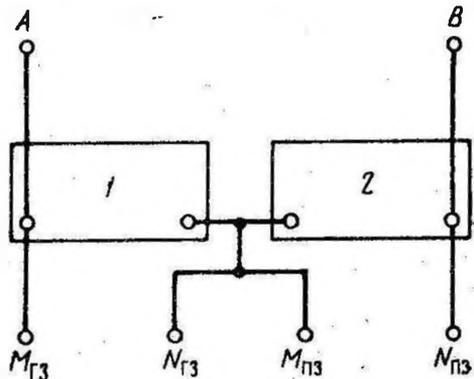


Рис. 21. Схема проверки аппаратуры МДО-2.

1, 2 — магазины сопротивлений

с микрозондом как в собранном виде, так и при отсоединенном прижимном устройстве. Включение генератора УГ-1 и панели КСП-1 производится так же, как и при работе с прибором КСП-1. Ток питания сквaziнного прибора должен быть таким (обычно не более 0,4 А), чтобы напряжение накала ламп соответствовало номинальному. После прогрева аппаратуры приступают к проверке работы сквaziнного прибора. В течение 1,0—1,5 с нажимают кнопку «Коммутация» (см. рис. 16). При этом срабатывает реле $P2$, контактная группа которого $P2/1$ включит питание на обмотке реле $P4—P6$. Контактная группа реле $P6/1$ обеспечивает автоблокировку включения указанных реле, а контактные группы реле $P4/1$ и $P5/1$ (см. рис. 20) подключают мультивибраторы на регистрацию «нуль-сигнала», компенсация которого осуществляется регулированием резисторов $R63$ и $R64$ «Компенсация» на панели КСП-1. При этом пишущие устройства регистрирующих приборов каротажных станций устанавливают корректорами нуля в нулевое положение. В позиции «нуль-сигнал» частотомером и электронным осциллографом проверяют работу преобразователей каждого канала сквaziнного прибора.

При длительном нажатии кнопки «Коммутация» (3 с и более) срабатывают контактные группы реле $P2/1$ и $P1/1$, которые включают питание на обмотки реле $P3—P6$. Контактная группа реле $P3/1$ автоблокирует обмотку реле $P3$ и подключает входы преобразователей к эталонному резистору $R1$, на котором выделяется напряжение стандарт-сигнала. Включение позиции стандарт-сигнала при нажатой кнопке сопровождается отклонением вправо стрелок приборов каналов I и II панели КСП.

При положении «1/5» тумблеров $B1$ и $B2$ «Чувствительность» потенциометрами $R43$ и $R44$ «Фаза», а при необходимости и потенциометрами $R9$ стрелки миллиамперметров панели КСП-1 выводят на деления шкал «1» или «0,8».

Величина напряжения стандарт-сигнала в каналах обоих микрозондов соответствует эквивалентному $\rho_k = 80K$ (K — коэффициенты зондов) при токе 5 мА в цепи АВ. При удалении перемычек с резисторов $R8$ и $R6-R8$ (см. рис. 20) сила тока в цепи АВ уменьшается соответственно в 2,5 и 5 раз и, следовательно, $\rho_k = 200K$ и $\rho_k = 400K$.

Для определения точного значения эквивалентного сопротивления стандарт-сигнала R_{cc} изменениями постоянной по напряжению m в измерительных каналах станции при позиции «Стандарт-сигнал» задают пишущим устройствам максимальные отклонения в пределах шкал регистраторов и переходят к замеру ρ_k . Вводят на магазинах такие сопротивления, при которых отклонения пишущих устройств будут соответствовать отклонениям от стандарт-сигнала. Отсчитанные на магазинах сопротивления соответствуют сопротивлению R_{cc} стандарт-сигнала (обычно 80 Ом). При этом для обоих зондов величины R_0 могут отличаться незначительно, что обусловлено несоответствием числа витков в обмотках входных трансформаторов зондов их расчетному значению.

Определив коэффициенты микрозондов, устанавливают масштабы записи кривых в соответствии с формулой [5] и строят передаточные характеристики каналов $\rho_{k \text{ вых}} = f(\rho_{k \text{ вх}})$. Порядок выполнения работы здесь такой же, как и с прибором КСП.

Определение коэффициента микрозондов

Изменение коэффициентов микрозондов обусловлено теми же причинами, что и коэффициентов резистивиметров. Однако основную роль здесь играет изменение формы и размеров электродов и башмака вследствие их истирания о стенки скважины, поэтому K микрозондов при систематической работе определяют не реже одного раза в месяц. При этом микрозонд помещают в среду с известным удельным сопротивлением ρ_s (измеряется лабораторным резистивиметром) таким образом, чтобы его башмак находился от стенок металлической ванны (или колодца) на расстоянии не менее 40 см.

При позиции «Стандарт-сигнал» стрелки миллиамперметров панели КСП-1 выводят на всю шкалу и переходят к измерению ρ_s . Изменением постоянной по напряжению в измерительных каналах станции устанавливают отклонения пишущих устройств в соответствии с задаваемым масштабом [(формула (3)) и переходят на измерение отклонений от стандарт-сигнала. Полученные отклонения используют для установки масштаба записи кривых при работе на скважине. Таким образом, в данном случае не обязательно знать величины коэффициентов микрозондов.

Однако численные значения K микрозондов можно определить следующим образом. По отклонениям пишущих устройств устанавливают масштабы записи кривых обоих зондов в среде с известным ρ_s и переключаются на замер стандарт-сигнала.

работ применяют два стандартных зонда, при помощи которых производятся измерения во всех скважинах.

В нефтяных и газовых скважинах в качестве стандартных используют зонды А2М0,5N и А0,5М8N. Выбор стандартных зондов на угольных месторождениях определяется удельным сопротивлением, мощностью, строением и взаимным расположением угольных пластов и прослоев. В большинстве случаев ρ_k , измеряемое против угольных пластов высокого сопротивления, приближается к истинному удельному сопротивлению пластов ρ_n при размерах зондов $L \approx \sqrt[2]{3}h$ и $L \gg h$ (h — мощность пласта). При измерениях малыми зондами кривые сильно искажаются влиянием бурового раствора, а при размерах слишком большими зондами — значительно сглаживаются, не отражая отдельных прослоев в пластах, и со стороны подошвы пласта на них появляется зона экранирования протяженностью $l \approx h$.

При исследовании угольных пластов малой мощности и высокого сопротивления в качестве стандартного обычно выбирают градиент-зонд размером $L = 3 + 5$ м с таким расчетом, чтобы он превышал видимую мощность наиболее часто встречающихся угольных пластов. Так, например, в Донбассе применяют стандартный градиент-зонд А3,6М0,1N, в Печорском бассейне — А3,5М0,1N. Угольные пласты в указанных бассейнах для приведенных зондов являются мало-мощными, поэтому кривые ρ_k против них осложнены эффектами экранирования и по ним не всегда возможно выделить отдельные прослои в пластах сложного строения, особенно со стороны подошвы пласта [19].

Отмеченные недостатки градиент-зондов могут быть компенсированы применением потенциал-зондов с $L \leq h$. Но кривая потенциал-зонда отмечает пласты малой мощности и высокого сопротивления минимумами ρ_k , поэтому ее используют в качестве вспомогательной.

На угольных месторождениях применяются стандартные зонды с $MN = 0,1$ м, $AM > 10MN$ (градиент-зонды) и $MN > 10AM$ (потенциал-зонды) [17].

При исследовании угольных пластов сложного строения и большой мощности в качестве стандартных обычно используют градиент-зонды, размер которых превышает мощность пачки. Так, например, на месторождениях Сахалина применяют зонд А0,95М0,1N, Карагиндинского и Иркутского бассейнов — соответственно зонды А1,2М0,1N и А0,5М0,05N. При помощи таких зондов сравнительно легко можно произвести литологическое расчленение угольного пласта, однако не всегда возможно определить строение его кровли при повышенной зольности слагающих ее угольных прослоев. Поскольку мощности и сопротивления прослоев угля и пород в пласте часто изменяются, то форма кривой ρ_k градиент-зонда против одного и того же угольного пласта в различных скважинах недостаточно выдержана, что затрудняет сопоставление диаграмм.

Лучшее литологическое расчленение вмещающей толщи и угольных пластов сложного строения дают потенциал-зонды, особенно

Коэффициенты K определяют по формуле

$$K = l_{cc}\rho_s/l_s R_0, \quad (24)$$

где l_s и l_{cc} — отклонения пишущих устройств при замерах ρ_s и стандарт-сигнала.

Проведение измерений на скважине

Перед началом измерений электроды микрозонда просушивают и при увлажненной изоляции подводящих жил определяют сопротивление изоляции каждого электрода относительно корпуса, которое должно быть не менее 2 МОм.

Перед спуском прибора в скважину электроды A и B закорачивают между собой перемычкой, включают питание скважинного прибора, проверяют работу системы коммутации, выходные сигналы и прогревают аппаратуру в течение 10—15 мин.

После этого выключенный прибор опускают в скважину ниже уровня раствора, включают питание, проверяют работу схемы по нуль-сигналу и стандарт-сигналу, устанавливают масштаб записи кривых, фиксируя контрольные сигналы на ленте. При переходе к записи ρ_k на диаграмме отмечают нулевые положения пишущих устройств. В призабойной части скважины проверяют контрольные сигналы и переходят к записи кривых, соблюдая необходимую скорость подъема прибора. Запись кривых по всему интервалу исследований и в колонне, контрольные измерения и перекрытие ранее проведенных измерений выполняют так же, как и при электрокаротаже обычными зондами.

Изменение масштаба записи кривых производят в следующих случаях: 1) когда кривые не поместились в пределах ширины дорожки записи или подходят к нулевой линии ближе чем на 0,5 см; 2) когда измеряемые ρ_k превышают 40 Ом·м (при этом масштаб изменяют уменьшением силы тока в цепи AB).

В конце измерений на диаграммах фиксируют те же сигналы, что и перед спуском прибора на забой.

Оценка качества диаграмм

Диаграммы микрозондов снабжаются таким же заголовком, как и диаграммы стандартного каротажа.

Полученные кривые считаются качественными при соблюдении следующих требований:

1) кривые должны быть записаны в соответствии с методическими положениями § 14;

2) качество кривых должно соответствовать требованиям пунктов 2, 3, 5, 7, 9, 17—19 § 10;

3) погрешность измерений не должна превышать 8% от измеряемой величины; погрешность определяют по результатам контрольных перекрытий против однородных коллекторов, плотных пластов мощ-

ностью более 1 м, однородных глин и больших каверн (см. § 13) [50];

4) допустимое смещение нулевых линий КС обоих зондов, проверяемое по записи в колонне, не должно превышать 2 мм;

5) стабильность стандарт-сигнала должна составлять 3%.

Глава IV

БОКОВОЙ КАРОТАЖ

§ 15. МЕТОДИКА РАБОТ

Боковой каротаж (БК) является модификацией метода КС и применяется в трехэлектродном и семиэлектродном вариантах [30, 41]. Наибольшее распространение в практике каротажа получила трехэлектродная установка (аппаратура АБК-3, ТБК).

Кажущееся сопротивление, измеренное методом бокового каротажа, определяется по формуле

$$\rho_k = K \frac{\Delta U}{I_0}. \quad (25)$$

Так как сила тока I_0 центрального электрода A_0 поддерживается постоянной авторегулятором, то измерение ρ_k сводится к записи разности потенциалов ΔU между экраным электродом и удаленным от зонда на 10 м электродом N (аппаратура ТБК).

Коэффициент трехэлектродного зонда БК рассчитывают по формуле

$$K = \frac{2,73l_0}{\lg \frac{2L}{d_3}}, \quad (26)$$

где L и d_3 — соответственно общая длина и диаметр зонда; $l_0 = l_m + \frac{2}{3}b$ (l_m — длина металлической части электрода A_0 , b — ширина изоляционного промежутка между A_0 и экраным электродом). Для аппаратуры ТБК $l_m = 0,15$ м, $b = 0,03$ м, $d_3 = 0,07$ м, $L = 3,4$ м, поэтому $K = 0,234$ м.

