

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального директора ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

_____ А.Н. Пронин




_____ 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Каналы измерительные стенда тормозных испытаний РБ

**Методика поверки
МП 2071-0002-2020**

Руководитель отдела координации работ по комплексному
метрологическому обеспечению инновационных разработок

 _____ Ю.Г. Солонецкий

Руководитель сектора

 _____ П.Н. Мичков

г. Санкт-Петербург
2020 г.

Содержание

1 Введение	3
2 Операции поверки.....	3
3 Средства поверки	4
4 Требования безопасности	4
5 Условия поверки	5
6 Подготовка к поверке	5
7 Проведение поверки	5
7.1 Внешний осмотр	5
7.2 Опробование.....	5
7.3 Проверка ПО	6
7.4 Определение метрологических характеристик.....	6
8 Обработка результатов измерений.....	112
9 Оформление результатов поверки	123
Приложение А. Таблица подключения ИК РБ при поверке (справочное).....	14
Приложение Б. Форма протокола первичной/периодической поверки (рекомендуемое) .	156
Приложение В Перечень измеряемых параметров ИК РБ (справочное)	201

1 Введение

1.1 Настоящая методика поверки (далее – методика) распространяется на Каналы измерительные стенда тормозных испытаний РБ зав. № 001 (далее – ИК РБ), входящие в состав автоматизированной системы управления и регистрации (АСУ и Р) стенда тормозных испытаний РБ, и устанавливает периодичность, объем и порядок проведения ее первичной и периодической поверки.

1.2 ИК РБ подлежат первичной поверке при вводе в эксплуатацию или после ремонта и периодической в процессе эксплуатации.

1.3 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов (далее – ИК) из состава ИК РБ в соответствии с заявлением владельца, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

1.4 ИК избыточного давления подвергаются покомпонентной (поэлементной) поверке: демонтированные первичные измерительные преобразователи – в лабораторных условиях; вторичная часть – комплексный компонент, включая линии связи, – на месте эксплуатации ИК РБ.

2 Операции поверки

2.1 При первичной и периодической поверке ИК РБ выполнять операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование	7.2	Да	Да
Проверка программного обеспечения (ПО)	7.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик	7.4	–	–
Определение метрологических характеристик ИК избыточного давления Количество ИК- 4	7.4.1	Да	Да
Определение метрологических характеристик ИК крутящего момента силы Количество ИК- 1	7.4.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик ИК частоты вращения Количество ИК- 2	7.4.3	Да	Да

2.2 При несоответствии характеристик ИК РБ установленным требованиям по любому из пунктов таблицы 1 поверка прекращается и последующие операции не проводятся, за исключением оформления результатов по подразделу 9.3.

3 Средства поверки

3.1 Средства поверки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные и вспомогательные средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного средства поверки. Обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
Основные средства поверки	
7.4.1-7.4.2	Калибратор процессов документирующий FLUKE 753 (рег. № 49876-12): диапазон воспроизведения силы постоянного тока от минус 0,1 до 22 мА, пределы допускаемой основной погрешности измерений силы постоянного тока $\pm(0,01\% \cdot I + 3 \text{ мкА})$.
7.4.1	Калибратор давления портативный Метран 502-ПКД-10П (рег. № 26014-08): модуль избыточного давления М10: диапазон измерений избыточного давления от 0 до 10 МПа, пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений избыточного давления $\pm 0,15 \%$; модуль избыточного давления М60: диапазон измерений избыточного давления от 0 до 60 МПа, пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений избыточного давления $\pm 0,15 \%$.
7.4.2	Рабочий эталон 1 разряда единицы крутящего момента силы в диапазоне значений от 1 до до 300 кН·м, по приказу Росстандарта от 31.07.2019 № 1794, диапазон измерений от 1 до 300 кН·м, $\delta_0 (k=2) \pm 0,1 \%$.
7.4.3	Вторичный эталон единицы частоты вращения в диапазоне от 0,1 до 600000 об/мин, по приказу Росстандарта от 31.07.2018 № 1621: доверительная относительная погрешность при воспроизведении частоты вращения при доверительной вероятности 0,95 составляет 0,01 %.
Вспомогательные средства поверки	
7.4.1	Гидропресс ручной aa94-Э2225.00, диапазон воспроизведения избыточного давления от 0 до 60 МПа.
5.2	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13): диапазон измерений температуры от минус 10 до 60 °С, пределы допускаемой погрешности $\pm 0,4 \text{ °С}$, диапазон измерений давления от 300 до 1200 гПа, пределы допускаемой погрешности $\pm 5 \text{ гПа}$, диапазон измерений относительной влажности от 10 до 95 %, пределы допускаемой погрешности $\pm 3 \%$.

3.2 При проведении поверки допускается применять средства поверки, не приведенные в таблице 2, но обеспечивающие определение (контроль) метрологических характеристик, поверяемых ИК РБ с требуемой точностью.

3.3 Используемые при поверке средства измерений должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке (знак поверки).

3.4 Средства поверки должны быть внесены в рабочее помещение не менее чем за 12 ч до начала поверки.

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок», «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», а также требования безопасности, установленные в документации на средства поверки.

4.2 Любые подключения средств измерений проводить только при отключенном напряжении питания ИК РБ.

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

5 Условия поверки

5.1 Условия поверки ИК РБ должны соответствовать условиям его эксплуатации, нормированным в технической документации, но не выходить за нормированные условия применения средств поверки.

