

СОГЛАСОВАНО

Директор филиала

ООО «Технологическая компания

Шлюмберже» г.Томск



И.В. Терёхин

2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель

генерального директора

ФБУ «УРАЛТЕСТ» по метрологии,

руководитель службы по обеспечению

единства измерений ФБУ «УРАЛТЕСТ»



Ю.М. Суханов

2020 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Модули инклинометрии МИ-501 и МД-402**

**Методика поверки**

**МП 4303-006-2020**

г. Екатеринбург

2020

## Область применения

Настоящая методика поверки распространяется на модули инклинометрии МИ-501 и МД-402 (далее по тексту – инклинометры) и устанавливает порядок их первичной и периодической поверок в соответствии с Приказом Минпромторга РФ от 02.07.2015 г. №1815.

Инклинометры предназначены для измерений зенитных и азимутальных углов ствола горизонтальной или наклонно-направленной скважины и углов установки отклонителя при работе в составе систем телеметрических буровых в процессе бурения.

Интервал между поверками - 1 год.

## 1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки инклинометров выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки инклинометров

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	+	+
Опробование	7.2	+	+
Идентификация программного обеспечения	7.3	+	+
Определение метрологических характеристик:	7.4		
Определение абсолютной погрешности измерений зенитных углов	7.4.1	+	+
Определение абсолютной погрешности измерений азимутальных углов: - при значении зенитных углов от 1° до 3° включ.; - при значении зенитных углов св. 3° до 6° включ.; - при значении зенитных углов св. 6° до 120° включ.	7.4.2	+	+
Определение абсолютной погрешности измерений углов установки отклонителя: - для показаний MTF при зенитных углах от 0 до 5° включ.; - для показаний GTF при зенитных углах св. 5° до 120° включ.	7.4.3	+	+

1.2 Первичной поверке подлежит каждый экземпляр инклинометров.

1.3 В соответствии с требованиями Приказа Минпромторга РФ от 02.07.2015 г. №1815 не допускается проводить поверку отдельных измерительных каналов и отдельных автономных блоков из состава модулей инклинометрии МИ-501 и МД-402.

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование эталонов и их основные метрологические и технические характеристики
7.1	Эталон не применяются
7.2	Эталон не применяются
7.3	Эталон не применяются
7.4.1	Теодолит электронный цифровой 56-DGT10 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 39621-08); Квадрант оптический малогабаритный КО-10 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 1947-75)
7.4.2	Теодолит электронный цифровой 56-DGT10 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 39621-08); Квадрант оптический малогабаритный КО-10 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 1947-75)
7.4.3	Теодолит электронный цифровой 56-DGT10 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 39621-08); Квадрант оптический малогабаритный КО-10 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 1947-75)

2.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

2.3 Средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие документы о поверке.

2.4 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы в качестве эталонов в соответствии с требованиями нормативных документов.

2.5 В случае отрицательного результата при проведении одной из операций, поверку прекращают и инклинометр признают не прошедшим поверку.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику, эксплуатационные и технические документы на инклинометры, имеющие необходимую квалификацию и аттестованные в качестве поверителей.

### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать следующие правила и выполнять требования:

- ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности (с Изменением N 1);
- осуществлять защитное заземление всех металлических корпусов оборудования и приборов, используемых во время поверки, медным изолированным проводом сечением не менее 1,5 мм<sup>2</sup>;
- соблюдать требования безопасности, приведённые в руководстве по эксплуатации системы инклинометрической буровой СИБ и документации на используемое при поверке оборудование.

### 5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха .....от 17 до 30 °С;
- относительная влажность воздуха, не более ..... 80 %;
- атмосферное давление .....от 85,0 до 105,7 кПа.

## 6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Проверить наличие действующих документов о поверке (калибровке) на средства измерений и эталоны, применяемые при поверке.

6.2 Перед проведением поверки инклинометров, средства поверки должны быть выдержаны на рабочих местах не менее 1 ч.