При исследовании пластов высокого удельного сопротивления и заполнении скважины раствором повышенной минерализации обычные зонды дают слабо дифференцированные кривые с большим занижением ρ_k , что связано с утечкой тока по стволу скважины. В боковом каротаже все три электрода зонда имеют одинаковые электрические потенциалы, благодаря чему ток электрода A_0 фокусируется в пределах узкого слоя, равного длине электрода A_0 и перпендикулярного к стенкам скважины, поэтому измеряемое ρ_k определяется сопротивлением породы, заключенной внутри этого слоя. В пластах неограниченной мощности без проникновения и с небольшим понижающим проникновением ($D < 2d$, где D — диаметр зоны проникновения, d — диаметр скважины) измеренное кажущееся сопротивление в боковом каротаже близко к истинному. Так, например, при $D = 2d$ КС получается заниженным на 15—20% по

сравнению с КС двухслойной среды [20]. Значительное снижение показаний КС имеет место при $D \geq 4d$; например, при $D = 8d$ (для $\rho_{з.п} = 10\rho_c$, $\rho_{п} = 100\rho_c$, $\rho_{з.п}$ — удельное сопротивление зоны проникновения, $\rho_{п}$ — истинное сопротивление пласта, ρ_c — удельное сопротивление раствора в скважине) кажущееся сопротивление составляет около 40% от значения ρ_k двухслойной среды.

В пластах неограниченной мощности даже при неглубоком повышающем проникновении ($D = 2d$) измеряемое ρ_k превышает в 3 раза кажущееся сопротивление неизменной части пласта, а при $D > 8d$ ρ_k почти полностью определяется величиной $\rho_{з.п}$.

Влияние пласта ограниченной мощности на показания бокового каротажа сравнительно невелико, однако оно становится значительным при понижающем проникновении в пластах мощностью $h < 4d$ и малых отношениях удельных сопротивлений вмещающих пород и скважины $\rho_{вм}/\rho_c$. Если, например, при $D = 8d$ в пласте неограниченной мощности ($\rho_{з.п} = 10\rho_c$, $\rho_{п} = 100\rho_c$) кажущееся сопротивление составляет 33% от сопротивления неизменной части пласта, то в пласте мощностью $h = 4d$ — всего 13%.

Как следует из рассмотренных примеров, основное влияние на величину ρ_k в боковом каротаже оказывают породы, непосредственно примыкающие к стенкам скважины.

Трехэлектродный боковой картаж имеет определенные преимущества перед обычной модификацией метода КС, которые сводятся к следующему:

- 1) благодаря фокусировке тока значительно уменьшается влияние скважины и конечной мощности пластов;
- 2) в пластах без проникновения и при небольшом проникновении измеренные ρ_k близки к истинным;
- 3) искажающее влияние соседних пластов незначительное;
- 4) более четкое расчленение неоднородных пластов, сложенных прослоями высокого сопротивления.

Боковой картаж применяют прежде всего в скважинах с минерализованным буровым раствором ($\rho_c < 0,3$ Ом·м) при изучении однородных и неоднородных малопористых и карбонатных пластов высокого сопротивления. Он позволяет более детально расчленить геологический разрез скважины, вместе с данными других зондов помогает выделить пласты-коллекторы, уточнить их строение и удельное сопротивление, а при глубоком проникновении — приближенно оценить удельное сопротивление зоны проникновения.

При очень высокой минерализации раствора и частом чередовании пластов удельное сопротивление коллекторов определяется только по боковому каротажу.

Диаграммы БК записывают в масштабе глубин 1 : 500 по всей скважине и в масштабе 1 : 200 — в интервале проведения БКЗ. Масштаб записи кривой БК выбирают таким, при котором против водоносных коллекторов удельного сопротивления $\rho_k \leq 1$ Ом·м амплитуды аномалий составляют не менее 1 см. Масштабы записи кривых устанавливают по отклонениям бликов гальванометров

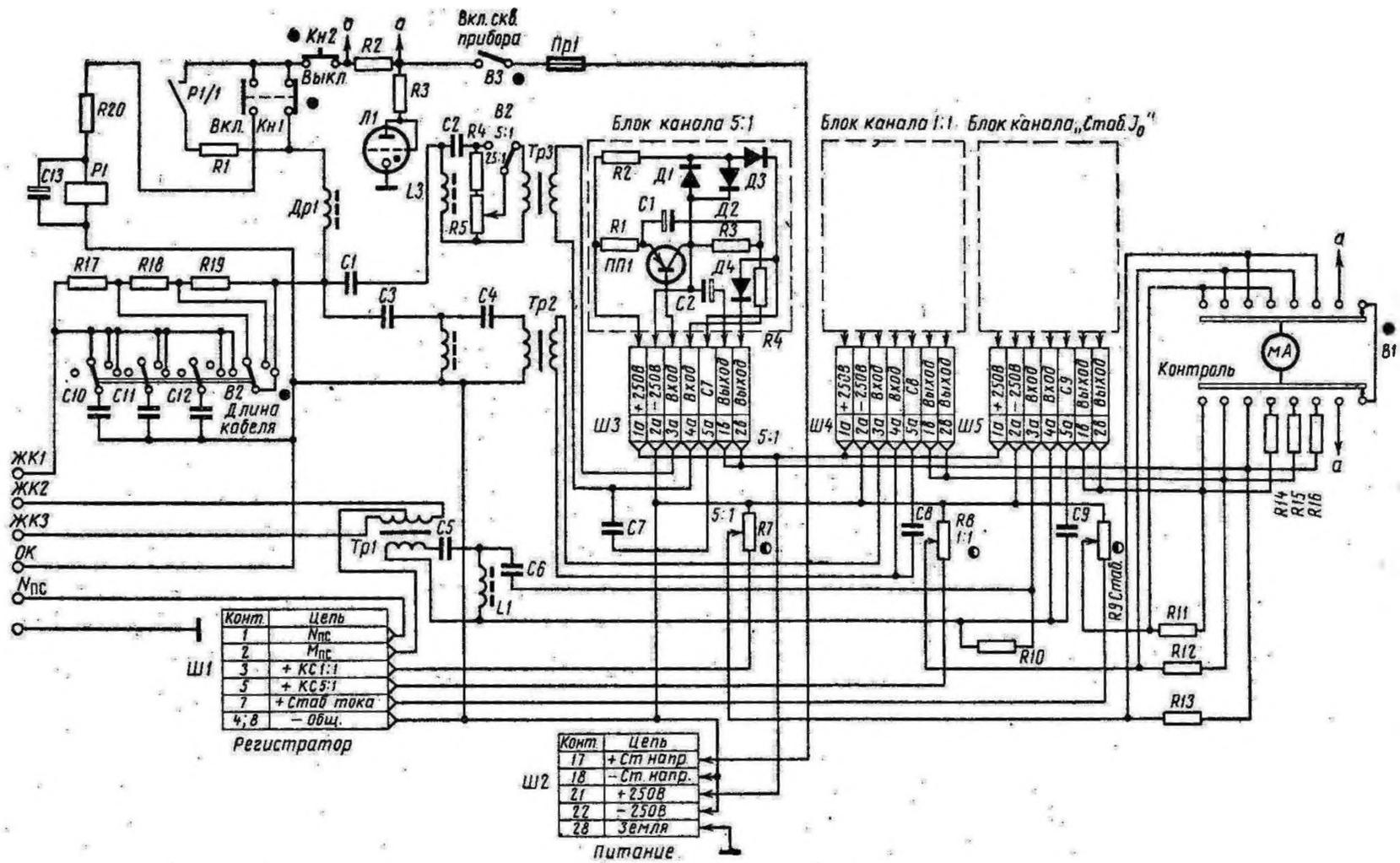


Рис. 22. Электрическая схема панели управления аппаратуры ТБК

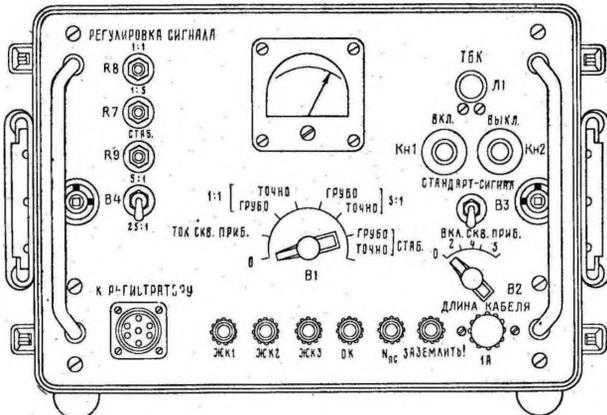


Рис. 23. Общий вид панели управления аппаратуры ТБК

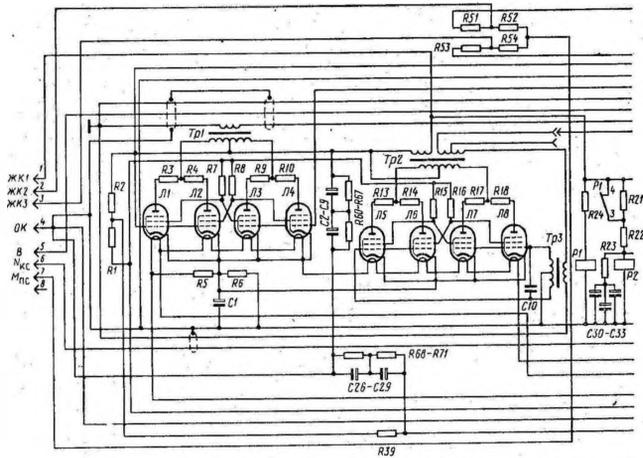


Рис. 24. Электрическая схема скважинного прибора аппаратуры ТБК

в соответствии с формулой (5) при калибровке схемы по стандарт-сигналу.

Поскольку по вышерассмотренному положению масштабы записи кривой КС при работе с аппаратурой ТБК выбирают равными 1 Ом·м/см (канал 1 : 1) и 5 Ом·м/см (канал 1 : 5), то при сопротивлении стандарт-сигнала $R_{сст} = 150 \text{ Ом}$ ($\rho_k = 0,234 \cdot 150 = 35 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) бликом гальванометров 1/5 (канал 1 : 1) и 1/1 (канал 1 : 5) необходимо задать отклонения $l = 7 \text{ см}$. При таких масштабах записи кривой в пределах шкалы 8 см фоторегистратора гальванометры 1/25 каналов 1 : 1 и 1 : 5 зарегистрируют максимальные ρ_k , равные соответственно 200 и 1000 Ом·м. Если в разрезе скважины будут встречены пласты с $\rho_k > 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, повторяют запись кривых в более грубых масштабах. В остальном методика работ БК такая же, как и при коротаже КС обычными зондами.

§ 16. ТЕХНИКА РАБОТ С АППАРАТУРОЙ ТБК

Схема подключения аппаратуры

Панель ТБК подключают к источникам питания УИП-К или УВК-1. Для питания аппаратуры от выпрямителя УВК-2 необходимо на разъеме Ш2 панели управления (рис. 22, 23) закоротить между собой контакты 17—19 и 18—20. Со скважинного прибора свинчивают охранные кожухи и проверяют соответствие монтажа принципиальной схеме (рис. 24). Проверяют тестером сопротивление

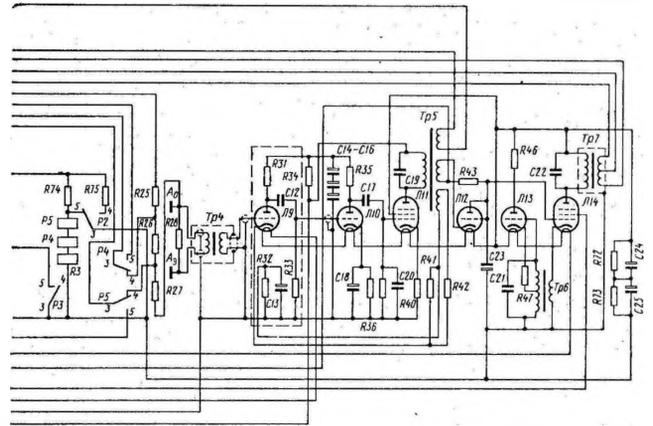


Рис. 24. Электрическая схема скважинного прибора аппаратуры ТБК

между выводами *ЖК1* и *ОК* головки прибора, которое должно быть около 1 кОм.

