

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ГЦИ СИ ФБУ
«ГНМЦ Минобороны России»



В.В. Швыдун

02 **2013 г.**

Инструкция

Системы измерительные
для стендовых испытаний узлов и агрегатов вертолетов
СИСТ-33

Методика поверки СТ03-013.01 МП

2013 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Введение	3
2 Операции поверки	3
3 Средства поверки	4
4 Требования безопасности.....	5
5 Условия поверки.....	5
6 Подготовка к поверке	5
7 Проведение поверки	5
8 Обработка результатов измерений	15
9 Оформление результатов поверки	16
Приложение А - Функциональные схемы поверки измерительных каналов.....	17
Приложение Б - Обоснование выбора значений электрического сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения от 0 до 294,3 МПа (от 0 до 30 кгс/мм ²).....	19
Приложение В - Форма протокола поверки	20

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки (МП) устанавливает порядок проведения и оформления результатов поверки систем измерительных для стендовых испытаний узлов и агрегатов вертолетов СИСТ-33 (далее – система) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1

Таблица 1

Наименование операции	№ пункта методики поверки	Проведение операции	
		первичная поверка (после ремонта)	периодическая поверка
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1 Определение приведенной (к верхнему пределу (ВП)) погрешности измерений силы	7.3, 8.1, 8.2	да	да
3.2 Определение приведенной (к нормирующему значению (НЗ) 3,72 Ом) погрешности измерений электрического сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения	7.4, 8.1, 8.2	да	да
3.3 Определение абсолютной погрешности измерений угла	7.5, 8.1	да	да
3.4 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений частоты переменного тока	7.6 8.1, 8.2	да	да
3.5 Проверка контрольной суммы исполняемого кода (цифрового идентификатора программного обеспечения (ПО))	7.7	да	да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Средства поверки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.3	Калибратор промышленных процессов АКИП-7301: диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от 1 мкВ до 100 мВ, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока $\pm 0,03 \%$
	Образцовая силовоспроизводящая машина ОСМ-2-200 по ГОСТ Р 8.663-2009: диапазон воспроизведения силы от 1 до 2000 кН, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения силы $\pm 0,02 \%$
	Образцовая силовоспроизводящая машина ОСМ-2-5 по ГОСТ Р 8.663-2009: диапазон воспроизведения силы от 10 до 5000 кгс, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения силы $\pm 0,02 \%$
7.4	Магазин сопротивления Р4831: диапазон воспроизведения сопротивления постоянному току от 0,01 Ом до 10 кОм, кл. точности 0,02 (2 шт.)
7.5	Квадрант оптический КО-60М: диапазон измерений плоского угла от минус 120 до 120°; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плоского угла $\pm 30'' (\pm 0,0084^\circ)$
7.6	Генератор сигналов специальной формы ГСС-05: диапазон частот от 100 мГц до 5 МГц, дискретность установки частоты 1 мГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты (F) $\pm (5 \cdot 10^{-6} \cdot F + 1 \text{ мГц})$
<i>Вспомогательные средства поверки</i>	
5.1	Термогигрометр ИВА-6Н: диапазон измерений относительной влажности от 0 до 98 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности (при температуре 23 °С) $\pm 2\%$; диапазон измерений температуры от минус 20 до 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{С}$
5.1	Барометр-анероид метеорологический БАММ-1: диапазон измерений атмосферного давления от 600 до 795 мм рт. ст.; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 1,5 \text{ мм рт. ст.}$
<i>Вспомогательное оборудование</i>	
7.3	Кабель для поверки IU СТ1205.00.04.000
7.4	Кабель для поверки СТ020.00.05.000-05
7.5	Устройство градуировки ДУ СТ000.00.20.000
7.6	Кабель АЧХ СТ020.00.04.000-03

3.2 При проведении поверки допускается применять другие средства измерений, удовлетворяющие по точности и диапазону измерений требованиям настоящей МП.

3.3 При поверке должны использоваться средства измерений утвержденных типов.

3.4 Используемые при поверке рабочие эталоны должны быть поверены в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94 и иметь действующее свидетельство о поверке (знак поверки).

3.5 Рабочие эталоны должны быть внесены в рабочее помещение не менее чем за 12 часов до начала поверки.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд. 3), ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.2.091-94 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

4.2 Любые подключения приборов проводить только при отключенном напряжении питания системы.

ВНИМАНИЕ! На открытых контактах клеммных колодок систем напряжение опасное для жизни – 220 В.

4.3 К поверке допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации на системы, знающие принцип действия используемых средств измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке.

4.4 К поверке допускаются лица, освоившие работу с системами и используемыми эталонами, изучившие настоящую инструкцию, аттестованные в соответствии с ПР 50.2.012-94 и имеющие достаточную квалификацию.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С (К) от 15 до 25 (от 288 до 298);

относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %от 45 до 80;

атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа)от 730 до 785 (от 97,3 до 104,6);

напряжение питания однофазной сети переменного тока при частоте

(50 ± 1) Гц, В..... от 215,6 до 224,4.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 При подготовке к поверке система должна быть технически исправна. На ней должны быть выполнены все предусмотренные регламентные работы и сделаны соответствующие отметки в эксплуатационных документах.

6.2 Проверить наличие свидетельств о поверке датчиков силы. Срок действия указанных документов должен истекать не ранее 11 месяцев до даты окончания срока поверки системы.

6.3 Рабочее место, особенно при выполнении поверки непосредственно на месте технического обслуживания, должно обеспечивать возможность размещения необходимых средств поверки, удобство и безопасность работы с ними.

6.4 Проверить наличие свидетельств (знаков поверки) о поверке рабочих эталонов.

6.5 Подготовка к работе средств поверки (рабочих эталонов), перечисленных в таблице 2, производится в соответствии с Инструкциями и Руководствами по их эксплуатации.

6.6 Проверить целостность электрических цепей ИК. Включить питание системы.

6.7 Перед началом поверки измерить и занести в протокол поверки значения параметров условий окружающей среды (температура, влажность воздуха и атмосферное давление).

