

УДК 550.832

Н. Г. Козыряцкий
ООО “Нефтегазгеофизика”

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ДЛЯ СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Рассмотрены вопросы регламентации межкалибровочных интервалов для скважинных средств измерений. На конкретных примерах показаны возможность или необходимость уточнения межкалибровочных интервалов.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, межкалибровочные интервалы, калибровка, периодичность калибровки.

В практике проведения геофизических исследований скважин широко используется метрологическая процедура, называемая калибровкой измерительного канала, которая проводится с целью определения действительных значений метрологических характеристик скважинных средств измерений (в дальнейшем – средств измерений). Частота выполнения этой процедуры определяется так называемым межкалибровочным интервалом – промежутком времени (месяцы, кварталы, годы) или наработкой (число выездов на скважину, количество исследованных скважин и т. п.) между двумя последовательными калибровками средства измерений [1].

В зависимости от того, на каком этапе эксплуатации средства измерений проводится калибровка, различают первичную, периодическую и внеочередную калибровки средств измерений. Первичную калибровку проводят при выпуске средства измерений из производства и ремонта. Так как первичная калибровка не является “юридическим фактом” (в отличие от поверки, когда принимается решение “годно – не годно” средство измерения к эксплуатации, при калибровке такое решение не принимается, а только определяются конкретные значения метрологических характеристик – погрешностей, вариации измерений и др.), решение применять или не применять средство измерения принимает предприятие, эксплуатирующее средство измерения (в зависимости от решаемых задач). Калибровку можно не проводить

при выпуске из производства, а осуществлять при входном контроле средства измерений на геофизическом предприятии, эксплуатирующем данное изделие. Разумеется, что градуировку (установление масштабов, функций преобразования, чувствительности, инерционности и т. д.) средства измерения предприятие-изготовитель должно осуществлять обязательно.

Периодическая калибровка проводится при эксплуатации (хранении) средства измерений через межкалибровочные интервалы времени, которые в соответствии с метрологическими правилами должны устанавливаться при государственных испытаниях или при метрологической аттестации средств измерений. При этом нормативными актами установлено, что при эксплуатации средств измерений межкалибровочные интервалы могут быть скорректированы как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. В силу того что средства измерений, используемые при ГИС, не подвергаются госприемочным испытаниям и метрологической аттестации, межкалибровочные интервалы для них устанавливаются достаточно произвольно, зачастую без какого-либо обоснования. Отсутствие единых методик калибровки для скважинных средств измерений тоже не способствует упорядочению межкалибровочных интервалов (менее чем для двух десятков видов скважинных измерений действуют свыше 80 методик калибровки отраслевого и национального уровня, не считая многих десятков частных методик калибровки, изложенных в эксплуатационной документации). По этой же причине в [2] для всех средств измерений без исключения, независимо от их сложности и прогнозируемых интенсивности и условий эксплуатации, установлен единый межкалибровочный интервал – 3 месяца.

Насколько неоднозначны требования к межкалибровочным интервалам даже по одному виду скважинных измерений наглядно демонстрирует табл. 1, в которой для примера приведены сведения о регламентируемых в нормативной документации межкалибровочных интервалах для аппаратуры индукционного каротажа.

Анализ нормативных документов в области метрологического обеспечения ГИС показывает, что регламентируемые диапазоны межкалибровочных интервалов средств измерений конкретных видов составляют от 3 до 12 месяцев – разброс довольно значительный (табл. 2).

Таблица 1

Требования к межкалибровочным интервалам для аппаратуры
индукционного каротажа

Нормативно-технический документ	Регламентируемый межкалибровочный интервал, мес
МИ 41-17-1379-87 [3]	12
МИ 41-17-1403-06 [4]	3
ОСТ 41-06-165-81 [5]	12
СТО ЕАГО 027-01 [6]	6

Таблица 2

Регламентируемые межкалибровочные интервалы средств
измерений для различных методов ГИС

Метод (модификация) ГИС	Регламентируемый межкалибровочный интервал, мес
БК (боковой каротаж)	3
ГГК-ЛП (литоплотностной гамма-гамма-каротаж)	3
НК (нейтронный каротаж)	3
СГК (спектрометрический гамма-каротаж)	3
СНГК (спектрометрический нейтронный гамма-каротаж)	3
Плотностеметрия	3
БКЗ (боковое каротажное зондирование)	От 3 до 12
МК (микрокаротаж), БМК (боковой микрокаротаж) и МЗ (микрозондирование)	От 3 до 12
ГГК (плотностной гамма-гамма-каротаж)	От 3 до 12
ГК (гамма-каротаж)	От 3 до 12
ИК (индукционный каротаж)	От 3 до 12
Рез. (резистивиметрия)	6
Расходомерия	6
АК (акустический каротаж)	От 6 до 12
Т (термометрия)	От 6 до 12
Кавернометрия и профилометрия (ДС)	12
Инкл. (инклинометрия)	12

Необоснованность межкалибровочных интервалов приводит, с одной стороны, к неоправданно частой калибровке средств измерений (как следствие – экономические и временные потери, износ скважинной аппаратуры), с другой стороны, несвоевременная калибровка – причина выпуска средств измерений с недопустимо низкими показателями точности.

