

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ
И ИСПЫТАНИЙ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «Ростовский ЦСМ»)

«СОГЛАСОВАНО»

Первый заместитель
генерального директора
ФБУ «Ростовский ЦСМ»
В.А. Романов
«14» февраля 2024 г.



Государственная система обеспечения единства измерений.

АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ТУРБОАГРЕГАТОВ
АКТИВ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 297-2024

Ростов-на-Дону

2024 г

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения.....	3
2 Перечень операций поверки	5
3 Требования к условиям проведения поверки.....	8
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	9
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	9
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	10
7 Внешний осмотр средства измерений	10
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....	10
9 Проверка программного обеспечения средства измерений.....	11
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	11
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	21
12 Оформление результатов поверки	21

1. Общие положения

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки аппаратуры контроля механических параметров турбоагрегатов АКТИВ (в дальнейшем – Аппаратура).

Аппаратура состоит из отдельных автономных блоков и предназначена для измерения и контроля следующих параметров:

- среднеквадратического значения (СКЗ) виброскорости вертикальной, поперечной и осевой составляющих вибрации опор подшипников;
- относительного виброперемещения (бой) вала;
- осевого смещения или относительного удлинения вращающихся валов;
- теплового расширения турбин и положения запорных и регулирующих органов;
- частоты вращения вала.

Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к следующим государственным первичным эталонам:

- к ГЭТ 58-2018 «ГПСЭ единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной Приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772;

- к ГЭТ 1-2022 «ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной Приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360;

- к ГЭТ 108-2019 «ГПСЭ единицы угловой скорости» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений угловой скорости и частоты вращения, утвержденный Приказом Росстандарта от 01 сентября 2022 г. № 2183.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик применяется метод прямых и косвенных измерений.

Документом предусматривается возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и(или) отдельных автономных блоков из состава СИ, на меньшем числе величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Автономный блок СКЗ виброскорости (ИП-120)	
Диапазоны измерения СКЗ виброскорости в пределах, мм/с	от 0,2 до 12 от 0,5 до 30
Диапазон рабочих частот, Гц	от 10 до 1000
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения СКЗ виброскорости к максимальному значению диапазона измерений в рабочем диапазоне частот, %: - по цифровому индикатору - по унифицированному сигналу где X_k – верхний предел диапазона измерения СКЗ виброскорости; X - измеренное значение СКЗ виброскорости.	$\pm [2,5 + 0,25 \cdot (X_k/X - 1)]$ $\pm [4 + 0,4 \cdot (X_k/X - 1)]$
Пределы неравномерности АЧХ канала виброскорости в рабочем диапазоне частот, дБ	от -1,0 до +0,5
Пределы относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения, %	± 2

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Автономный блок относительного виброперемещения (ИП-106, ИП-119)	
Диапазоны измерения размаха виброперемещения, мкм	от 10 до 250 от 25 до 500
Диапазон рабочих частот, Гц	от 1 до 500
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений размаха виброперемещения на базовой частоте, %	± 3
Предел неравномерности АЧХ канала виброперемещения в рабочем диапазоне частот, %	± 3
Пределы относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения, %	± 2
Автономный блок частоты вращения (ИП-115)	
Диапазоны измерения частоты вращения, об/мин	от 10 до 4000 от 10 до 10000
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения частоты вращения по цифровому индикатору, об/мин	± 1
Пределы допустимой основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений частоты вращения по унифицированному сигналу, %	± 1
Пределы основной абсолютной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения, об/мин	± 2
Автономный блок осевого сдвига (ИП-107, ИП-117)	
Диапазоны измерения осевого сдвига, мм	от -1 до +1 от -2 до +2
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения к диапазону измерений осевого сдвига, %	± 2
Пределы относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения, %	± 2
Автономный блок относительного расширения (ИП-108, ИП-117)	
Диапазоны измерения относительного расширения вала ротора турбины относительно корпуса турбины, мм	от -5 до +5 от -10 до +10 от -20 до +20
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения к диапазону измерений относительного расширения, % при зазоре от 1,0 до 2,0 мм при зазоре от 0,5 до 1,0 мм и от 2,0 до 2,5 мм	± 2 ± 5
Пределы относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения, %	± 2
Автономный блок абсолютного расширения (ИП-116, ИП-117)	
Диапазоны измерения абсолютного расширения корпуса турбины, мм	от 0 до 30 от 0 до 50

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Автономный блок абсолютного расширения (ИП-116, ИП-117)	
Диапазоны измерения абсолютного расширения корпуса турбины, мм	от 0 до 80 от 0 до 100 от 0 до 160 от 0 до 240 от 0 до 350
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений абсолютного расширения, %	± 2
Пределы относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения, %	± 2

2. Перечень операций поверки средства измерений

При поверке должны выполняться операции, указанные в таблицах 2 - 7.

