



Системы измерений для испытаний и эксплуатации ракетно-космической техники

© 2016-2017 НПП «МЕРА»

Системы измерений для испытаний и эксплуатации ракетно-космической техники

Содержание

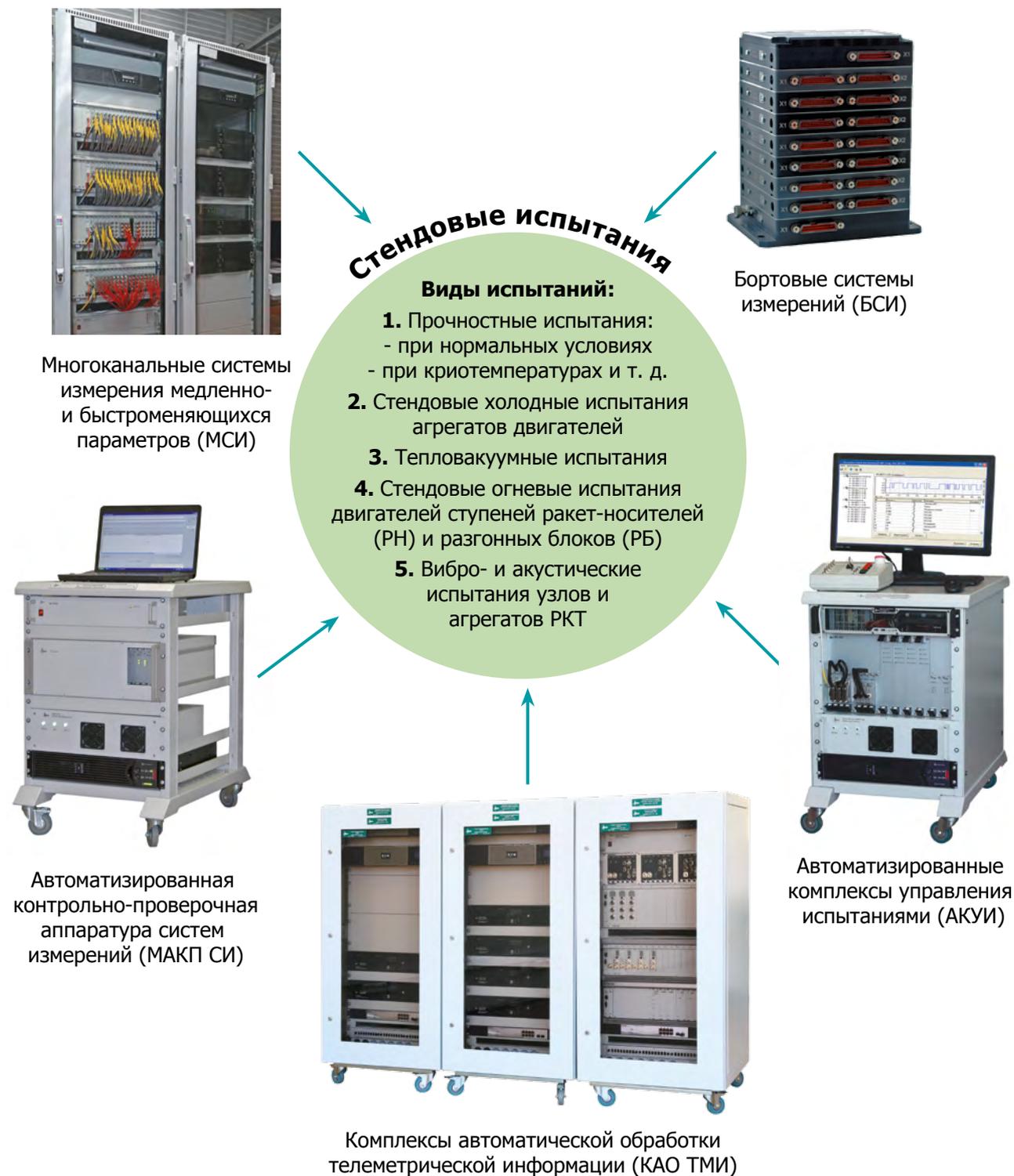
Современные системы испытаний ракетно-космической техники	2
Создание системы измерений технологических параметров стартового комплекса	6
Многоканальная автоматизированная система испытаний (МАСИ) жидкостных ракетных двигателей	12
Система измерения и управления универсального испытательного стенда (УИС)	16
Многоканальная автоматизированная контрольно-проверочная система измерений (МАКП СИ)	21
Многоканальный комплекс статических измерений (МКСИ)	24
Система измерения вибронагрузок (СИБ) при транспортировке ракеты космического назначения	27
Система управления теплопрочностными и повторно-статическими испытаниями РКТ	36
Система управления тепловакуумными испытаниями (СУТИ)	40
Компетенции НПП «МЕРА» в сфере автоматизации испытаний РКТ	43

Подробная информация об оборудовании и программном обеспечении производства НПП «МЕРА» с указанием основных технических, эксплуатационных характеристик и описанием функциональных возможностей приведена в каталоге продукции и сборнике «Программное обеспечение для промышленных измерений».

Современные системы испытаний ракетно-космической техники

НПП «МЕРА» разрабатывает, производит и внедряет в эксплуатацию автоматизированные информационно-измерительные и управляющие системы для испытаний изделий ракетно-космической техники (РКТ).

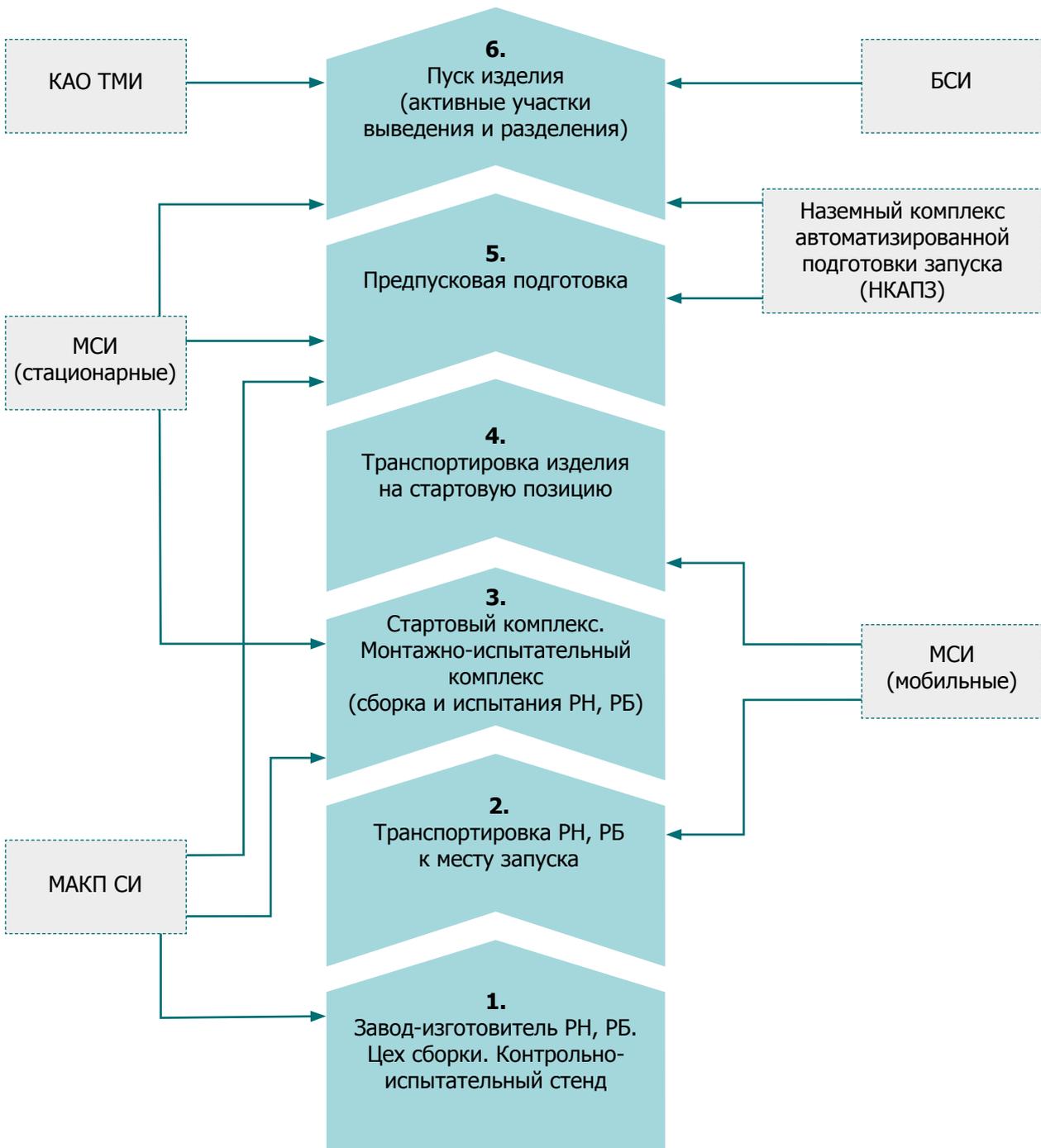
Современные средства автоматизации проведения испытаний при отработке изделий РКТ



Разработки НПП «МЕРА» для автоматизации испытаний РКТ



Применение контрольно-измерительных средств НПП «МЕРА» на этапах подготовки и эксплуатации РКТ



НПП «МЕРА» осуществляет комплексный подход по созданию автоматизированных измерительных и управляющих систем: от проведения НИР по определению облика и характеристик перспективных систем, использования средств и методов измерений, разработки ТЗ, их экспертизы до выполнения всех работ по этапам СЧ ОКР по ТЗ головного исполнителя в соответствии с ГОСТ РВ 15.203-2001, РК-11 и сопровождения систем в эксплуатации, включая гарантийное (в течение 3 лет) и послегарантийное обслуживание.