5.2 Операции по всем пунктам настоящей методики проводят при соблюдении следующих условий:

- температура окружающего воздуха, °С.....20±10;
- относительная влажность воздуха, %.....от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа.от 84,0 до 106,7;

6 Подготовка к поверке

6.1 При подготовке к поверке:

- проверить наличие действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств поверки;
- проверить наличие свидетельства о поверке (знаков поверки), провести поверку датчиков давления МИДА-ДИ-13П-01 (рег. № 17636-17), входящих в состав ИК избыточного давления и подвергаемых поэлементной поверке, если заканчивается срок действия их предыдущей поверки;
- проверить соблюдения условий разделов 4 и 5 настоящей методики;
- проверить правильность подключения и целостность электрических жгутов;
- перед поверкой подготовить ИК и средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией;
- обеспечить оперативную связь между оператором у монитора ПЭВМ ЦПУ и оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входах ИК РБ;
- приступить к проведению операций поверки по п.7.4 после выдерживания ИК во включенном состоянии не менее 30 мин.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Проверить комплектность ИК РБ согласно паспорта МИАН.468369.012ПСЗ.

7.1.2 Проверить отсутствие дефектов покрытий, механических повреждений оборудования, неисправностей присоединительных элементов, которые могут отрицательно повлиять на работоспособность или метрологические характеристики ИК РБ.

7.1.3 Внешний осмотр проводить визуально при отключенном напряжении питания ИК.

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

7.2 Опробование

7.2.1 Подготовить ИК к работе в соответствии с п.2.4 МИАН.468369.012РЭЗ на ИК РБ.

7.2.2 Включить электропитание оборудования АСУ и Р и ПЭВМ пульта РБ ЦПУ.

7.2.3 Загрузить программу управления стендом «Stand_Commander» и, при включенном питании стенда, убедиться во включении всех ИК и возможности визуального наблюдения любого измеряемого параметра на экране монитора ЦПУ.

7.2.4 Перевести ЦПУ в режим «Работа» и убедиться в начале регистрации измеряемых параметров испытуемого изделия.

7.2.5 Допускается проводить опробование ИК непосредственно в ходе проведения проверок по п. 7.4 настоящей методики.

7.2.6 Результаты опробования считать положительными, если программа управления стендом «Stand_Commander» запустилась успешно, открылось окно с измеряемыми параметрами выбранного образца и на мониторе ПЭВМ ЦПУ не было выдано сообщений об ошибке.

7.3 Проверка ПО

7.3.1 Проверку ПО ИК РБ проводить по следующей методике:

- выполнить п.п. 7.2.1 – 7.2.4;
- запустить программу «Express Viewer»
- сравнить номера версий программ «Stand_Commander» и «Express Viewer», отображаемые на экране монитора ПЭВМ ЦПУ в наименовании форм (рис.1), с версиями, указанными в таблице 3 и в разделе 5.3 паспорта ИК РБ МИЯН.468369.012ПС2.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение	Значение
Идентификационное наименование ПО	Stand_Commander.exe	Express Viewer.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2019.11	не ниже 2018.10
Цифровой идентификатор ПО	-	-

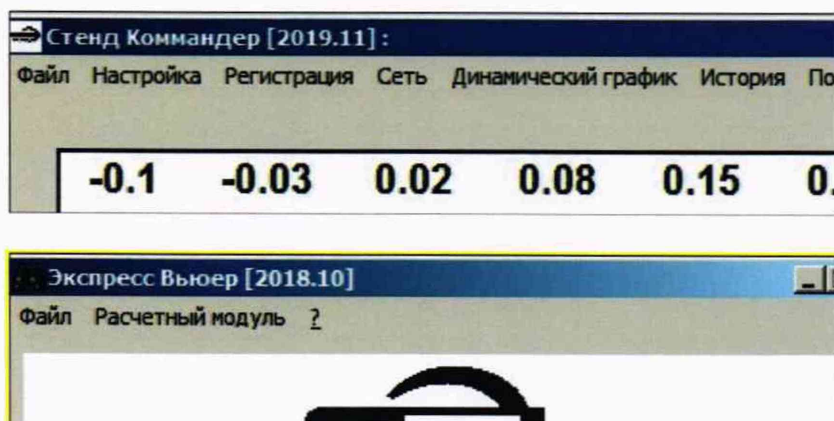


Рисунок 1. Идентификационные данные ПО.

7.3.2 ИК РБ считаются выдержавшими проверку, если полученные идентификационные данные ПО (идентификационное наименование ПО и номер версии), отображаемые на формах, соответствуют идентификационным данным таблицы 3 и совпадают со значениями, указанными в паспорте на ИК РБ.

7.4 Определение метрологических характеристик

7.4.1 Определение метрологических характеристик ИК избыточного давления

7.4.1.1 Определение метрологических характеристик ИК избыточного давления комплектным способом

7.4.1.1.1 Определение приведенной к верхнему пределу диапазона измерений (ВПИ) погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя в рабочем диапазоне измерений комплектным способом (ИК Р2Т)

7.4.1.1.1.1 Подготовить ИК к работе в соответствии с п.2.4 МИЯН.468369.012РЭЗ на ИК РБ. Включить электропитание оборудования АСУ и Р и ПЭВМ пульта ЦПУ. Загрузить программу управления стендом «Stand_Commander» и, при включенном питании стенда, убедиться во включении всех ИК избыточного давления и возможности визуального наблюдения результатов измерений этих ИК на экране монитора ЦПУ.

7.4.1.1.1.2 Датчик давления выбранного ИК (ДД19), находящийся в Блоке датчиков

давления 2 (БДД2), отключить от магистрали давления стенда и, используя стандартные переходы и прокладки, подключить к ручному гидропрессу aa94-Э2225.00, который соединен с модулем М10 калибратора давления Метран 502.