Таблица 2 - Операции, проводимые при поверке автономного блока СКЗ виброскорости (ИП-120)

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений.	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений.	8.1; 8.2; 8.3.	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений.	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик.	10.1		
Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения СКЗ виброскорости к максимальному значению диапазона измерений в рабочем диапазоне частот по цифровому индикатору и по унифицированному сигналу.	10.1.1	Да	Да
Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения.	10.1.2	Да	Да
Определение неравномерности АЧХ виброскорости в рабочем диапазоне частот.	10.1.3	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.	11	Да	Да
Оформление результатов поверки.	12	Да	Да

Таблица 3 - Операции, проводимые при поверке автономного блока частоты вращения (ИП-115)

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8.1; 8.2; 8.3.	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10.2		
Определение допускаемой основной абсолютной погрешности измерения частоты вращения по цифровому индикатору.	10.2.1	Да	Да
Определение основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений частоты вращения по унифицированному сигналу.	10.2.1	Да	Да
Определение основной абсолютной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения.	10.2.2	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки	12	Да	Да

Таблица 4 - Операции, проводимые при поверке автономного блока относительного виброперемещения (ИП-106, ИП-119)

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8.1; 8.2; 8.3.	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10.3		
Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений размаха виброперемещения на базовой частоте	10.3.1	Да	Да
Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения	10.3.2	Да	Да

Продолжение таблицы 4

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Определение пределов неравномерности АЧХ канала виброперемещения в рабочем диапазоне частот	10.3.3	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки	12	Да	Да

Таблица 5 - Операции, проводимые при поверке автономного блока осевого сдвига (ИП-107, ИП-117)

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8.1; 8.2; 8.3.	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10.4		
Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к диапазону измерений осевого сдвига для цифрового прибора и для унифицированного сигнала	10.4.1	Да	Да
Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения	10.4.2	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки	12	Да	Да

Таблица 6 - Операции, проводимые при поверке автономного блока относительного расширения (ИП-108, ИП-117)

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8.1; 8.2; 8.3.	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да

Продолжение таблицы 6

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Определение метрологических характеристик	10.5		
Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к диапазону измерений относительного расширения при зазоре от 1,0 до 2,0 мм и при зазоре от 0,5 до 1,0 мм и от 2,0 до 2,5 мм	10.5.1	Да	Да
Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения.	10.5.2	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки	12	Да	Да

Таблица 7 - Операции, проводимые при поверке автономного блока абсолютного расширения (ИП-116, ИП-117)

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8.1; 8.2; 8.3.	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10.6		
Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений абсолютного расширения	10.6.1	Да	Да
Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения	10.6.2	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки	12	Да	Да

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность, %
- атмосферное давление, кПа
- напряжение питания сети, В
- частота напряжения сети, Гц

от +15 до +25
от 30 до 80
от 84 до 106,7
от 197 до 242
от 49,5 до 50,5

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку.

К проведению поверки допускаются лица из числа сотрудников организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, изучивших настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на контроллеры и средства их поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки.

5.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений, перечисленные в таблице 8.

Таблица 8 - Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8.1 – 8.3; п.10.1 –10.6 Контроль условий поверки.	Средства измерения температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 0 до + 60 °С и абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ °С; Средства измерения относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 98 % и погрешностью ПГ ± 2 %; Средства измерения атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа с погрешностью $\pm 0,5$ кПа Измеритель параметров электроизоляции до 1000 Гом, ПГ $\pm 4\%$	Термогигрометр ИВА-6, мод. ИВА-6Н-КП-Д, (регистрационный № 46434-11) Термогигрометр ИВА-6, мод. ИВА-6Н-КП-Д, (регистрационный № 46434-11) Термогигрометр ИВА-6, мод. ИВА-6Н-КП-Д, (регистрационный № 46434-11) МІС 2510 (регистрационный № 49421-12)
п.10.1.-10.6 Определение метрологических характеристик	Рабочий эталон единицы длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела 1 разряда, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Росстандарта 27.12.2018 г. № 2772. Рабочий эталон единицы времени, частоты и национальной шкалы времени 5 разряда, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта 26.09.2022 г. № 2360. Рабочий эталон единицы угловой скорости 2 разряда, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений угловой скорости и частоты вращения, утвержденной приказом Росстандарта 01.09.2022 г. № 2360.	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей мод. 9155 (регистрационный № 68875-17); Генератор сигналов произвольной формы НМF2550 (регистрационный № 49643-12); Установка тахометрическая УТО-60 (регистрационный № 6840-78)

Продолжение таблицы 8

1	2	3
п.10.1.-10.6 Определение метрологических характеристик.		Мультиметр цифровой Agilent 34410А (регистрационный № 33921-07); Индикатор часового типа ИЧ-10 (регистрационный № 33841-07); Микрометр цифровой серии 340 (регистрационный № 30740-12).
Вспомогательное оборудование: штатив; набор щупов «Micron» 70 мм. № 3 от 0,5 мм до 1,0 мм. 11 шт.		
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.

Перед проведением поверки средства поверки, вспомогательные средства должны иметь надежное заземление, поверяемое СИ должно быть подготовлено к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

7. Внешний осмотр средства измерений.

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие комплектности поверяемой аппаратуры комплектности, указанной в формуляре;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на точность;
- наличие и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положений, наличие предохранителей;
- чистота разъемов и клемм;
- состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений.

