

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Система контроля геометрических размеров, формы, деформаций, колебаний крупногабаритных космических конструкций (СКФД)

Назначение средства измерений

Система контроля геометрических размеров, формы, деформаций крупногабаритных космических конструкций (СКФД) (далее - система контроля) предназначена для определения геометрических размеров формы, статических и динамических деформаций крупногабаритных упругих космических конструкций.

Описание средства измерений

Система контроля состоит из двух стендов, конструктивно независимых друг от друга:

- стенда № 1 для модальных испытаний крупногабаритных космических конструкций ракетно-космической техники с применением лазерных виброметров;
- стенда № 2 для контроля геометрических размеров, формы, деформаций крупногабаритных космических конструкций ракетно-космической техники с применением лазерных виброметров.

Функционально и конструктивно стенды состоят из следующих элементов:

- лазерных двух- и трехмерных сканирующих виброметров;
- лазерных однотоочечных виброметров;
- систем возбуждения колебаний в составе: электродинамических вибраторов, усилителей мощности, блоков управления силами, устройств для монтажа вибраторов и усилителей, системы калибровки вибраторов;
- электродинамического вибростенда;
- ПЭВМ, используемой для управления работой стенда и вычисления результатов измерений.

Стенд № 1 дополнен системой модальных испытаний LMS SCADAS III, содержащей датчики ускорений, усилители датчиков ускорений, систему регистрации сигналов датчиков ускорений, интерфейсы для сопряжения с лазерным виброметром.

Стенд № 2 дополнен бесконтактным лазерным сканирующим радаром MV-260 (MV-224) фирмы «Метрис», активной системой раскрытия, системой измерения перемещений и скоростей точек крупногабаритной конструкции при модальных испытаниях, содержащей датчики ускорений, усилители датчиков ускорений, систему регистрации сигналов датчиков ускорений, интерфейсы для сопряжения с лазерным виброметром, системой контроля формы объекта испытаний.

Принцип работы лазерных виброметров в составе стендов № 1 и № 2 основан на эффекте Доплера.

В процессе сканирования или измерения (однотоочечный лазерный виброметр) фиксируется сдвиг частоты отраженного от вибрирующей поверхности лазерного луча и вычисляются мгновенные значения виброскорости и виброускорения.

Геометрические размеры и форма объекта в обоих стендах могут определяться с помощью входящих в состав лазерных виброметров модулей PSV-A-420, принцип действия которых заключается в измерении координат точек в пространстве полярным методом.

Измерение длин производится высокоточным безотражательным лазерным дальномером (запатентованная технология частотно-модулированного лазерного когерентного радара), сравнимым по точности (единицы микрон) с лазерным интерферометром.

Общий вид стендов представлен на рисунках 1 и 2, фотографии общего вида лазерных виброметров, входящих в их состав приведены на рисунках 3-5.



(1-контроллер виброметра PSV-500-H; 2 - контроллер PSV-400-3D; 3 - лазерные головки виброметра PSV-400-3D; 4 - лазерная головка виброметра OFV-5000; 5 - калибратор; 6 - объект испытаний; 7 - лазерная головка виброметра PSV-500-H; 8 - контроллер виброметра PSV-500-H; 9 - вибраторы)

Рисунок 1 - Стенд №1 для модальных испытаний крупногабаритных космических конструкций ракетно-космической техники с применением лазерных виброметров (общий вид с указанием расположения составных частей)



Рисунок 2 - Стенд №2 для контроля геометрических размеров, формы, деформаций крупногабаритных космических конструкций ракетно-космической техники с применением лазерных виброметров (общий вид)



Рисунок 3 - Двухмерный лазерный сканирующий виброметр PSV-500-H



Рисунок 4 - Трехмерный лазерный сканирующий виброметр PSV-400-3D в рабочем положении



Рисунок 5 - Одноточечный лазерный виброметр

Конструкции средств измерений в составе системы контроля спроектированы так, что доступ к измерительным компонентам и внутренним частям возможен только с нарушением пломб, установленных на винты крепления блоков печатных плат к корпусу.