Собирают схему проверки аппаратуры в соответствии с рис. 25. Регуляторы на магазинах сопротивлений R_0 , R_3 и R_B устанавливают

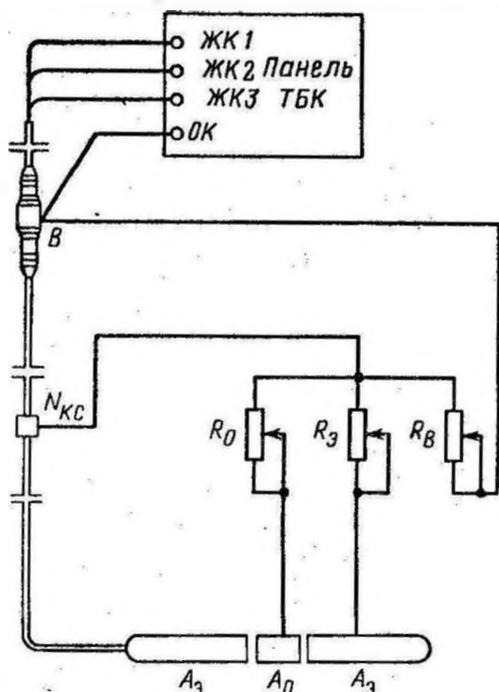


Рис. 25. Схема проверки аппаратуры ТБК

в нулевое положение. Переключатель *B2* «Длина кабеля» устанавливают в положение «0», а тумблер «25 : 1» — в положение «Выкл.». Выходы каналов панели подключают на входы каналов станции.

Включение аппаратуры

После прогрева выпрямителя соответствующим регулятором на нем доводят напряжение питания электронных блоков панели до 250 В. Выходное напряжение выпрямителя питания скважинного прибора повышают до тех пор, пока напряжение накала ламп не будет равным 6 В, что соответствует напряжению 185 В на головке прибора и показаниям 18—19 делений прибора панели (переключатель *B1* — в положении «Ток скв. приб.»). При включении питания прибора его схема

устанавливается на замер КС. Нажатием кнопки *Kn1* «Стандарт-сигнал» в скважинном приборе устанавливают позицию «Стандарт-сигнал».

При коэффициентах ослабления 1—5 в каналах станции регулируют на панели ТБК резисторы R_7 «1 : 5», R_8 «1 : 1» и R_9 «Стаб.» и контролируют отклонения бликов гальванометров.

При переводе тумблера «25 : 1» в положение «Включено» отклонения бликов в канале «1 : 5» должны уменьшиться в 5 раз, в противном случае регулируют резистор R_5 на шасси панели.

Проверка стабилизации тока электрода A_0

Скважинный прибор коммутируют на измерение КС. В позиции «КС» сигнал канала « I_0 » должен уменьшиться не менее чем в 5 раз по сравнению с позицией «Стандарт-сигнал».

Резистором R_9 «Стаб.» и изменением постоянной по напряжению задают блику гальванометра 1/1 канала « I_0 » отклонение 4—5 см.

На магазинах сопротивлений устанавливают величины R_0 , R_3 и R_B в соответствии с данными табл. 4.

Величины сопротивления заземлений в диапазоне измерения аппаратуры ТБК

R_0 , Ом	1	10	100	1000	2000	7000	16 000
R_0 , Ом	0,1	0,1—2	0,1—15	1—30	2—30	4—40	8—50
R_B , Ом	0,1	0—2	0—15	0—20	0—20	0—30	0—30

Стабилизацию тока контролируют по показаниям прибора панели ТБК и отклонениям блика гальванометра. Для всего диапазона регулирования сопротивлений на магазинах показания указанных приборов не должны изменяться более чем на 10—12%. При $R_0 = 3 \div 3000$ Ом нестабильность тока должна быть не более 4—5%.

При разомкнутой цепи электрода A_0 и различных значениях R_0 оценивают уровень помех на выходе канала « I_0 » или уровень помех в цепи авторегулятора при подключении лампового милливольтметра к клеммам ЖКЗ и ЖК2. При $R_0 = 0$ между жилами ЖКЗ и ЖК2 проверяют помеху, обусловленную индуктивной связью выходных и входных цепей авторегулятора, а при $R_0 = 30$ Ом — помеху, определяемую емкостными связями цепей. Уровень помех считают допустимым, если выходное напряжение предварительного усилителя авторегулятора уменьшается при размыкании цепи электрода A_0 не менее чем в 5 раз.

Проверка величины сопротивления стандарт-сигнала

При выведенном влево до отказа потенциометре $R8$ «Регулировка сигнала; 1 : 1» (см. рис. 22, 23) корректором нуля фоторегистратора блик гальванометра 1/1 канала «1 : 1» устанавливают в нулевое положение и нажатием кнопки $Kи2$ «Выкл.; стандарт-сигнал» переводят схему скважинного прибора на измерение стандарт-сигнала. Переключатель $B1$ «Контроль» устанавливают в позицию «1 : 1 точно». При включенном стандарт-сигнале стрелка прибора панели должна установиться на 10—12 делений шкалы. Регулированием потенциометра $R8$, грубым и точным изменением постоянной по напряжению в канале фоторегистратора задают блику гальванометра 1/1 максимальное отклонение в пределах шкалы.

Скважинный прибор коммутируют на измерение ρ_k и регулированием магазина R_0 (при $R_0 = 0,1 \div 15$ Ом и $R_B = 0 \div 15$ Ом) выводят блик гальванометра 1/1 в положение, какое он занимал при позиции «Стандарт-сигнал». Вполне очевидно, что отсчитанное сопротивление на магазине равно фактической величине сопротивления $R27$ (обычно 150 Ом) стандарт-сигнала (см. рис. 24).

Проверка линейности измерительного канала

Проверку линейности измерительного канала определяют по его передаточной характеристике, представляющей собой график зависимости выходного сигнала от входного [$\rho_{к\text{ вых}} = f(\rho_{к\text{ вх}})$, $\rho_{к\text{ вых}} = f(R_0)$].

Техника работ заключается в следующем. Собирают схему, показанную на рис. 25, и на вход измерительного канала подают эквивалентные $\rho_k = KR_{сс}$ с магазина сопротивлений. Величины R_0 , R_3 и R_B устанавливают по табл. 4. Выход канала «1 : 1» подключают на вход измерительной панели станций типа АКС, установив в канале регистратора коэффициент ослабления 1—5. Скважинный прибор коммутируют на измерение стандарт-сигнала и устанавливают масштаб $n = 10 \text{ Ом} \cdot \text{м/см}$ в соответствии с формулой (5). При $R_0 = 150 \text{ Ом}$ имитируется $\rho_k = 0,234 \cdot 150 = 35 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Регулированием потенциометра $R8$ «1 : 1» и аттенюатора «Точно» на выбранном пределе измерения «Грубо» задают блику гальванометра $1/1$ отклонение 3,5 см. При $n = 10 \text{ Ом} \cdot \text{м/см}$ максимальные ρ_k , измеряемые на станциях АКС/Л-7 и АКС/Л-64, будут равны соответственно 2000 и 4000 Ом·м. Сначала проверяют линейность аппаратуры для большого коэффициента усиления ($\rho_k = 2000 \div 2500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), а затем — для малого ($\rho_k = 2000 \div 5000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$).

На станции АКС/Л-7 при проверке линейности на малом коэффициенте усиления отклонение бликов отсчитывают в канале «1 : 5», установив в нем предварительно масштаб $n = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м/см}$ по величине эквивалентного ρ_k на магазине R_0 .

Выходные сигналы можно измерять не только по отклонениям бликов, но и по показаниям прибора панели или микроамперметрам, подключенным к выходам каналов. При построении передаточной характеристики в качестве входного сигнала удобно принять R_0 , а выходного — отклонения бликов в сантиметрах или показания микроамперметров. Для точки, с которой начинается «завал» передаточной характеристики, определяют $\rho_{k\text{ max}} = KR_0$. У нормально работающей аппаратуры начало «завала» правой ветви характеристики должно соответствовать максимальным измеряемым ρ_k для большого и малого коэффициентов усиления. Нелинейность характеристики должна быть не более 10%.

Затем отсоединяют прибор от магазинов сопротивлений и подключают к кабелю и коллекторным проводам — к панели ТБК. Переключатель $B2$ «Длина кабеля» устанавливают в положение, соответствующее фактической длине кабеля на барабане лебедки. Регулируют выходное напряжение выпрямителя, добиваясь номинального напряжения (6 В) накала ламп скважинного прибора. Полученное выходное напряжение выпрямителя устанавливают и при работе на скважине.

В аппаратурный журнал заносят величину тока питания скважинного прибора, измеренную по прибору панели ТБК при положении «Ток скв. приб.» переключателя $B1$ «Контроль» и позициях «КС» и «Стандарт-сигнал» системы коммутации.

Проведение измерений на скважине

Подключение панели ТБК к источнику питания и скважинного прибора к кабелю выполняют так же, как и на базе. После прогрева аппаратуры в течение 15—20 мин устанавливают такие режимы ее работы, какие были зафиксированы на базе. Затем прибор опускают в скважину и после погружения его в буровой раствор устанавливают масштабы записи кривых. На диаграммах фиксируют нулевые положения бликов и их отклонения в соответствии с заданным масштабом. Регулированием резистора $R9$ «Стаб.» и изменением постоянной по напряжению в канале фоторегистратора задают блику гальванометра 1/1 канала « I_0 » отклонение 4—5 см. Кривую I_0 записывают для того, чтобы ввести необходимую корректуру в измеряемое ρ_k против пластов высокого удельного сопротивления умножением его на безразмерный параметр I/I_0 , где I — сила тока электрода A_0 на данном интервале скважины, I_0 — сила тока в однородной среде [17].

Масштаб записи кривой ПС устанавливают обычным способом в необсаженной части скважины при неподвижном приборе. Переводят схему прибора на замер КС и опускают на забой, контролируя работу аппаратуры по отклонениям бликов гальванометров. В призабойной части скважины проверяют и при необходимости корректируют ток питания скважинного прибора, нулевые положения бликов и масштабы записи кривых КС. Измерения выполняют в соответствии с методическими положениями § 6 и 15.

Для учета влияния временной и температурной нестабильности параметров схемы и сопротивления кабеля на результаты измерений в процессе записи через 200—300 м на диаграммах фиксируют нулевые положения бликов и отклонения от стандарт-сигнала. В скважинах с большим геотермическим градиентом через интервалы, соответствующие изменению температуры примерно на 20°C , необходимо при остановках скважинного прибора корректировать силу тока питания и масштаб записи кривых. В конце интервала исследований отмечают те же контрольные и калибровочные сигналы, что и в начале записи.

Оценка качества диаграмм

Диаграммы бокового каротажа считаются качественными, если они отвечают следующим требованиям:

- 1) измерения в скважине выполнены в соответствии с методическими положениями § 6, 15, 16;
 - 2) максимально допустимая погрешность измерений между основным и контрольным замерами не превышает 10%;
 - 3) стабильность отклонения от стандарт-сигнала в начале и конце интервала исследований составляет 5%;
 - 4) максимальное смещение нулевой линии ρ_k не превышает 2 мм.
- Остальные требования см. в пунктах 2, 3, 5, 7, 17—19 § 10.

в тех случаях, когда мощность прослоев в пласте превышает размер зонда. Если мощности прослоев пород в угольных пластах меньше MN (градиент-зонд) или AM (потенциал-зонд), то точное строение угольного пласта произвести невозможно. В таких случаях применяют другие методы каротажа (боковой токовый каротаж и гамма-гамма-методы).

Бурые и тощие угли по удельному сопротивлению зачастую мало или вовсе не отличаются от вмещающих пород, поэтому кривая КС используется в основном для литологического расчленения разреза. При этом рекомендуется выбирать градиент-зонды с $AO = 0,3 \div 0,5$ м и потенциал-зонды с $AM = 0,1 \div 0,2$ м [17].

При исследовании пластов антрацита сложного строения и сульфидных руд градиент-зондами большого размера не всегда удается выделить в них прослой пород высокого сопротивления и мощностью меньше размера зонда, так как весь сложный пласт или сульфидная зона отмечаются практически нулевыми сопротивлениями, а протяженность их тем больше, чем больше размер зонда. Поэтому в таких случаях используют градиент-зонды малого размера (обычно $AO,95MO,1N$) [17, 50]. Наилучшие результаты при исследовании антрацитов дает потенциал-зонд, отмечающий пласт симметричной аномалией очень низкого сопротивления. Его получают из указанного выше градиент-зонда, придав электродам другое назначение. Точное строение пласта антрацита или зоны сульфидного оруденения можно установить по кривой КС, записанной в более крупном масштабе, однако это не всегда возможно, особенно в случаях, когда их сопротивление слишком мало.

При каротаже скважин на другие полезные ископаемые (например, на железные руды) применяют градиент-зонды размером $L = 2,0 \div 2,5$ м и потенциал-зонды с $AM = 0,2 \div 0,3$ м и MN не менее 6—8 м [50].