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений;
- исправность органов управления (четкость фиксации положения переключателей и кнопок);
- отсутствие нарушений экранировки линий связи;
- отсутствие обугливания изоляции на внешних токоведущих частях системы;

- отсутствие неудовлетворительного крепления разъемов;
- заземление электронных блоков системы;
- наличие товарного знака изготовителя, заводского номера системы и состояние лакокрасочного покрытия.

7.1.2 Результаты осмотра считать положительными, если выполняются вышеперечисленные требования. В противном случае поверка не проводится до устранения выявленных недостатков.

7.2 Опробование

7.2.1 При опробовании системы необходимо:

включить систему, подав напряжение питания на все ее компоненты;
запустить ПО Гарис.

7.2.2 Выбрать один из ИК системы. Нажать «Градуировка» в строке, соответствующей выбранному ИК. Подать на вход выбранного ИК значение физической величины в пределах диапазона измерений ИК.

7.2.3 Изменять в сторону увеличения и/или уменьшения значение физической величины в пределах диапазона измерений ИК. Контролировать в окне «По текущим А и В» изменение значения физической величины.

7.2.4 Результаты опробования считать положительными, если при изменении значения физической величины, происходит изменение показаний в окне «По текущим А и В» выбранного ИК системы.

7.3 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений силы

Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений силы проводить поэлементным методом

Для диапазона от 0 до 196,2 кН (от 0 до 20000 кгс)

7.3.1 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений датчика силоизмерительного тензорезисторного (далее - датчик силы)

7.3.1.1 Провести поверку датчика силы в соответствии с документом МИ 2272-93 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные. Методика поверки», Приложение Б.

Определить приведенную погрешность датчика силы γ_d .

7.3.2 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы

7.3.2.1 Собрать функциональную схему для определения приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы согласно рисунку 1 Приложения А.

7.3.2.2 Включить компьютер с предустановленным ПО: MS Office, Гарис.

7.3.2.3 Запустить ПО Гарис.

7.3.2.4 Открыть таблицу датчиков. В строке поверяемого ИК нажать кнопку «Градуировка».

7.3.2.5 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 значение напряжения постоянного тока 0 мВ, что соответствует значению силы 0 кгс. В окне «По текущим А и В» должно установиться значение близкое к 0. Записать измеренное значение в таблицу 3 (точка $j = 1$).

Таблица 3

Напряжение постоянного тока, мВ	0	2	4	6	8	10
Сила, кН	0	39,24	78,48	117,72	156,96	196,2
Сила, кгс	0	4000	8000	12000	16000	20000
ИК № 1-е изм. (a_1)						
ИК № 2-е изм. (a_2)						
ИК № 3-е изм. (a_3)						
Среднее значение A_j , кгс						
Абсолютная погрешность ΔA_j , кгс						
Приведенная (к ВП) погрешность γ_j , %						

7.3.2.6 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 последовательно значение напряжения постоянного тока 2; 4; 6; 8 и 10 мВ (точки $j = 2 \dots 6$), соответствующее значениям силы 4000, 8000, 12000, 16000 и 20000 кгс. Контролировать установившиеся значения в окне «По текущим А и В».

7.3.2.7 Записать измеренные значения в таблицу 3.

7.3.2.8 Операции по п.п. 7.3.2.5...7.3.2.7 повторить еще 2 раза.

7.3.2.9 Расчет приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, γ_{\max} проводить в соответствии с разделом 8 настоящей методики.

7.3.3 Рассчитать значение приведенной погрешности измерений силы $\gamma_{\text{силы}}$ по формуле:

$$\gamma_{\text{силы}} = \gamma_{\text{д}} + \gamma_{\text{ик}}, \quad (1)$$

где $\gamma_{\text{д}}$ – приведенная погрешность датчика силы по п. 7.3.1.1;

$\gamma_{\text{ик}}$ – приведенная (к ВП) погрешность измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, (γ_{\max}) по п. 7.3.2.9.

7.3.4 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной (к ВП) погрешности измерений силы находятся в пределах $\pm 1,0 \%$.

Для диапазона от 0 до 46,1 кН (от 0 до 4700 кгс)

7.3.5 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений датчика силы

7.3.5.1 Провести поверку датчика силы в соответствии с документом МИ 2272-93 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные. Методика поверки», Приложение Б.

Определить приведенную погрешность датчика силы $\gamma_{\text{д}}$.

7.3.6 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы

7.3.6.1 Собрать функциональную схему для определения приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, согласно рисунку 1 Приложения А.

7.3.6.2 Включить компьютер с предустановленным ПО: MS Office, Гарис.

7.3.6.3 Запустить ПО Гарис.

7.3.6.4 Открыть таблицу датчиков. В строке поверяемого ИК нажать кнопку «Градуировка».

7.3.6.5 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 значение напряжения постоянного тока 0 мВ, что соответствует значению силы 0 кгс. В окне «По текущим А и В» должно установиться значение близкое к 0. Записать измеренное значение в таблицу 4 (точка $j = 1$).

Таблица 4

Напряжение постоянного тока, мВ	0	2	4	6	8	9,4
Сила, кН	0	9,8	19,6	29,4	39,2	46,1
Сила, кгс	0	1000	2000	3000	4000	4700
ИК № 1-е изм. (a_1)						
ИК № 2-е изм. (a_2)						
ИК № 3-е изм. (a_3)						
Среднее значение A_j , кН						
Абсолютная погрешность ΔA_j , кН						
Приведенная (к ВП) погрешность γ_j , %						

7.3.6.6 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 последовательно значение напряжения постоянного тока 2; 4; 6; 8 и 9,4 мВ (точки $j = 2 \dots 6$), соответствующее значениям

силы 1000, 2000, 3000, 4000 и 4700 кгс. Контролировать установившиеся значения в окне «По текущим А и В».

7.3.6.7 Записать измеренные значения в таблицу 4.

7.3.6.8 Операции по п.п. 7.3.6.5...7.3.6.7 повторить еще 2 раза.

7.3.6.9 Расчет приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы γ_{\max} проводить в соответствии с разделом 8 настоящей методики.

7.3.7 Рассчитать значение приведенной погрешности измерений силы $\gamma_{\text{силы}}$ по формуле (1), где γ_d – приведенная погрешность датчика силы по п. 7.3.5.1; $\gamma_{\text{ик}}$ – приведенная (к ВП) погрешность измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, (γ_{\max}) по п. 7.3.6.9.