- подготовить средства поверки к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них;

- подготовить поверяемый инклинометр, в соответствии с руководством по эксплуатации системы инклинометрической буровой СИБ.

## 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 7.1 Внешний осмотр

Визуально убедиться в комплектности инклинометров. В комплект поставки обязательно должны быть включены паспорт, руководство по эксплуатации на поставляемый тип инклинометра. Комплект поставки должен соответствовать перечню, указанному в паспорте на поставляемый модуль инклинометрии.

Визуально убедиться в наличии маркировки на корпусе инклинометров. Маркировка должна содержать следующую информацию:

- обозначение типа модуля;

- заводской номер предприятия изготовителя или его товарный знак;

- отсутствие механических повреждений таких как вмятины и забоины, создающие препятствия к эксплуатации инклинометра.

На эксплуатационную документацию должно быть нанесено:

- товарный знак предприятия изготовителя;

- дата выпуска (месяц, год);

- знак утверждения типа.

Визуально убедиться в отсутствие механических повреждений таких как вмятины и забоины, создающие препятствия к эксплуатации инклинометра.

### 7.2 Опробование

Опробование заключается в проверке ПО и работоспособности инклинометров.

При определении метрологических характеристик инклинометров в соответствии с условиями данной методики поверки в качестве компаратора используют трехосевой позиционирующий столик DITS-CA (далее по тексту – СКИ), СКИ – это точный механизм, предназначенный для позиционирования модулей в пространстве по азимутальному, зенитному и апсидальному углу и фиксации в заданном положении, который позволяет передавать значения величин углов от эталонов к инклинометрам.

Установить инклинометр на СКИ и подключить оборудование в соответствии с рисунком 1.

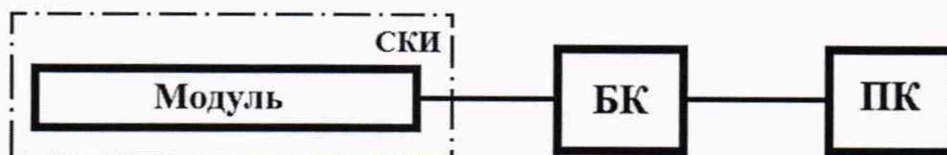


Рисунок 1 – Схема подключения инклинометров при проведении опробования

Включить и загрузить персональный компьютер (далее по тексту – ПК).

Запустить программное обеспечение (далее по тексту – ПО) RollTest, подключить его к порту ПК и открыть окно «Текущие данные» в соответствии с Руководством оператора по использованию программы RollTest ШКМБ 0.005.042 РО.

Включить блок контроля (далее по тексту – БК, БК предназначен для электропитания модулей инклинометрии при контроле его работоспособности и метрологических характеристик, а также для преобразования последовательного интерфейса связи инклинометров в интерфейс USB (или Ethernet) для связи с ПК) для подачи электропитания на инклинометр.

Опробование заключается в проверке работоспособности инклинометра. Проверяют возможность получения данных с модуля в ПО RollTest.

Изменить положение СКИ по азимутальному, зенитному и апсидальному углу и по показаниям инклинометрических параметров Зенит, Азимут, GTF и MTF в окне «Текущие данные» ПО RollTest проверить возможность получения с инклинометров данных:

- поворачивая СКИ по азимутальному углу, наблюдают за показаниями параметра Азимут изменение азимутального угла;

- поворачивая СКИ по зенитному углу, наблюдают по показаниям параметра Зенит изменение зенитного угла;

- поворачивая СКИ по апсидальному углу, наблюдают по показаниям параметра GTF и MTF- изменение угла установки отклонителя.

### 7.3 Идентификация программного обеспечения (далее по тексту – ПО)

#### 7.3.1 Проверка идентификационных данных автономного ПО RollTest

Проверка номера версии (идентификационного номера) ПО производится после запуска на персональном компьютере (далее по тексту – ПК) ПО RollTest.