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие операции:

- выдержать проверяемые узлы аппаратуры в условиях окружающей среды, указанных в п.3, не менее 1 ч, если они находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п.3;
- соединить зажимы заземления используемых средств поверки с контуром заземления;
- средства поверки, предусматривающие питание от сети переменного тока 220 В, 50 Гц необходимо включить и дать им прогреться в течение времени, указанного в технической документации на них.

8.2 Перед проведением поверки необходимо произвести проверку электрического сопротивления изоляции цепи питания, выполнив следующие операции:

- перед измерением сопротивления изоляции соединить штыри 3, 4 разъема «СЕТЬ» и штыри 1 – 12 разъема «Цепи сигнализации»;
- измеритель параметров электроизоляции типа МІС 2510 с номинальным выходным напряжением 500 В подключить замкнутыми накоротко штырями 3, 4 разъема «СЕТЬ» и клеммой заземления на блоке контроля. Отсчет показаний, определяющих сопротивление изоляции, проводят через 1 минуту после подачи на прибор испытательного напряжения;

- измеритель параметров электроизоляции типа МІС 2510 с номинальным выходным напряжением 500 В подключить замкнутыми накоротко штырями 1 – 12 разъема «Цепи сигнализации» и клеммой заземления на блоке контроля.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм.

8.3 Опробование

Для опробования провести следующие операции:

- включить питание аппаратуры;
- проверить исправность работы каналов в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений.

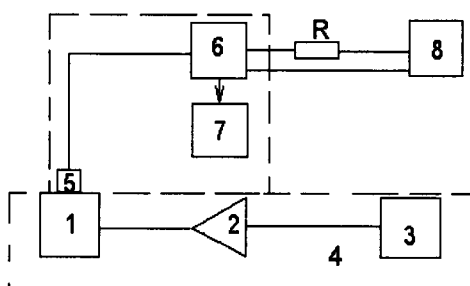
Включить блок контроля измерительного канала Аппаратуры согласно эксплуатационной документации. При включении на время инициализации (3 сек.) на цифровом индикаторе блока контроля высвечивается версия программного обеспечения.

Результат проверки считается положительным, если версия ПО не ниже, указанной в описании типа на утвержденное средство измерений.

10. Определение метрологических характеристик средства измерений.

10.1. Автономный блок СКЗ виброскорости (ИП-120)

10.1.1. Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения СКЗ виброскорости к максимальному значению диапазона измерений в рабочем диапазоне частот по цифровому индикатору и по унифицированному сигналу определяется по схеме, приведенной на рисунке 1.



- 1 – вибраторостенд;
- 2 – усилитель мощности;
- 3 – генератор;
- 4 – станция для калибровки преобразователей вибрации 9155
- 5 – вибродатчик ИП-120;
- 6 – преобразователь ИП-120;
- 7 – блок контроля ИП-120;
- 8 – мультиметр цифровой в режиме миллиамперметра.
- R – резистор 2 кОм или 500 Ом.

Рисунок 1 – Схема для поверки автономного блока СКЗ виброскорости (ИП-120)

Датчик из состава поверяемого автономного блока устанавливают на вибростенд, таким образом, чтобы ось чувствительности датчика совпадала с направлением колебаний и подключают к измерительному модулю.

На вибростенде на базовой частоте 45 Гц воспроизводят последовательно значения виброскорости: 0,2 мм/с; 1 мм/с; 2 мм/с; 4 мм/с; 6 мм/с; 8 мм/с; 10 мм/с; 12 мм/с.

По цифровому индикатору блока контроля ИП-120 и миллиамперметру при каждом значении виброскорости снять показания. Повторить измерения для других каналов. По

результатам каждого измерения определяют основные приведенные погрешности измерений на базовой частоте по формулам:

для цифрового прибора

$$\delta_V = \frac{V_{\text{изм}} - V_n}{X_n} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

для унифицированного сигнала

$$\delta_y = \frac{y_p - b - a \cdot V_n}{X_y - b} \cdot 100 \% \quad (2)$$

где V_n – показания прибора измерительного блока вибростенда, мм/с;

$V_{\text{изм}}$ – показания цифрового индикатора блока контроля ИП-120, мм/с;

Y – показания миллиамперметра, мА;

a – масштабный коэффициент;

$a = \frac{X_y - b}{X_n}$, мА/мм/с;

X_n – диапазон измерений по цифровому прибору, мм/с;

X_y – диапазон измерения унифицированного сигнала, мА;

$b=4$ – для унифицированного сигнала (4 – 20) мА;

$b=0$ – для унифицированного сигнала (0 – 5) мА.

Полученные значения основной относительной погрешности измерения СКЗ виброскорости не должны превышать:

- по цифровому прибору $\pm [2,5 + 0,25 \cdot (X_k/X - 1)]$;

- по унифицированному сигналу $\pm [4 + 0,4 \cdot (X_k/X - 1)]$

10.1.2 Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения проводят по схеме, приведенной на рисунке 1.

Установить значение уровней срабатывания сигнализации – 7,1 мм/с, для аварийной – 11,2 мм/с. На вибростенде установить колебания частотой (45 ± 1) Гц. Плавно увеличивая величину виброскорости от 0 до 12 мм/с, фиксировать моменты срабатывания предварительной и аварийной сигнализации по включению светодиодов П, А1, А2, А3. В моменты срабатывания сигнализации снять показания с цифрового индикатора блока контроля ИП-120. Повторить измерения для других двух каналов.