7.3.8 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной (к ВП) погрешности измерений силы находятся в пределах $\pm 1,0 \%$.

Для диапазона от 0 до 19,62 кН (от 0 до 2000 кгс)

7.3.9 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений датчика силы

7.3.9.1 Провести поверку датчика силы в соответствии с документом МИ 2272-93 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные. Методика поверки», Приложение Б.

Определить приведенную погрешность датчика силы γ_d .

7.3.10 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы

7.3.10.1 Собрать функциональную схему для определения приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, согласно рисунку 1 Приложения А.

7.3.10.2 Включить компьютер с предустановленным ПО: MS Office, Гарис.

7.3.10.3 Запустить ПО Гарис.

7.3.10.4 Открыть таблицу датчиков. В строке поверяемого ИК нажать кнопку «Градуировка».

7.3.10.5 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 значение напряжения постоянного тока 0 мВ, что соответствует значению силы 0 кгс. В окне «По текущим А и В» должно установиться значение близкое к 0. Записать измеренное значение в таблицу 5 (точка $j = 1$).

Таблица 5

Напряжение постоянного тока, мВ	0	2	4	6	8	10
Сила, кН	0	3,924	7,848	11,772	15,696	19,62
Сила, кгс	0	400	800	1200	1600	2000
ИК № 1-е изм. (a_1)						
ИК № 2-е изм. (a_2)						
ИК № 3-е изм. (a_3)						
Среднее значение A_j , кН						
Абсолютная погрешность ΔA_j , кН						
Приведенная (к ВП) погрешность γ_i , %						

7.3.10.6 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 последовательно значение напряжение постоянного тока 2; 4; 6; 8 и 10 мВ (точки $j = 2...6$), соответствующее значениям силы 400, 800, 1200, 1600 и 2000 кгс. Контролировать установившиеся значения в окне «По текущим А и В».

7.3.10.7 Записать измеренные значения в таблицу 5.

7.3.10.8 Операции по п.п. 7.3.10.5...7.3.10.7 повторить еще 2 раза.

7.3.10.9 Расчет приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, γ_{\max} проводить в соответствии с разделом 8 настоящей методики.

7.3.11 Рассчитать значение приведенной погрешности измерений силы $\gamma_{\text{силы}}$ по формуле (1), где $\gamma_{\text{д}}$ – приведенная погрешность датчика силы по п. 7.3.9.1; $\gamma_{\text{ик}}$ – приведенная (к ВП) погрешность измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, ($\gamma_{\text{мах}}$) по п. 7.3.10.9.

7.3.12 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной (к ВП) погрешности измерений силы находятся в пределах $\pm 1,0 \%$.

Для диапазона от 0 до 8,53 кН (от 0 до 870 кгс)

7.3.14 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений датчика силы

7.3.14.1 Провести поверку датчика силы в соответствии с документом МИ 2272-93 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные. Методика поверки», Приложение Б.

Определить приведенную погрешность датчика силы $\gamma_{\text{д}}$.

7.3.15 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы

7.3.15.1 Собрать функциональную схему для определения приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, согласно рисунку 1 Приложения А.

7.3.15.2 Включить компьютер с предустановленным ПО: MS Office, Гарис.

7.3.15.3 Запустить ПО Гарис.

7.3.15.4 Открыть таблицу датчиков. В строке поверяемого ИК нажать кнопку «Градуировка».

7.3.15.5 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 значение напряжения постоянного тока 0 мВ, что соответствует значению силы 0 кгс. В окне «По текущим А и В» должно установиться значение близкое к 0. Записать измеренное значение в таблицу 6 (точка $j = 1$).

Таблица 6

Напряжение постоянного тока, мВ	0	2	4	6	8	8,7
Сила, кН	0	1,96	3,92	5,88	7,85	8,53
Сила, кгс	0	200	400	600	800	870
ИК № 1-е изм. (a_1)						
ИК № 2-е изм. (a_2)						
ИК № 3-е изм. (a_3)						
Среднее значение A_j , кН						
Абсолютная погрешность ΔA_j , кН						
Приведенная (к ВП) погрешность γ_j , %						

7.3.15.6 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 последовательно значение напряжение постоянного тока 2; 4; 6; 8 и 8,7 мВ (точки $j = 2 \dots 6$), соответствующее значениям силы 200, 400, 600, 800 и 870 кгс. Контролировать установившиеся значения в окне «По текущим А и В».

7.3.15.7 Записать измеренные значения в таблицу 6.

7.3.15.8 Операции по п.п. 7.3.15.5...7.3.15.7 повторить еще 2 раза.

7.3.15.9 Расчет приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, $\gamma_{\text{мах}}$ проводить в соответствии с разделом 8 настоящей методики.

7.3.16 Рассчитать значение приведенной погрешности измерений силы $\gamma_{\text{силы}}$ по формуле (1), где $\gamma_{\text{д}}$ – приведенная погрешность датчика силы по п. 7.3.14.1; $\gamma_{\text{ик}}$ – приведенная (к ВП) погрешность измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, ($\gamma_{\text{мах}}$) по п. 7.3.15.9.

7.3.17 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной (к ВП) погрешности измерений силы находятся в пределах $\pm 1,0 \%$.

Для диапазона от 0 до 7,85 кН (от 0 до 800 кгс)

7.3.18 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений датчика силы

7.3.18.1 Провести поверку датчика силы в соответствии с документом МИ 2272-93 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные. Методика поверки», Приложение Б.

Определить приведенную погрешность датчика силы γ_d .

7.3.19 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы

7.3.19.1 Собрать функциональную схему для определения приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, согласно рисунку 1 Приложения А.

7.3.19.2 Включить компьютер с предустановленным ПО: MS Office, Гарис.

7.3.19.3 Запустить ПО Гарис.

7.3.19.4 Открыть таблицу датчиков. В строке поверяемого ИК нажать кнопку «Градуировка».

7.3.19.5 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 значение напряжения постоянного тока 0 мВ, что соответствует значению силы 0 кгс. В окне «По текущим А и В» должно установиться значение близкое к 0. Записать измеренное значение в таблицу 7 (точка $j = 1$).