7.4.1.1.1.3 Последовательно, устанавливая на выходе гидропресса значения давления (при повышении и понижении давления), указанные в столбце 2 таблицы Б.1.1 Приложения Б (далее – таблицы Б.1.1), контролируя их по калибратору давления (фиксируя задаваемые значения в столбцах 3,4 той же таблицы) регистрировать в соответствующих строках столбцов 5,6 результаты измерений поверяемого ИК, отображаемые на мониторе ПЭВМ ЦПУ в соответствующей строке (см. рисунок 2). Отсоединить датчик давления от ручного гидропресса и восстановить его штатное соединение.

7.4.1.1.1.4 По формуле 1 (р. 8 настоящей методики поверки, далее - МП) вычислить и занести в соответствующие строки столбца 7 таблицы Б.1.1 значения абсолютной погрешности каждого ИК в поверяемых точках.

Примечание: за результат измерений избыточного давления ИК Хик (при увеличении и уменьшении давления) принимать значение давления максимально отличное по абсолютному значению от эталонного.

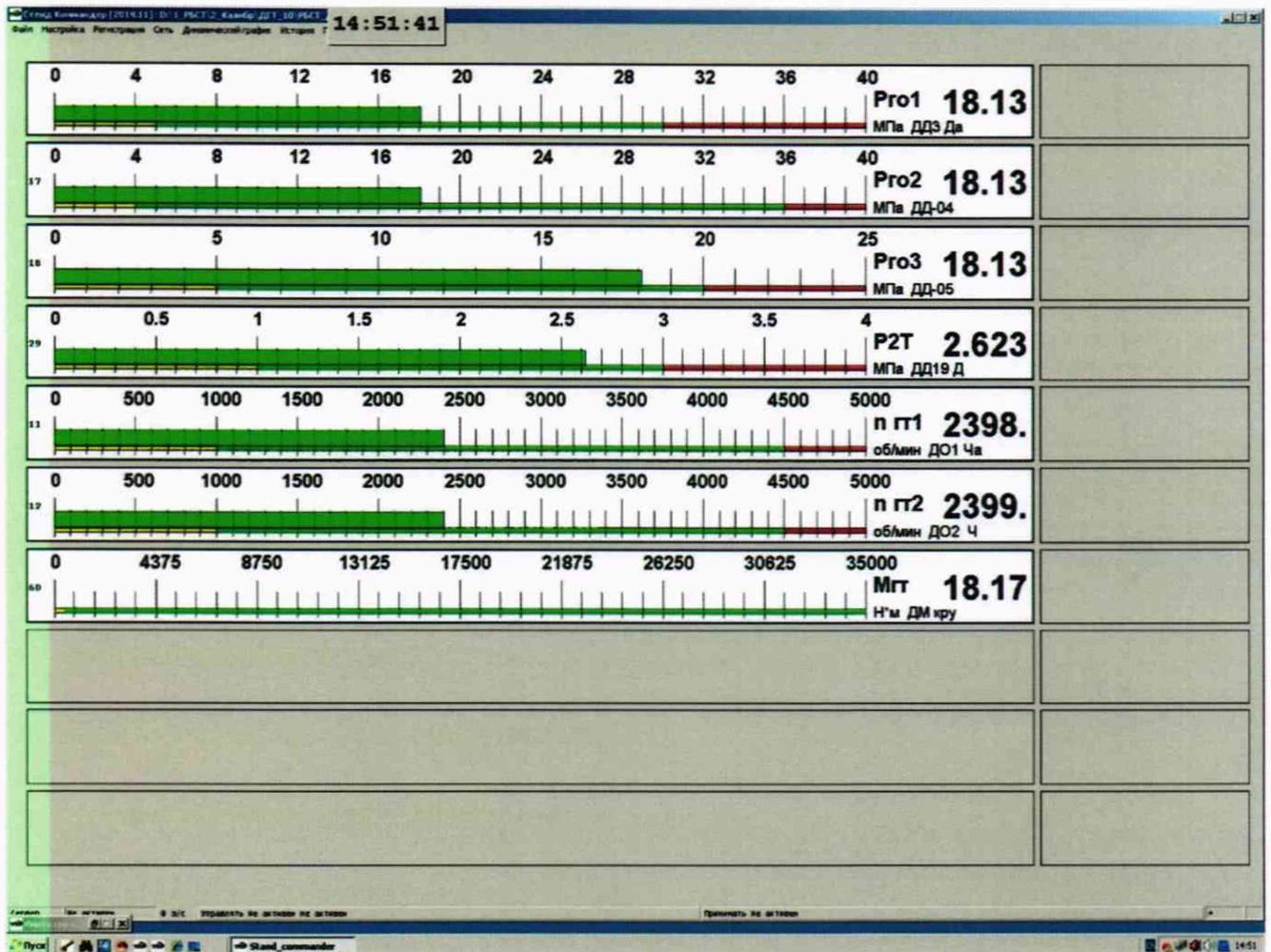


Рисунок 2 Окно с результатами измерений ИК РБ

7.4.1.1.1.5 По формуле 2 (р. 8 МП) вычислить и занести в соответствующие строки столбца 8 таблицы Б.1.1 значения приведенной к ВПИ погрешности измерений ИК в поверяемых точках.

7.4.1.1.2 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выходе из газогенераторного отделения (ГО) в рабочих диапазонах измерений (ИК Pго3, Pго2, Pго1)

7.4.1.1.2.1 Датчик давления ДД05 выбранного ИК (Pго3), находящийся в Блоке датчиков давления 1 (БДД1), отключить от магистрали давления стенда и, используя стандартные переходы и прокладки, подключить к ручному гидропрессу aa94-Э2225.00 который

соединен с модулем М60 калибратора давления Метран 502.