Относительную погрешность срабатывания сигнализации в процентах определяют по формуле:

$$\delta_c = \frac{S_n - S_y}{S_y} \cdot 100 \% \quad (3)$$

где S_n – показания цифрового индикатора блока контроля ИП-120 в момент включения светодиода;

S_y – установленное значение уровня сигнализации.

Полученные значения относительной погрешности срабатывания сигнализации не должны превышать $\pm 2 \%$.

10.1.3 Определение неравномерности АЧХ виброскорости в рабочем диапазоне частот производится по схеме, приведенной на рисунке 1.

На вибростенде последовательно задать колебания с частотами 10 Гц, 16 Гц, 20 Гц, 31 Гц, 45 Гц, 80 Гц, 160 Гц, 315 Гц, 500 Гц, 800 Гц, 1000 Гц, поддерживая значение виброскорости равным 4,5 мм/с.

Для каждого значения частоты снять показания цифрового индикатора блока контроля ИП-120. Повторить измерения для других двух каналов.

Наибольшую неравномерность АЧХ измерения виброскорости в децибелах определяют по формуле:

$$\gamma = 20 \lg \cdot Y = 20 \lg \cdot \frac{X_{\max}}{X_6} \quad (4)$$

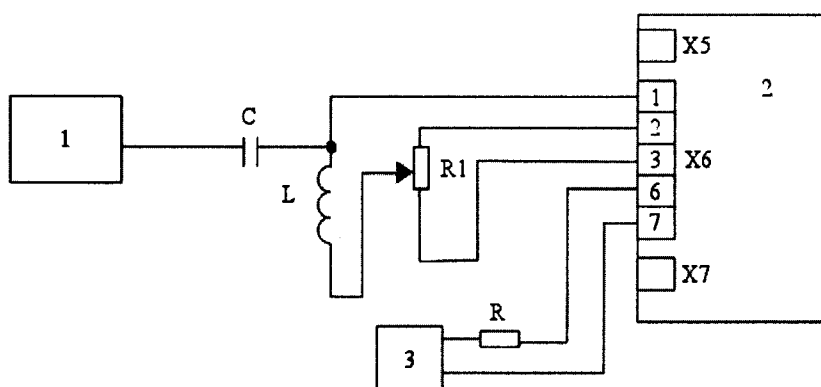
где X_6 – показания индикатора блока контроля ИП-120 на базовой частоте 45 Гц;

$X_{\max}$ – максимально отличающиеся от X_6 показания, соответствующие одному из значений частоты.

Результаты считаются удовлетворительными, если значения находятся в пределах от +0,5 дБ до -1,0 дБ.

10.2. Автономный блок частоты вращения (ИП-115).

10.2.1 Определение основной абсолютной погрешности измерения частоты вращения по цифровому индикатору блока контроля ИП-115 и основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений частоты вращения по унифицированному сигналу проводят по схеме, приведенной на рисунке 2.



1 – УТО-60;

2 – блок контроля ИП-115;

3 – мультиметр цифровой в режиме миллиамперметра;

С – конденсатор К50-35-25В-220 мкФ;

R – резистор 2 кОм или 500 Ом.

R1 – СП5-35Б-10 кОм ± 10 %;

L ≥ 10 Гн

Рисунок 2 – Схема для проверки автономного блока частоты вращения (ИП-115)

К выходу генератора УТО-60 через конденсатор «С» ёмкостью 220 мкФ, подключить вход блока контроля ИП-115. Установить выходное напряжение генератора в пределах от 1,5 В до 5 В. Резистором «R1» установить постоянное напряжение на входе блока контроля ИП-115 равным 4 В.

Генератором задать последовательно такие значения частот, чтобы на цифровых индикаторах блока контроля ИП-115 установился ряд значений частоты вращения:

- 10 об/мин, 30 об/мин, 300 об/мин, 3000 об/мин, 4000 об/мин для тахометров с диапазоном измерения от 10 об/мин до 4000 об/мин.;

- 10 об/мин, 30 об/мин, 300 об/мин, 3000 об/мин, 4000 об/мин, 6000 об/мин для тахометров с диапазоном от 10 об/мин до 6000 об/мин.;

- 10 об/мин, 30 об/мин, 300 об/мин, 3000 об/мин, 6000 об/мин, 9999 об/мин для тахометров с диапазоном от 10 об/мин до 10000 об/мин.

Для каждого значения снять показания частоты генератора, цифрового индикатора блока контроля ИП-115, а по миллиамперметру величину унифицированного выходного сигнала.