При этом основным конкурентным преимуществом НПП «МЕРА» является поставка измерительных/испытательных систем «под ключ» по ТЗ заказчика, включая:

- системную интеграцию,
- собственные разработки и изготовление аппаратных и программных средств,
- разработку и изготовление механических конструкций уровня разукрупнения от БНК1-3 до элементов сварных нетиповых металлоконструкций, комплектов кабелей, эксплуатационной документации,
- организацию и сопровождение испытаний в аккредитованных центрах на соответствие требованиям НТД заказчика, в том числе КГВС «Мороз-6»,
- проведение монтажных, пусконаладочных работ и автономных испытаний на объектах заказчика,
- выполнение работ по внесению метрологически значимой части систем в госреестр средств измерений и аттестации испытательного оборудования.

Для проведения данных работ на предприятии внедрена СМК, соответствующая положениям РК-11-КТ, РК-11, ГОСТ СРПП ВТ, включая ГОСТ РВ 0015-002-2012, ГОСТ ISO 9001-2011 и ОСТ-134-1028-2012, что подтверждается сертификатом соответствия Роскосмоса; имеются лицензия на осуществление космической деятельности, лицензия ФСБ РФ на осуществление работ, связанных с использованием сведений, составляющих государственную тайну, свидетельство СРО о допуске для проведения монтажных и пусконаладочных работ, осуществления генподряда по организации строительства, реконструкции и капремонта на объектах повышенной опасности, свидетельства об утверждении типа изготавливаемых средств измерений.

Работы осуществляются под контролем ВП МО РФ.

Типовой подход к созданию системы измерения предполагает дублирование регистрации данных по всем измерительным каналам. Система измерения имеет два идентичных (основной и резервный) набора измерительных комплексов, в каждый из которых входят: регистраторы параметров быстро протекающих процессов и регистраторы параметров относительно медленно протекающих процессов. Сбор данных основные и резервные комплексы производят с общих измерительных датчиков, установленных в испытательной камере стенда и подключенных к искрозащитной аппаратуре. Разделение каналов на основной и резервный производится на выходе искрозащитных модулей. Запись измерительной информации основных и резервных каналов производится в общий файл, формируемый на удаленных станциях сбора данных (ССД), к которым подключены по Ethernet основные и резервные измерительные комплексы.

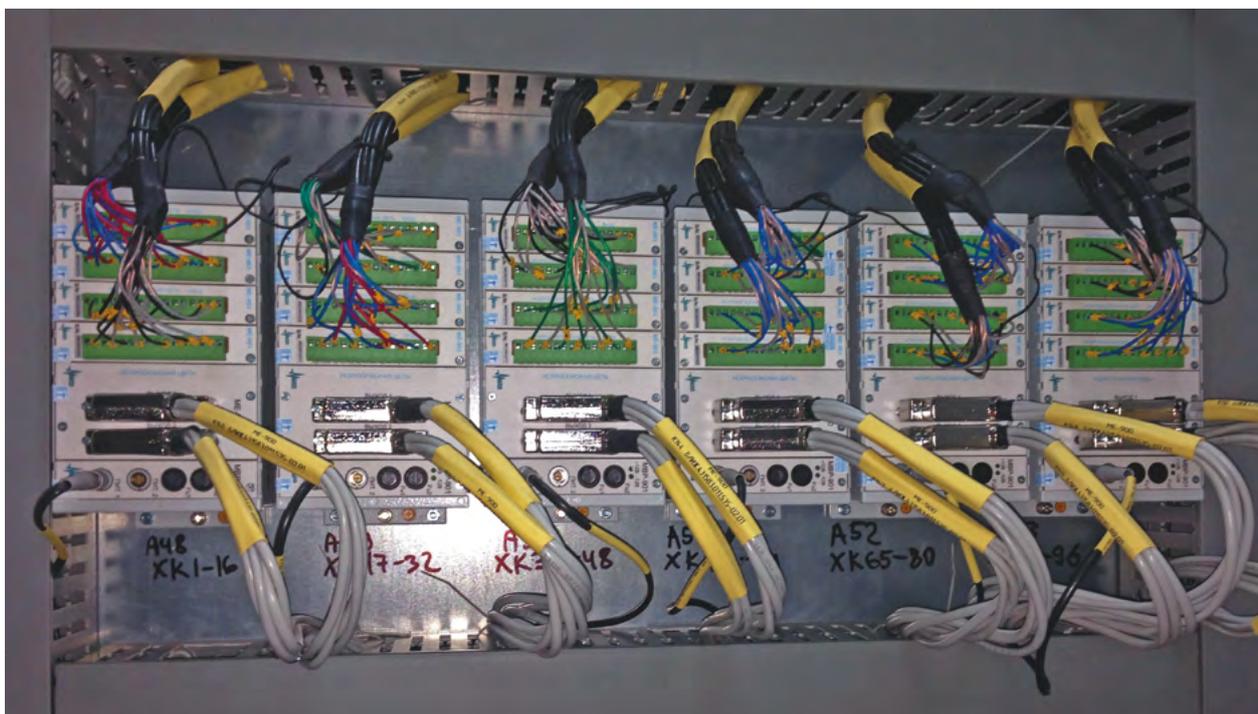
Использование дублирования измерительных каналов быстроменяющихся параметров допускает их различные настройки и повышает информативность измерительного процесса.



Структура дублированного измерительного канала



Шкаф с блоками искрозащиты



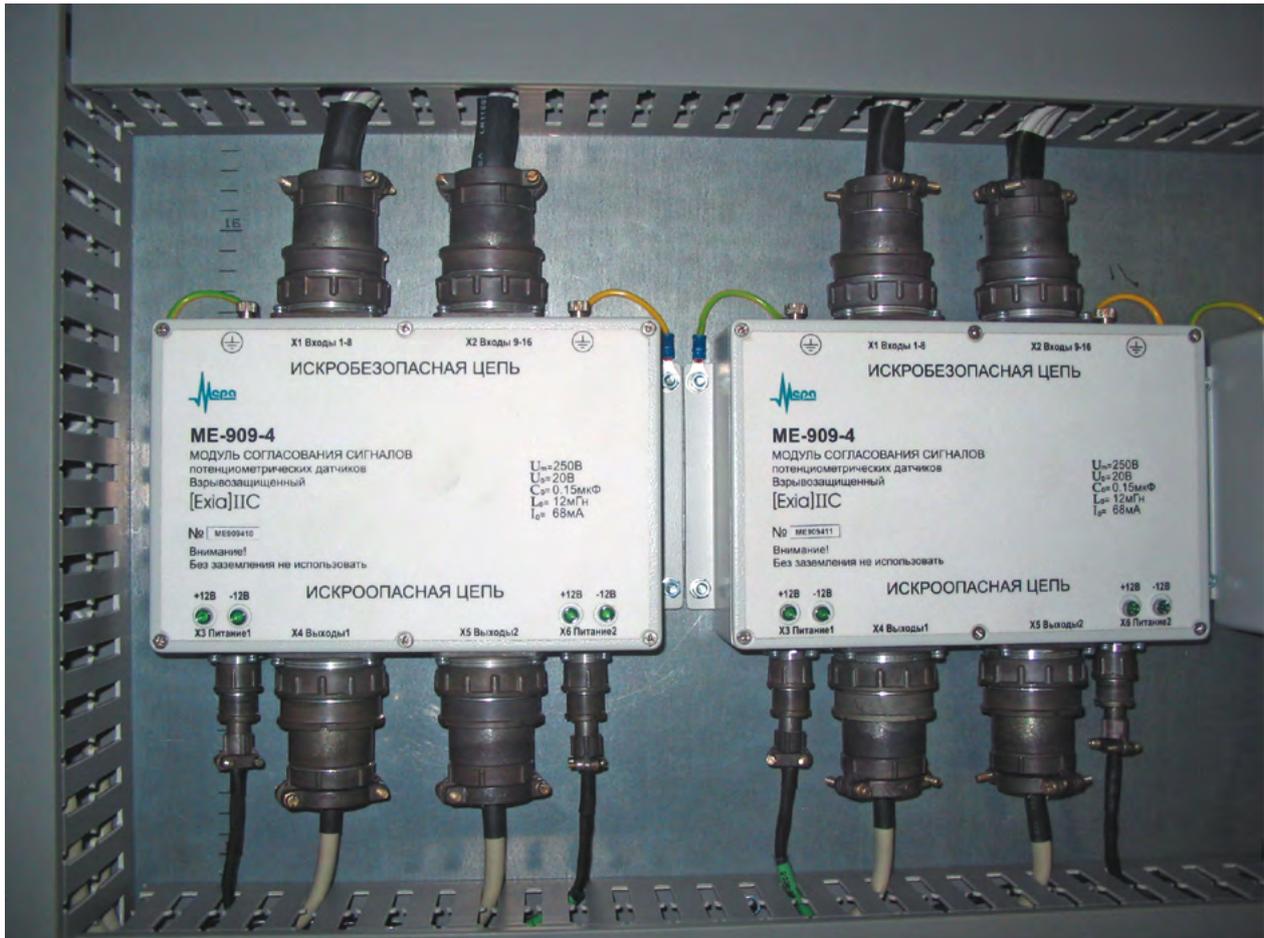
Выходные модули ME-920 блоков ME-900 имеют два параллельных разъема, что позволяет непосредственно подключить их к модулям основного и резервного регистраторов.