Уточнение межкалибровочных интервалов в процессе эксплуатации средства измерений рекомендуется производить на основе статистической обработки данных, накопленных при калибровке средств измерений при их эксплуатации [7].

Основанием для уменьшения межкалибровочного интервала чаще всего является выявленный тренд в закономерном возрастании погрешности средства измерений от калибровки к калибровке или близость (равенство) полученных при калибровке и допускаемых (нормируемых) погрешностей. Для увеличения межкалибровочного интервала может оказаться достаточным устойчивый “запас” по фактическим погрешностям, получаемым при нескольких калибровках, по сравнению с допускаемыми.

При высокой культуре технического и метрологического обслуживания скважинной аппаратуры на геофизическом предприятии (имеются в виду, в первую очередь, соблюдение периодичности калибровок и ведение баз данных по выполненным калибровкам) не сложно сформировать массив статистических данных по калибровкам, на основе которого можно уточнять межкалибровочные интервалы.

В качестве примера в табл. 3 приведены результаты 10 калибровок конкретного экземпляра аппаратуры 2ГГК-К-76-150/80-03 с допускаемой погрешностью измерения плотности $\pm 0,03 \text{ г/см}^3$, выполненных в течение трех лет на одних и тех же метрологических образцах плотности МОБ-1, МОБ-2 и МОБ-3, при этом калибровки выполнялись примерно один раз в квартал, как это регламентировано эксплуатационной документацией на аппаратуру.

На рис. 1 данные из табл. 3 представлены в виде графиков для визуального установления наличия тренда погрешностей от калибровки к калибровке. Для рассмотренного в табл. 3 конкретного экземпляра аппаратуры 2ГГК-К-73-120/80-02 очевидно отсутствие какого-либо тренда погрешностей, и одновременно с этим выполняется условие “прочного” запаса по погрешностям: практически все погрешности аппаратуры не превышают 50% от допускаемой.

Таблица 3

Результаты калибровки аппаратуры 2ГГК-К-76-150/80-03

Дата калибровки	МОБ-1 (2,59 г/см ³)		МОБ-2 (2,74 г/см ³)		МОБ-3 (2,14 г/см ³)	
	Измеренная плотность, г/см ³	Поправка к измеренным значениям, г/см ³	Измеренная плотность, г/см ³	Поправка к измеренным значениям, г/см ³	Измеренная плотность, г/см ³	Поправка к измеренным значениям, г/см ³
2013.06.07	2,603	+0,013	2,730	−0,010	2,137	−0,003
2013.09.20	2,596	+0,006	2,736	−0,004	2,139	−0,001
2013.12.13	2,593	+0,003	2,737	−0,003	2,139	−0,001
2014.03.20	2,603	+0,013	2,730	−0,010	2,137	−0,003
2014.05.13	2,601	+0,011	2,731	−0,009	2,138	−0,002
2014.08.12	2,597	+0,007	2,735	−0,005	2,138	−0,002
2014.12.01	2,582	−0,008	2,746	+0,006	2,142	+0,002
2015.03.05	2,600	+0,010	2,732	−0,008	2,138	−0,002
2015.09.14	2,606	+0,016	2,727	−0,013	2,137	−0,003
2015.12.22	2,599	+0,009	2,733	−0,007	2,138	−0,002

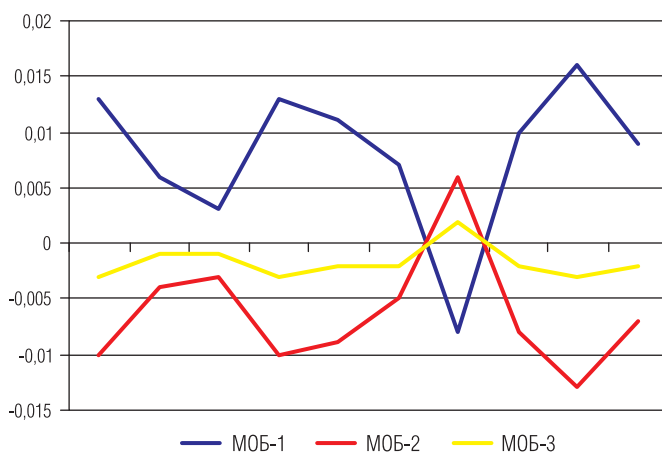


Рис. 1. Изменения поправок к измеренным значениям аппаратуры 2ГГК-К-76-150/80-03 от калибровки к калибровке

Это может служить основанием для увеличения межкалибровочного интервала и допускает проведение калибровки не каждые три месяца, а, например, один раз в полгода, при этом неперенным условием должно быть наблюдение за характером изменения погрешностей аппаратуры от калибровки к калибровке и построение графиков, подобных приведенным на рис. 1. Сформулированные при этом рекомендации должны относиться только к конкретному экземпляру аппаратуры (заводскому номеру), без распространения их на другие экземпляры аппаратуры.