Естественно, что по одной кривой КС нельзя решить все геологические задачи, так как в разрезах скважин всегда встречаются породы и полезные ископаемые, которые не различаются между собой по удельному сопротивлению. Это, например, пласты-коллекторы, вмещающие нефть и газ, и плотносцементированные или водоносные пласты, каменные угли и известняки или песчаники, антрациты, сульфидные руды, графиты и т. д. В таких случаях применяют различные модификации метода КС или другие методы каротажа.

Кривая КС стандартного зонда позволяет лишь приближенно оценить истинные сопротивления пластов, так как на результат измерений существенное влияние оказывают скважина и зона проникновения. Методом КС в варианте бокового каротажного зондирования (БКЗ) можно получить точные значения истинных сопротивлений пластов и определить их коллекторские свойства. При БКЗ применяются следующие зонды: $AO,4MO,1N$; $A1MO,1N$; $A2MO,5N$ (стандартный зонд); $A4MO,5N$; $A8M1N$; $AO,5M8N$ (стандартный зонд); $NO,5M2A$ (аппаратура КСП-1). Этими зондами решают в ос-

Глава V
БОКОВОЙ МИКРОКАРОТАЖ
§ 17. МЕТОДИКА РАБОТ

Сущность бокового микрокаротажа (БМК) заключается в измерении удельного сопротивления прискважинной части пласта (промытой зоны) $\rho_{пп}$ при помощи двухэлектродной установки, состоящей из центрального электрода A_0 и окружающего его экранного электрода $A_э$, укрепленных на внешней поверхности измерительного башмака. Такая установка по принципу действия аналогична зонду трехэлектродного бокового каротажа.

Поскольку электроды A_0 и $A_э$ имеют одинаковые электрические потенциалы, то ток электрода A_0 распространяется перпендикулярно к поверхности зонда и стенке скважины в виде цилиндрического пучка («рожка»), расходящегося в породах на расстояние 8—10 см (радиус исследования) от поверхности башмака. Такая конструкция зонда существенно уменьшает искажающее влияние бурового раствора высокой минерализации и глинистой корки и позволяет более точно (в отличие от обычного микрозондирования) определить $\rho_{пп}$. Можно считать, что глинистая корка толщиной $h_{г,к} < 1,27$ см практически не оказывает влияния на результат определения $\rho_{пп}$; при большей толщине в измеренную величину $\rho_{пп}$ вводят необходимую поправку за ее влияние [37].

Наиболее благоприятные результаты дает боковой микрокаротаж в скважинах с высокоминерализованным раствором, так как в этом случае глинистая корка имеет небольшую толщину и малое удельное сопротивление. Боковой микрокаротаж применяется для выделения в разрезах скважин пластов-коллекторов, оценки их пористости и определения потенциальной нефтеотдачи нефтяных пластов по размерам параметров промытой зоны.

При проведении бокового микрокаротажа используется аппаратура КМК-3, позволяющая одновременно регистрировать две кривые ρ_k —в основном и заглубленном в 5 раз масштабах, и кривую микрокаверномера, по которой определяют толщину глинистой корки против пластов-коллекторов.

Кривые БМК и микрокавернометрии записывают в масштабе глубин 1 : 200 в интервале проведения БКЗ. Масштаб записи кривой БМК выбирают в соответствии с общепринятыми положениями (§ 3) и обычно устанавливают равным масштабу ρ_k при боковом каротаже. Масштаб микрокавернограммы принимают равным 1 : 2, что соответствует регистрации толщины глинистой корки в натуральном масштабе — 1 : 1. Масштабы записи обеих кривых устанавливают по отклонениям бликов гальванометров при калибровке схем по стандарт-сигналам с погрешностью $\pm 5\%$. Проверяют величины стандарт-сигналов не реже одного раза в месяц при систематической работе, а также после ремонта аппаратуры. Коэффициент зонда БМК определяют не реже одного раза в три месяца в среде с известным удельным сопротивлением.

При выборе скорости подъема скважинного прибора руководствуются общепринятыми положениями (§ 4). Обычно измерения проводят со скоростью 700—1000 м/ч.

Глубины на кривых БМК и микрокавернометрии определяют так же, как и при работе обычными зондами. При этом за точку записи обеих кривых принимают середину центрального электрода A_0 .

Для проверки воспроизводимости результатов измерений выполняют контрольный замер и перекрытие ранее проведенных исследований в интервале не менее 50 м с привязкой по глубине хотя бы к одной метке на кабеле. Для контроля качества микрокавернограммы производят запись в колонне не менее 10 м с обязательной отбивкой ее башмака и привязкой по глубине.

§ 18. ТЕХНИКА РАБОТ С АППАРАТУРОЙ КМБК-3

Проверка режима работы панели управления

Перед проверкой режима работы панели собирают схему, показанную на рис. 26, отпаяв диод D_2 (рис. 27), включают выпрямитель УВК-1 в режиме стабилизации напряжения, подают с выхода 600 Ом генератора ГЗ-34 на клеммы I и II сигнала частоты 500 Гц и напряжением порядка $U_{вх} = 30 \div 50$ мВ и проверяют настройку фильтра канала КС, подключив ламповый вольтметр к базе транзистора ПП1. Последовательной подстройкой индуктивностей L_1 , L_3 , а затем L_2 добиваются максимума напряжения $U_{вых\ max}$ на базе транзистора ПП1. Одновременно проверяют полосу пропускания фильтра канала КС. При неизменной величине входного сигнала увеличивают, а затем уменьшают частоту генератора до получения выходного напряжения, равного $0,7 U_{вых\ max}$. При этом частоты генератора должны находиться в пределах 500 ± 50 Гц.

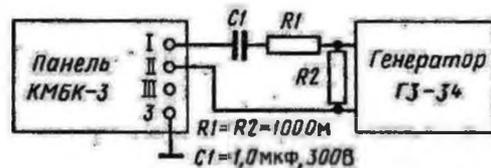


Рис. 26. Схема проверки панели управления аппаратуры КМБК-3

При проверке фильтра канала микрокаверномера ламповый вольтметр подключают к базе транзистора ПП3 и на вход панели от генератора подают сигнал $U_{вх} = 100$ мВ частотой 10 кГц. Подстройка фильтра осуществляется индуктивностью L_4 и трансформатором Tr_2 по максимуму напряжения на базе ПП3. Полосу пропускания фильтра канала микрокаверномера проверяют аналогично каналу КС. При этом частота генератора должна быть $10 \pm 0,5$ кГц.

Затем на эмиттерах транзисторов ПП2 и ПП3 замеряют постоянные напряжения относительно шасси, которые должны составлять $12 \div 15$ В. В противном случае подбирают резисторы R_7 и R_{14} .

Подавая от генератора на вход панели напряжения от 3 мВ до 6 В частотой 500 Гц (канал КС) и от 100 мВ до 1 В частотой 10 кГц (канал микрокаверномера), определяют нелинейности каналов по

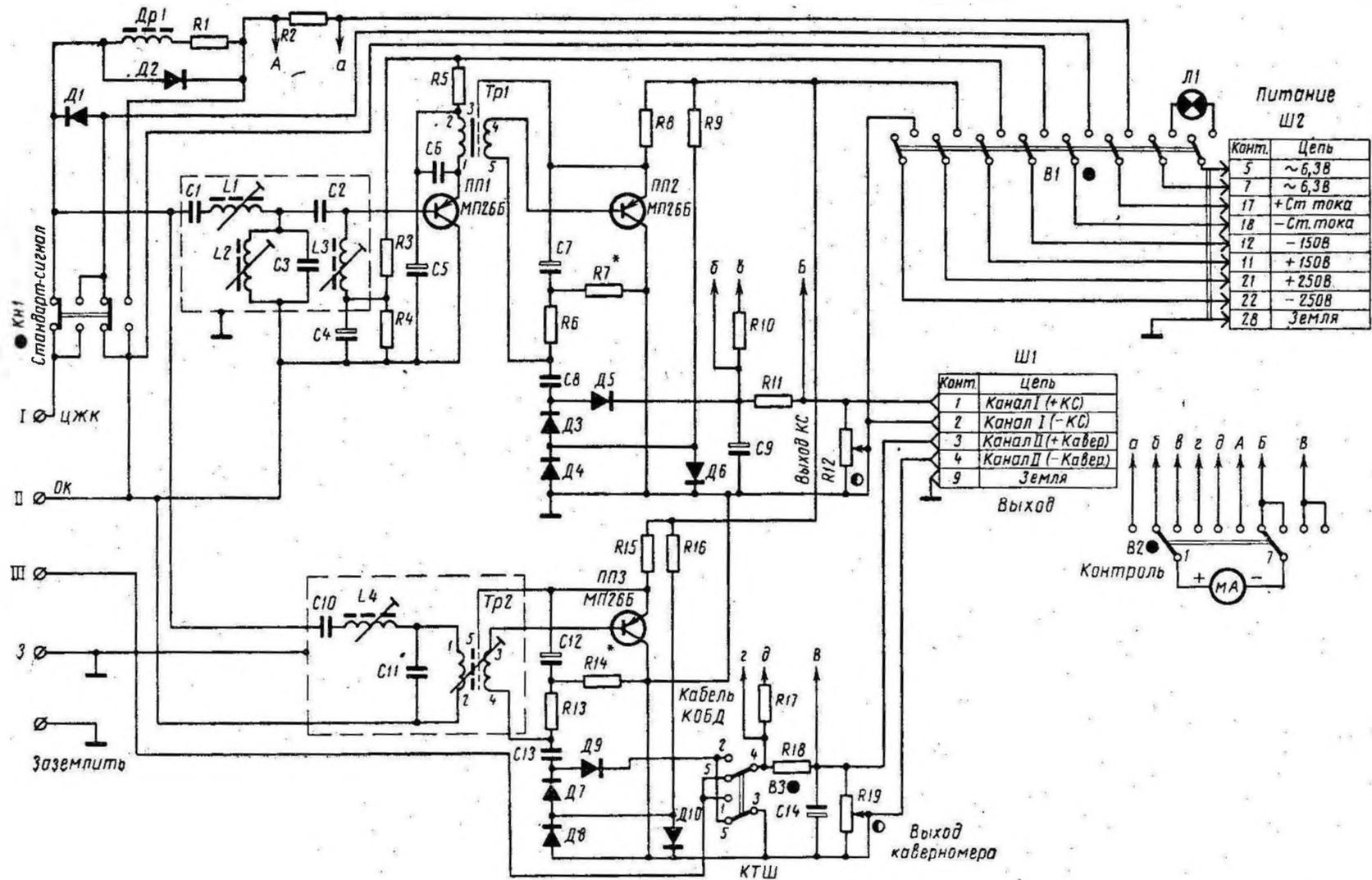


Рис. 27. Электрическая схема панели управления аппаратуры КМБК-3

отношению к коэффициентам передачи ($K = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$) при $U_{\text{вх}} = 600$ мВ (канал КС) и $U_{\text{вх}} = 100$ мВ (канал микрокаверномера). Нелинейность каналов не должна превышать 5%.

Убедившись в нормальной работе панели, диод Д2 впаивают в схему.