Приборные стойки с основными и резервными регистраторами в процессе монтажа системы



Подключение блоков искрозащиты



Далее представлено описание реализованных НПП «МЕРА» проектов по созданию «под ключ» систем измерения и управления испытательных стендов, куда вошли работы по ознакомлению с объектом испытаний, разработке и согласованию с заказчиком технического проекта, разработке рабочей конструкторской документации, изготовлению аппаратно-программных средств и комплектации системы оборудованием субподрядчиков, монтажу, пуско-наладке и внедрению в эксплуатацию, технической поддержке и гарантийному обслуживанию.

Создание системы измерений технологических параметров стартового комплекса



Задача

Разработка, изготовление, монтаж и проведение комплексных работ по вводу в эксплуатацию системы измерений технологических параметров (СИТП) стартового комплекса ракет космического назначения.

СИТП предназначена для регистрации и первичной обработки измерительной информации при решении следующих задач:

- экспериментальной отработки газодинамики стартового комплекса на этапе лётных испытаний и в период штатной эксплуатации;
- контроля нагруженности элементов технологического оборудования стартового комплекса с целью выявления возможных неисправностей, прогнозирования остаточного ресурса, предупреждения аварийных ситуаций.

Особенности

СИТП выполняет сбор, регистрацию и первичную обработку информации от следующих видов датчиков:

- потенциометрических;
- тензометрических;
- пьезоэлектрических
- сигнальных датчиков типа «сухой» контакт;
- термопар;
- термосопротивлений.

Оборудование СИТП располагается в помещениях и на конструкциях стартового комплекса (вне помещений).

Условия эксплуатации оборудования, располагающегося вне помещений:

- температура окружающего воздуха от -45 до +50 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха до 98 % при температуре 20 °С;
- диапазон изменений атмосферного давления от 700 до 780 мм рт. ст.;
- туман, пыль, град, снег, дождь;
- снеговая нагрузка 150 кг/м²;
- атмосферные конденсированные осадки: иней, роса;
- скорость ветра на высоте 10 м от поверхности Земли до 25 м/с.

Решение

Аппаратные средства

СИПТ состоит из трёх функциональных комплексов:

- комплекта сбора информации;
- комплекса измерений и регистрации;
- комплекса обработки информации и управления.

В состав комплекта сбора информации входят:

- шкафы соединительные;
- блоки первичных преобразователей;
- комплект защищенных огнестойких кабелей;
- ЗИП, комплект крепёжного оборудования.

В состав комплекса измерений и регистрации входят:

- шкаф кроссировочный с блоками искро-взрывозащиты и блоком питания;
- шкаф приборный с комплексом измерительным магистрально-модульным МІС-236 и набором функциональных модулей серии MR, модулем синхронизации с системой единого времени (СЕВ) космодрома ME-020/RS-485, блоком питания и другим вспомогательным оборудованием;
- станция контрольно-проверочная, IP телефон, комплект кабелей;

Оборудование комплекса обработки информации и управления размещено в стартовом сооружении, установленном на виброизолирующем основании:

- рабочие станции обработки информации;
- IP телефон, IP АТС;
- принтер;
- блок питания, комплект кабелей.

Для исключения воздействия внешних факторов (газовой струи, атмосферных осадков и т. д.) первичные измерительные преобразователи (датчики) размещены внутри защитных герметичных металлических конструкций – блоков преобразователей, ориентированных осями чувствительных элементов для обеспечения измерений заданных параметров.

Электрические цепи датчиков соединяются с регистрирующей аппаратурой через искробезопасную электрическую цепь.



Шкаф кроссировочный и шкаф приборный СИТП

Сигналы от датчиков, размещённых на агрегатах стартового комплекса (в огневом проеме, на газоотражателе), через шкафы соединительные и устройства взрывозащиты поступают на каналы измерительных модулей, находящихся в составе комплекса измерительного МИС-236.

МИС-236, станция контрольно-проверочная и рабочие станции обработки информации на базе компьютеров объединяются с помощью коммутаторов Ethernet, имеющих проводные и оптические порты, в локальную сеть.

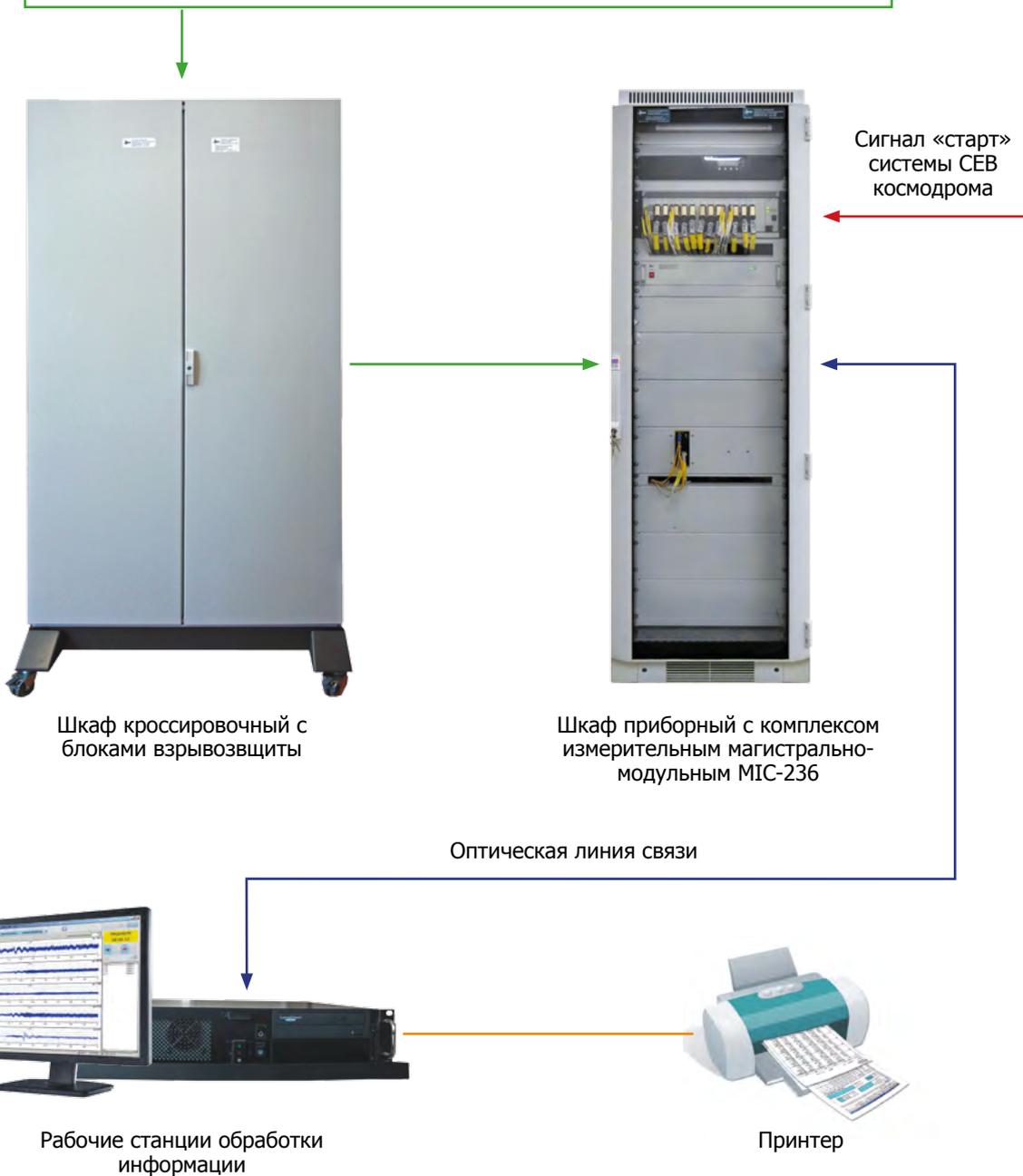
Результаты измерений регистрируются рабочими станциями обработки информации и отображаются на рабочих местах в единой шкале времени, которая формируется в модуле синхронизации ME-020 по меткам времени системы СЕВ космодрома.

