

УДК 550.8.088

Д. В. Белоконь, Н. Г. Козыряцкий
ООО «Нефтегазгеофизика»

МИНИМИЗАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ КАЛИБРОВКИ ПРОФИЛЕМЕРОВ

Рассмотрены методика и устройство калибровки скважинных профиломеров (радиусомеров) по радиусу, позволяющие минимизировать или исключить погрешности, свойственные традиционным методикам калибровки профиломеров.

Ключевые слова: скважинные профиломеры (радиусомеры), каверномеры, калибровка, погрешности.

Профиломеры берут начало своего развития от каверномеров, которые выпускались с двумя, а затем с четырьмя рычагами. В обоих случаях диаметрально противоположные рычаги каверномера были связаны механическим или электронным способами. Методика калибровки каверномеров и система передачи единицы длины от эталонов рабочим средствам измерения диаметра скважины регламентируются [2, 5]. В настоящее время в Международной Ассоциации «АИС» ведется разработка проекта стандарта организации [6], который должен заменить документ [5] в силу необходимости регламентации более жестких требований к качеству калибровки каверномеров и профиломеров.

Традиционные калибровочные устройства для каверномеров выпускались исходя из требований калибровки их по диаметру, в условиях обустроенных баз геофизических предприятий, и на заводах-изготовителях. Для калибровки применялась установка УПК-1 [7], но намного чаще (а в полевых условиях всегда) применялись кольца, или так называемые приспособления типа «елочка» (иногда называемые «гребенка»), разработанные в свое время Киевским ОКБ геофизического приборостроения. Приспособление типа «елочка» (рис. 1) представляет собой корпус 3, на котором установлены штанги 2 с упорами 1, на которые нанесены размеры измеряемых радиусов. Приспособление надевается на корпус, а контролируемая пара рычагов помещается под упоры.

В 1995–2000 гг. ООО «Нефтегазгеофизика» начало интенсивно пропагандировать внедрение четырехрычажных профиломеров с

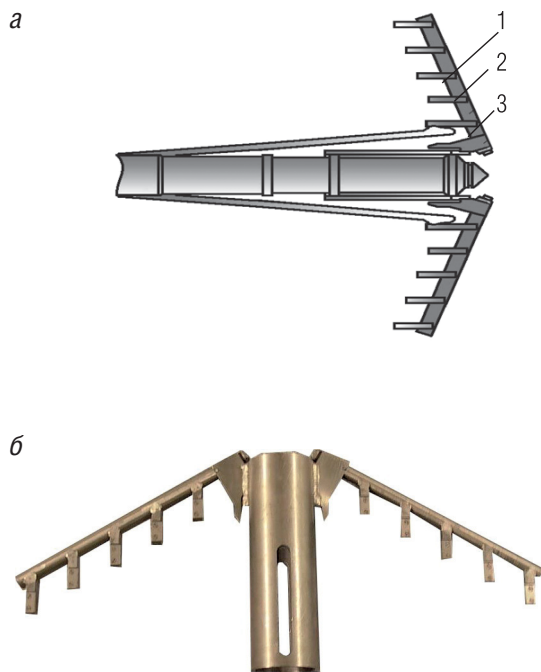


Рис. 1. Калибровочное устройство типа «елочка» («гребенка»): а – схематическое изображение (1 – упоры, 2 – штанги, 3 – корпус); б – фотография

независимыми рычагами. При этом в качестве калибровочного устройства по-прежнему применялось приспособление типа «елочка». Принципиальной особенностью калибровки четырехрычажных профиломеров является то, что они должны калиброваться по радиусу от поверхности скважинного прибора профиломера, в то время как рычаги у калибруемого каверномера (другими словами, диаметромера) при калибровке могут занимать произвольное положение относительно оси скважинного прибора, смещаясь в ту или в другую сторону, при этом измеряемый диаметр остается неизменным, в то время как радиусы меняются. Существует ошибочное мнение, что погрешность задания радиуса будет в два раза меньше погрешности по диаметру, задаваемому калибровочным устройством. В действительности все не так однозначно. Например, один из воспроизводимых калибровочным приспособлением радиус может иметь значение 150 мм,

а второй – 150,4 мм, при этом воспроизводимый диаметр – 300,4 мм, но возможна более неблагоприятная ситуация: при воспроизводимом диаметре 300,4 мм один из воспроизводимых радиусов может быть равен 148 мм, а второй – 152,4 мм. Для калибровки профилемеров по радиусам такая ситуация совершенно неприемлема.

В соответствии с [4] допускаемая погрешность профилемеров при измерении радиусов в диапазоне от 25 до 400 мм не должна превышать ± 2 мм. Это значит, что калибровочное устройство должно воспроизводить значение радиуса с погрешностью, не превышающей $\pm 0,67$ мм (из условия допустимого соотношения погрешностей эталона и рабочего средства измерения, не превышающего 1 : 3). Обеспечить такое значение погрешности воспроизведения радиусов традиционными калибровочными устройствами для калибровки каверномеров в настоящее время невозможно.