Программное обеспечение

Управление работой системы контроля, регистрация результатов измерений и их первичная обработка осуществляется при помощи управляющей ПЭВМ с установленным специализированным программным обеспечением (ПО). Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Идентификационные данные (признаки) ПО

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер ПО)	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
Vibrometer Panel 2.4	Vibrometer Panel 2.4	Version 2.4	63780BBC2D43F5A7F93B72532E23A6CA	MD5
VibroSoft Version 4.81 (Vibromert Software)	VibroSoft Version 4.81	Version 4.81	FF53073A83BE72FA538EB4A0AFCD441	MD5
VibroSoft Version 5.0 (Vibromert Software)	VibroSoft Version 5.0	Version 5.0	CE0C76201F10809B6439B9098241F255	MD5
PSV Software 9.0 (Politec Scanning Vibrometer)	PSV Software 9.0	Version 9.0	ECE76B23E3864A0754FD4C5A50CAB4CD	MD5
PSV Software 9.0 (Politec Scanning Vibrometer)	PSV Software 9.0	Version 9.0	F7944CF0B1F92891EEB40BB45538B6EE	MD5

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер ПО)	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
Polytec Ennergency Recovery CD Version 2.0	Ennergency Recovery CD Version 2.0	Version 2.0	BECA6D57CEC278BC7186C4D1F3D8B5F7	MD5
LMS Test.Lab Rev 12A	Test.Lab Rev 12A	Version 12A	BA56F3D79F64267B5539CCC0CD945F64	MD5
LMS Test.Lab Rev 12A SL1	Test.Lab Rev 12A SL1	Version 12ASL1	5F0428F87D52982D382FA64032B855B7	MD5
LMS Test.Lab Rev 12A SL2	Test.Lab Rev 12A SL2	Version 12ASL2	CD60FA808D174A66FEDF74D3569CBA6F	MD5
LMS Test.Lab 12A	Test.Lab 12A	Version 12A	66BA33A45C72BBF946AFF2FD4D5B9712	MD5
LMS Test.Lab Rev 11B SL2	Test.Lab Rev 11B SL2	Version 11BSL2	1F6E29E32E0899E9BA2314A071257F04	MD5
LMS Test.Lab Rev 11B SL3	Test.Lab Rev 11B SL3	Version 11BSL3	E4405B1762ED38167B99FC22D30249CE	MD5

Метрологически значимая часть ПО и измеренные данные достаточно защищены с помощью специальных средств защиты от преднамеренных и непреднамеренных изменений. Защита программного обеспечения соответствует уровню «средний» по Р 50.12.077-2014.

Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики системы контроля приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Метрологические и технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, Гц	от 10 до 10000
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот (от 10 Гц до 10 кГц), дБ	±0,6
Диапазон измерений виброускорений, м/с ²	от 2,5 до 196
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений виброускорений на базовой частоте 100 Гц, %	±3
Диапазон измерений длины, м	от 0,125 до 21,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, мм	±2,5
Суммарная потребляемая мощность В·А, не более	1310,0
Масса составных частей, кг, не более: - контроллер OFV-5000	10,0

Продолжение таблицы 2

Наименование характеристики	Значение характеристики
- одноточечная сенсорная головка OFV-505 / -503	3,4
- сканирующая головка PSV-I-500	9,2
- ПК PSV-W-500	18,0
- блок входного каскада PSV-F-500-H/PSV-F-500-B	10,0
- модуль сканирования геометрии PSV-A-420	1,3
- сканирующая головка PSV-I-400	7,0
- ПК PSV-W-400-3D	9,0
- блок коммутации PSV-E-408	1,5
- блок коммутации PSV-E-401-3D	9,0
Габаритные размеры составных частей (длина × ширина × высота), мм, не более:	
- Блок коммутации PSV-E-401-3D	450 × 355 × 135
- Блок коммутации PSV-E-408	482 × 303 × 23
- ПК PSV-W-400-3D	450 × 550 × 190
- Модуль сканирования геометрии PSV-A-420	205 × 69 × 130
- Блок входного каскада PSV-F-500-H/PSV-F-500-B	485 × 150 × 380
- ПК PSV-W-500	485 × 190 × 550
- Контроллер OFV-5000	450 × 365 × 135
- Сканирующая головка PSV-I-500	238 × 384 × 163
Рабочие условия эксплуатации:	
- температура окружающего воздуха, °C	20±5
- относительная влажность воздуха, %, не более	80
- атмосферное давление, мм рт. ст.	от 537 до 800

Знак утверждения типа

наносится на титульный лист руководства по эксплуатации методом компьютерной графики и на переднюю панель контроллера сканирующего виброметра PSV-400-3D любым способом, обеспечивающим четкое изображение и сохранность в течение всего срока службы.