7.4.1.1.2.2 Выполнить пп. 7.4.1.1.1.3 – 7.4.1.1.1.5 для ИК Pго3 с регистрацией результатов измерений, отображаемых на мониторе ПЭВМ ЦПУ в соответствующей строке (см. рисунок 2), и полученных погрешностей в таблице Б.1.1 поверяемого ИК.

7.4.1.1.2.3 Выполнить пп. 7.4.1.1.2.1 – 7.4.1.1.2.2 для оставшихся двух ИК Pго2, Pго1, подключая датчики давления ДД04 и ДД03, соответственно, к ручному гидропрессу и фиксируя результаты измерений и полученные погрешности в соответствующих строках таблицы Б.1.1.

7.4.1.1.3 Результаты поверки считать положительными, если максимальные значения приведенных к ВПИ погрешностей измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя и на выходе из ГО в рабочих диапазонах измерений находятся в пределах $\pm 1\%$ и соответствует значениям из таблицы В.1 Приложения В (далее таблицы В.1).

7.4.1.2 Определение метрологических характеристик ИК избыточного давления поэлементным способом

7.4.1.2.1 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя в рабочем диапазоне измерений поэлементным способом (ИК P2Т).

7.4.1.2.1.1 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений первичной части ИК (датчиков давления МИДА-ДИ-13П-01):

- провести поверку, входящего в состав ИК, датчика давления МИДА-ДИ-13П-01, по МДВГ.406233.033 РЭ «Датчики давления МИДА-13П. Руководство по эксплуатации», раздел 3.2 «Методика поверки», утвержден ФГУП «ВНИИМС» 17.10.2016 г.;

- за погрешность прошедшего поверку преобразователя считать модуль пределов допускаемой основной приведенной к ВПИ погрешности, который (в соответствии с описанием типа, паспортом и маркировкой преобразователя) равен 0,5 % и зафиксировать его в столбце 7 таблицы Б.1.2.

7.4.1.2.1.2 Выполнить п. 7.4.1.1.1.1.

7.4.1.2.1.3 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений вторичной части ИК и приведенной к ВП погрешности измерений всего ИК:

- подключить калибратор силы постоянного тока к вторичной части ИК избыточного давления P2Т в соответствии с таблицей подключения средств поверки А.1, приведенной в Приложении А настоящей МП;

- поочередно подать на вход ИК значения силы постоянного тока $I_{вх}$, мА согласно таблице Б.1.2 (из ст. 2 для выбранного ИК) и зафиксировать соответствующие измеренные значения выходного сигнала ИК P2Т, МПа (считанных с монитора ПЭВМ ЦПУ рисунок 2). Значение силы постоянного тока устанавливаются по показаниям калибратора, включенного в режиме воспроизведения силы постоянного тока;

- для каждого из измеренных значений рассчитать абсолютную погрешность вторичной части ИК $\Delta P_{в}$ по формуле 1 (р. 8 МП), зафиксировать ее в столбце 5 таблицы Б.1.2;

- рассчитать приведенную к ВПИ погрешность вторичной части ИК $\gamma_{в1}$, % по формуле 2 (р. 8 МП) и приведенную к ВПИ погрешность ИК γ_1 , % по формуле 4 (р. 8 МП). Полученные значения фиксировать в столбцах 6 и 8 таблицы Б.1.2 для выбранного ИК.

7.4.1.2.2 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выходе из ГО в рабочих диапазонах измерений (ИК Pго1, Pго2, Pго3)

7.4.1.2.2.1 Выполнить пп. 7.4.1.2.1.1, 7.4.1.2.1.2.

7.4.1.2.2.2 Определение приведенной к ВП погрешности измерений вторичной части ИК и приведенной к ВП погрешности измерений всего ИК:

- подключить калибратор силы постоянного тока к вторичной части ИК избыточного давления Pго1 в соответствии с таблицей подключения средств поверки, приведенной в таблице А.1 Приложения А;

- поочередно подать на вход ИК значения силы постоянного тока $I_{вх}$, мА согласно таблице Б.1.2 (из ст. 2 для выбранного ИК) и зафиксировать соответствующие измеренные

значения выходного сигнала ИК Pго1, МПа (считанных с монитора ПЭВМ ЦПУ, рисунок 2). Значение силы постоянного тока устанавливаются по показаниям калибратора, включенного в режиме воспроизведения силы постоянного тока;

- для каждого из измеренных значений рассчитать абсолютную погрешность вторичной части ИК ΔPв по формуле 1 (р. 8 МП), зафиксировать ее в столбце 5 таблицы Б.1.2;

- рассчитать приведенную к ВПИ погрешность вторичной части ИК γв1, % по формуле 2 (р. 8 МП) и приведенную к ВПИ погрешность ИК γ1, % по формуле 4 (р. 8 МП). Полученные значения фиксировать в столбцах 6 и 8 таблицы Б.1.2.

7.4.1.2.2.3 Повторить выполнение п. 7.4.1.2.2.2 для вторичных частей ИК Pго2, Pго3 с фиксацией результатов расчета в соответствующих столбцах таблиц по форме Б.1.2 для этих ИК.

7.4.1.2.3 Результаты поверки считать положительными, если максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя и на выходе из ГО в рабочих диапазонах измерений находятся в пределах ±1 % и соответствует значениям из таблицы В.1.

7.4.2 Определение метрологических характеристик ИК крутящего момента силы

Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений крутящего момента силы на валу гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений (ИК Мгт)

7.4.2.1 Определить приведенную к ВПИ погрешность преобразования крутящего момента силы в значение силы постоянного тока первичной части ИК (измерителя крутящего момента силы БИКМ-М-106М) в соответствии с пп 7.4.2.1.1 – 7.4.2.1.7.