Абсолютная основная погрешность измерения частоты вращения об/мин и основная приведенная погрешность унифицированного сигнала в процентах определяется по формулам:

для частоты вращения

$$\Delta N = N_T - \frac{60 \cdot F_r}{n} \quad (5)$$

для унифицированного сигнала

$$\delta_y = \frac{y_p - b - a \cdot \frac{60 \cdot F_r}{n}}{X_y - b} \cdot 100 \% \quad (6)$$

где ΔN – абсолютная погрешность измерения частоты вращения, об/мин;
 F_r – частота генератора, Гц;
 n – число пазов(зубьев) на валу, в зависимости от типа модуля;
 N_T – показания цифрового индикатора блока контроля ИП-115, об/мин;
 δ_y – основная приведенная погрешность унифицированного сигнала, %;
 y_p – показания миллиамперметра, мА;
 a – масштабный коэффициент;
 $a = \frac{X_y - b}{X}$, мА/мм;
 $b=4$ – при унифицированном сигнале (4 – 20) мА;
 $b=0$ – при унифицированном сигнале (0 – 5) мА;
 X – диапазон измерения частоты вращения, об/ мин;
 X_y – диапазон измерения унифицированного сигнала, мА.

Полученные значения погрешности измерения частоты вращения не должны превышать ± 1 об/мин. Полученные значения погрешности унифицированного сигнала не должны превышать ± 1 %.

10.2.2 Определение основной абсолютной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения производится по схеме, приведенной на рисунке 2.

Установить значения уровней срабатывания сигнализации согласно таблице 9

Таблица 9 - значения уровней срабатывания сигнализации

Обозначение уровня сигнализации	Значение уровня сигнализации, об/ мин	Наименование светодиода
Предупреждение 1	800*	П1
Предупреждение 2	2800*	П2
Авария 1	3250*	А1
Авария 2	3350*	А2

Примечание: * Допускается устанавливать любые уровни сигнализации в пределах диапазона сигнализации. Измерения повторить не менее трех раз по каждому уровню.

Медленно изменяя частоту генератора от нуля до уровня сигнализации, добиться срабатывания соответствующего светодиода, снять показания частоты вращения по индикатору блока контроля ИП-115.

Погрешность срабатывания сигнализации Δ_c определяется по формуле:

$$\Delta_c = N_3 - N_i, \quad (7)$$

где N_3 – заданное значение частоты вращения, об/мин;

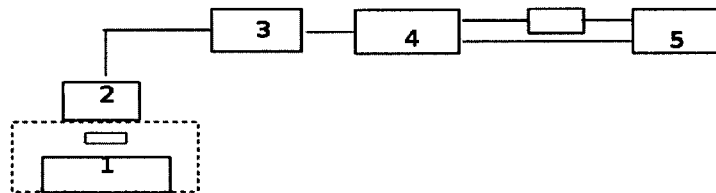
N_i – значение частоты вращения в момент включения сигнализации, об/мин.

Погрешность срабатывания сигнализации не должна превышать ± 2 об/мин.

Срабатывание контактов реле проверяется на соответствующих штырях разъема «Цепи сигнализации» блока контроля.

10.3. Автономный блок относительного виброперемещения (ИП-106, ИП-119).

10.3.1 Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений размаха виброперемещения на базовой частоте проводят по схеме, приведенной на рисунке 3.



- 1 – вибростенд;
- 2 – датчик;
- 3 – преобразователь;
- 4 – блок контроля ИП-106 или ИП-119;
- 5 – мультиметр цифровой в режиме миллиамперметра;
- R – резистор 2 кОм или 500 Ом.

Рисунок 3 - Схема для поверки автономного блока относительного виброперемещения (ИП-106, ИП-119)

Закрепить на столе вибростенда контрольную стальную пластинку, а на кронштейне над пластинкой датчик из состава автономного блока. Установить воздушный зазор между пластинкой и датчиком от 1 мм до 1,5 мм с помощью щупов.

На вибростенде на базовой частоте 45 Гц. воспроизводят последовательно ряд значений размаха виброперемещения вала:

- для диапазона от 0 до 250 мкм – 10; 25; 50; 100; 200; 250;
- для диапазона от 0 до 500 мкм – 25; 50; 100; 200; 300; 400; 500.

При каждом значении размаха виброперемещения вала снять показания цифрового индикатора блока контроля и миллиамперметра.

Установить поочередно зазор между пластиной и датчиком равным 0,5 мм; 1,5 мм; 2 мм и повторить выше описанные измерения. По результатам каждого измерения определяют основную приведенную погрешность измерения размаха виброперемещения в процентах по формулам:

для цифрового прибора

$$\delta_{\text{ц}} = \frac{S_{\text{изм}} - S_{\text{н}}}{X_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (8)$$

для унифицированного сигнала

$$\delta_{\text{у}} = \frac{Y - b - a \cdot S_{\text{н}}}{X_{\text{у}} - b} \cdot 100\% \quad (9)$$

где $S_{\text{н}}$ – заданное значение размаха виброперемещения по индикатору вибростенда, мкм;

$S_{\text{изм}}$ – показания блока контроля, мкм;

a – масштабный коэффициент для унифицированного сигнала,

$$a = \frac{X_{\text{у}} - b}{X_{\text{н}}}, \text{ мА/мкм};$$

$X_{\text{н}}$ – диапазон измерения, мкм;

$X_{\text{у}}$ – диапазон измерения унифицированного сигнала, мА;

Y – показания миллиамперметра, мА;

$b=0$ – для унифицированного сигнала (0 – 5) мА;

$b=4$ – для унифицированного сигнала (4 – 20) мА.