Комплектность средства измерений

Комплектность системы контроля приведена в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 - Комплектность (Стенд № 1)

Наименование	Количество
1 Стенд № 1	1 шт.
1.1 Лазерный виброметр PSV-400 3D:	1 комплект
- контроллер виброметра OFV-5000, оснащенный цифровыми декодерами скорости	3 шт.
- измерительная головка PSV-I-400	3 шт.
- блок коммутации PSV-E-401/ PSV-E-408 с тремя главными кабелями PSV-CL-10 длиной 10 м	1 шт.

Продолжение таблицы 3

Наименование	Количество
- система управления данными PSV-W-402 - штатив VIB-A-T02 с поворотно-наклонным переходником - пульт PSV-Z-051 - мобильная стойка 19" с верхней рабочей поверхностью и возможностью размещения кабелей	1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт.
1.2 Лазерный виброметр PSV-500-H:	1 комплект
- входной каскад PSV-F-500-H или PSV-F-500-B - сканирующая головка PSV-I-500. - система управления данными PSV-W-500 - легкий штатив VIB-A-T02 с плавающей платформой - шнур питания - шнур питания элементов системы - кабель BNC - сетевой кабель - монтажная стойка 19" для виброметра PSV-A-013 - тренога для крепления сканирующей головки виброметра VIB-A-T02 Tripod	1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт. 3 шт. 3 шт. 3 шт. 1 шт. 1 шт.
1.3 Контроллер OFV-5000:	1 комплект
- декодер виброскорости VD-09 - декодер виброперемещения DD-900 - транспортировочный кейс - тренога - портативный анализатор с ПО Vibsoft-20 - ноутбук Dell Precision M4600	1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт.
1.4 Усилители цифровые измерительные LMS SCADAS:	
- специализированный корпус (крейт) - адаптер питания от сети переменного тока 220 В/110В SCM-AC/DC - интерфейсная карта LAN Ethernet для подключения к управляющему компьютеру - интерфейсный кабель Ethernet для подключения к управляющему компьютеру (витая пара категории 5е) с разъемами RJ-45 SCx-HIC-E2 - комплект кабельных переходников для подключения тахометрических каналов и выходов ЦАП LEMO CAMAC - BNC female SCM-CAS05, SCM-CAS06 - комплект кабельных переходников для подключения первичных преобразователей в зависимости от типа измерительных усилителей - усилитель цифровой измерительный LMS SCADAS. Руководство по установке и использованию - LMS IN-VJ-(SC). Руководство по верификации и поверке LMS SCADAS I - ПО LMS IN-VJ-(SC) для верификации и поверки SCADAS	1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 комплект 1 шт. 1 шт. 1 шт.

Продолжение таблицы 3

Наименование	Количество
- ПО LMS Test.Xpress или LMS Test.Lab на DVD диске	1 шт.
- индивидуальный лицензионный файл или USB-ключ	1 шт.
- методика поверки РТ 1515-2011	1 шт.
2 Программное обеспечение:	
- Standard System Software	1 шт.
- PSV-S-TRIA Optimizing 3D Geometry	1 шт.
- Data Export: PSV-S-ExpUFF	1 шт.
- PSV-S-APS APS Professional	1 шт.
- High Resolution Scan: PSV-S-HRScn supports scan with up to 512 x 512 points	1 шт.
- High Resolution FFT: PSV-S-FFT64 6400 FFT Lines	1 шт.
- Internal Signal Generator: PSV-S-SIG-H arbitrary signal generator, Bandwidth 80kHz	1 шт.
- Scripting Engine and Open Data Interface PSV-S-VBEng Visual Basic Engine	1 шт.
- PSV-S-SigPro Post-processing of data	1 шт.
- Geometry Import PSV-S-ImpGeo	1 шт.
- Time domain PSV-S-TDD	1 шт.
- Extended FFT resolution PSV-S-FFT 128	1 шт.
- Desktop Analysis Version - PSVSoft-D Network version 1 user	1 шт.
- PSV-S-PCA for MIMO measurements	1 шт.
3 Соединительные кабели	1 комплект
4 Портативный компьютер	1 шт.
5 Руководство по эксплуатации	1 шт.
6 Методика поверки	1 шт.