Управление процессом регистрации и настройки каналов измерения осуществляется рабочими станциями обработки информации комплекса обработки информации и управления.

Система измерений технологических параметров



Блоки первичных преобразователей на агрегатах стартового комплекса и огневом проеме стартовой системы



Структурная схема СИТП

Программное обеспечение

В состав программного обеспечения СИТП входят:

- ПО комплекса обработки информации и управления в составе:
 - головной управляющей программы с дистанционным модулем управления электропитанием;
 - базы данных испытаний, с возможностью дистанционного управления процессом записи и обработки;
 - плагина привязки к СЕВ для ПО WinПОС;
- ПО комплекса измерений и регистрации в составе плагина контроля исходных уровней для ПО Recorder.

Для настройки режимов работы аппаратных средств, сбора, регистрации и обработки потока данных на станции комплекса измерений и регистрации и станциях комплекса обработки информации применяются следующие программные продукты:

- программа управления комплексом MIC – Recorder;
- пакет обработки сигналов WinПОС «Expert».

Программным обеспечением Recorder осуществляется:

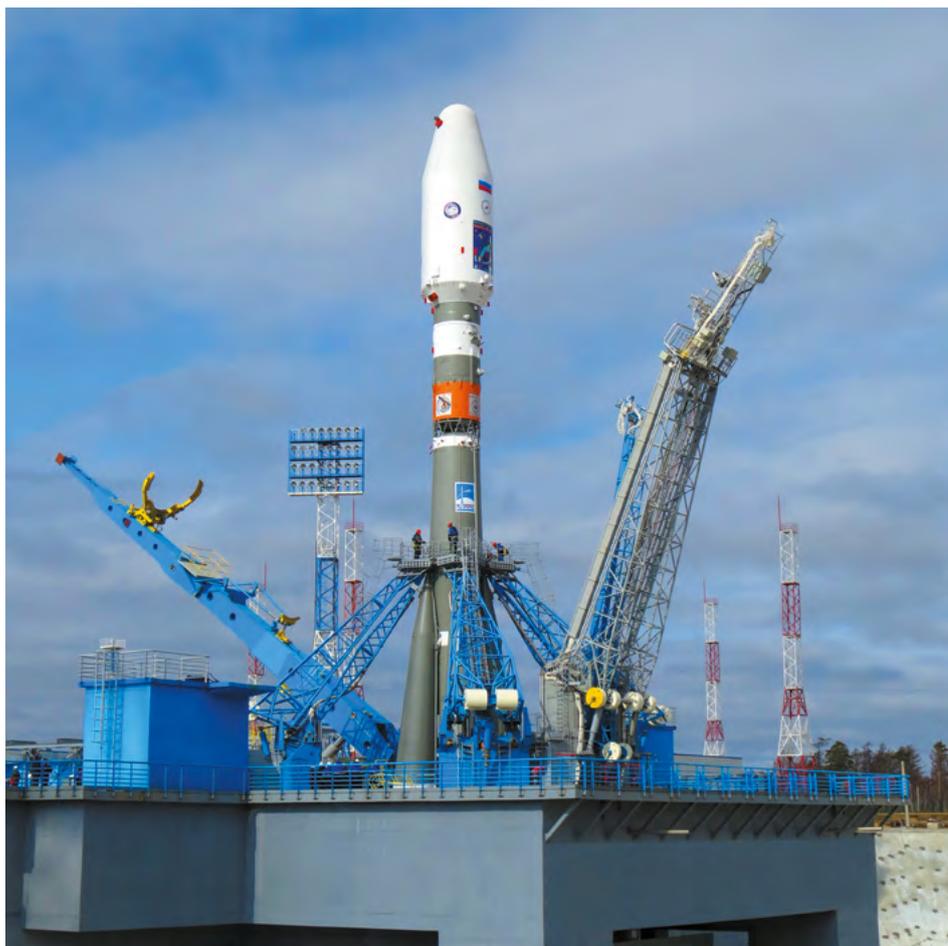
- настройка аппаратных средств, размещённых в MIC-236 и использование созданных ранее настроек;
- автоматизированная калибровка и поверка измерительных каналов;
- сбор, измерение и регистрация потоков данных.

ПО WinПОС применяется для послезэкспериментальной обработки измерительной информации.

Основные технические характеристики каналов

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерения	Основная приведенная погрешность без учета погрешности датчика
Канал измерения абсолютного давления	0 ... 1000 кПа	±1,5%
Канал измерения температуры поверхности	0 ... 1100 °С	±5 °С
Канал измерения температуры газа	0 ... 1950 °С	±12 °С
Канал измерения температуры холодного спая	-50 ... 300 °С	±1 °С
Канал измерения абсолютного давления	0 ... 250 кПа	±1,5%
Канал измерения акустического давления	125 ... 185 дБ	±8%
	Неравномерность АЧХ в диапазоне частот: 32 ... 8000 Гц	±1дБ
Общее кол-во каналов	116	

Результаты



Система введена в эксплуатацию, работает в штатном режиме.



Многоканальная автоматизированная система испытаний (МАСИ) жидкостных ракетных двигателей



Задача

Модернизация автоматизированного измерительного комплекса. Замена штатной стендовой информационно-измерительной системы на базе аппаратуры ЭРА, ЭРА-М, ВЛ-1033 современной автоматизированной системой контроля испытаний.

Недостатки старой системы:

- моральный и физический износ;
- низкая наглядность представления данных;
- несоответствие современным требованиям по оперативности обработки данных;
- большое количество расходных материалов;
- длительная подготовка к работе;
- несоответствие современным требованиям к метрологическим характеристикам.

Особенности

- дублирование измерений по всем регистрируемым параметрам;
- взрывозащиту класса [Exia]IICx по всем измерительным каналам;
- резервную регистрацию всей измерительной информации в темпе эксперимента на расстоянии до 150 метров от испытательного стенда;
- вынесение управляющей консоли на расстояние до 150 метров от регистрирующей аппаратуры;
- синхронизацию между всеми каналами системой единого времени (от 200 нс до 1 мкс в зависимости от типа измеряемого параметра);
- возможность передачи данных измерений одновременно на несколько операторских станций (в том числе для обеспечения работы системы аварийного контроля);
- погрешность измерений не хуже 0,2 ... 0,5% с учетом погрешности, вносимой блоками взрывозащиты и кабельными линиями.

Решение

Аппаратно-программный комплекс на базе многоканальных измерительно-вычислительных комплексов МІС-036 и МІС-400.

Функции

- измерение и регистрация информации с датчиков;
- отображение измеряемой информации в наглядном виде, настройка формуляров отображения информации (графики, таблицы, гистограммы);
- послезэкспериментальная обработка измеренной информации с помощью программного обеспечения WinПОС;
- формирование и печать отчетов по результатам испытаний.

Достоинства

- связь с неограниченным числом внешних операторских станций через Ethernet-канал (задержки передачи: UDP-протокол – от 1 мс; TCP/IP-протокол – >10 мс);
- технологичный монтаж оборудования в приборной стойке;
- упрощенный монтаж и подключение кабелей нормализаторов сигналов, барьеров взрывозащиты, блоков питания и панелей разъемов в шкафах;
- прием команд: «Старт испытания», «Сброс времени»;
- возможность расширять функциональность программного обеспечения с помощью дополнительных программных модулей, благодаря открытому программному интерфейсу;
- метрологическое обеспечение в соответствии с действующим законодательством РФ.