Результат считается удовлетворительным, если основные приведенные погрешности для цифрового прибора и унифицированного сигнала не превышают $\pm 3\%$.

10.3.2 Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения проводят по схеме, приведенной на рисунке 3.

Установить значение уровней срабатывания сигнализации соответствующие 10 % диапазона для предупредительной сигнализации (П) и 80 % диапазона для аварийной сигнализации (А). Плавное изменение значения параметра от нуля до уровня сигнализации, добиться включения соответствующего светодиода.

ВНИМАНИЕ! Так как срабатывание сигнализации А происходит с задержкой, то для исключения погрешности изменение параметра в диапазоне уровня сигнализации необходимо выполнять медленно. Измерения повторить не менее трех раз по каждому уровню. Срабатывание контактов реле проверяется на соответствующих штырях разъема «ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ».

Относительную погрешность срабатывания сигнализации определяют по формуле:

$$\delta_c = \frac{S_n - S_y}{S_y} \cdot 100 \% \quad (10)$$

где S_n – показания блока контроля в момент включения светодиода;

S_y – установленное значение уровня сигнализации.

Результат считается удовлетворительным, если относительная погрешность срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения не превышает $\pm 2 \%$.

10.3.3 Определение пределов неравномерности АЧХ виброперемещения в рабочем диапазоне частот.

Неравномерность АЧХ определяют прямым вибрационным способом на фиксированных частотах 5 Гц; 10 Гц; 20 Гц; 40 Гц; 80 Гц; 160 Гц; 315 Гц и 500 Гц при постоянном значении виброперемещения.

Значение виброперемещения, при котором определяют неравномерность АЧХ, целесообразно поддерживать на уровне 0,3 верхнего предела диапазона измерения.

Воспроизводят постоянное значение виброперемещения (прямой способ) на различных частотах, фиксируя на каждой частоте показания индикаторов блока контроля.

Пределы неравномерности АЧХ виброперемещения в рабочем диапазоне частот определяют по формуле:

$$\gamma = \frac{X_{\max} - X_6}{X_6} \cdot 100 \%, \quad (11)$$

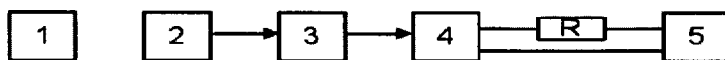
где X_6 – показания индикатора блока контроля на базовой частоте 45 Гц;

$X_{\max}$ – максимально отличающиеся от X_6 показания.

Полученные значения неравномерности АЧХ виброперемещения в рабочем диапазоне частот не должны превышать $\pm 3 \%$.

10.4 Автономный блок осевого сдвига (ИП-107, ИП-117).

10.4.1 Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к диапазону измерений осевого сдвига проводят по схеме, приведенной на рисунке 4.



1 – испытательный штатив;

2 – датчик;

3 – преобразователь;

4 – блок контроля ИП-107 или ИП-117;

5 – мультиметр цифровой в режиме миллиамперметра;

R – резистор 2 кОм или 500 Ом.

Рисунок 4 – Схема для поверки автономного блока осевого сдвига (ИП-107, ИП-117).

Изменяя положение датчика из состава автономного блока относительно контрольной поверхности штатива, добиваются нулевых показаний прибора блока контроля. Это положение датчика является начальным (установочным).

Перемещая контрольную поверхность штатива относительно датчика, по микрометру устанавливают поочередно, через каждые $(20 \pm 5) \%$ диапазона ряд значений осевого перемещения во всем диапазоне измерения.

Фиксируют соответствующие показания блока контроля и миллиамперметра.

Примечание: Значение смещения со знаком плюс $|+X_n|$ соответствует увеличению воздушного зазора между датчиком и контрольной поверхностью глубиномера, а со знаком минус $|-X_n|$ - уменьшению.

По результатам каждого измерения определяют основную приведенную погрешность измерения к диапазону измерений осевого сдвига по формулам:

для цифрового прибора

$$\delta = \frac{S_{изм} - S_n}{X_n} \cdot 100 \% \quad (12)$$

для унифицированного сигнала

$$\delta_y = \frac{Y - b - a \cdot (X - 0,5)}{X_y - b} \cdot 100 \% \quad (13)$$

где S_n – заданное значение перемещения по индикатору стенда, мм;

$S_{изм}$ – показания цифрового прибора блока контроля, мм;

X_n – диапазон измерения, $X_n = |-X_n| + |+X_n|$;

a – масштабный коэффициент для унифицированного сигнала,

$$a = \frac{X_y - b}{X_n}, \text{ мА/мм};$$

X – показания индикатора стенда, мм;

X_y – диапазон измерения унифицированного сигнала, мА;

Y – показания миллиамперметра, мА;

$b=0$ – для унифицированного сигнала (0 – 5) мА;

$b=4$ – для унифицированного сигнала (4 – 20) мА.

Полученные значения основной приведенной погрешности измерения к диапазону измерений осевого сдвига не должны превышать $\pm 2 \%$.

10.4.2 Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения проводят по схеме, приведенной на рисунке 4.

Установить значение уровней срабатывания сигнализации согласно таблице 10.