7.4.2.1.1 Демонтировать со штатного места стенда датчик крутящего момента силы БИКМ-М-106М и установить датчик с помощью оснастки на рабочий эталон 1 разряда единицы крутящего момента силы в диапазоне значений от 1 до 300 кН·м, по приказу Росстандарта от 31.07.2019 № 1794, при этом, к аналоговому выходу блока обработки подключить калибратор в режиме измерения силы постоянного тока.

7.4.2.1.2 Подготовить датчик к работе в режиме преобразований крутящего момента силы в сигнал постоянного тока. Провести нагружение (прямой ход) измерителя силой, соответствующей первому значению крутящего момента силы $M_{n=1,i=2}$ в соответствии с таблицей Б.2.1. Нагружения измерителя должны проводиться плавно, без рывков и ударов. Время измерения в каждой точке нагружения должно быть не менее 30 с.

7.4.2.1.3 Снять показания текущего значения силы тока $I_{n,i}$ и полученный результат занести в таблицу Б.2.1.

7.4.2.1.4 Выполнить измерения для всех значений крутящего момента силы $M_{n,i}$, приведенных в таблице Б.2.1, выполнив не менее трёх циклов нагружения ($n = 3$).

7.4.2.1.5 По результатам измерений определить среднее арифметическое значение результата измерений для прямого и обратного хода

$$\bar{I}_i = \frac{1}{3} \sum_{n=1}^3 (I_{n,i} - I_{n,0})$$

$$\bar{I}'_i = \frac{1}{3} \sum_{n=1}^3 (I'_{n,i} - I'_{n,0})$$

Определить систематическую составляющую абсолютной погрешности из соотношения

$$\Delta_{\text{ст.}i}^I = \left| \frac{(\bar{I}_i + \bar{I}'_i)}{2} - I_{\text{ном},i} \right|$$

где $I_{\text{ном},i}$ - номинальные значения выходного сигнала в i -ой точке нагружения.

Определить среднеквадратическое отклонение результата измерений с учётом вариации показаний по формуле:

$$S_{\text{ст.}i}^I = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^3 (I_{n,i} - \bar{I}_i)^2 + \sum_{n=1}^3 (I'_{n,i} - \bar{I}'_i)^2}{2n - 1} + \frac{(\bar{I}_i - \bar{I}'_i)^2}{12}}$$

7.4.2.1.6 Определить абсолютную погрешность преобразований крутящего момента силы в сигнал постоянного тока по формуле:

$$\Delta_i^I = 2 \cdot S_{\Sigma,i}$$

где S_{Σ} оценка суммарного среднеквадратического отклонения:

$$S_{\Sigma,i} = \sqrt{\frac{\Delta_{\text{ст.}i}^I{}^2}{3} + S_{\text{ст.}i}^I{}^2}$$

7.4.2.1.7 Определить погрешность преобразований крутящего момента силы, приведённую к верхнему значению диапазона преобразований, по формуле:

$$\gamma_i^I = \frac{\Delta_i^I}{I_{\text{в}}} \cdot 100$$

Максимальное значение полученных погрешностей

$$\gamma I = \max |\gamma_i^I|$$

фиксировать в столбце 7 таблицы Б.2.2.

7.4.2.2 Подготовить ИК к работе в соответствии с п.2.4 МИАН.468369.012 РЭЗ на ИК РБ. Включить электропитание оборудования АСУ и Р и ПЭВМ пульта ЦПУ. Загрузить программу управления стендом «Stand_Commander» и, при включенном питании стенда, убедиться во включении ИК крутящего момента силы и возможности визуального наблюдения результатов измерений этого ИК на экране монитора ЦПУ.

7.4.2.3 Определение приведенной к ВПИ погрешности вторичной части ИК и приведенной погрешности всего ИК:

- подключить калибратор силы постоянного тока к вторичной части выбранного ИК Мгт в соответствии с таблицей подключения средств поверки А.1, приведенной в Приложении А настоящей ПИ;

- поочередно подать на вход ИК значения силы постоянного тока $I_{\text{вх}}$, мА согласно таблице Б.2.2 и зафиксировать соответствующие измеренные значения выходного сигнала ИК Мгт изм, Н·м (считанных с монитора ПЭВМ ЦПУ, рисунок 2);

- для каждого из измеренных значений рассчитать абсолютную погрешность вторичной части ИК $\Delta \text{Мгтв}$ по формуле 1 (р. 8 МП) и зафиксировать ее в столбце 5 таблицы Б.2.2;

- рассчитать приведенную к ВПИ погрешность вторичной части ИК $\gamma_{\text{в2}}$, % по формуле 2 (р. 8 МП) и рассчитать приведенную к ВПИ погрешность ИК γ_2 , % по формуле 5 (р. 8 МП). Полученные значения фиксировать в столбцах 6 и 8 таблицы Б.2.2.

7.4.2.4 Результаты поверки считать положительными если максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности измерений крутящего момента силы на валу гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений находится в допускаемых пределах $\pm 1,5$ % и соответствует значениям из таблицы В.1.

7.4.3 Определение метрологических характеристик ИК частоты вращения

Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений комплексным способом (ИК ПГТ1, ПГТ2)

7.4.3.1 Подготовить ИК к работе в соответствии с п.2.4 МИАН.468369.012РЭЗ на ИК РБ. Включить электропитание оборудования АСУ и Р и ПЭВМ пульта ЦПУ. Загрузить программу управления стендом «Stand_Commander» и, при включенном питании стенда,

убедиться во включении всех ИК частоты вращения и возможности визуального наблюдения результатов измерений этих ИК на экране монитора ЦПУ.