Основные технические характеристики каналов

Тип измеряемой величины	Погрешность от диапазона измерений с учетом погрешности взрывозащиты и электрической части канала, %	Частота дискретизации, Гц	Тип модулей взрывозащиты
Угол поворота	0,1	100	ME-909
Температура	0,1	100	ME-910-1
Давление	0,2	100	ME-902-1
Пульсации давления	2,5	64 000	ME-908
Расход	0,05	100	ME-902-1
Число оборотов	0,05	100	ME-902-1
Механические напряжения	0,2	80	ME-902-3
Виброускорения низкочастотные	3	64 000	ME-908
Виброускорения высокочастотные	3	216 000	MIC-017 + ME-902
Всего более 300 каналов			

МАСИ жидкостных ракетных двигателей



Объект испытаний

Сигналы от датчиков



Кросс-шкаф с модулями взрывозащиты

Аналоговые сигналы.
Дублирование по всем измерительным каналам



Измерительная аппаратура

MIC-036R



Автоматизированное рабочее место оператора

Сигналы управления

Ethernet

Структурная схема МАСИ



Эксплуатационные характеристики

- срок службы не менее 10 лет с момента сдачи в эксплуатацию, с учетом замены составных частей, срок службы которых менее 10 лет;
- средняя наработка на отказ не менее 10000 часов;
- среднее время восстановления, проводимого по месту эксплуатации при замене съемных узлов, не превышает 30 минут.



Система измерения и управления универсального испытательного стенда (УИС)



Задача

Модернизация системы регистрации, обработки параметров и управления технологическими системами стенда, предназначенного для обеспечения проведения полномасштабных испытаний и отработки газодинамики старта ракеты космического назначения (РКН) «Ангара».

Цель модернизации – усовершенствование системы измерений, регистрации, хранения и обработки данных и системы управления, формирующей и передающей управляющие сигналы к исполнительным пунктам.

Особенности

Система измерения обеспечивает измерение и обработку следующих параметров газодинамики старта РКН «Ангара»:

- параметры в камере сгорания:
 - давление;
 - пульсации давления;
- газодинамические параметры:
 - ударно-волновое давление;
 - квазистационарное давление;
 - акустическое давление;
 - температура газа;
 - температура поверхности лотка газохода и элементов конструкции стенда;
- гидравлические параметры в системе подачи воды:
 - давление воды;
 - расход воды.

Решение

Аппаратные средства

Технические средства регистрирующего оборудования системы измерений (СИ) располагаются в передвижной лаборатории комплексных измерений и включают в себя измерительные модули блочного типа, измерительные комплексы МІС-400 и МІС-300М, а также коммутирующие шкафы, стойки и технологические средства.

Система управления (СУ) реализована на основе измерительно-вычислительного комплекса МІС-036, подключенного к станции оператора и коммутационному блоку с силовыми модулями.

Дополнительно надежность системы обеспечивается использованием двух ИВК МІС-036.