Таблица 7

Напряжение постоянного тока, мВ	0	2	4	6	8
Сила, кН	0	1,96	3,92	5,88	7,85
Сила, кгс	0	200	400	600	800
ИК № 1-е изм. (a_1)					
ИК № 2-е изм. (a_2)					
ИК № 3-е изм. (a_3)					
Среднее значение A_j , кН					
Абсолютная погрешность ΔA_j , кН					
Приведенная (к ВП) погрешность γ_j , %					

7.3.19.6 Установить на выходе калибратора АКИП-7301 последовательно значение напряжение постоянного тока 2; 4; 6 и 8 мВ (точки $j = 2 \dots 5$), соответствующее значениям силы 200, 400, 600 и 800 кгс. Контролировать установившиеся значения в окне «По текущим А и В».

7.3.19.7 Записать измеренные значения в таблицу 7.

7.3.19.8 Операции по п.п. 7.3.19.5...7.3.19.7 повторить еще 2 раза.

7.3.19.9 Расчет приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, γ_{\max} проводить в соответствии с разделом 8 настоящей методики.

7.3.20 Рассчитать значение приведенной погрешности измерений силы $\gamma_{\text{силы}}$ по формуле (1), где γ_d – приведенная погрешность датчика силы по п. 7.3.18.1; $\gamma_{\text{ик}}$ – приведенная (к ВП) погрешность измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы, (γ_{\max}) по п. 7.3.19.9.

7.3.21 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной (к ВП) погрешности измерений силы находятся в пределах $\pm 1,0 \%$.

7.4 Определение приведенной (к НЗ 3,72 Ом) погрешности измерений электрического сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения

Исходными данными для расчета МХ ИК являются выходные сигналы ИК, к входу которых подключен магазин сопротивлений, имитирующий сопротивление тензорезистора при механических напряжениях.

7.4.1 Используя кабель для поверки СТ020.00.05.000-05 из комплекта ЗИП, подсоединить два магазина сопротивлений Р4831 на вход блока НУТ-8 согласно рисунку 2 Приложения А.

7.4.2 Включить компьютер с предустановленным ПО: MS Office, Гарис.

7.4.3 Запустить ПО Гарис, открыть таблицу датчиков.

7.4.4 В колонке «Тип» из выпадающего списка выбрать «напряжение», единицы измерения выберутся автоматически «кгс/мм²».

7.4.5 Открыть диалог градуировки, нажав кнопку «градуировка» в строке соответствующего ИК.

7.4.6 Установить на магазинах сопротивлений № 1 и № 2 сопротивление 400 Ом и сбалансировать полумост.

7.4.7 После балансировки в диалоге «градуировка», в окне «по текущим А и В» должно установиться значение механического напряжения отличное от нуля, записать измеренное значение в таблицу 8 (точка $j = 1$).

Примечание - Пределам индицируемых значений механического напряжения от 0 до 30 кгс/мм² соответствует разбаланс сопротивления постоянному току 3,72 Ом в обоих плечах полумоста, взятых с противоположным знаком относительно номинального значения 400 Ом. Для удобства выполнения проверки можно проводить разбаланс одним магазином с максимальным разбалансом, увеличенным в 2 раза, т.е. 7,44 Ом.

Таблица 8

Сопротивление магазина $R_{2 \text{ маг, Ом}}$	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Сопротивление магазина $R_{1 \text{ маг, Ом}}$	400,00	401,24	402,48	403,72	404,96	406,2	407,44
Механическое напряжение, кгс/мм ² (A_j)	0	5	10	15	20	25	30
ИК № 1-е изм. (a_1)							
ИК № 2-е изм. (a_2)							
ИК № 3-е изм. (a_3)							
Среднее значение A_j , кгс/мм ²							
Абсолютная погрешность ΔA_j , кгс/мм ²							
Приведенная (к НЗ 3,72 Ом) погрешность γ_i , %							

7.4.8 Провести разбаланс полумоста поверяемого ИК, установив на магазине сопротивлений № 1 сопротивление 401,24 Ом (рассчитанное значение для напряжения 5,0 кгс/мм², с учетом модуля упругости для алюминия $E=0,7 \cdot 10^4$ кгс/мм² (см. Приложение В), на магазине сопротивлений № 2 – 400 Ом.

7.4.9 При таком разбалансе полумоста в диалоге «градуировка» в окне «по текущим А и В» должно быть число близкое к 5,0 (точка $j = 2$). Записать полученное значение в таблицу 8.

7.4.10 Провести аналогичные действия для сопротивлений 402,48; 403,72 и 404,96; 406,2 и 407,44 Ом (точки $j = 3 \dots 7$), что соответствует значениям механического напряжения 10, 15, 20, 25 и 30 кгс/мм².

7.4.11 Повторить еще 2 раза измерения по п.п. 7.4.6...7.4.10. Полученные результаты записать в таблицу 8.

7.4.12 Закрывать диалог градуировки нажатием кнопки «ОК».

7.4.13 Закрывать таблицу датчиков нажатием кнопки «ОК», закрыть ПО Гарис.

7.4.14 Рассчитать максимальное значение приведенной (к НЗ 3,72 Ом) погрешности измерений электрического сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения, $\gamma_{\text{мах}}$ в соответствии с разделом 8 настоящей методики.

7.4.15 Результаты проверки считать положительными, если значения приведенной (к НЗ 3,72 Ом) погрешности измерений электрического сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения, находятся в пределах $\pm 1,5 \%$.

7.4.16 Повторить действия по п.п. 7.4.1...7.4.15 для остальных 15 ИК сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения.

7.5 Определение абсолютной погрешности измерений угла

7.5.1 Определение абсолютной погрешности измерений угла проводить комплектным методом.

7.5.2 Собрать функциональную схему поверки ИК угла согласно рисунку 3 Приложения А.

7.5.3 Включить компьютер, запустить ПО Гарис, открыть таблицу датчиков.

7.5.4 В колонке «Тип» напротив поверяемого ИК угла в выпадающем списке выбрать тип датчика «Угол», единицы измерения выберутся автоматически.