Проверка режима работы скважинного прибора

Схема соединений и порядок первого включения

Шасси скважинного прибора извлекают из кожуха и, прозвонив коллекторный провод подъемника, подсоединяют прибор к бронированному кабелю. При использовании шлангового кабеля клемму «З» необходимо соединить с шасси прибора или с клеммой «ОК» панели (рис. 28). С помощью контрольных проводов подключают выходы

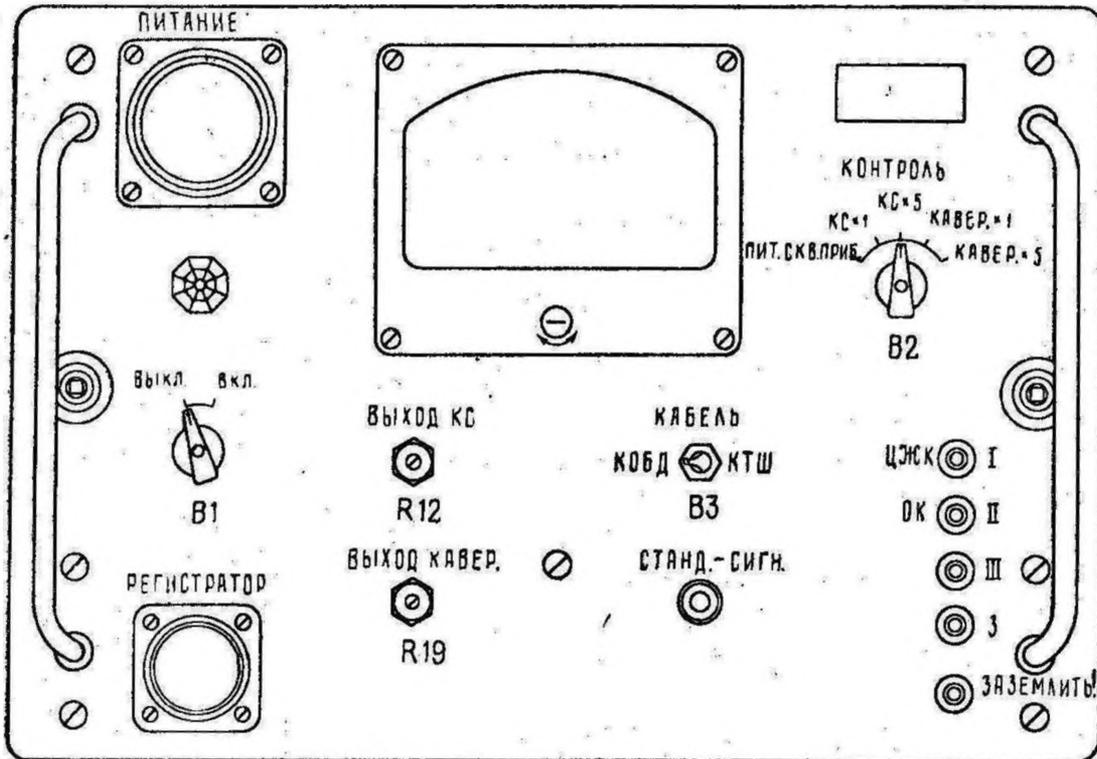


Рис. 28. Общий вид панели управления аппаратуры КМБК-3

разъема Ш2 скважинного прибора к магазинам сопротивлений согласно схеме на рис. 29, а.

Аналогичную схему измерений можно собрать и не извлекая шасси из кожуха, но тогда для этого потребуется только два магазина сопротивлений R_0 и R_2 , так как роль магазина R_k будет выполнять датчик каверномера (рис. 29, б).

Перед включением УВК-1 его переключатели «Род работы», « $U_{\text{вых}}$ » и « I грубо» устанавливают соответственно в положения « U »,

«180—250 В» и «260—330 мА». После прогрева выпрямителя и установки требуемых напряжений переключатель «Род работы» переводят в положение «1». Это предохраняет выход из строя УВК-1

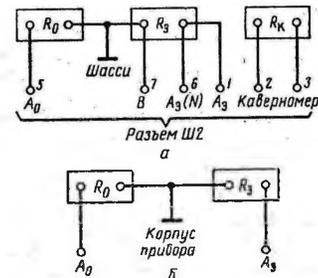


Рис. 29. Принципиальные схемы проверки аппаратуры КМБК-3.
а — без прижимного устройства; б — с прижимным устройством

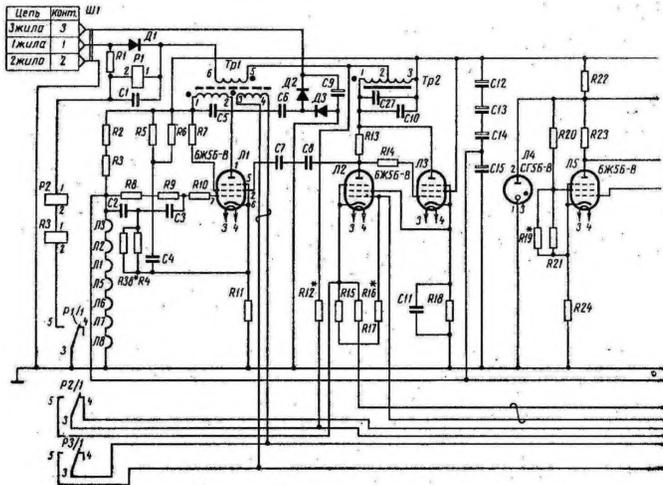


Рис. 30. Электрическая схема скважинного прибора аппаратуры КМБК-3.
R* подбираются при настройке. R37 — датчик миксерометра (на схеме не показан)

При необходимости переключатель «Контроль» переводят в положение «КС × 5». Изменяя величины сопротивлений на магазине R_k , убеждаются в общей работоспособности канала микроамперометра сначала в варианте одножильного кабеля (переключатель ВЗ — в положении «КОБД»), а затем трехжильного (ВЗ — в положении «КТШ»). Нажимают кнопку «Стандарт-сигнал» и убеждаются в наличии стандарт-сигналов в каналах (при изменении сопротивлений на магазинах R_0 , R_3 и R_k выходные сигналы не должны изменяться).

Таблица 5

Оптимальные значения R_0 и R_3 для проверки аппаратуры КМБК-3												
R_0 , Ом	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10 000	15 000	20 000
R_3 , Ом	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	1,0

Проверка частот генераторов

Схему прибора переводят на измерение ρ_k , устанавливают на магазинах $R_0 = 2$ кОм, $R_3 = 10$ Ом и $R_k = 0$ и проверяют режимы питания скважинного прибора в соответствии с табл. 6.

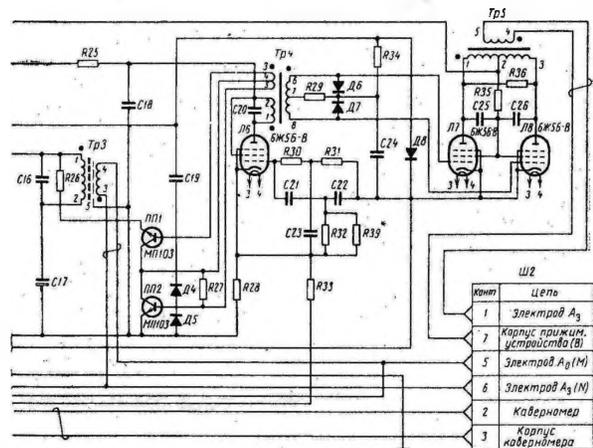


Рис. 31. Электрическая схема скважинного прибора аппаратуры КМБК-3.
чик миксерометра (на схеме не показан)

Режимы работы скважинного прибора КМБК-3

Элемент схемы	Номер вывода	U_{\sim} , В	U_{\sim} (эфф.), В	Примечание
<i>Л1</i>				
U_a	1	200	25	$R_k = 100 \text{ Ом}$
$U_{\text{э}}$	5	180	7	
$U_{\text{с1}}$	7	46	31	$R_k = 100 \text{ Ом}$
U_k	6	51	31	$R_k = 0 \text{ Ом}$
<i>Л2</i>				
U_a	1	43	—	
$U_{\text{э}}$	5	48	—	
$U_{\text{с1}}$	7	0	50 мВ	$R_0 = 2 \text{ кОм}$
U_k	6	1,7	—	
<i>Л3</i>				
U_a	1	200	3,7	$R_0 = 2 \text{ кОм}$
$U_{\text{э}}$	5	200	—	
$U_{\text{с1}}$	7	43	—	
U_k	6	48	—	
<i>Л4</i>				
U_a	1	150	—	
U_k	6	0	—	
<i>Л5</i>				
U_a	1	35	200 мВ	$R_0 = 2 \text{ кОм}, R_3 = 10 \text{ Ом}$
		39	—	$R_0 = 20 \text{ кОм}, R_3 = 10 \text{ Ом}$
$U_{\text{э}}$	5	35	—	$R_0 = 2 \text{ кОм}, R_3 = 10 \text{ Ом}$
$U_{\text{с1}}$	7	-0,17	—	$R_0 = 2 \text{ кОм}, R_3 = 10 \text{ Ом}$
		-0,21	—	$R_0 = 20 \text{ кОм}, R_3 = 10 \text{ Ом}$
U_k	6	0,85	—	
<i>Л6</i>				
U_a	1	110	9,5	
$U_{\text{э}}$	2	110	—	
U_k	6	45	28	
$U_{\text{с1}}$	7	41	—	
<i>Л7, Л8</i>				
U_a	1	200	—	
$U_{\text{с1}}$	7	34	—	$R_0 = 2 \text{ кОм}, R_3 = 10 \text{ Ом}$
U_k	6	43	—	$R_0 = 2 \text{ кОм}, R_3 = 10 \text{ Ом}$
Конт. 1 разъема				
Ш1		205	—	
Точка соединения $R3$ и $R8$		43	—	

Подключают частотомер ЧЗ-7 [49] к резистору $R28$ со стороны катода лампы $L6$ (см. рис. 30) и проверяют частоту генератора канала КС, которая должна быть в пределах 500 ± 20 Гц. Если частота генератора меньше или больше указанной, то соответственно уменьшают или увеличивают $R32$, руководствуясь при этом тем, что изменение сопротивления на 3—4% приводит к изменению частоты на 1%.

Аналогично проверяют частоту генератора микроаверномера, подключив частотомер в катод лампы $L1$. Частота генератора должна быть $10 \text{ кГц} \pm 200$ Гц. Ее подгонку выполняют подбором резистора $R4$.

Проверка управляемости автокомпенсационного усилителя (АКУ)

Одним из важных моментов настройки скважинного прибора является проверка управляемости АКУ. Если АКУ управляем, то напряжение на клеммах магазина R_0 должно изменяться пропорционально сопротивлению на нем.

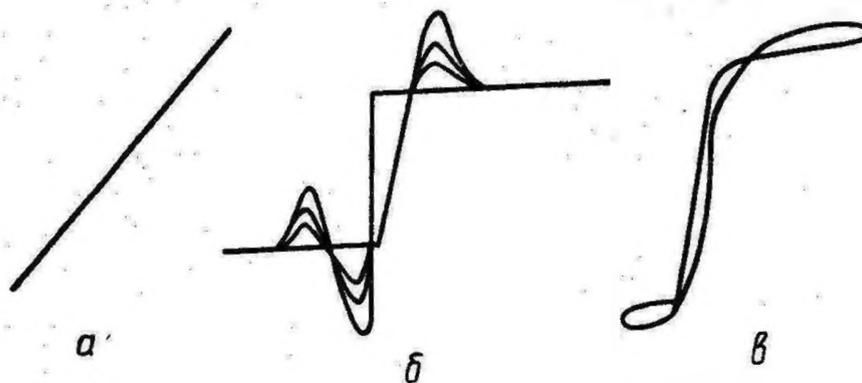


Рис. 31. Фигуры Лиссажу при проверке управляемости автокомпенсационного усилителя аппаратуры КМБК-3.

a — на резисторе $R28$; $б$ — на выводе 4 трансформатора $Tr4$; $в$ — на выводе 5 трансформатора $Tr5$

При неуправляемости АКУ необходимо проверить правильность его фазировки. Для этого сначала определяют положение фигуры Лиссажу [49], подключив входы X и Y осциллоскопа С1-1 к резистору $R28$ (см. рис. 30), с которого снимается опорное напряжение. На осциллоскопе выключают переключатель «Диапазоны частот» и подбирают горизонтальное и вертикальное усиления осциллоскопа таким образом, чтобы фигура Лиссажу имела наклон примерно под углом 45° (рис. 31, a). Затем вход Y подключают к выводу 4 трансформатора $Tr4$ (см. рис. 30) и на магазине сопротивления набирают $R_0 = 200 \div 400$ Ом. При правильной фазировке АКУ фигура Лиссажу должна иметь вид, показанный на рис. 31, $б$, а если она будет повернута на 180° , необходимо поменять местами выводы 1 и 2 (или

3 и 4) трансформатора *Тр3* (либо выводы 3 и 5 трансформатора *Тр4*). После этого проверяют правильность фазировки трансформатора *Тр5*, подключив его вывод 5 на вход *У* осциллоскопа. При этом напряжение на нем также должно совпадать по фазе с опорным (рис. 31, *в*). В противном случае необходимо поменять местами выводы 4 и 5 трансформатора *Тр5*.

Установив на магазине $R_0 = 2$ кОм, проверяют режим работы рефлексного каскада. Если напряжение на емкости *С17*, измеренное катодным вольтметром, окажется меньше 170 мВ (или положительно) или больше 230 мВ, то соответственно увеличивают или уменьшают сопротивление *R19* в цепи экранной сетки лампы *Л5*.

Совместная проверка панели и скважинного прибора

Проверка сопротивления стандарт-сигнала (R_{cc})

Подключение измерительной схемы скважинного прибора к магазину сопротивлений R_0 или переключение ее на замер стандарт-сигнала эквивалентно помещению зонда бокового микрокаротажа в среду с $\rho_k = KR_{cc}$. Поэтому для точной установки масштаба записи кривой ρ_k [см. формулу (5)] необходимо знать точные значения R_{cc} и K (коэффициента зонда).