Проанализируем один из основных источников погрешностей калибровочного устройства типа «елочка» («гребенка») – перекося опорной трубы «елочки» и охранный кожух калибруемого профилемера.

Диаметры охранных кожухов скважинных приборов профилемеров, изготовленных из нагартованных нержавеющей труб, колеблются от 75,5 до 76,5 мм (для номинального диаметра 76 мм). Опорная труба «елочки», чтобы ее можно было надеть на охранный кожух, должна иметь внутренний диаметр не менее 77 мм. Отсюда погрешность задания радиуса за счет люфта в предельном случае может составить $\pm 1,5$ мм, что недопустимо. Уменьшение люфта за счет уменьшения диаметра опорной трубы приводит к потере универсальности калибровочного устройства – конкретное калибровочное устройство оказывается «привязанным» к конкретному профилемеру. Минимизировать указанную погрешность можно, обеспечив осесимметричное расположение опорной трубы «елочки» и охранный кожух. Для этого в задней части «елочки» можно установить цанговый зажим. Погрешности при этом уменьшаются, но до конца проблема не решается, так как остается перекося дальнего конца опорной трубы по отношению к охранный кожуху относительно точки установки цангового зажима: при перекося $\pm 1,5$ мм на длине опорной трубы 360 мм угол перекося составляет $0,24^\circ$. Расчетные значения погрешностей воспроизведения радиусов, возникающих из-за перекося опорной трубы, приведены в таблице.

Таблица

Расчетные значения погрешностей калибровочного устройства
«елочка» из-за перекоса опорной трубы, мм

Параметры	Величины					
Задаваемый радиус	100	150	200	250	300	350
Погрешность за счет перекоса	$\pm 0,27$	0,39	0,52	0,64	0,75	0,87
Допускаемая погрешность изготовления	$\pm 0,40$	0,40	0,50	0,50	0,80	0,80
Суммарная погрешность	$\pm 0,67$	0,79	1,02	1,14	1,55	1,67
Допустимая погрешность воспроизведения радиуса	$\pm 0,67$					

Как следует из таблицы, при воспроизведении радиусов свыше 100 мм калибровочное устройство типа «елочка» с одним цанговым зажимом не удовлетворяет требованиям по показателям точности.

Избежать перекосов опорной трубы можно было бы, установив цанговые зажимы с двух сторон, но этого сделать нельзя, так как закроется вырез для перемещения рычага профилемера при калибровке. Кроме того, вручную гайку цанги затянуть трудно, пришлось бы пользоваться специальным ключом, что увеличило бы время калибровки и создало определенные неудобства.

Выходом из описанной неблагоприятной ситуации является переход на калибровочное устройство, в котором наружная поверхность охранного кожуха скважинного прибора и внутренняя поверхность калибровочного устройства соприкасаются по всей длине. В этом случае калибровочное устройство может иметь два исполнения:

1) опорная труба калибровочного устройства выполняется из двух половинок, разрезанных с определенным зазором и обжимаемых вокруг охранного кожуха скважинного прибора;

2) в качестве опорной трубы используется только половина трубы, прижимаемая к поверхности охранного кожуха калибруемого профилемера.

Возникающие погрешности для обоих исполнений одинаковые, но вариант с одной половиной трубы более предпочтителен как для конструктивного исполнения, так и с точки зрения удобства работы оператора, который может один проводить калибровку, в то время как при использовании традиционной «елочки» должны работать

два человека: один удерживает два рычага профиломера, а второй перемещает «елочку».

На рис. 2 представлено разработанное и выпускаемое в ООО «Нефтегазгеофизика» калибровочное устройство УКПО для скважинных профиломеров, позволяющее осуществлять калибровку профиломеров по радиусу отдельно для каждого независимого рычага [1, 3].

Калибровочное устройство УКПО представляет собой опорную трубу, на которой установлена штанга с упорами, для каждого из которых указан размер воспроизводимого радиуса. Устройство прижимается к охранному кожуху калибруемого профиломера, а рычаги поочередно устанавливаются под упоры для калибровки или градуировки.

Проанализируем погрешности, свойственные калибровочному устройству УКПО.

1. Погрешности, вызванные различиями в диаметрах охранных кожухов скважинных приборов профиломеров

Калибровочное устройство УКПО изготавливается с внутренним диаметром опоры, равным 77,0 мм. Диаметр охранных кожухов скважинного прибора калибруемого профиломера может изменяться от 75,5 до 76,5 мм. Значения задаваемых радиусов при калибровке рассчитываются в предположении, что диаметр охранных кожухов равен 76 мм. В этом случае погрешность задания радиусов может меняться в пределах $\pm 0,25$ мм. Учитывая, что внутренняя поверхность опоры калибровочного устройства и наружная поверхность охранных кожухов плотно прилегают друг к другу, эта погрешность может быть уменьшена измерением фактического диаметра охранных кожухов и введением соответствующей поправки в результаты измерений профиломера.