Таблица 4 - Комплектность (Стенд №2)

Наименование	Количество
1 Стенд № 2	1 шт.
1.1 Лазерный сканирующий виброметр PSV-400-3D	1 шт.
1.2 Сканирующие головки виброметра PSV-I-400	3 шт.
1.3 Контроллер OFV-5000	3 шт.
1.4 Система сбора и обработки данных PSV-W401-3D	1 шт.
1.5 Оптическая система измерения деформаций Vic3D	1 шт.
1.6 Лазерный радар MV224 (MVI-01-01-SB)	1 шт.
1.7 Блок преобразования сигналов для лазерных датчиков РФ603 (КПБМ.1162.03.01)	1 шт.
1.8 Система возбуждения колебаний	1 шт.
1.9 Система проведения модальных испытаний (КПБМ.1162.03)	1 шт.
1.10 Устройство компенсации веса (КПБМ.1162.03.02)	16 шт.
1.11 Устройство компенсации веса (КПБМ.1162.03.03)	8 шт.
1.12 Система измерений колебаний:	
- монтажная клипса акселерометра (080A185)	25 шт.
- высокочувствительный ICP® акселерометр, трехкомпонентный (356A17)	21 шт.
- датчики РФ603 фирмы РИФТЕК (Беларусь)	32 шт.

Продолжение таблицы 4

Наименование	Количество
- многожильный экранированный кабель в защитном кожухе (длина: 15 м; разъем: DB50 female / (16) BNC plugs)	2 шт.
- кабель коаксиальный малошумящий - Длина: 15,1 метра (разъем: ¼-28 / 3X10-32 plug)	25 шт.
- адаптер BNC Plug/10-32 Jack	64 шт.
- 32-канальная коммутационная панель	2 шт.
1.13 Система для модальных испытаний крупногабаритных упругих конструкций:	
- SCL20-ENV- 20-слотовый крейт LMS SCADAS Lab Vibration Control для установки в стойку 19" со встроенным контроллером генератора сигналов с обратной связью и интерфейсом UTP (Ethernet) с ПК.	1 шт.
- SCL-DAC4 - 4-канальная плата генератора сигналов управления	3 шт.
- SCL-VD8b-E - 8-ми канальный усилитель сигналов напряжения со встроенным ICP источником питания и дифференциальной схемой подключения (BNC разъемы)	8 шт.
- FLEXLM (DONGLE) - USB-ключ для защиты доступа к ПО и возможности работы с ПО на разных ПК	1 шт.
2 Программное обеспечение	
2.1 ПО лазерного виброметра PSV-400-3D:	
- базовое программное обеспечение Standard System Software	1 шт.;
- модуль ПО для создания сетки точек измерения PSV-S-APS	1 шт.
- программная опция обработки изображения PSV-S-TRIA	1 шт.
- ПО для анализа и расчета главных компонент PSV-S-PCA	1 шт.
- ПО для пост -процессной спектральной обработки сигналов PSV-S-SigPro	1 шт.
- ПО для хранения временных данных PSV-S-TDD	1 шт.
- Оффлайн версия ПО для анализа результатов измерений на компьютере, отличном от компьютера виброметра PSVSoft-D	1 шт.
- ПО для экспорта сканированных данных PSV-S-ExpUFF	1 шт.
- ПО для сканирования с высоким разрешением PSV-S-HRScn	1 шт.
- ПО для сканирования с высоким частотным разрешением PSV-S-FF64	1 шт.
- ПО для импорта данных из внешних приложений PSV-VBEng	1 шт.
- Модуль для импорта геометрических данных PSV-S-ImpGeo	1 шт.
- ПО для сканирования с высоким частотным разрешением PSV-S-FFT128	1 шт.
2.2 Программное обеспечение Vic3D 2010:	
- программное обеспечение VicSnap LS (для работы со стандартными камерами)	1 шт.
- программное обеспечение VicSnap3D CameraLink (для работы с цифровыми камерами с подключением CameraLink)	1 шт.
- модуль программного обеспечения VicSnap LS - Fulcrum, для проведения съемки циклических испытаний с помощью низкоскоростных камер	1 шт.
- модуль для проведения измерений деформации в реальном времени - Vic3D Real-Time	1 шт.