7.5.5 Установить площадку для установки квадранта устройства градуировки ДУ СТ000.00.20.000 в такое положение, чтобы показания квадранта оптического равнялись минус 8° (точка $j = 1$).

7.5.6 В окне «По текущим А и В» должно установиться значение близкое к минус 8° , записать это показание в таблицу 9.

7.5.7 Провести измерения на всех ступенях нагружения (в сторону увеличения угла), соответствующих показаниям квадранта оптического: минус 6° , минус 4° , минус 2° , 0° (точки $j = 2 \dots 5$). Результаты измерений записать в таблицу 9.

7.5.8 Операции по п.п. 7.5.5...7.5.7 повторить еще 2 раза и записать результаты измерений в таблицу 9.

Таблица 9

Угол, $^\circ$	минус 8	минус 6	минус 4	минус 2	0
ИК № 1-е изм. (a_1)					
ИК № 2-е изм. (a_2)					
ИК № 3-е изм. (a_3)					
Среднее значение A_j , $^\circ$					
Абсолютная погрешность ΔA_j , $^\circ$					
В обратную сторону					
Угол, $^\circ$	0	минус 2	минус 4	минус 6	минус 8
ИК № 1-е изм. (a_1)					
ИК № 2-е изм. (a_2)					
ИК № 3-е изм. (a_3)					
Среднее значение A_j , $^\circ$					
Абсолютная погрешность ΔA_j , $^\circ$					

7.5.9 Установить площадку для установки квадранта устройства градуировки ДУ СТ000.00.20.000 в такое положение, чтобы показания квадранта оптического равнялись 0° .

7.5.10 В диалоге «Градуировка» в окне «По текущим А и В» должно быть значение близкое к 0° (точка $j = 1$), записать это показание в таблицу 9 в раздел «В обратную сторону».

7.5.11 Провести измерения на всех отметках (в сторону уменьшения угла), соответствующих показаниям квадранта оптического: минус 2° , минус 4° , минус 6° , минус 8° (точки $j = 2 \dots 5$). Результаты измерений записать в таблицу 9 в раздел «В обратную сторону».

7.5.12 Операции по п.п. 7.5.9...7.5.11 повторить еще 2 раза и записать результаты измерений в таблицу 9 раздел «В обратную сторону».

7.5.13 Установить площадку для установки квадранта устройства градуировки ДУ СТ000.00.20.000 в такое положение, чтобы показания квадранта оптического равнялись 0° (точка $j = 1$). В окне «По текущим А и В» должно установиться значение близкое к 0° , записать это показание в таблицу 10.

Таблица 10

Угол, $^\circ$	0	4	8	12	16
ИК № 1-е изм. (a_1)					
ИК № 2-е изм. (a_2)					
ИК № 3-е изм. (a_3)					
Среднее значение A_j , $^\circ$					
Абсолютная погрешность ΔA_j , $^\circ$					
В обратную сторону					
Угол, $^\circ$	16	12	8	4	0
ИК № 1-е изм. (a_1)					
ИК № 2-е изм. (a_2)					
ИК № 3-е изм. (a_3)					
Среднее значение A_j , $^\circ$					
Абсолютная погрешность ΔA_j , $^\circ$					

7.5.14 Провести измерения на всех отметках (в сторону увеличения угла), соответствующих показаниям квадранта оптического 4° , 8° , 12° , 16° (точки $j = 2...5$). Результаты измерений записать в таблицу 10.

7.5.15 Операции по п.п. 7.5.13...7.5.14 повторить еще 2 раза и записать результаты измерений в таблицу 10.

7.5.16 Установить площадку для установки квадранта устройства градуировки ДУ СТ000.00.20.000 в такое положение, чтобы показания квадранта оптического равнялись 16° (точка $j = 1$).

7.5.17 В диалоге «Градуировка» в окне «По текущим А и В» должно быть значение близкое к 16° , записать это показание в таблицу 10 в раздел «В обратную сторону».

7.5.18 Провести измерения на всех ступенях нагружения (в сторону уменьшения угла), соответствующих показаниям квадранта оптического: 12° , 8° , 4° , 0° (точки $j = 2...5$). Результаты измерений записать в таблицу 10 в раздел «В обратную сторону».

7.5.19 Операции по п.п. 7.5.16...7.5.18 повторить еще 2 раза и записать результаты измерений в таблицу 10 раздел «В обратную сторону».

7.5.20 Расчет абсолютной погрешности измерений угла γ проводить в соответствии с разделом 8 настоящей методики.

7.5.21 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений угла находятся в пределах $\pm 0,4 \%$.

7.6 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений частоты переменного тока
Для поверки ИК частоты переменного тока необходимо:

7.6.1 Включить компьютер, запустить ПО Гарис.

7.6.2 Отключить кабель первичный преобразователь - НУТ от разъема 1 блока НУТ-7. Подключить генератор ГСС-05 к разъему 1 блока НУТ-7 через кабель АЧХ СТ020.00.05.000-07 из комплекта ЗИП согласно рисунку 4 Приложения А.

7.6.3 Нажать на кнопку «Создать программу испытаний».

7.6.4 Выбрать вкладку «настройка».

7.6.5 В появившемся диалоговом окне «Настройки испытаний» выбрать вкладку «параметры опроса».

7.6.6 Поставить флажок напротив первого канала АЦП.

7.6.7 Выбрать вкладку «Режимы», нажать на кнопку «Добавить режим», в строке названия режима написать «1».

7.6.8 В столбце «амплитуда» указать отличную от нуля и положительную величину.

7.6.9 В столбце «Частота, Гц» из выпадающего списка выбрать «измерять».

7.6.10 На вкладке «Сохранение данных» параметр «Длина отрезка, по которому измеряется частота» установить равным 1 с.

7.6.11 Закрыть диалоговое окно нажатием кнопки «ОК».

7.6.12 Поставить флажок перед «Редактирование текста» (Активировалась левая область экрана).

7.6.13 В активной области переместить курсор вниз, и последней строке написать `PLAYBACK_REGIM(1, 15000)`. Это означает установить 1 режим, 15000 циклов.

7.6.14 Убрать флажок перед «Редактирование текста», и если команда написана правильно, то в правой области она добавится в виде «Режим «1», а в свойствах 15000 циклов.