7.4.3.2 Демонтировать датчик числа оборотов ИС445 испытуемого ИК (ДО1) со штатного места и установить его на вторичный эталон единицы частоты вращения (по приказу Росстандарта № 1621 от 31.07.2018 г.), выставив зазор между датчиком и зубчатым колесом эталона от 1 мм до 3 мм.

7.4.3.3 Последовательно устанавливая на вторичном эталоне значения частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) из столбца 2 таблицы Б.3.1, регистрировать в соответствующих строках столбца 3 указанной таблицы показания индикатора эталона, а в соответствующих строках столбца 4 этой же таблицы результаты измерений проверяемого ИК, отображаемые на мониторе ПЭВМ ЦПУ в поле $n_{ГТ1}$ (см. рисунок 2). Восстановить штатное местоположение датчика числа оборотов проверяемого ИК.

7.4.3.4 Повторить операции по пп. 7.4.3.2 и 7.4.3.3 для второго ИК частоты вращения $n_{ГТ2}$ с датчиком ДО2 и фиксацией результатов измерений соответствующей строке таблицы Б.3.1.

7.4.3.5 По формуле 1 (р. 8 МП) вычислить и занести в соответствующие строки столбца 5 таблицы Б.3.1 значения абсолютной погрешности ИК в проверяемых точках.

7.4.3.6 По формуле 2 (р. 8 МП) вычислить и занести в соответствующие строки столбца 6 таблицы Б.3.1 значения приведенной к ВПИ погрешности ИК в проверяемых точках.

7.4.3.7 Результаты поверки считать положительными, если максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности измерений частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений для обоих ИК находится в пределах $\pm 1\%$ и соответствует значениям из таблицы В.1.

8 Обработка результатов измерений

8.1 Проведение измерений

На каждом проверяемом ИК, у которых нулевое значение измеряемой величины расположено на краю диапазона измерений, измерения проводятся не менее, чем в пяти равномерно распределенных по диапазону точках.

8.2 Расчет погрешностей

8.2.1 Расчет абсолютной погрешности

Значение абсолютной погрешности измерений Δ вычисляется по формуле (1):

$$\Delta = X_{\text{изм}} - X_{\text{эт}}, \quad (1)$$

где $X_{\text{изм}}$ ($X_{\text{ик}}$) - результат измерений (ИК), определенный в п. 8.1;
 $X_{\text{эт}}$ - эталонное (действительное) значение измеряемой величины.

8.2.2 Расчет приведенной погрешности

Значение, приведенной к ВПИ, погрешности измерений γ вычисляется по формуле (2):

$$\gamma = (\Delta/X_{\text{впи}}) \cdot 100, \quad (2)$$

где Δ - значение абсолютной погрешности, определенное в п. 8.2.1;
 $X_{\text{впи}}$ - верхний предел диапазона измерений ИК.

8.3 Расчет приведенных погрешностей ИК при поэлементном способе

Приведенная к ВПИ, погрешность измерений ИК вычисляется по формуле (3):

$$\gamma = |\gamma_{\text{дат}}| + |\gamma_{\text{в}}|, \quad (3)$$

где γ - приведенная к ВПИ, погрешность измерений ИК;
 $\gamma_{\text{дат}}$ - приведенная к ВПИ, погрешность первичного преобразователя ИК;
 $\gamma_{\text{в}}$ - приведенная к ВПИ, погрешность вторичной части ИК.

8.3.1 Расчет погрешностей ИК избыточного давления

Приведенная к ВПИ, погрешность измерений избыточного давления вычисляется по формуле (5):

$$\gamma_1 = \gamma_{д1} + \gamma_{в1}, \quad (4)$$

где γ_1 - приведенная к ВПИ, погрешность измерений избыточного давления;
 $\gamma_{д1}$ - приведенная к ВПИ, погрешность датчика давления МИДА-ДИ-13П-01;
 $\gamma_{в1}$ - приведенная к ВПИ, погрешность измерений силы постоянного тока, соответствующей значениям избыточного давления.

8.4 Расчет погрешностей ИК крутящего момента силы

Приведенная к ВПИ, погрешность измерений крутящего момента силы вычисляется по формуле (6):

$$\gamma_2 = \gamma_I + \gamma_{в2}, \quad (5)$$

где γ_2 - приведенная к ВПИ ИК, погрешность измерений крутящего момента силы;
 γ_I – максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности преобразования крутящего момента силы в значение силы постоянного тока на аналоговом выходе блока обработки БИКМ-М-106М;

$\gamma_{в2}$ - приведенная к ВПИ, погрешность измерений силы постоянного тока, соответствующей значениям крутящего момента силы (погрешность вторичной части ИК).

9 Оформление результатов поверки

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

9.2 Положительные результаты поверки ИК РБ оформить свидетельством о поверке в установленном порядке.

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

9.4 В случае сокращения объема поверки соответствующие записи заносятся в свидетельство о поверке.