Запустить в работу ПО RollTest. С заголовка появившегося главного окна ПО RollTest считать, а затем зафиксировать в протоколе идентификационные данные версии ПО RollTest.

Идентификационные данные ПО RollTest должны соответствовать данным указанным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные автономного ПО RollTest

Идентификационные данные	Значение
Идентификационное наименование ПО	RollTest
Номер версии ПО, не ниже	1.0.0.2

#### 7.3.2 Проверка идентификационных данных встроенного ПО

После запуска ПО RollTest на панели состояния, находящейся в самом низу главного окна программы ПО RollTest расположены два поля. В правом поле содержится информация о дате выпуска инклинометра, серийного номера и версии внутренней прошивки (информация о версии встроенного ПО инклинометра).

Идентификационные данные встроенного ПО должны соответствовать данным указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные встроенного ПО инклинометров

Идентификационные данные ПО	Значение	
	МИ-501	МД-402
Идентификационное наименование ПО	MI SIB3	MS2 1
Номер версии ПО, не ниже	405 014	4 14 6

7.3.3 Результаты проверки ПО считают положительными, если установлено полное соответствие идентификационных данных ПО.

#### 7.4 Определение метрологических характеристик

Метрологические характеристики инклинометров должны соответствовать требованиям, представленным в таблице 5.

Таблица 5 – Метрологические характеристики инклинометров

Наименование характеристики	Значение	
	МИ-501	МД-402
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений зенитных углов, °	±0,15	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений азимутальных углов, °: - при значении зенитных углов от 1° до 3° включ.; - при значении зенитных углов св. 3° до 6° включ.; - при значении зенитных углов св. 6° до 120° включ.	±4,0	±2,5 ±1,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов установки отклонителя, °: - для показаний MTF при зенитных углах от 0 до 5° включ.; - для показаний GTF при зенитных углах св. 5° до 120° включ.	±3,0	
Диапазон измерений зенитных углов, °	от 0 до 120	
Диапазон измерений азимутальных углов, °	от 0 до 360	
Диапазон измерений углов установки отклонителя, °	от 0 до 360	

#### 7.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений зенитных углов

Установить на СКИ приспособление для установки теодолита и квадранта. Установить квадрант на приспособление, закрепить квадрант винтами.

Установить инклинометр в установку СКИ.

Выставить СКИ в положение, соответствующее значению зенитного угла 0°, проконтролировав положение оптическим квадрантом.

Последовательно на СКИ с помощью квадранта установить зенитные углы 1, 3, 6, 120° –  $Z_i$ , подходя к задаваемому значению углов со стороны меньших углов (прямой ход). Зафиксировать с экрана монитора в главном окне программы ПО RollTest показания зенитных углов инклинометра  $z_{пi}$ , где  $i$  – значение установки зенитного угла, п – обозначение прямого хода, об – обозначение обратного хода. На каждой установке зенитного угла зафиксировать по одному измерению.

В аналогичном порядке повторить измерения для обратного хода, подходя к задаваемому значению углов со стороны больших углов. Зафиксировать с экрана монитора в главном окне программы ПО RollTest показания зенитных углов инклинометра  $z_{обi}^j$  (об – обозначение обратного хода).

Для каждой установки СКИ вычислить измеренное значение зенитного угла по формуле 1

$$z_i = \frac{z_{пi} + z_{обi}}{2} \quad (1)$$

где  $z_{пi}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны меньших значений углов, °;

$z_{обi}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны больших значений углов, °;

$i$  – значение установки угла отклонителя.

Для каждой установки СКИ вычислить абсолютную погрешность измерения зенитного угла по формуле 2

$$\Delta_{z_i} = Z_i - z_i \quad (2)$$

где  $z_i$  – значение зенитного угла, определенное по формуле (1);

$Z_i$  – действительное значение угла установки отклонителя, установленное по оптическому квадранту, ...°.