7.6.15 Нажать на кнопку «Запустить F5».

7.6.16 Программа предложит сохранить журнал. Сохранить, оставляя за собой право выбора названия журнала, нажав на кнопку «сохранить».

7.6.17 Нажать кнопку «К программе».

7.6.18 Последовательно устанавливая на генераторе частоты 1; 2; 3; 4; 5; 10; 20; 30; 40; 50 Гц (точки $j = 1...10$). Амплитуда синусоидального сигнала должна быть не более 0,5 В.

7.6.19 Зафиксировать значение частоты.

7.6.20 Операции по п.п. 7.6.18, 7.6.19 повторить еще 2 раза и записать результаты измерений в таблицы 11 и 12.

Таблица 11

Частота, Гц	1	2	3	4	5
ИК № 1-е изм. (a_1)					
ИК № 2-е изм. (a_2)					
ИК № 3-е изм. (a_3)					
Среднее значение A_j , Гц					
Абсолютная погрешность ΔA_j , Гц					
Приведенная (к ВП) погрешность γ_j , %					

Таблица 12

Частота, Гц	10	20	30	40	50
ИК № 1-е изм. (a_1)					
ИК № 2-е изм. (a_2)					
ИК № 3-е изм. (a_3)					
Среднее значение A_j , Гц					
Абсолютная погрешность ΔA_j , Гц					
Приведенная (к ВП) погрешность γ_j , %					

7.6.21 Расчет приведенной (к ВП) погрешности измерений частоты переменного тока γ_{\max} проводить в соответствии с разделом 8 настоящей методики поверки.

7.6.22 Результаты поверки считать положительными, если значения приведенной (к ВП) погрешности измерений частоты переменного тока находятся в пределах $\pm 0,5\%$.

7.7 Проверка контрольной суммы исполняемого кода (цифрового идентификатора ПО)

На ПЭВМ системы запускают файл Garis.exe и открывают окно ? «О программе» (меню Справка → О программе Гарис). Идентификационные наименования отображаются в верхней части окна «О программе».

На рисунке 1 приведён вид окна «О программе» для ПО Гарис.

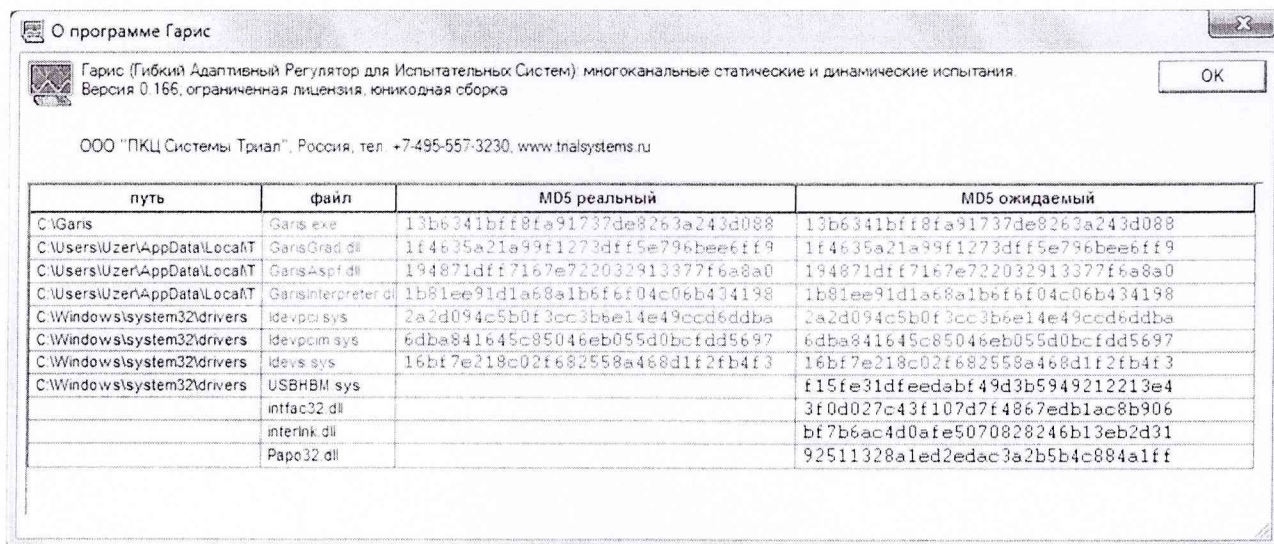


Рисунок 1 - Вид окна «О программе» ПО Гарис 0,166

Метрологически значимая часть ПО системы представляет собой:

- исполняемый файл Garis.exe – Гарис (Гибкий Адаптивный Регулятор для Испытательных Систем): многоканальные статические и динамические испытания;
- модуль GarisGrad.dll – фильтрация, градуировочные расчеты;
- модуль GarisAspf.dll – вычисление амплитуды, статики, фазы, частоты и других интегральных параметров сигнала;
- модуль GarisInterpreter.dll – интерпретатор формул для вычисляемых каналов;
- драйверы платы L780 фирмы L-Card – файлы ldevpci.sys, ldevpcim.sys, ldevs.sys.

Идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО указаны в разделе 17 формуляра.

Для вычисления цифрового идентификатора (хеш-суммы) файла метрологически значимого программного компонента использовать данные ПО Гарис, который сам вычисляет хеш-суммы.

На рисунке 1 приведены цифровые идентификаторы вычисленные по алгоритму md5.

Результат подтверждения соответствия ПО считается положительным, если полученные идентификационные данные программного компонента (идентификационное наименование, номер версий и цифровой идентификатор), указанные в окне «О программе» для ПО Гарис, соответствуют идентификационным данным, записанным в разделе 17 формуляра системы.

8 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Расчет характеристик погрешности

Среднее значение измеряемой величины в j -той точке определить по формуле:

$$A_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где n - количество измерений в j -той точке;

m - количество точек;

a_i - индицируемые системой значения физической величины в j -ой точке.

Значение абсолютной погрешности измерений физической величины в j -той точке определить по формуле:

$$\Delta A_j = A_j - A_{j0}, \quad (3)$$

где A_{j0} - значение физической величины в соответствии с таблицами 3, 4, 5, 6 и 7 для п. 7.3;

A_{j0} - значение физической величины в соответствии с таблицей 8 для п. 7.4;

A_{j0} - значение физической величины, измеренное рабочим эталоном для п.п. 7.5, 7.6.