9.5 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Приложение А
(справочное)

Таблица подключения ИК РБ при поверке

Таблица А.1

№ п/п	Наименование и номер ИК	Обозначение ИК на мониторе ЦПУ	Ед. измер.	Обозначение, тип датчика	Место подключения средства испытаний (комплектно/поэлементно)	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	ИК избыточного давления продуктов сгорания на выходе из газогенераторного отделения (ГО) ИК № 16	Pго1	МПа	ДД03 МИДА-ДИ-13П-01	Бокс №1, БДД1, штуцер ДД03	Щит измерительный, блок питания А1, 2 канал, отключить провода и замкнуть между собой.
					Бокс №1, БДД1, разъем Х3 или ДД3, контакты 1-, 2+.	
2	ИК избыточного давления продуктов сгорания на выходе из ГО ИК № 17	Pго2	МПа	ДД04 МИДА-ДИ-13П-01	Бокс №1, БДД1, штуцер ДД04	Щит измерительный, блок питания А1, 1 канал, отключить провода и замкнуть между собой.
					Бокс №1, БДД1, разъем Х4 или ДД4, контакты 1-, 2+.	
3	ИК избыточного давления продуктов сгорания на выходе из ГО ИК № 18	Pго3	МПа	ДД05 МИДА-ДИ-13П-01	Бокс №1, БДД1, штуцер ДД05	Щит измерительный, блок питания А2, 4 канал, отключить провода и замкнуть между собой.
					Бокс №1, БДД1, разъем Х5 или ДД5, контакты 1-, 2+.	
4	ИК избыточного давления продуктов сгорания на выходе из турбинного двигателя ИК № 29	P2Т	МПа	ДД19 МИДА-ДИ-13П-01	Бокс №1, БДД2, штуцер ДД19	Щит измерительный, блок питания А5, 1 канал, отключить провода и замкнуть между собой.
					Бокс №1, БДД2, разъем Х9 или ДД19, контакты 1-, 2+.	

№ п/п	Наименование и номер ИК	Обозначение ИК на мониторе ЦПУ	Ед. измер.	Обозначение, тип датчика	Место подключения средства испытаний (комплектно/поэлементно)	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
5	ИК крутящего момента силы на валу гидротормоза (двигателя) ИК № 60	Мгт	Н·м	ДМ БИКМ-М-106М	Бокс №1, БНП, разъем X21, контакты 4-, 3+.	
6	ИК частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) ИК № 11	пГТ1	об/мин	ДО1 ИС445	Бокс №1, кабель ДО1, контакты 4-, 1+.	Только комплектно
7	ИК частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) ИК № 12	пГТ2	об/мин	ДО2 ИС445	Бокс №1, кабель ДО2, контакты 4-, 1+.	Только комплектно

Приложение Б. Форма протокола первичной/периодической поверки
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ поверки № _____

Каналов измерительные стенда тормозных испытаний РБ

зав. № 001

1 Вид поверки.....

2 Дата поверки.....

3 Условия поверки:

3.1 Температура окружающего воздуха, °С

3.2 Относительная влажность воздуха, %

3.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.....

4 Используемые средства измерений:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5 Поверка проводится согласно документу «Каналы измерительные стенда тормозных испытаний РБ. Методика поверки МП 2071-0002-2020»

6 Результаты поверки:

6.1 Внешний осмотр

6.2 Опробование

6.3 Проверка ПО

6.4 Определение метрологических характеристик:

6.4.1 Определение метрологических характеристик ИК избыточного давления

6.4.1.1 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя и на выходе из ГО в рабочих диапазонах измерений комплектным способом

ИК избыточного давления на выхлопе из турбинного двигателя Р2Т и на выходе из ГО Рго1, Рго2, Рго3

Таблица Б.1.1 (комплектный способ)

Обозначение и номер ИК на мониторе ЦПУ	Сигнал, подаваемый на вход ИК, МПа	Показание преобразователя давления эталонного, Хэ, МПа		Показания ИК, Х _{ИК} , МПа		Абсолютная погрешность ИК, Δ _{ИК} , МПа	Приведенная к ВПИ погрешность ИК, γ _{ПР} , %
		↑	↓	↑	↓		
1	2	3	4	5	6	7	8
ИК № 29 P2T	0,00	0,00	0,00				
	1,00	1,00	1,00				
	2,00	2,00	2,00				
	3,00	3,00	3,00				
	4,00	4,00	4,00				
ИК № 16 Pго1	0,00	0,00	0,00				
	10,0	10,00	10,00				
	20,0	20,00	20,00				
	30,0	30,00	30,00				
	40,0	40,00	40,00				
ИК № 17 Pго2	0,00	0,00	0,00				
	10,0	10,00	10,00				
	20,0	20,00	20,00				
	30,0	30,00	30,00				
	40,0	40,00	40,00				
ИК № 18 Pго3	0,00	0,00	0,00				
	6,25	6,25	6,25				
	12,5	12,5	12,5				
	18,75	18,75	18,75				
	25,0	25,0	25,0				

Максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя и на выходе из ГО в рабочих диапазонах измерений комплектным способом составило _____ % и находится в допустимых пределах ±1 %.

6.4.1.2 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя и на выходе из ГО в рабочих диапазонах измерений поэлементным способом

ИК избыточного давления на выхлопе из турбинного двигателя P2T и на выходе из ГО Pго1, Pго2, Pго3

Таблица Б.1.2 (поэлементный способ)

Обозначение и номер ИК на мониторе ЦПУ	Сигнал, подаваемый на вход вторичной части ИК $I_{вх}$, мА	Расчетное (эталонное) значение выходного сигнала ИК $P_{эт}$, МПа	Измеренное значение выходного сигнала ИК $R_{изм}$, МПа	Абсолютная погрешность вторичной части ИК $\Delta P_{в}$, МПа	Приведенная погрешность вторичной части ИК, $\gamma_{в1}$ %	Приведенная к ВПИ погрешность датчика, $\gamma_{д1}$, %	Приведенная к ВПИ погрешность ИК γ_1 , %
1	2	3	4	5	6	7	8
ИК № 29 P2T	4,0	0				0,5	
	8,0	1				0,5	
	12,0	2				0,5	
	16,0	3				0,5	
	20,0	4				0,5	
ИК № 16 Pго1	4,0	0				0,5	
	8,0	10				0,5	
	12,0	20				0,5	
	16,0	30				0,5	
	20,0	40				0,5	
ИК № 17 Pго2	4,0	0				0,5	
	8,0	10				0,5	
	12,0	20				0,5	
	16,0	30				0,5	
	20,0	40				0,5	
ИК № 18 Pго3	4,0	0				0,5	
	8,0	6,25				0,5	
	12,0	12,5				0,5	
	16,0	18,75				0,5	
	20,0	25,0				0,5	

Максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности измерений избыточного давления продуктов сгорания на выхлопе из турбинного двигателя и на выходе из ГО в рабочих диапазонах измерений поэлементным способом составило _____ % и находится в допускаемых пределах ± 1 %.