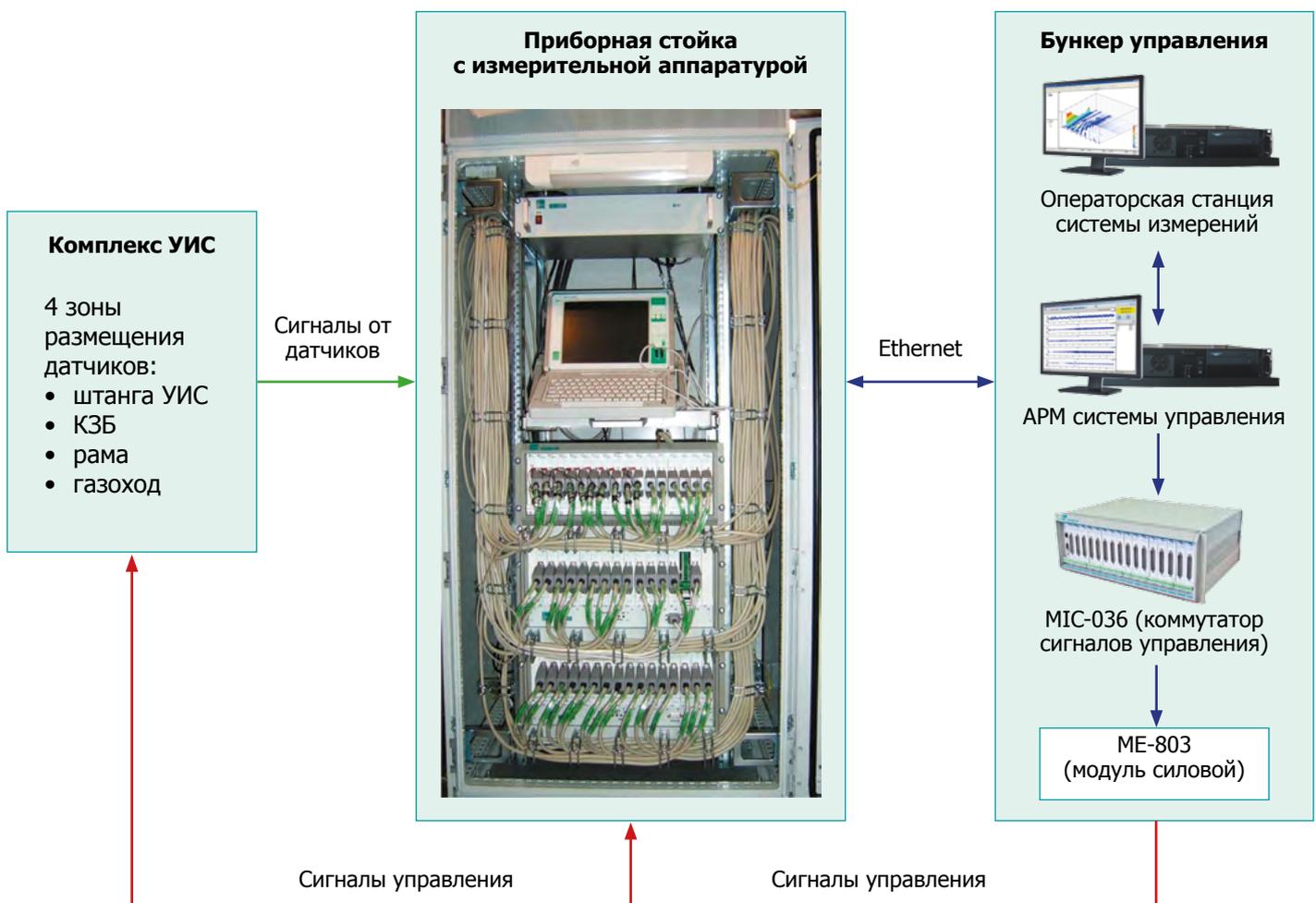
Система измерения и управления УИС

Функции системы измерения

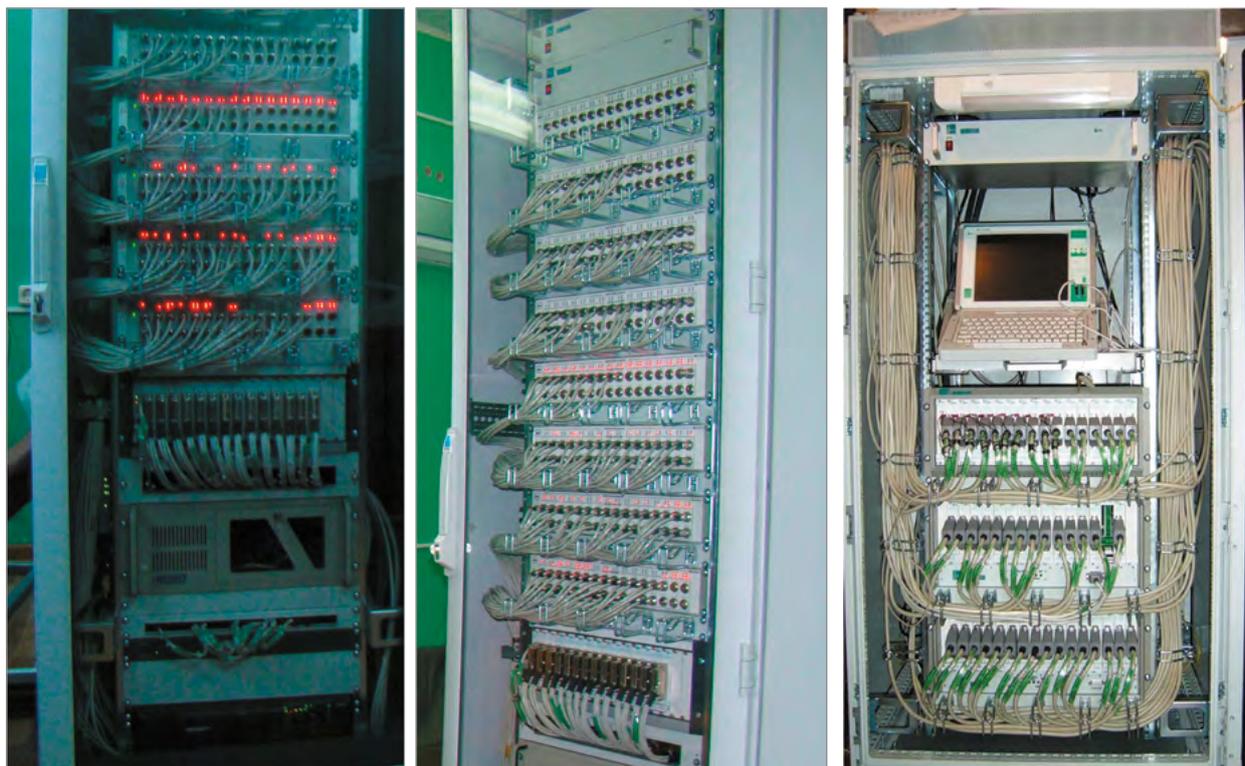
- согласование и усиление сигналов с датчиков с учетом их типов и технических характеристик, балансировка измерительных каналов;
- настройка входных параметров регистрации для каждого типа датчиков (входной диапазон, частота опроса, фильтрация и т. д.);
- сквозная градуировка измерительных каналов и/или введение градуировочных характеристик и коэффициентов для каждого измерительного канала, отображение информации о градуировочных характеристиках на мониторах автоматизированного рабочего места (АРМ);
- цифровая регистрация измерительных сигналов в реальном масштабе времени, с отображением временных процессов и их параметров на мониторах АРМ по любому каналу;
- запись и хранение информации на жестком диске станции сбора данных;
- обработка зарегистрированных сигналов с отображением графиков на мониторах во временном масштабе, получение графиков частотных и вероятностных характеристик сигналов, цифровая фильтрация сигналов и математические операции с зарегистрированными сигналами.

Функции системы управления

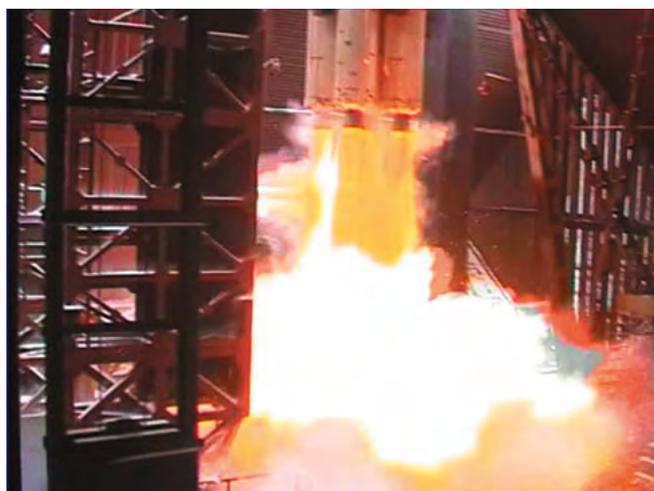
- формирование и передача управляющих команд на исполнительные пункты (ИП) (электрические клапаны подачи воды, насосы, пиротехнические средства (ПТС)), средства регистрации измерительной информации и видеоизображения, технологические системы;
- контроль выдачи команд и контроль состояния объектов управления на стенде;
- обмен информационными сигналами о состоянии технологических процессов во время подготовки и проведения эксперимента между аппаратурой пункта управления и ИП.



Блок-схема системы управления



Оборудование регистрации и обработки сигналов



Комплект аппаратуры пульта управления позволяет проводить работу одновременно с двумя исполнительными пунктами, один из которых работает в режиме проведения испытаний, а второй в режиме подготовки к ним.

Основные технические характеристики каналов

Система измерения

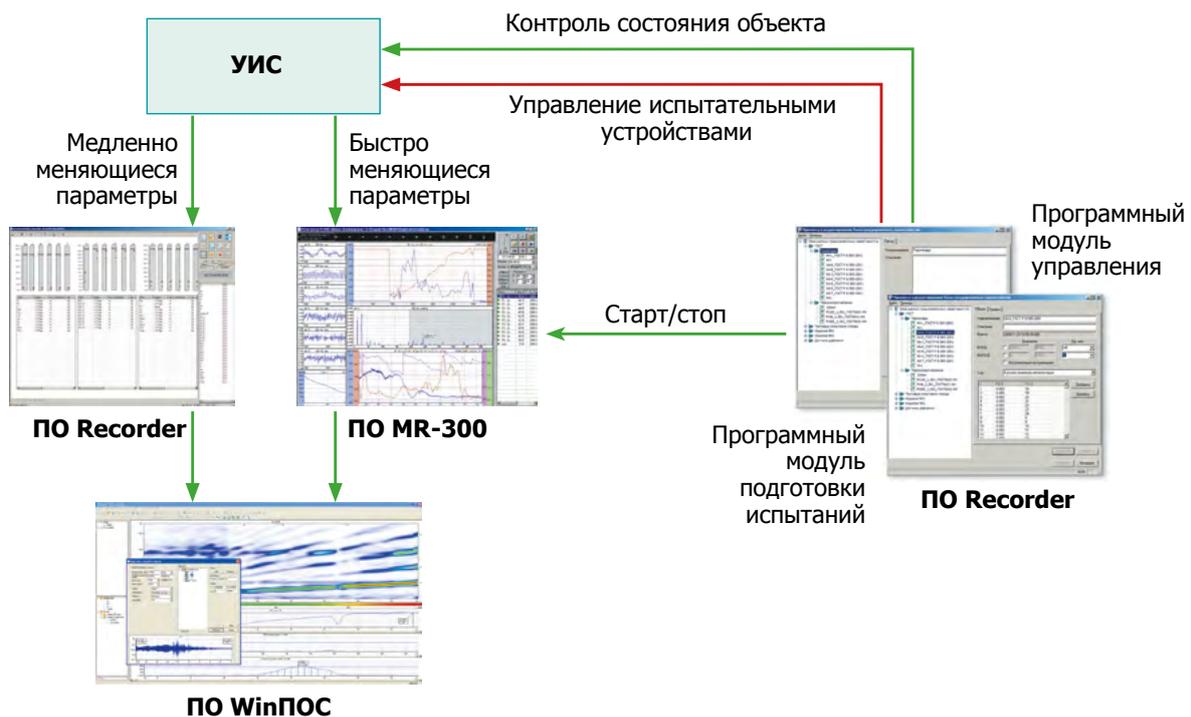
Измеряемый параметр	Вид сигнала датчика
Давление абсолютное	Относительное напряжение
Давление дифференциальное	Относительное напряжение
Давление акустическое	Напряжение/ заряд
Пульсации давления	Разбаланс моста/заряд
Давление статическое	Напряжение
Температуры	ТЭДС термопар
Расход воды для охлаждения	Частота
Всего более 450 каналов	

Система управления

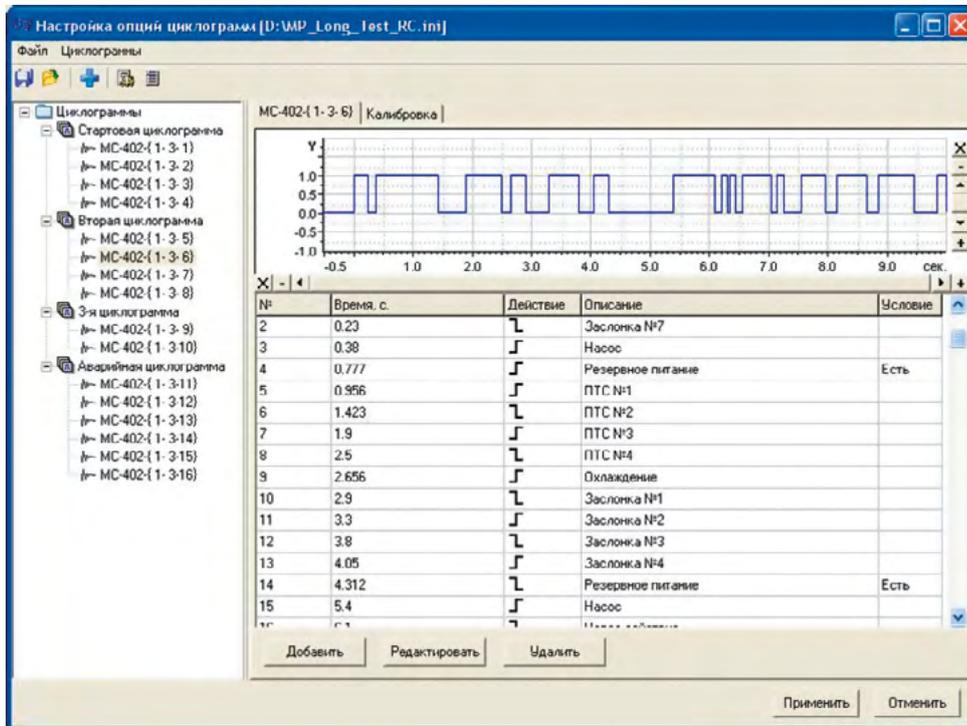
Измеряемый параметр	Вид сигнала датчика
Измерение сопротивления канала управления (с током обтекания пиропатронов <10 мА)	0...40 Ом
Дискретные сигналы (с током нагрузки до 15 А)	27 В, «сухой контакт»
Всего более 140 каналов	