8.2 Расчет значения приведенной погрешности

Значения приведенной погрешности измерений физической величины для каждой точки определить по формуле:

$$\gamma_j = \frac{|\Delta A_j|}{P_j} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где P_j - значение верхнего предела измерений для п.п. 7.3, 7.5, 7.6;

$P_j = 3,72$ Ом для п. 7.4.

8.3 За значение приведенной погрешности измерений физической величины γ_{\max} принимать наибольшее из полученных в процессе измерений значение погрешности.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол поверки (Приложение Г).

9.2 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке.

9.2.1 При оформлении свидетельства о поверке системы в случае, если срок очередной поверки истекает позже срока очередной поверки датчиков силы, в свидетельство о поверке системы вносится примечание следующего содержания: **Настоящее свидетельство действительно только при наличии действующих свидетельств о поверке на датчики силы, входящие в состав ИК силы.**

9.3 При отрицательных результатах поверки применение системы запрещается, оформляется извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ГЦИ СИ ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»

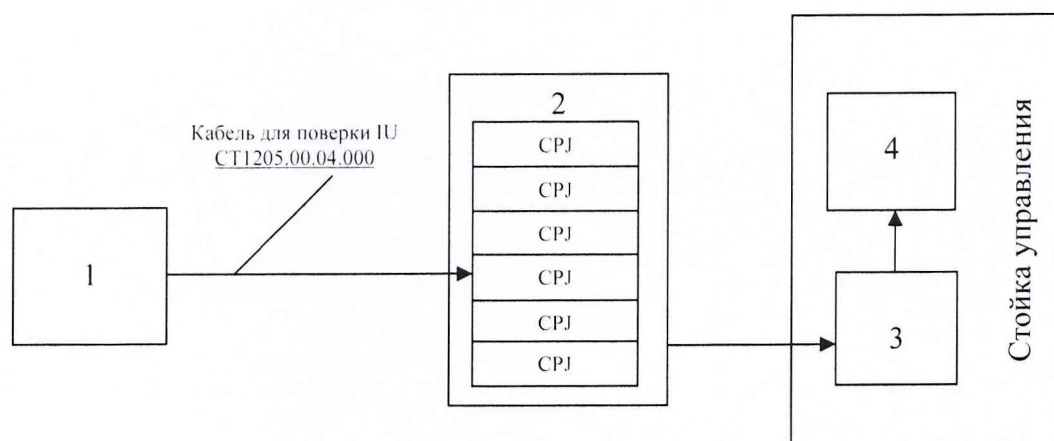


В.А. Кулак

Ведущий специалист ИЛ СИ ВН «НавТест»

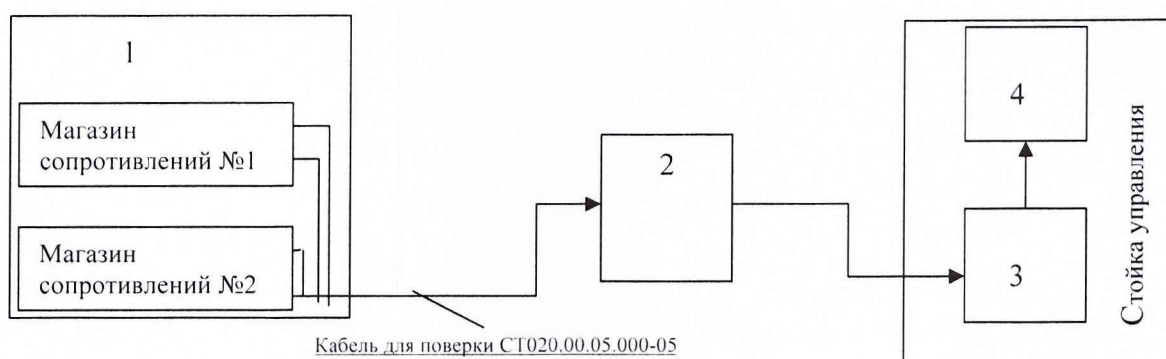
А.А. Горбачев

Приложение А Функциональные схемы поверки ИК



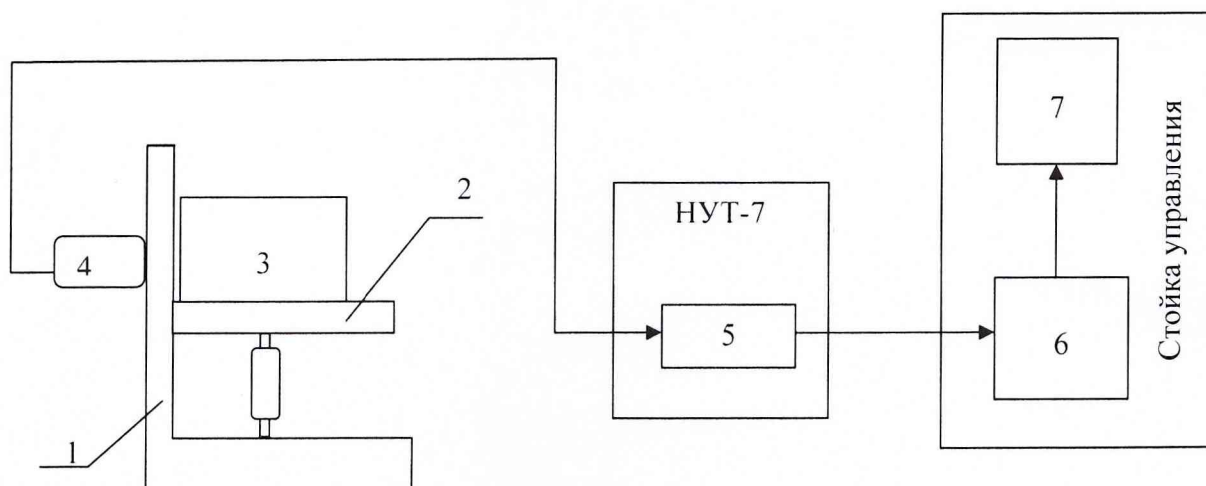
- 1 – калибратор АКИП 7301;
- 2 – НУТ-7;
- 3 – аналого-цифровой преобразователь;
- 4 – ПЭВМ (с монитором)