6.4.2 Определение метрологических характеристик ИК крутящего момента силы

Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений крутящего момента силы на валу гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений

ИК крутящего момента силы на валу гидротормоза (двигателя) Мгт

6.4.2.1 Определение приведенной к ВПИ погрешности преобразования крутящего момента силы в значение силы постоянного тока первичной части ИК (датчика крутящего момента силы БИКМ-М-106М).

Таблица Б.2.1

№, i	Заданное значение $M_{n,i}, \text{Н}\cdot\text{м}$	Измеренное значение $I_{n,i}$ ($I'_{n,i}$), мА			$I_{\text{НОМ},i}, \text{мА}$	$\bar{I}_i, (\bar{I}'_i), \text{мА}$	$\gamma_i^I, \%$
		$I_{1,i}$	$I_{2,i}$	$I_{3,i}$			
1	1000				4,46		
2	8750				8		
3	17500				12		
4	26250				16		
5	35000				20		
6	26250				16		
7	17500				12		
8	8750				8		
9	1000				4,46		

Максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности преобразования крутящего момента силы в значение силы постоянного тока составляет _____.

6.4.2.2 Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений силы постоянного тока, соответствующей значению крутящего момента силы (вторичной части ИК) и погрешности ИК в целом

Таблица Б.2.2

Обозначение и номер ИК на мониторе ЦПУ	Сигнал, подаваемый на вход вторичной части ИК $I_{вх}, \text{мА}$	Расчетное (эталонное) значение выходного сигнала ИК $M, \text{Н}\cdot\text{м}$	Измеренное значение выходного сигнала ИК $M_{\text{изм}}, \text{Н}\cdot\text{м}$	Абсолютная погрешность вторичной части ИК $\Delta M_{в}, \text{Н}\cdot\text{м}$	Приведенная к ВПИ погрешность вторичной части ИК, $\gamma_{в2}, \%$	Максим. значение приведенной к ВПИ погрешности преобразования, $\gamma I, \%$	Приведенная к ВПИ погрешность ИК $\gamma_2, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
ИК № 60 МГТ	4,46	1000					
	8	8750					
	12	17500					
	16	26250					
	20	35000					

Максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности измерений крутящего момента силы на валу гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений составило _____ % и находится в допустимых пределах $\pm 1,5 \%$.

6.4.3 Определение метрологических характеристик ИК частоты вращения

Определение приведенной к ВПИ погрешности измерений частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений комплектным способом

ИК частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) ПГТ1, ПГТ2

Таблица Б.3.1 (комплектный способ)

Обозначение и номер ИК на мониторе ЦПУ	Значения частоты вращения, об/мин	Показания индикатора эталона, Хэ, об/мин	Показания ИК Хик, об/мин	Абсолютная погрешность ИК Дик, об/мин	Приведенная к ВПИ погрешность ИК $\gamma_{пр}$, %
1	2	3	4	5	6
ИК № 11 пГТ1	200				
	1750				
	2500				
	3750				
	5000				
ИК № 12 пГТ2	200				
	1750				
	2500				
	3750				
	5000				

Максимальное значение приведенной к ВПИ погрешности измерений частоты вращения вала гидротормоза (двигателя) в рабочем диапазоне измерений комплектным способом составило _____ % и находится в пределах ± 1 %.

6 Выводы

Погрешности Каналов измерительных стенда тормозных испытаний РБ зав. № 001 не превышают пределов допускаемой погрешности.

Результаты поверки: _____

Дата очередной поверки: _____

Поверитель: _____

Должность

Дата

Подпись

ФИО

Приложение В

(справочное)

Перечень измеряемых параметров ИК РБ

В.1 Перечень измеряемых параметров ИК РБ приведен в таблице В.1.

В таблице В.1 используются следующие сокращения:

ВПИ - верхний предел диапазона измерений;

ГО – газогенераторное отделение;

ИК – канал измерительный

Таблица В.1

Наименование параметра (номер ИК)	Обозначение параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой приведенной к ВПИ погрешности измерений
ИК избыточного давления			
Давление продуктов сгорания на выходе из ГО (ИК 16, 17, 18)	P _{ГО1}	от 0 до 40 МПа	±1 %
	P _{ГО2}	от 0 до 40 МПа	±1 %
	P _{ГО3}	от 0 до 25 МПа	±1 %
Давление продуктов сгорания на выхлопе из турбинного дви- гателя (ИК 29)	P _{2Т}	от 0 до 4 МПа	±1 %
ИК крутящего момента силы			
Крутящий момент силы на валу гидротормоза (двигателя) (ИК 60)	M _{ГТ}	от 1000 до 35000 Н·м	±1,5 %
ИК частоты вращения			
Частота вращения вала гидро- тормоза (двигателя) (ИК 11, 12)	n _{ГТ1}	от 200 до 5000 об/мин	±1 %
	n _{ГТ2}	от 200 до 5000 об/мин	±1 %