В табл. 4 приведены результаты 14 калибровок конкретного экземпляра аппаратуры 2ГГК-К-76-175/130-02 с допускаемой погрешностью измерения плотности $\pm 0,03 \text{ г/см}^3$, выполненных в течение четырех лет на метрологических образцах плотности МОБ-2 и МОБ-3, а на рис. 2 эти данные представлены в виде графиков.

Таблица 4

Результаты калибровки аппаратуры 2ГГК-К-76-175/130-02

Дата калибровки	МОБ-2 (2,74 г/см ³)		МОБ-3 (2,14 г/см ³)	
	Измеренная плотность, г/см ³	Поправка к измеренным значениям, г/см ³	Измеренная плотность, г/см ³	Поправка к измеренным значениям, г/см ³
2013.01.16	2,73	−0,01	2,11	−0,03
2013.04.16	2,74	0,00	2,12	−0,02
2013.07.23	2,71	−0,03	2,13	−0,01
2013.10.29	2,73	−0,01	2,13	−0,01
2014.02.24	2,71	−0,03	2,16	+0,02
2014.05.22	2,75	+0,01	2,14	0,00
2014.08.12	2,71	−0,03	2,12	−0,02
2014.09.30	2,74	0,00	2,12	−0,02
2014.12.24	2,72	−0,02	2,15	+0,01
2015.03.18	2,73	−0,01	2,14	0,00
2015.04.29	2,73	−0,01	2,15	+0,01
2015.07.23	2,71	−0,03	2,15	+0,01
2015.10.26	2,72	−0,02	2,13	−0,01
2016.02.04	2,71	−0,03	2,13	−0,01

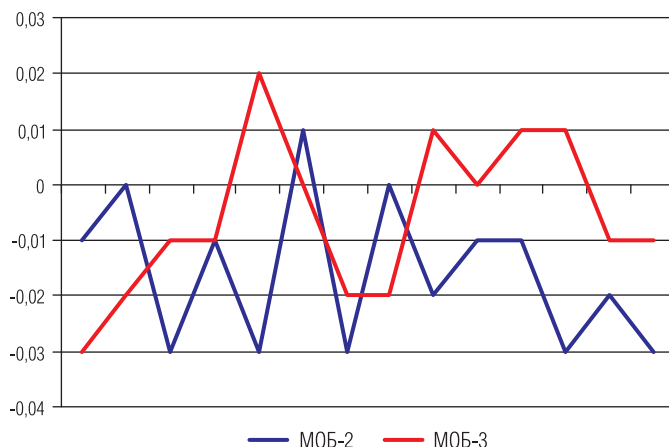


Рис. 2. Изменения поправок к измеренным значениям аппаратуры 2ГГК-К-76-175/130-02 от калибровки к калибровке

В данном случае, несмотря на отсутствие тренда к возрастанию погрешностей аппаратуры от калибровки к калибровке, неприемлемы часто появляющиеся погрешности, равные допускаемым, что обуславливает целесообразность уменьшения межкалибровочного интервала, возможно, до одного месяца вместо нормативных трех.

Таким образом, при наличии статистических данных о поведении погрешности конкретного экземпляра средства измерений в течение достаточного времени, полученных при его калибровке, появляется возможность уточнения его межкалибровочного интервала или его установления, если таковой не регламентирован в нормативной или эксплуатационной документации. Применение такой процедуры не требует согласования с производителем средства измерения, так как нормативными актами Государственной системы обеспечения единства измерений предусмотрено, что ответственность за возможные риски полностью лежит на организации, эксплуатирующей средства измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артемов Б. Г., Голубев С. М.* Справочное пособие для работников метрологических служб. В 2 кн. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во стандартов, 1990.

2. МИ 41-17-1379-87. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Аппаратура индукционного каротажа АИК-5. Методика поверки.
3. МИ 41-17-1403-06. Методическое руководство по проведению индукционного каротажа аппаратурой 4ИК и первичной обработке данных.
4. ОСТ 41-06-165-81. Аппаратура измерительная индукционного каротажа. Методы и средства поверки.
5. СТ ЕАГО 027-01. Геофизическая аппаратура и оборудование. Аппаратура индукционного каротажа. Параметры, характеристики, требования. Методы контроля и испытаний.
6. РМГ 74-2004. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений.
7. РД 153-39.0-072-01. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. Минэнерго России, 2001.

Рецензент доктор техн. наук В. М. Лобанков