Полученное значение  $\Delta_{z_i}$  округлить до сотых долей градусов.

Значение абсолютной погрешности измерений зенитного угла должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

#### 7.4.2 Определение абсолютной погрешности измерений азимутальных углов

Установить на СКИ приспособление для установки теодолита и квадранта.

Установить квадрант. Выставить СКИ в положение, соответствующее значению зенитного угла  $90^\circ$  проконтролировав положение оптическим квадрантом, зафиксировать СКИ.

Плавнo, со стороны меньших углов, повернуть по азимутальной оси СКИ, таким образом, чтобы параметр Азимут с окна «Текущие данные» ПО RollTest был равен  $0^\circ$ .

Снять квадрант. Установить теодолит на приспособление на СКИ. Навести теодолит на метку. Обнулить показания теодолита в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации на теодолит.

Снять теодолит. Установить Квадрант. Выставить СКИ в положение зенитного угла  $1^\circ$ , проконтролировав положение оптическим квадрантом, и застопорить. Снять теодолит, снять квадрант, записать значения параметра Азимут с окна «Текущие данные» ПО RollTest.

Аналогично, поворачивая СКИ в сторону увеличения азимутальных углов по шкале теодолита на 90, 180, 270, значение ( $A_i$ ), плавно подходя к значению со стороны меньших углов, и устанавливая зенитный угол  $1^\circ$  по квадранту, фиксировать с экрана монитора в главном окне программы ПО RollTest показания азимутальных углов инклинометра  $a_{\pi i}$ , где  $i$  – значение установки зенитного угла,  $\pi$  – обозначение прямого хода, об – обозначение для обратного хода, подходя к задаваемому значению азимутального угла со стороны больших углов. На каждой установке азимутального угла зафиксировать по одному измерению.

Провести аналогичные измерения для зенитных углов  $3^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $120^\circ$  (ряд измерений).

В каждом ряде измерений для каждой установки СКИ вычислить измеренное значение азимутального угла по формуле 3

$$a_i = \frac{a_{\pi i} + a_{об i}}{2}, \quad (3)$$

где  $a_{\pi i}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны меньших значений углов,  $^\circ$ ;

$a_{об i}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны больших значений углов,  $^\circ$ ;

$i$  – значение установки угла отклонителя.

В каждом ряде измерений для каждой установки СКИ вычислить абсолютную погрешность измерения азимутального угла по формуле 4

$$\Delta_{a_i} = A_i - a_i. \quad (4)$$

где  $a_i$  – значение азимутального угла, определенное по формуле (3);

$A_i$  – действительное значение угла установки отклонителя, установленное по оптическому квадранту,  $^\circ$ .

Полученное значение  $\Delta_{a_i}$  округлить до сотых долей градусов.

Значение абсолютной погрешности измерений азимутального угла должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

#### 7.4.3 Определение абсолютной погрешности измерений углов установки отклонителя

7.4.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений углов установки отклонителя по показаниям параметра GTF

Определение абсолютных погрешностей измерения углов установки отклонителя измеренных с использованием акселерометров.

Выставить СКИ в положение, соответствующее значению зенитного угла  $5^\circ$ , проконтролировав положение оптическим квадрантом.

Выставить СКИ, поворачивая модуль вокруг его продольной оси до нулевого показания GTF в окне «Текущие данные» в ПО RollTest.

Поворачивать модуль вокруг продольной оси по часовой стрелке. Устанавливать его через каждые  $90^\circ$  в диапазоне углов от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . Плавно подойти к измеряемому углу со стороны меньших значений.

Снять показания параметров GTF (угол установки отклонителя измеренный с использованием акселерометров) с окна «Текущие данные» ПО RollTest, инклинометра  $g_{пi}$ , где  $i$  – значение установки зенитного угла, п – обозначение прямого хода, об – обозначение для обратного хода. На каждой установке измеряемого угла провести по одному измерению

Повторить измерения согласно предыдущему пункту, плавно подойдя к измеряемому углу со стороны больших значений, снять отсчёты параметров GTF с окна «Текущие данные» ПО RollTest.