Программное обеспечение

- Recorder – программа управления комплексом МИС
- MR-300 – программа регистрации и экспресс-обработки динамических параметров
- WinПОС – пакет обработки сигналов для обработки измерительной информации, графического представления и документирования
- специализированное программное обеспечение системы управления (СПО)



СПО системы управления УИС осуществляет ввод и редактирование оператором данных для формирования циклограммы выдачи управляющих воздействий в виде «быстрых» команд (БК) и «медленных» команд (МК) на исполнительные пункты УИС; формирует и сохраняет циклограмму, а также обеспечивает контроль функционирования и отображение результатов контроля.



БК выдаются на ПТС только в соответствии с циклограммой.

МК могут выдаваться как в автоматическом режиме в соответствии с циклограммой, так и с пульта ручного управления. Ручное управление выдачей МК имеет приоритет над выдачей МК в автоматическом режиме. МК выдаются на технологические системы, на модуль синхронизации, который формирует сигналы «начало отсчета» и «пуск протяжки» и передает устройствам, входящим в состав системы измерений УИС.

Средства обработки, регистрации и представления информации объединены локальной вычислительной сетью.

Многоканальная автоматизированная контрольно-проверочная система измерений (МАКП СИ)

Задача

МАКП СИ предназначена для управления, контроля и оценки функционирования систем измерений изделия при проведении проверок на заводе-изготовителе и в местах проведения испытаний.

Особенности

- непрерывный прием и запись измерительной информации (ИИ) с одновременным отображением данных ИИ в виде осциллограмм или цифровых значений на видеомониторе;
- последующую обработку полученной и зарегистрированной ИИ в полном объеме с помощью компьютера операторской станции;
- самодиагностику измерительных модулей и устройств;
- вероятность безотказной работы в цикле использования (24 часа) не менее 0,99.

Решение

Аппаратные средства

МАКП СИ состоит из четырех функциональных блоков:

- Рабочей станции операторов (PCO), осуществляющей:
 - загрузку программ испытаний систем измерений;
 - изменение программы испытаний СИ в режиме реального времени;
 - выдачу управляющих команд блоку силового управления в автоматическом и ручном режимах;
 - регистрацию и отображение информации, принятой от БСУ, СНИ и СИ;
 - обработку полученной информации для отчета об испытаниях;
- Блока системы наземных измерений (СНИ), осуществляющего:
 - сбор, преобразование и передачу измерительной информации от датчиков потенциометрического типа, тензодатчиков и тензорезисторов, включенных по мостовой схеме, термопар типа ВР и ХК, сигнальных параметров контактных датчиков к PCO по интерфейсу Ethernet на расстояние до 500 метров;
- Блока силового управления (БСУ), осуществляющего:
 - формирование и выдачу команд управления бортовой автоматикой СИ и СНИ в виде релейных команд («сухих контактов») и в цифровой форме;
 - управление наземными источниками питания и коммутацию силовых шин питания СИ;
 - прием аналоговых и дискретных сигналов от бортовой автоматики СИ и СНИ;
 - проверку целостности цепей питания и выявление короткого замыкания между плюсом и минусом источника питания 27 В;
 - проверку сопротивления изоляции минусовых цепей питания СИ относительно корпуса;
 - измерение напряжений и токов на силовых шинах питания СИ;
 - организацию приема и передачи информации между PCO и БСУ на расстоянии до 10 километров;
 - защиту СИ и СНИ при нештатной ситуации;
- Блока имитации работы бортовой аппаратуры (БИР), осуществляющего:
 - имитацию токовых нагрузок проверяемой системы измерений;
 - проверку МАКП СИ и наземной кабельной сети перед подключением проверяемой СИ.



Автономные испытания блоков МАКП СИ

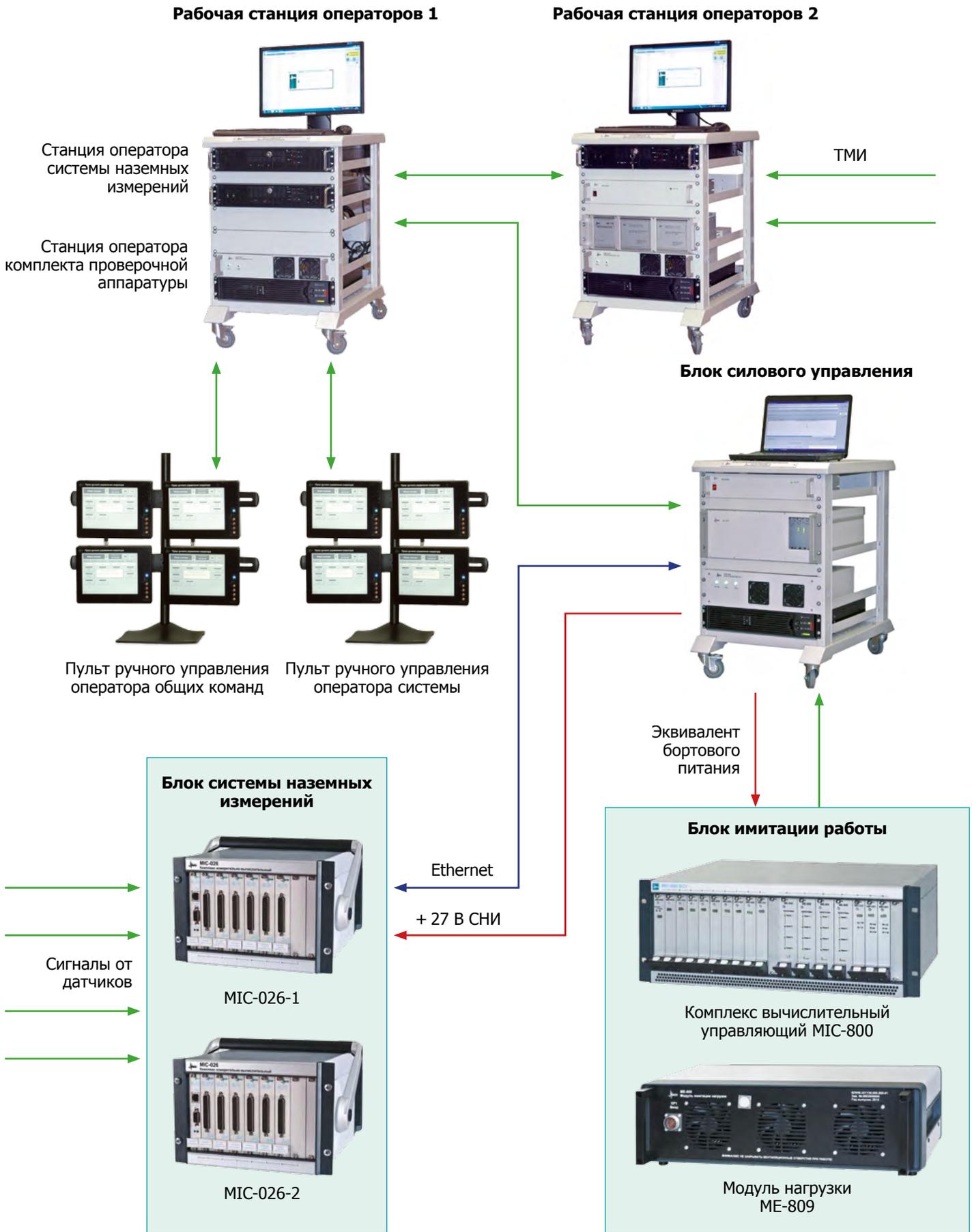
Основные технические характеристики телеметрических каналов