Таблица 10 - Значения уровней срабатывания сигнализации

Значение уровня сигнализации, % диапазона	Обозначение задатчика уровня	Наименование сигнализации
-20	П1	П1
-80	A1	A1
+80	A2	A2
+20	П2	П2

Примечание: Допускается устанавливать другие уровни сигнализации.

Плавное изменение значения параметра от нуля до уровня сигнализации, добиться включения соответствующего светодиода.

ВНИМАНИЕ! Так как срабатывание сигнализации А происходит с задержкой, то для исключения погрешности изменение параметра в диапазоне уровня сигнализации необходимо выполнять медленно.

Измерения повторить не менее трех раз по каждому уровню.

Срабатывание контактов реле проверяется на соответствующих штырях разъема X6 «ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ».

Относительную погрешность срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения определяют по формуле

$$\delta_c = \frac{S_n - S_y}{S_y} \cdot 100\% , \quad (14)$$

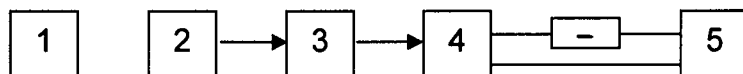
где S_n – показания блока контроля в момент включения светодиода;

S_y – установленное значение уровня сигнализации.

Полученные значения относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения не должны превышать $\pm 2\%$.

10.5. Автономный блок относительного расширения (ИП-108, ИП-117).

10.5.1 Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к диапазону измерений относительного расширения при зазоре от 1,0 мм до 2,0 мм и при зазоре от 0,5 мм до 1,0 мм и от 2,0 мм до 2,5 мм проводят по схеме, приведенной на рисунке 5.



1 – Стенд с индикаторами часового типа;

2 – датчик;

3 – преобразователь;

4 – блок контроля ИП-108 или ИП-117;

5 – мультиметр цифровой в режиме миллиамперметра;

R – резистор 2 кОм или 500 Ом

Рисунок 5 – Схема для проверки автономного блока относительного расширения (ИП-108, ИП-117).

Закрепляют датчик из состава автономного блока на кронштейне стенда и по часовому индикатору радиального перемещения устанавливают зазор от 1,5 мм до 1,7 мм между датчиком и контрольной поверхностью стенда.

Смещая датчик вдоль плоскости контрольной поверхности стенда, добиваются нулевых показаний цифрового прибора блока контроля. Это положение датчика является начальным (установочным). Перемещая кронштейн с датчиком, по микрометру устанавливают поочередно, через каждые $(20 \pm 5)\%$ диапазона ряд значений осевого перемещения ротора. Фиксируют соответствующие показания блока контроля и миллиамперметра. Повторяют измерения при зазоре 0,5 мм; 1 мм; 2 мм.

Примечание: Значение смещения со знаком плюс соответствует имитации удлинения, а со знаком минус – имитации укорочения ротора.

По результатам каждого измерения определяют основную приведенную погрешность измерения к диапазону измерений относительного расширения по формулам:

для цифрового прибора

$$\delta = \frac{S_{изм} - S_n}{X_n} \cdot 100\% , \quad (15)$$

для унифицированного сигнала

$$\delta_y = \frac{y - b - a \cdot x}{x_y - b} \cdot 100\% \quad (16)$$

где S_n – заданное значение перемещения по индикатору стенда, мм;

$S_{изм}$ – показания блока контроля, мм;

X_n – диапазон измерения, $X_n = |-X_n| + |+X_n|$;

a – масштабный коэффициент для унифицированного сигнала,

$$a = \frac{x_y - b}{x_n} , \text{ мА/мм};$$

X_y – диапазон измерения унифицированного сигнала, мА;

- Y – показания миллиамперметра, мА;
 X – показания индикатора стенда, мм;
 b=0 – для унифицированного сигнала (0 – 5) мА;
 b=4 – для унифицированного сигнала (4 – 20) мА.

Полученные значения основной приведенной погрешности измерения относительного расширения считаются удовлетворительным, если основные приведенные погрешности не превышают $\pm 2\%$ при зазоре от 1,0 мм до 2,0 мм и $\pm 5\%$ при зазорах от 0,5 мм до 1 мм и от 2 мм до 2,5 мм.

10.5.2 Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения проводят по схеме, приведенной на рисунке 5.

Установить значение уровней срабатывания сигнализации согласно таблице 11.

Таблица 11 - Значения уровней срабатывания сигнализации

Значение уровня сигнализации, % диапазона	Обозначение задатчика уровня	Наименование сигнализации
- 20	П1	П1
- 80	A1	A1
+80	A2	A2
+20	П2	П2

Примечание: Допускается устанавливать другие уровни сигнализации.

Плавно изменяя значения параметра от нуля до уровня сигнализации, добиться включения соответствующего светодиода.

ВНИМАНИЕ! Так как срабатывание сигнализации А происходит с задержкой, то для исключения погрешности изменение параметра в диапазоне уровня сигнализации необходимо выполнять медленно.

Измерение повторить не менее трех раз по каждому уровню.

Срабатывание контактов реле проверяется на соответствующих штырях разъема «ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ».