2. Погрешность от установки опорной трубы калибровочного устройства на паз шириной 25 мм, прорезанный в охранных кожухе под измерительные рычаги

Эта погрешность при изменении диаметра охранных кожухов от 75,5 до 76,5 мм и внутреннем диаметре опоры калибровочного устройства 77,0 мм находится в диапазоне от $\pm 0,014$ мм (диаметр охранных кожухов 76,5 мм) до $\pm 0,044$ мм (диаметр охранных кожухов 75,5 мм).

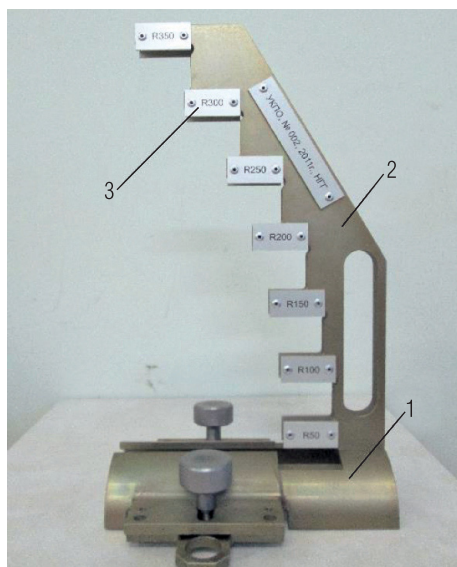


Рис. 2. Калибровочное устройство однонаправленное:
1 – опорная труба; 2 – штанга; 3 – упоры под рычаг профилемера

3. Погрешность от изменения толщины опорной разрезной трубы

Толщина опорной разрезной трубы, на которой устанавливается штанга с упорами, непосредственно влияет на устанавливаемый радиус. Для того чтобы не учитывать ее толщину, установку калиброванных значений расположения площадок для рычагов надо производить от внутренней поверхности опорной разрезной трубы и к ней приплюсовывать 38 мм (радиус прибора).

На практике, при изготовлении калибровочного устройства на экспериментальном производстве предпочтительно иметь приспособление с базовой трубой, максимально близко подогнанной под диаметр 76 мм. На ней надо закрепить калибровочное устройство и измерить все размеры задаваемых радиусов. Для упрощения работы могут быть изготовлены соответствующие калибры.

Погрешности расположения всех площадок для упора рычагов профилемера относительно внутренней поверхности базовой тру-

бы (полутрубы) не должны превышать значения $\pm 0,37$ мм исходя из допустимой погрешности воспроизведения радиуса $\pm 0,67$ мм, а погрешность от изменения диаметра корпуса и прорези в корпусе прибора $\pm 0,29$ мм. Это достаточно высокая точность изготовления.

Можно добиваться этой точности, а можно пойти и другим путем – определять фактические значения положения площадок для упора рычагов и вводить эти значения в протокол калибровки.

Расчеты и экспериментальные исследования при метрологической аттестации устройства УКПО показывают, что при его применении погрешности калибровки профилемеров не превышают допускаемой погрешности воспроизведения радиуса $\pm 0,67$ мм.

Следует заметить, что затраты производства на изготовление однонаправленного калибровочного устройства по сравнению с традиционной «гребенкой» уменьшаются в три раза. Доказательность точности устанавливаемых значений повышается, зрительно становится «очевидной» для заказчика и легко проверяемой.

Для узаконивания описанной методики калибровки очевидно следует при пересмотре поверочной схемы для скважинных каверномеров и профилемеров предусмотреть отдельную цепь передачи единицы длины от эталонов профилемерам не только по диаметру, но и отдельно по радиусу.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГИЦН 6.894.017. Устройство калибровочное однонаправленное УКПО. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
2. Отраслевой стандарт ОСТ 41-06-170-81. Аппаратура для кавернометрии и профилометрии скважин. Методы и средства поверки.
3. РД 153-39.0-072-01. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ на кабеле в нефтяных и газовых скважинах.
4. Патент Российской Федерации № 2 498 212 от 29.05.2012. Способ калибровки рычажных профилемеров и устройство для его осуществления.
5. Руководящий документ стандартизации РДС 39-01-035-80. Ведомственная поверочная схема для скважинных каверномеров и профилемеров.
6. Стандарт организации СТО АИС 8.010.03–2018. Поверочная схема для скважинных средств измерений диаметра и параметров профиля поперечного сечения скважины и обсадных колонн (проект).
7. ТУ 39-09-076-71. Установка поверочная для скважинных каверномеров и профилемеров УПК-1. Технические условия.

Рецензент доктор техн. наук В. М. Лобанков