Величину R_{cc} находят следующим образом. Нажатием кнопки *Кн1* «Стандарт-сигнал» (см. рис. 28) переводят схему на измерение стандарт-сигнала и отмечают отклонение стрелки миллиамперметра панели (обычно 25—28 делений шкалы) или отклонение блика гальванометра. Кратковременным выключением тока питания скважинного прибора переводят схему на измерение ρ_k , и на магазине R_0 набирают такое сопротивление, при котором показания миллиамперметра или отклонение блика будут такие же, как при замере стандарт-сигнала (при этом $R_3 = 5$ Ом). Полученное R_0 и будет соответствовать фактическому значению эквивалентного сопротивления стандарт-сигнала (обычно $R_{cc} = 2000$ Ом). При таком способе определения R_{cc} отпадает необходимость в подгонке резистора *R16* в цепи катода лампы *Л2*.

Коэффициент зонда бокового микрокаротажа (обычно $K = 0,015$ м) определяют так же, как и в приборе МДО-2, и тогда масштаб записи кривой ρ_k устанавливают в соответствии с формулой (5). Установку масштаба можно производить также по фактической величине стандарт-сигнала, полученной после помещения зонда в среду с известным удельным сопротивлением.

Проверка стабилизации тока I_0

Схему коммутируют на замер ρ_k , устанавливают на магазинах $R_0 = 2$ кОм и $R_3 = 5$ Ом и фиксируют выходной сигнал по миллиамперметру или отклонению блика. Переводят схему на замер стандарт-сигнала и на магазинах R_0 и R_3 набирают сопротивления в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Значения R_0 и R_3 , используемые при проверке стабилизации тока I_0 аппаратуры КМБК-3

R_0 , Ом	5	20	50	100	200
R_3 , Ом . . .	0,2; 1	0,2; 1; 4	0,2; 1; 10	0,2; 5; 20	0,2; 5; 40

Продолжение табл. 7

R_0 , Ом	500	1000	5000	10 000	20 000
R_3 , Ом . . .	0,2; 5; 100	0,2; 5; 200	0,2; 10; 200	0,3; 10; 200	0,6; 10; 200

Нелинейность АКУ по току I_0 должна быть по всему диапазону не более 5% по отношению к I_0 при $R_0 = 2$ кОм и $R_3 = 5$ Ом. Нелинейность более $\pm 5\%$ свидетельствует о недостаточном усилении лампы Л5 или о неисправности других элементов схемы.

Проверка взаимовлияния каналов

При $R_0 = 8$ Ом измеряют сигнал на выходе канала КС, а затем на магазине R_k микрокаверномера увеличивают сопротивление от 20 до 140 Ом. Выходной сигнал канала КС не должен изменяться более чем на $\pm 10\%$.

Выходной сигнал микрокаверномера измеряют при $R_k = 120$ Ом и $R_3 = 0,5$ Ом и в случае изменения R_0 от 10 до 20 кОм проверяют влияние канала КС на канал каверномера, которое должно быть не более $\pm 1\%$. Если выход микрокаверномера возрастет или уменьшится более чем на 1%, необходимо соответственно уменьшить или увеличить R_6 (см. рис. 30). После этого снова проверяют взаимовлияние каналов и частоту генератора 10 кГц.

Проверка линейности каналов

При проверке линейности канала КС значения R_0 и R_3 изменяют в соответствии с табл. 5 и по полученным данным строят график зависимости величины выходного сигнала от входного (R_0). Нелинейность канала КС в рабочем диапазоне не должна быть более 7%.

При проверке линейности микрокаверномера на магазине R_k изменяют сопротивление от 100 до 50 Ом и от 100 до 150 Ом и определяют приращение выходного сигнала. Если разница показаний составляет более 10%, меняют местами выводы 5 и 6 обмоток трансформатора $Tr1$ (см. рис. 30). Нелинейность более 10% свидетельствует о неисправности трансформатора $Tr1$.

новном задачу точного определения истинного сопротивления пластов. Однако для исследования карбонатных кавернозных, крупно-трещинных и закарстованных пластов-коллекторов, в которые индустрию глубоко проникает буровой раствор или его фильтрат, указанных зондов недостаточно. В таких случаях, кроме общепринятых зондов, применяют градиент-зонды и потенциал-зонды очень больших размеров — А10М4N и А15М10N, В40А4М и В40А8М. Большие потенциал-зонды использовать целесообразнее, чем градиент-зонды, так как они имеют больший радиус исследования (в 2,0—2,2 раза больше их размеров) и позволяют записывать кривые КС для продуктивных низкоомных отложений в крупных масштабах сопротивлений [41].

§ 2. ВЫБОР МАСШТАБОВ ГЛУБИН

Масштабы глубин каротажных диаграмм должны соответствовать масштабу геологического разреза, составленного геологами. Они выбираются в зависимости от глубин скважин и степени детализации пластов и должны обеспечивать определение их глубины и строения с необходимой степенью точности, предъявляемой к тому или иному типу полезного ископаемого. В соответствии с этим масштабы глубин каротажных диаграмм подразделяются на поисковые и детализационные.

Поисковыми масштабами в нефтяных и газовых скважинах являются 1 : 500, в угольных и рудных — 1 : 200, реже 1 : 500. Диаграммы поискового масштаба используются для общего литологического расчленения разреза и дальнейшей его корреляции.

В качестве детализационного в нефтяных и газовых скважинах принят масштаб глубин 1 : 200, в угольных и рудных скважинах — 1 : 50, реже 1 : 20. Масштаб глубин 1 : 20 применяется при регистрации кривых КС и ПС в тонких угольных пластах рабочей мощности и в пластах с тонким переслаиванием угля и породы, а также при детализации маломощных рудных зон. Диаграммы детализационного масштаба используются для детального изучения структуры пластов, определения их глубин залегания и мощности, для качественной и количественной характеристики пластов.

§ 3. ВЫБОР И УСТАНОВКА МАСШТАБОВ ЗАПИСИ КРИВЫХ КС И ПС

Выбор масштабов записи кривых КС и ПС

Получение дифференцированных кривых КС зависит не только от типа и размера зонда, но и от подбора соответствующего масштаба измеряемого параметра. В каждом районе работ стандартные масштабы записи $n_{КС}$ и $n_{ПС}$ выбирают в зависимости от диапазона изменения r_n и потенциала ПС и устанавливают одинаковыми во всех скважинах. Масштабы $n_{КС}$ и $n_{ПС}$ должны обеспечивать получение дифференцированных кривых на всех интервалах геологического разреза.

Определение масштабного сигнала $D_{мс}$ микрокаверномера

Знать величину $D_{мс}$ необходимо для установки масштаба записи микрокавернограммы. Определяют $D_{мс}$ прибором в собранном виде. При этом к выходу канала микрокаверномера подключают фоторегистратор или микроамперметр. Схему микрокаверномера устанавливают на замер стандарт-сигнала и отмечают величину выходного сигнала U_{cc} (в сантиметрах отклонения блика или микроамперах). Коммутируют схему на замер диаметра и отмечают выходные сигналы U_1 и U_2 при установке фонаря микрозонда в калибровочные устройства диаметром соответственно 200 и 300 мм.

Масштабный сигнал определяют по формуле

$$D_{мс} = \frac{100U_{cc}}{U_2 - U_1} \cdot \quad (27)$$

Можно взять и другие размеры калибровочных устройств, но тогда в формуле (27) перед U_{cc} необходимо поставить фактическое приращение диаметра.

Проведение измерений на скважине

Перед спуском прибора в скважину проверяют наличие шплинтов осей крепления рессор и затяжку резьбовых соединений корпуса, убеждаются в отсутствии течи масла через сальник каверномера и в плавности хода тросика, смазывают резьбовое соединение и уплотнительные кольца головки скважинного прибора.

При работе с одножильным бронированным кабелем выводы ЦЖК и ОК коллекторного провода подключают к клеммам «ЦЖК» и «ОК» панели (см. рис. 28). В случае трехжильного шлангового кабеля выводы I, II и III коллектора подключают к соответствующим клеммам панели; к гнезду «З» панели подсоединяют дополнительное рабочее заземление.

Скважинный прибор соединяют с магазинами сопротивлений R_0 и R_2 или подключают к имитатору сигналов зонда. После прогрева УВК-1 проверяют работоспособность каналов КС и микрокаверномера. В канале микрокаверномера на диаграммной ленте фиксируют при закороченном входе фоторегистратора нулевое положение блика и его отклонения в соответствии с заданным масштабом записи и при помещении фонаря прибора в калибровочное устройство.

Поскольку микрокавернограмма чаще всего записывается в масштабе 1 : 2, что соответствует измерению толщины глинистой корки в масштабе 1 : 1, необходимо обеспечить отклонение блика по формуле

$$l = D_{мс}/2. \quad (28)$$

Масштаб записи кривой микрокаверномера можно обеспечить и при помещении рессор в трубу или кольцо известного диаметра. Требуемого отклонения добиваются регулировкой потенциометра

R19 «Выход каверномера» (см. рис. 26, 28) и изменением постоянной по напряжению измерительного канала станции. После установки масштаба смещают нулевую линию кривой при помощи ГКП или корректора нуля фоторегистратора таким образом, чтобы отклонение на интервалах минимального диаметра скважины было 2—3 см.

Убедившись в нормальной работе аппаратуры, выключают УВК-1 и опускают прибор в скважину ниже статического уровня раствора, на счетчике глубин набирают глубину, соответствующую цене первой метки.

При работе с фоторегистратором ФР-6 в каналах КС блики гальванометров 1/1, 1/5 и 1/25 устанавливают соответственно на 4 см, 2 см и основной нуль шкалы, а с регистратором Н013 все три блика корректорами нуля выводят на общий нуль шкалы.

Включив питание скважинного прибора, устанавливают масштабы записи кривых КС. Схему коммутируют на замер КС и диаметра скважины и опускают прибор на интервал замера, контролируя по отклонениям бликов работу каналов. При этом переключатель В2 «Контроль» (см. рис. 28) должен находиться в положении «Пит. скв. приб.», поскольку наличие утечки в кабеле приводит к перегрузке выпрямителя и может вывести его из строя.

Перед началом записи проверяют, а в случае необходимости корректируют нулевые положения бликов и их отклонения от стандарт-сигналов, фиксируя на диаграммной ленте. Измерения выполняют в соответствии с методическими положениями § 17. В конце интервала исследований на диаграммах фиксируют те же сигналы (нули, отклонения от стандарт-сигналов), что и перед началом записи. Рекомендуется регистрировать отклонения от стандарт-сигнала в каналах КС в необсаженном интервале скважины, так как в колонне резко снижается сопротивление электродов зонда, что приводит к возникновению индуктивных наводок за счет недостаточной стабилизации тока I_0 .

Оценка качества диаграмм

Диаграммы бокового микрокаротажа и микрокавернометрии снабжаются форменными заголовками с перечнем необходимых сведений, определяемых «Технической инструкцией» [50], и оформляются так же, как и диаграммы других методов (см. § 10).

Диаграммы считаются хорошего качества при соблюдении следующих основных требований:

1) измерения должны быть выполнены с соблюдением методических положений §§ 17 и 18;

2) кривые должны соответствовать геолого-геофизическому разрезу скважины;

3) допустимое смещение нуля регистратора не должно превышать 2 мм;

4) показания кривой бокового микрокаротажа должны быть минимальны или близки к нулю (в скважинах с высокоминерализованным

раствором) в интервалах размытых глин или глинистых сланцев, где башмак микрозонда не прижимается к стенкам скважины;

5) погрешности определения глубин не должны превышать величин, указанных в § 5;

6) в интервалах контрольного замера и перекрытия ранее проведенных исследований (при ненарушенном стволе скважины) кривые должны совпадать с основной записью с погрешностью не более $\pm 10\%$;

7) погрешность установки масштабов записи не должна превышать 3%;

8) погрешность измерения толщины глинистой корки должна находиться в пределах $\pm 1,5$ мм.

Глава VI

ИНДУКЦИОННЫЙ КАРОТАЖ

§ 19. МЕТОДИКА РАБОТ

Метод БКЗ не дает надежных результатов при определении сопротивления пород в низкоомных разрезах, при малой мощности пластов и заполнении скважины буровым раствором на нефтяной основе. Тем более исключается применение электрокаротажа в скважинах, где очистка забоя производится газом или воздухом. В таких случаях применяют индукционный каротаж (ИК).