Рисунок 1 - Функциональная схема для определения приведенной (к ВП) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям силы



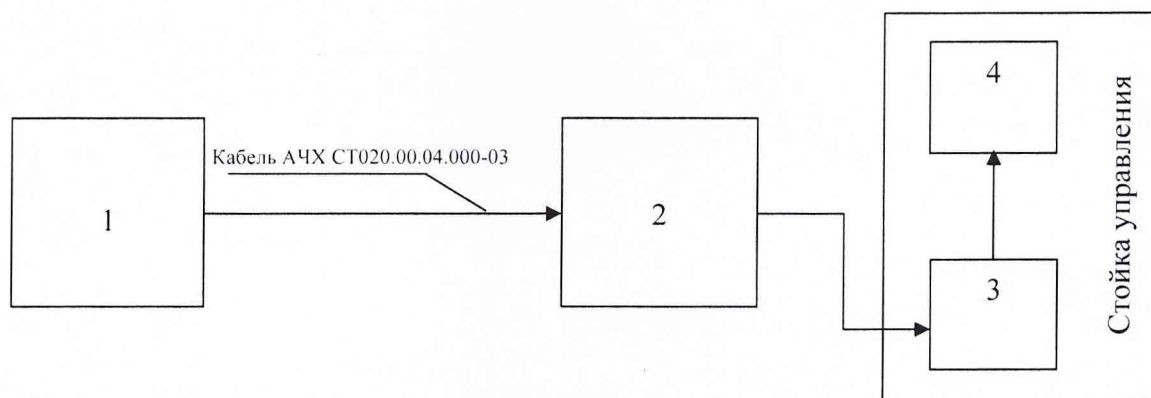
- 1 – полумост из 2-х магазинов электрического сопротивления Р4831;
- 2 – блок НУТ-8;
- 3 – аналого-цифровой преобразователь;
- 4 – ПЭВМ (с монитором)

Рисунок 2 - Функциональная схема поверки ИК электрического сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения



- 1 – устройство градуировки ДУ СТ000.00.20.000;
 2 – площадка для установки квадранта;
 3 – квадрант оптический;
 4 – датчик угла;
 5 – модуль преобразователя датчика угла (МПДУ);
 6 – аналого-цифровой преобразователь;
 7 – ПЭВМ (с монитором)

Рисунок 3 – Функциональная схема поверки ИК угла



- 1 – генератор ГСС-05;
 2 – разъем 1 НУТ-7;
 3 – аналого-цифровой преобразователь;
 4 – ПЭВМ (с монитором)

Рисунок 4 - Функциональная схема поверки ИК частоты переменного тока

Приложение Б
(справочное)

Обоснование выбора значений электрического сопротивления, соответствующего значениям механического напряжения от 0 до 294,3 МПа (от 0 до 30 кгс/мм²)

При использовании системы испытания изделия проводятся в пределах упругой деформации по закону Гука:

$$\sigma_{изг} = E \cdot \varepsilon_{изг}, \quad (A1)$$

где $\sigma_{изг}$ - напряжение изгиба; $\varepsilon_{изг}$ - относительное удлинение материала при изгибе; E - модуль упругости материала.

Для алюминия $E=0,7 \cdot 10^4$ кгс/мм²

$$\varepsilon_{изг} = \frac{\sigma_{изг}}{E} = \frac{\Delta L}{L}, \quad (A2)$$

где $\Delta L / L$ – относительная деформация материала.

При максимальных напряжениях 30 кгс/мм², сопротивлении тензорезистора 400 Ом и коэффициенте тензочувствительности 2,17 изменение сопротивления тензорезистора ΔR для стали составляет:

$$\frac{\Delta R}{R} = 2,17 \cdot \frac{\Delta L}{L} \quad \Rightarrow \quad \Delta R = 2,17 \cdot \frac{\sigma_{изг} \cdot R}{E} \quad (A3)$$

$$\Delta R = \frac{2,17 \cdot 30 \cdot 400}{0,7 \cdot 10^4} = 3,72 \text{ Ом.}$$

Таким образом, для имитации механических напряжений 30 кгс/мм² в одном плече полумоста необходимо увеличить сопротивление на 3,72 Ом.

Приложение В
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ

**поверки ИК силы системы измерительной для стендовых испытаний
узлов и агрегатов вертолетов СИСТ-33**

- 1 Вид поверки
2 Дата поверки
3 Средства поверки
3.1 Рабочий эталон

Наименование	Границы диапазона измерения, мВ		Погрешность, мВ
	нижний	верхний	
Калибратор промышленных процессов АКИП-7301	0,001	50	$\pm 0,0002 \cdot U_x + 0,01$

3.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки СТ03-013.01 МП.

4 Условия поверки

4.1 Температура окружающего воздуха, °C	
4.2 Относительная влажность воздуха, %	
4.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

5 Результаты экспериментальных исследований

5.1 Внешний осмотр:

5.2 Результаты опробования:

5.3 Результаты метрологических исследований

5.3.1 Условия исследования

Число ступеней измерений (контрольных точек)	6
Число циклов измерений	3

5.3.2 Задаваемые контрольные точки

Напряжение постоянного тока, мВ	0	2	4	6	8	10
Сила, кН	0	39,24	78,48	117,72	156,96	196,2
Сила, кгс	0	4000	8000	12000	16000	20000
ИК № 1-е изм.						
ИК № 2-е изм.						
ИК № 3-е изм.						
Среднее значение A_j , кгс						
Абсолютная погрешность ΔA_j , кгс						
Приведенная (к ВП) погрешность γ_j , %						

5.3.3 Определение относительной погрешности $\gamma_{\text{силы}} = \gamma_d + \gamma_{\text{ик}} = \dots\dots\dots$

Расчет погрешности ИК проводится в соответствии с методикой поверки СТ03-013.01 МП.

6 Вывод

Относительная погрешность ИК крутящего момента силы

Дата очередной поверки

Поверитель _____ (подпись, дата) _____ (ф.и.о.)