Относительную погрешность срабатывания сигнализации в процентах определяют по формуле:

$$\delta_c = \frac{S_n - S_y}{S_y} 100\% , \quad (17)$$

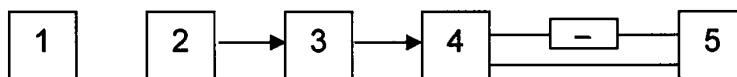
где S_n – показания блока контроля в момент включения светодиода;

S_y – установленное значение уровня сигнализации.

Полученные значения относительной погрешности срабатывания сигнализации не должны превышать $\pm 2\%$.

10.6 Автономный блок абсолютного расширения (ИП-116, ИП-117).

10.6.1 Определение допускаемой основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений абсолютного расширения проводят по схеме, приведенной на рисунке 6.



1 – стенд с индикаторами часового типа;

2 – датчик;

3 – преобразователь;

4 – блок контроля ИП-116; или ИП-117.

5 – мультиметр цифровой в режиме миллиамперметра;

R – Резистор 2 кОм или 500 Ом.

Рисунок 6 – Схема для проверки автономного блока абсолютного расширения (ИП-116, ИП-117).

Датчик из состава автономного блока закрепляется на стенде, а шток соединяется с подвижной кареткой стенда.

Изменяя положение штока датчика по шкале отсчета поочередно имитируется ряд значений перемещения: 10 мм; 20 мм; 30 мм; 40 мм; 50 мм; 60 мм; 70 мм; 80 мм; 100 мм; 120 мм; 160 мм; 200 мм; 250 мм; 300 мм; 350 мм. Для различных модификаций устройства число значений должно быть не менее пяти с равномерной разбивкой диапазона.

Фиксируют соответствующие показания блока контроля и миллиамперметра. По результатам каждого измерения определяют основную приведенную погрешность измерения перемещения в процентах по формулам:

для цифрового прибора

$$\delta = \frac{S_{изм} - S_n}{X_n} \cdot 100 \%, \quad (19)$$

для унифицированного сигнала

$$\delta_y = \frac{Y - b - a \cdot X}{X_y - b} \cdot 100 \% \quad (20)$$

где S_n – заданное значение перемещения по индикатору стенда, мм;

$S_{изм}$ – показания блока контроля, мм;

X_n – диапазон измерения, $X_n = |-X_n| + |+X_n|$;

X – показания индикатора стенда, мм;

a – масштабный коэффициент для унифицированного сигнала,

$$a = \frac{X_y - b}{X_n}, \text{ мА/мм};$$

X_y – диапазон измерения унифицированного сигнала, мА;

Y – показания миллиамперметра, мА;

$b=0$ – для унифицированного сигнала (0 – 5) мА;

$b=4$ – для унифицированного сигнала (4 – 20) мА.

Полученные значения основной приведенной погрешности измерения к максимальному значению диапазона измерений абсолютного расширения по цифровому прибору и унифицированному сигналу не должны превышать $\pm 2 \%$.

10.6.2 Определение относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения проводят по схеме, приведенной на рисунке 6.

Задатчиками уровней сигнализации «П» и «А» установить значения:

- для «П» – 10 % от диапазона;

- для «А» – 80 % от диапазона.

Примечание: Допускается устанавливать другие уровни сигнализации.

Плавное изменение значения параметра от нуля до уровня сигнализации, добиться включения соответствующего светодиода.

ВНИМАНИЕ! Так как срабатывание сигнализации «А» происходит с задержкой, то для исключения погрешности изменение параметра в диапазоне уровня сигнализации необходимо выполнять медленно.

Измерение повторить не менее трех раз по каждому уровню.

Срабатывание контактов реле проверяется на соответствующих штырях разъема X5 «ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ».

Относительную погрешность срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения определяют по формуле:

$$\delta_c = \frac{S_n - S_y}{S_y} \cdot 100\% , \quad (21)$$

где S_n – показания блока контроля в момент включения светодиода;

S_y – установленное значение уровня сигнализации.

Полученные значения относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерения не должны превышать $\pm 2 \%$.

11. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

11.1 Для подтверждения соответствия аппаратуры контроля механических параметров турбоагрегатов АКТИВ метрологическим требованиям используют значения, рассчитанные в соответствии с пунктами 10.1 – 10.6 настоящей методики.

11.2 Аппаратура контроля механических параметров турбоагрегатов АКТИВ подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если полученные значения метрологических характеристик не превышают значения, указанные в таблице 1 настоящей методики.

11.3 Если данные требования не выполняются, аппаратура контроля механических параметров турбоагрегатов АКТИВ признается непригодной к применению.

12. Оформление результатов поверки.

12.1. При положительных результатах поверки аппаратуру контроля механических параметров турбоагрегатов АКТИВ признают пригодной к применению и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 или в соответствии с порядком, действующим на момент проведения поверки или действующими на момент проведения поверки нормативными правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

12.2. При отрицательных результатах поверки аппаратуру контроля механических параметров турбоагрегатов АКТИВ признают непригодной к применению и оформляют результаты в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 или действующими на момент проведения поверки нормативными правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

12.3 Сведения о результатах и объеме проведенной поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений».

12.4. Результаты поверки оформляют протоколами произвольной формы.

Ведущий инженер



Ю.В. Волков