Основные элементы зонда индукционного каротажа — генераторная и приемная катушки, расположенные друг от друга на расстоянии 1 м (зонд 6Ф1) и 1,2 м (зонд 5Ф1,2). Генераторная катушка питается током частоты 50 кГц и силы 0,8 А (аппаратура АИК-3) или 0,5 А (аппаратура ИК-2-ОКС) от лампового генератора, расположенного в скважинном приборе. Под действием магнитного поля генераторной катушки в горных породах возникают вихревые токи, магнитное поле которых в приемной катушке наводит э. д. с., пропорциональную проводимости пород.

Помимо основной пары катушек зонды ИК содержат компенсирующую и фокусирующие генераторные и приемные катушки, которые позволяют скомпенсировать влияние прямого поля генераторной катушки на измерительную и обеспечивают изучение электропроводности пород пространства, заключенного между двумя коаксиальными цилиндрическими поверхностями радиусов 0,65 м (зона нечувствительности, зона исключения) и примерно 5 м (зонд 6Ф1). Зонд 5Ф1,2 имеет несколько большую зону исключения (0,8—0,9 м), но зато характеризуется меньшим радиусом исследования (около 4 м). Зонд 6Ф1 применяют в пластах мощностью более 0,6 м, а зонд 5Ф1,2 — в пластах мощностью более 1 м [38].

В пределах зоны исключения влияние скважины и небольшого повышающего проникновения фильтрата при заполнении скважины пресным буровым раствором мало сказывается на результатах индукционного каротажа. Понижающее проникновение оказывает

заметное влияние на кривую ИК при $D > 3d$ и большой величине $\rho_{п}/\rho_{з.п}$ [38]. С целью учета влияния ближней зоны на результаты измерений одновременно с кривой ИК в аппаратуре АИК-3 регистрируется кривая ρ_k зонда А0,5М0,1N. Аппаратура ИК-2-ОКС (АКС) позволяет регистрировать только кривую ИК.

Кривые ИК обоих зондов хорошо дифференцируют разрез скважины по проводимости пластов при их сопротивлении до 50 Ом·м. При более высоком сопротивлении кривая ИК практически не расчленяет разрез скважины. Полученная кривая ИК представляет собой перевернутую кривую кажущегося сопротивления в гиперболическом масштабе, отличающуюся от обычной кривой КС тем, что она вытянута в области низких сопротивлений и сжата в области высоких сопротивлений. Этим как раз и подчеркивается тот факт, что мало отличающиеся по удельному сопротивлению горные породы довольно четко выделяются на кривой ИК.

Поскольку в методе ИК отсутствует непосредственный контакт измерительной схемы с буровым раствором, то его можно применять в сухих скважинах и скважинах, заполненных буровым раствором на нефтяной основе. Среди других преимуществ метода ИК следует отметить ограниченное влияние пород, находящихся выше и ниже зонда, меньшее влияние мощности пласта на показания кривой по сравнению с большими зондами БКЗ, высокую точность определения удельного сопротивления пород, более простое определение границ пластов, чем по кривым КС обычных зондов, а также соответствие определяемого по кривой ИК кажущегося сопротивления истинному при небольшом диаметре зоны проникновения, меньшем, чем зона исключения.

Единицей измерения проводимости пород является сименс на метр. Однако во избежание дробных единиц проводимости в пластах удельного сопротивления более 1 Ом в практике каротажа за единицу проводимости обычно принимают тысячную долю сименса на метр — мСим/м.

Масштаб записи кривой ИК выражают в мСим/м·см и выбирают таким, чтобы аномалии против пород с максимальной проводимостью помещались в пределах диаграммной ленты и имели амплитуду 6—8 см. В зависимости от детальности расчленения низкоомной части разреза масштаб записи может быть от 2,5 до 100 мСим/м·см, при этом он должен быть кратным пяти. Масштабы записи кривых ИК и ρ_k зонда А0,5М0,1N (аппаратура АИК-3) устанавливают от стандарт-сигналов — 250 мСим/м и 40 Ом·м. Контроль масштаба записи кривой ИК осуществляют по измерениям на поверхности сигналов градуировочных колец известной проводимости (тестов).

Диаграммы индукционного каротажа записывают в масштабе глубин 1 : 200 в интервале проведения БКЗ. Глубины на диаграммах ИК определяют так же, как и в других методах каротажа. За точку записи принимают середину расстояния между генераторной и приемной катушками. Скорость подъема скважинного прибора при записи кривых устанавливают не более 2000 м/ч.

§ 20. ТЕХНИКА РАБОТ С АППАРАТУРОЙ АИК-3

Схема подключения и порядок первого включения

При проверке работы аппаратуры на базе индукционный зонд и электронный блок укладывают на деревянные подставки, предварительно надев тест на индукционный зонд. При этом скважинный прибор должен находиться на расстоянии не менее 3 м от металлических предметов и на высоте не менее 1 м над уровнем земли.

Скважинный прибор подсоединяют к кабелю, а выводы ЦЖК и ОК коллекторного провода — к соответствующим клеммам блока управления, вставленного в отсек панели ИПЧМ (рис. 32). Сопротивление между ЦЖК и ОК должно быть равным 500 Ом плюс сопротивление жилы кабеля. Панель ИПЧМ соединяют с выпрямителем УВК-1 (или УИП-К).

На панели ИПЧМ устанавливают сменные фильтры, соответствующие несущим частотам скважинного прибора (14 кГц — канал ИК, 7,8 кГц — канал КС). Выпрямитель УВК-1, панель ИПЧМ и стенд каротажной станции тщательно заземляют.

Органы управления выпрямителя УВК-1 и панели ИПЧМ устанавливают в следующие исходные положения:

1) выпрямитель УВК-1 (рис. 33): тумблер «Сеть» — в положение «Выкл.»; переключатель «U выхода» — в положение « $180 \div 250$ В»; переключатель «Стабилизатор тока; грубо» — в положение « $120 \div 160$ мА»; регулятор «Стабилизатор тока; точно» — против часовой стрелки до упора; переключатель «Род работы» — в положение «I»; переключатель «Контроль источников» — в положение «I₁»;

2) панель ИПЧМ: тумблеры «Сеть», «Коммут. ПС» и «Уст. фазы» — в положение «Выкл.»; тумблеры «100 мВ; 500 мВ» — в положение «100 мВ»; переключатель «Компенс. кабеля» — в положение, соответствующее фактической длине кабеля на барабане лебедки (см. рис. 32).

Включают тумблеры «Сеть» на выпрямителе УВК-1 и панели ИПЧМ; при этом загораются контрольные лампочки на панели ИПЧМ и блоке управления АИК-3. Показания тока по стрелочному индикатору УВК-1 свидетельствуют об исправности цепи питания. Чтобы полное анодное напряжение прикладывалось после прогрева ламп скважинного прибора, переключатель «Стабилизатор тока; грубо» поочередно переводят в положения «160—200», «200—260», «260—330» и «330—440» мА, выдерживая выпрямитель в каждом из них в течение 15—30 с. Регулятором «Стабилизация тока; точно» устанавливают ток питания скважинного прибора в пределах $380 \pm \pm 10$ мА. Если при этом токе напряжение накала ламп отличается от номинального 5,9—6,0 В, то его подгонку осуществляют в скважинном приборе соответствующими регуляторами накала. После этого потенциометром R3 «Рег.; опорный сигнал» (рис. 32, 34) стрелку индикатора блока управления АИК-3 устанавливают на отметку шкалы 0,6 мА.

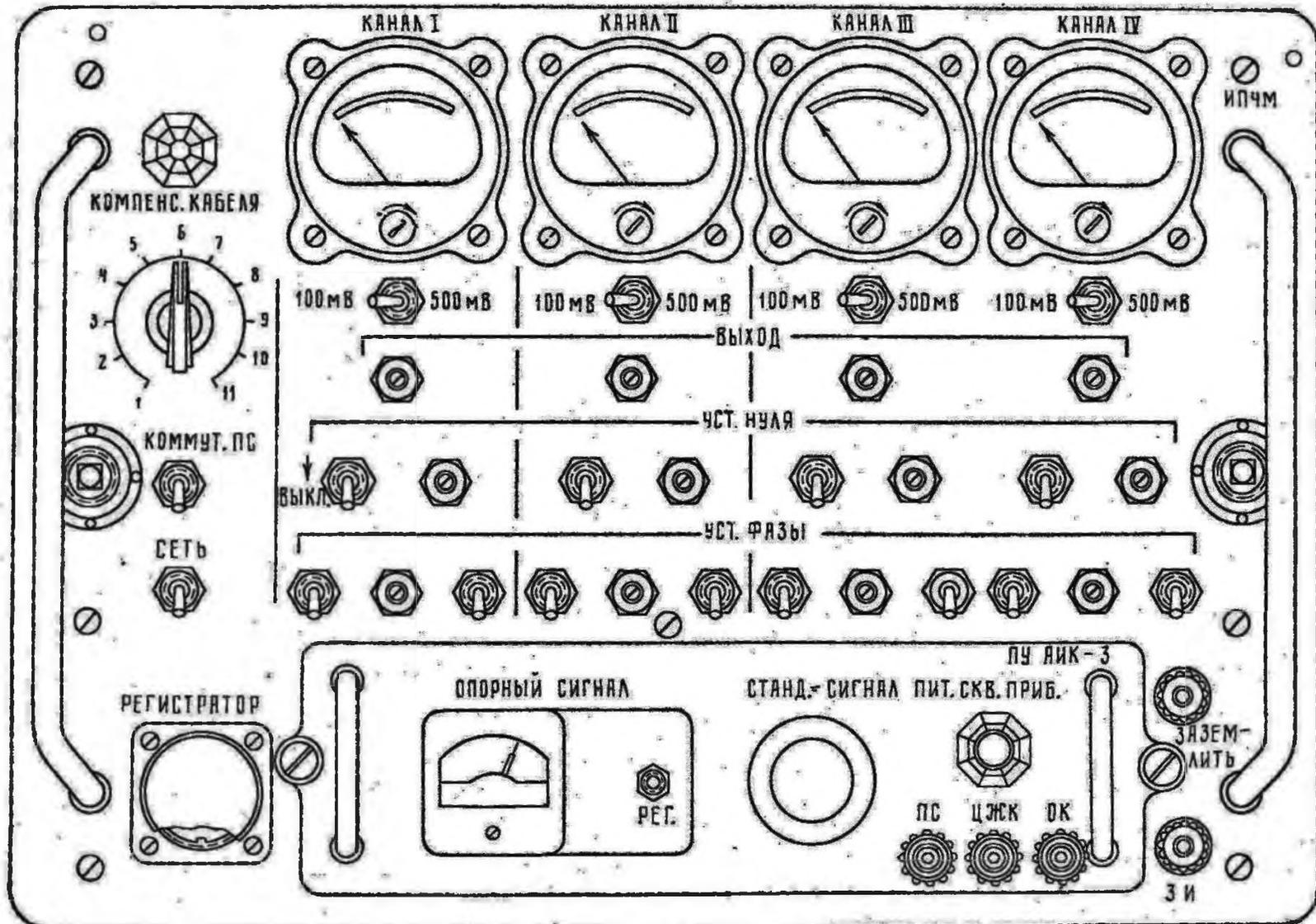


Рис. 32. Общий вид панели ИПЧМ с блоком управления аппаратуры АИК-3

После перевода схемы скважинного прибора в режим измерения стандарт-сигнала (нажатием кнопки «Станд.-сигнал») с помощью тумблера и потенциометра «Уст. фазы» в каждом канале производят