Вычислить для каждого заданного угла установки отклонителя значение угла установки отклонителя по формуле 5

$$g_i = \frac{g_{пi} + g_{обi}}{2}, \quad (5)$$

где  $g_{пi}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны меньших значений углов, °;

$g_{обi}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны больших значений углов, °;

$i$  – значение установки угла отклонителя.

Для каждого заданного значения угла установки отклонителя вычисляют абсолютную погрешность измерений угла установки отклонителя с помощью акселерометров по формуле 6

$$\Delta_{g_i} = G_i - g_i, \quad (6)$$

где  $g_i$  – значение угла установки отклонителя, определённое по формуле (5);

$G_i$  – действительное значение угла установки отклонителя, установленное по оптическому квадранту, °.

Повторить измерения для значения зенитных углов 60 и 120°.

Полученное значение  $\Delta_{g_i}$  округлить до сотых долей градусов.

Значение абсолютной погрешности измерений углов установки отклонителя по показаниям параметра GTF должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

7.4.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений углов установки отклонителя по показаниям параметра MTF (при использовании магнитометров)

Определение основных абсолютных погрешностей измерения углов установки отклонителя измеренных с использованием магнитометров.

Выставить СКИ в положение, соответствующее значению зенитного угла 0°, проконтролировав положение оптическим квадрантом.

Выставить СКИ, поворачивая инклинометр вокруг его продольной оси до нулевого показания GTF в окне «Текущие данные» в ПО RollTest.

Поворачивать инклинометр вокруг продольной оси по часовой стрелке. Устанавливать его через каждые 45° в диапазоне углов от 0° до 360°. Плавно подойти к измеряемому углу со стороны меньших значений.

Снять показания параметров MTF (угол установки отклонителя измеренный с использованием акселерометров) с окна «Текущие данные» ПО RollTest, инклинометра  $m_{пi}$ , где  $i$  – значение установки зенитного угла, п – обозначение прямого хода, об – обозначение для обратного хода. На каждой установке измеряемого угла провести по одному измерению.

Повторить измерения согласно предыдущему пункту, плавно подойдя к измеряемому углу со стороны больших значений, снять отсчёты параметров MTF с окна «Текущие данные» ПО RollTest.

Вычислить для каждого заданного угла установки отклонителя значение угла установки отклонителя по формуле 7

$$m_i = \frac{m_{пi} + m_{обi}}{2}, \quad (7)$$

где  $m_{пi}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны меньших значений углов, °;

$m_{обi}$  – текущий отсчет показаний заданного значению угла при подходе к нему со стороны больших значений углов, °.

$i$  – значение установки угла отклонителя.



Для каждого заданного значения угла установки отклонителя вычисляют абсолютную погрешность измерений угла установки отклонителя с помощью акселерометров по формуле 8

$$\Delta_{m_i} = M_i - m_i, \quad (8)$$

где  $m_i$  – значение угла установки отклонителя, определённое по формуле (7);

$M_i$  – действительное значение угла установки отклонителя, установленное по оптическому квадранту, °.

Повторить измерения для значения зенитного угла 5°.

Полученное значение  $\Delta_{m_i}$  округлить до сотых долей градусов.

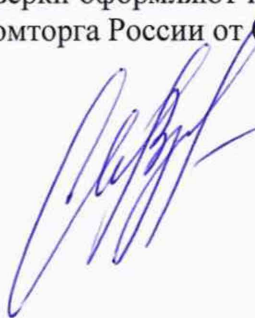
Значение абсолютной погрешности измерений углов установки отклонителя по показаниям параметра MTF должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815.

8.2 При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности к применению в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815.

Начальник отдела 4303 ФБУ "УРАЛТЕСТ"



В.В. Милорадов