Продолжение таблицы 4

Наименование	Количество
2.3 Программное обеспечение LMS:	
- основное ПО управления данными испытаний TL-DTP.21.1	1 шт.
- ПО для калибровки, диагностики и метрологической поверки IN-VJ-(SC)	1 шт.
- программный драйвер для управления сбором данных TL-SCD.99.3	1 шт.
- ПО визуализации форм колебаний во временной и частотной области TL-ODS.52.2	1 шт.
- ПО для модальных испытаний в режиме случайного нагружения при однотоочечном и многотоочечном возбуждении TL-STR.28.2	1 шт.
- ПО для модальных испытаний методом нормальных мод TL-STR.17.2	1 шт.
- ПО для идентификации мод методом LMS PolyMAX TL	1 шт.
- ПО для предсказания модальных модификаций TL	1 шт.
- ПО для модальных испытаний на синусе с разверткой в режиме многотоочечного возбуждения TL-STR.13.2	1 шт.
- ПО управления в режиме многотоочечного нагружения на синусе с пошаговой разверткой TL-STR.14.2	1 шт.
- ПО экспериментального модального анализа TL-MOD.21.2	1 шт.;
- ПО для создания геометрической 3D - модели TL-GEO.03.2	1 шт.
- ПО цифрового магнитофона LMS Test.Lab TL-SIG.28.3	1 шт.
2.4 Программное обеспечение лазерного сканера MV224 (MVI-03-06-SA):	
- SW SA - основной модуль с интерфейсом для сканера	1 шт.
- SA - Measurement Plan Module - модуль для автоматизации процесса и измерений и написания скриптов	1 шт.
- SA - Reverse Design Module - модуль работы с облаками точек	1 шт.
- SA - Transformation Tracking -модуль для ввода данных с нескольких станций с одновременной выдачей отклонений от проекта	1 шт.
- SA - Relationship Fitting - модуль для привязки (Best FIT) различных объекты друг к другу (точки, плоскости, поверхности) с возможностью индивидуального задания весов.	1 шт.
3 Руководство по эксплуатации	1 шт.

Поверка

осуществляется в соответствии с документом МП 64046-16 «Система контроля геометрических размеров, формы, деформаций, колебаний крупногабаритных космических конструкций (СКФД). Методика поверки», утвержденным первым заместителем генерального Директора - заместителем по научной работе ФГУП «ВНИИФТРИ» 20.08.2015 г. Условия эксплуатации стендов не обеспечивают сохранности поверительных клейм, нанесенных на корпус составных частей системы контроля. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

Основные средства поверки:

- виброустановка калибровочная портативная 9100D (рег. номер 50247-12);
- дальномер лазерный Leica DISTO D5 (рег. номер 41142-09).

Сведения о методиках (методах) измерений

1 Система контроля геометрических размеров, формы, деформаций крупногабаритных космических конструкций (СКФД). Руководство по эксплуатации.

2 «Стенд для модальных испытаний крупногабаритных космических конструкций РКТ с применением лазерных виброметров» И5556.400200.000. Руководство по эксплуатации.

3 «Стенд для контроля геометрических размеров, формы, деформаций крупногабаритных космических конструкций РКТ с применением лазерных виброметров» 238.0000-0. Руководство по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к системе контроля геометрических размеров, формы, деформаций, колебаний крупногабаритных космических конструкций (СКФД)

МИ 2060-90 «Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \times 10^{-6} \div 50$ м и длин волн в диапазоне $0,2 \div 50$ мкм».

ГОСТ Р 8.800-2012 «Государственная поверочная схема для средств измерений виброперемещения, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^4$ Гц».

Техническая документация изготовителя.

Изготовитель

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш), ИНН 5018034218

Юридический адрес: 141070, Московская область, г. Королёв, ул. Пионерская, д.4

Почтовый адрес: 141070, Московская область, г. Королёв, ул. Пионерская, д.4

Телефон: (495) 513-59-51; Факс: (495) 512-21-00; E-mail: corp@tsniimash.ru

Заявитель

Закрытое акционерное общество «Инновационные технологии «Тест-Прибор» (ЗАО «ИТ «Тест-Прибор»), ИНН 5029143882

Юридический адрес: 141011, Московская обл, г. Мытищи, ул. Колпакова, д.2

Почтовый адрес: 141011, Московская область, г. Мытищи, ул. Колпакова, д.2

Тел./факс: 8 (495) 586-16-00; 8 (499) 346-41-00; E-mail: info@ittestpribor.ru

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

Юридический адрес: 141570, Московская обл., Солнечногорский р-н, рабочий поселок Менделеево, промзона ВНИИФТРИ, корпус 11

Почтовый адрес: 141570, Московская область, Солнечногорский р-н, п/о Менделеево

Телефон/факс: (495) 744-81-12; E-mail: office@vniiftri.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИФТРИ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30002-13 от 07.10.2013 г.

Заместитель

Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п.

« ____ » _____ 2016 г.