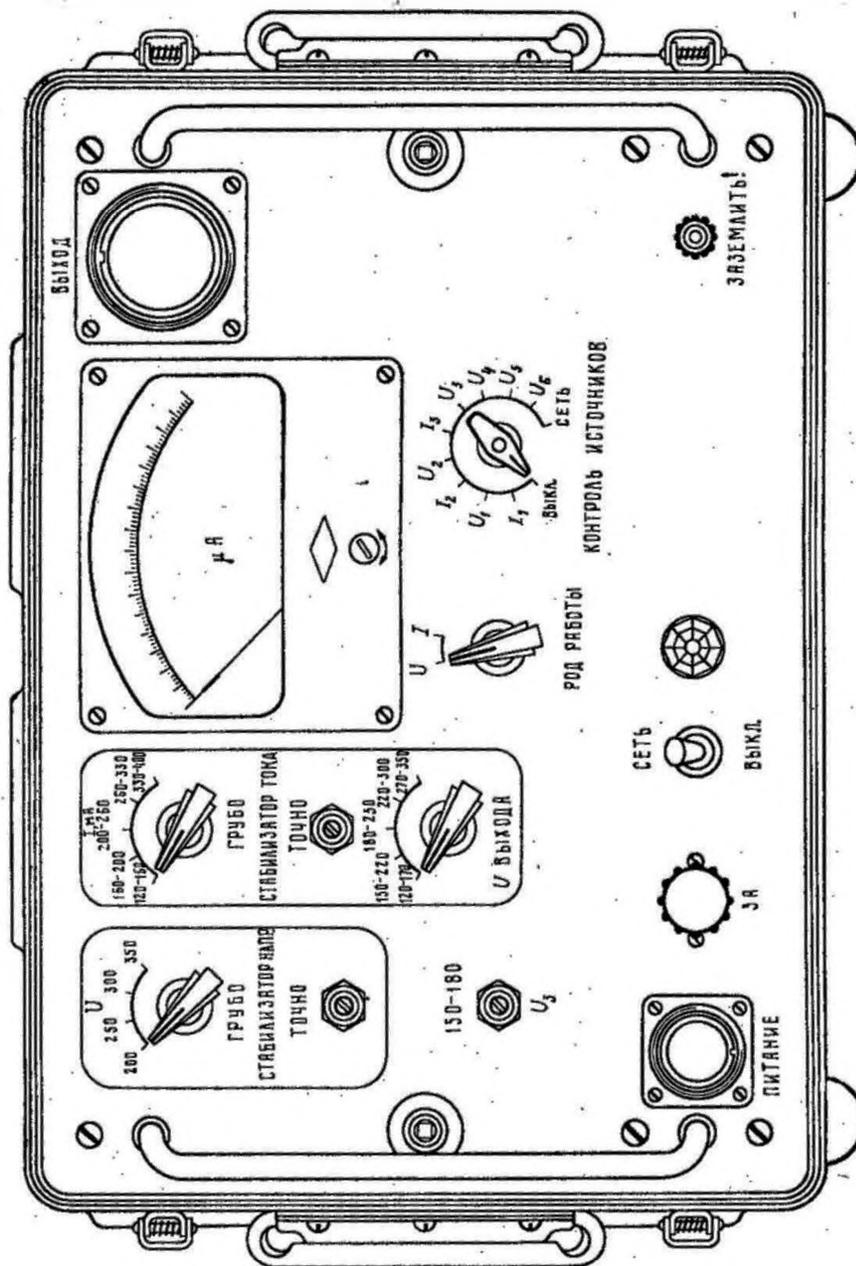


Рис. 33. Общий вид выпрямителя УВК-1

настройку фаз панели ИПЧМ по максимальным отклонениям стрелок индикаторов.

Для перевода схемы скважинного прибора в режим измерения сигналов зонда ИК необходимо кратковременно выключить питание выпрямителя УВК-1, перевести переключатель «Стабилизатор тока; грубо» в положение «120—160 мА», снова включить питание УВК-1

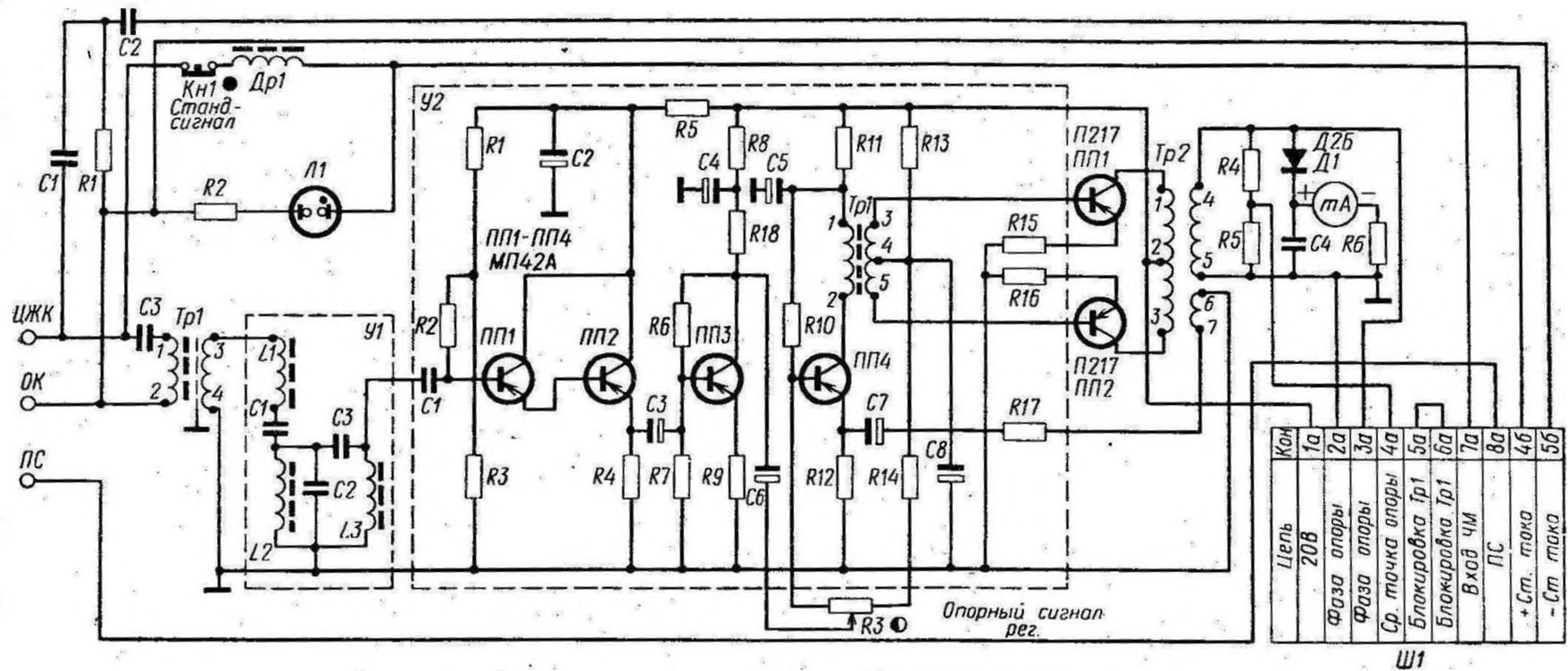


Рис. 34. Электрическая схема блока управления аппаратуры АИК-3.
 У1 — блок фильтра, У2 — блок усилителя

Кон	Цель
1а	20В
2а	Фаза опоры
3а	Фаза опоры
4а	Ср. точка опоры
5а	Блокировка Tr1
6а	Блокировка Tr2
7а	Вход ЧМ
8а	ПС
4б	+Ст. тока
5б	-Ст. тока

Ш1

и подать на скважинный прибор номинальный ток, руководствуясь при этом рассмотренными выше методическими положениями. Перевод схемы в режим измерения можно осуществить также кратковременным выключением (на 3—5 с) и включением питания выпрямителя. Поскольку при этом лампы скважинного прибора не успевают остыть, а нарастание тока происходит достаточно плавно, то реле *Р1* цепи коммутации не срабатывает и схема остается в режиме измерения.

При выключенных тумблерах на тесте и включенной цепи компенсации потенциометрами «Уст. нуля» стрелки индикаторов панели ИПЧМ устанавливают в нулевые положения (операция «нуль в воздухе»). Подключив выходы каналов панели ИПЧМ на входы каналов измерительной панели станции, электрическими корректорами нуля фоторегистратора Н013 устанавливают блики гальванометров в нулевое положение. При поочередном включении соответствующих тестов проверяют работоспособность канала ИК по отклонениям бликов гальванометров.

Проверка и настройка скважинного прибора

Перед проверкой любого из каскадов скважинного прибора (рис. 35) убеждаются в соответствии напряжений на контактах ламп номинальному значению (табл. 8).

Таблица 8

Режимы работы ламп скважинного прибора АИК-3

Элемент схемы	Напряжения, В				
	Анод	Катод	2-я сетка	3-я сетка	Накал
Блок ИК					
<i>Л1</i>	60	3,5	60	—	6
<i>Л2</i>	70	3,5	—	—	6
<i>Л3</i>	45	3,7	43	—	6
<i>Л4</i>	70	1,8	—	—	6
Генератор 50 кГц					
<i>Л1, Л2</i>	140	4,8	120	4,8	6
Генератор 400 Гц					
<i>Л1</i>	120	34	120	34	6
<i>Л2</i>	120	3,5	120	3,5	6
Сумматор <i>Л1</i>	120	1,3	120	1,3	6

Поскольку частотные модуляторы скважинного прибора выполнены по таким же схемам, как и в приборе КСП, то их проверку и настройку выполняют в соответствии с методическими положениями § 9.

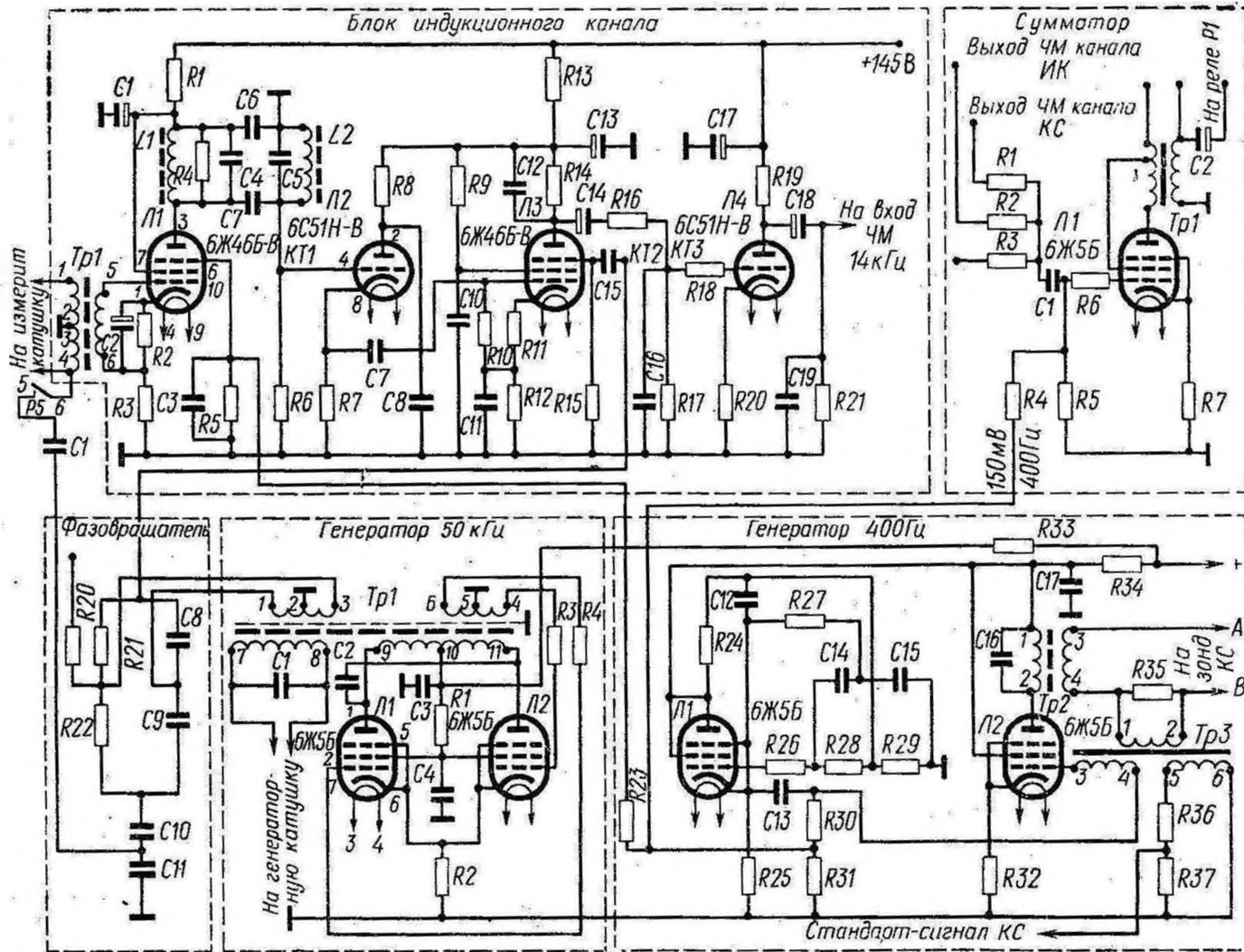


Рис. 35. Электрическая схема скважинного прибора аппаратуры АИК-3. Индукционный зонд, частотные модуляторы и общая часть схемы на рисунке не показаны