Характеристика	Значение
Количество каналов приема телеметрической информации СИ	4
Чувствительность каналов телеметрической станции, мкВ, не хуже <ul style="list-style-type: none"> • для аналоговых БРТС • для цифровых БРТС 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 • 10
Избирательность по соседнему каналу, дБ, не менее	60
Избирательность по зеркальному каналу, дБ, не менее	60
Прием радиосигналов в диапазоне от 120 МГц до 250 МГц от систем измерений с информативностью: <ul style="list-style-type: none"> • СКУТ- 40 • «Сириус» • «Орбита» 	<ul style="list-style-type: none"> • 320/640 тыс. изм/с • 320 тыс. изм/с • 196608, 393216, 786432, 1582864, 3145728 бит/секунду

Основные технические характеристики измерительных каналов

Характеристика	Значение
Количество измерительных каналов (максимальное): <ul style="list-style-type: none"> • от мостовых тензометрических и тензорезистивных датчиков • от потенциметрических датчиков и датчиков с выходом по напряжению • от датчиков термопар • от контактных датчиков 	<ul style="list-style-type: none"> • 16 • 16 • 16 • 16
Количество измерительных каналов приема информации от телеметрического согласующего устройства	2
Предел основной приведенной погрешности, % <ul style="list-style-type: none"> • измерения напряжения тензорезисторов • измерения относительных напряжений тензодатчиков • измерения относительного сопротивления потенциметрических датчиков 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,1 • 0,1 • 0,1
Динамический диапазон входного сигнала по напряжению, дБ, не менее	90
Частота опроса аналоговых измерительных каналов, Гц	10...1000
Частота опроса сигнальных измерительных каналов, Гц	10...1000
Точность привязки измерительных параметров к шкале времени, с, не более	0,001
Погрешность измерения напряжения постоянного тока в цепях питания систем измерений, В, не более	0,1
Погрешность измерения постоянного тока в цепях питания систем измерений, А, не более	0,1
Диапазон измерения ТЭДС термопар, мВ	- 10... + 68
Диапазон относительного сопротивления потенциметрических датчиков, %	0...100
Диапазон измерения относительного напряжения тензодатчиков, мВ/В	- 2...+ 2

Комплекс МАКП СИ



Структурная схема МАКП СИ

Многоканальный комплекс статических измерений (МКСИ)

Задача

МКСИ предназначен для сбора и регистрации в едином масштабе времени, сохранения и обработки данных от тензометрических датчиков, датчиков перемещений, датчиков температуры и датчиков силы с целью определения напряженно-деформированного состояния узлов и конструкций, а также сил, создаваемых при статических испытаниях на прочность элементов конструкций и сборок РН «Ангара» (при нормальных и криогенных температурах).

Особенности

- температурная компенсация сигналов тензодатчиков;
- введение градуировочных характеристик и коэффициентов для каждого измерительного канала с отображением информации о градуировочных характеристиках на мониторе операторской станции;
- контроль обрыва цепей от датчиков и перегрузки по каналам тензоизмерений;
- автоматизированная балансировка измерительных каналов тензодатчиков;
- сквозная градуировка измерительных каналов;
- непрерывный прием и запись ИИ на жесткий диск в рабочих станциях с одновременным отображением данных ИИ в виде осциллограмм или цифровых значений на видеомониторе консоли управления;
- настройка входных параметров регистрации для каждого измерительного канала;
- временная привязка регистрируемых измерительных параметров к единой шкале времени с точностью до 0,001 с;
- контроль исходных уровней измерительных параметров с выдачей сообщений «норма»/«не норма» по каждому измерительному каналу;
- экспресс-обработка десяти параметров ММП в реальном масштабе времени;
- послезэкспериментальная обработка данных в полном объеме;
- передача ИИ в темпе измерения по ЛВС;
- управление работой двух рабочих станций и измерительных комплексов, подключенных к рабочим станциям, с одной консоли управления, удаленной от рабочих станций на расстояние до 100 м;
- самодиагностика измерительных модулей и устройств.

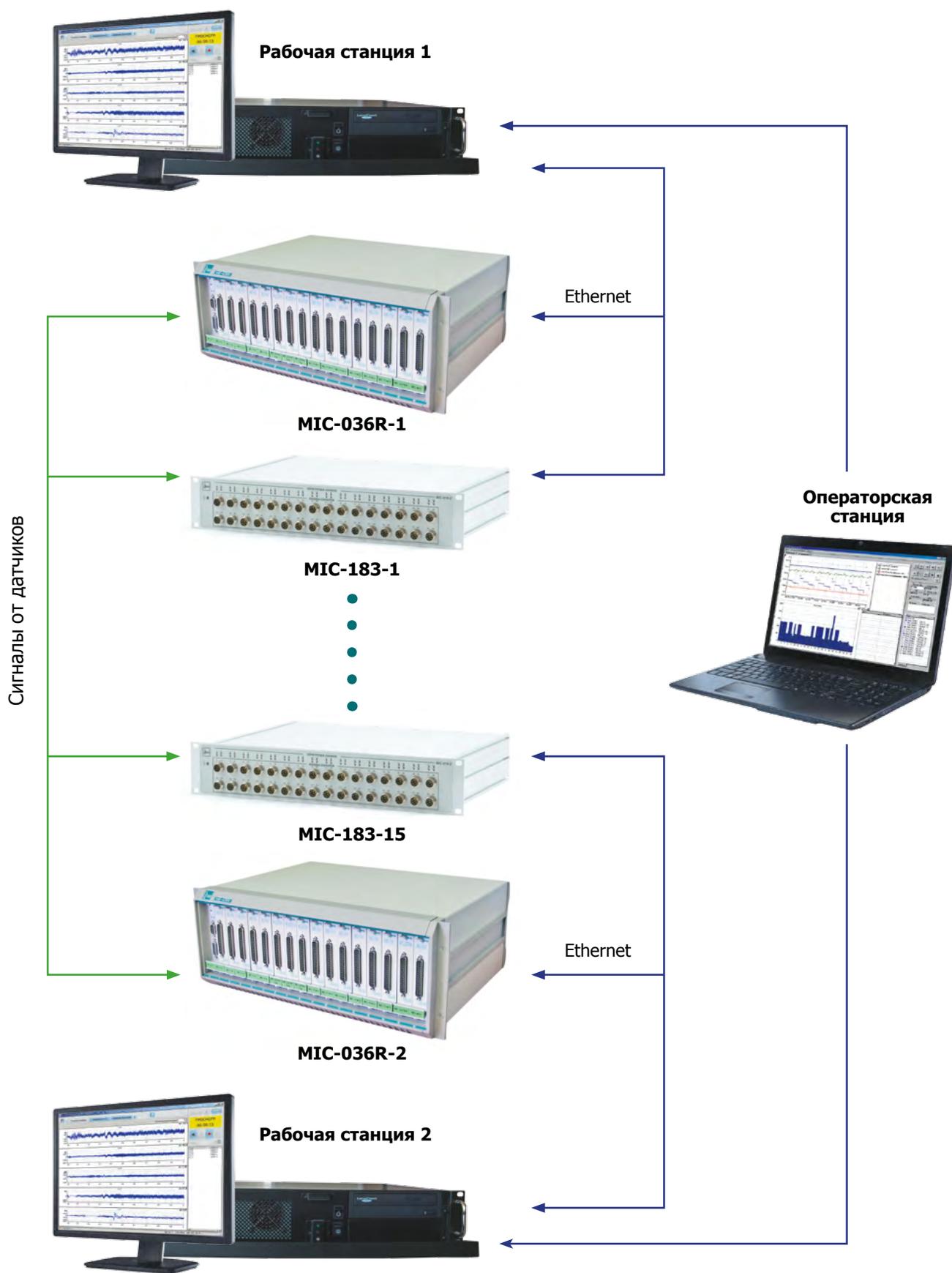
Решение

Аппаратные средства

- датчики (всего более 1000 каналов):
 - ¼-мостовые тензодатчики;
 - тензодинамометры;
 - потенциометрические датчики;
 - термометры сопротивлений;
- тензостанции MIC-183;
- измерительно-вычислительные комплексы MIC-036R;
- модули синхронизации, комплект кабелей;
- рабочие станции (на базе промышленного компьютера);
- операторская станция (на базе ноутбука).

Программное обеспечение

- Recorder – программа управления комплексом MIC
- WinПОС «Professional» – пакет послезэкспериментальной обработки информации;
- ПО базы данных испытаний;
- ПО передачи данных «ОПС-сервер»;
- плагин «Криостатика-клиент»;
- плагин «Криостатика-сервер».



Структурная схема МКСИ



Приборный шкаф МКСИ в процессе монтажа

Эксплуатационные характеристики

- срок службы с момента сдачи в эксплуатацию до списания не менее 10 лет;
- среднее время наработки на отказ не менее 5000 часов;
- среднее время восстановления, проводимого по месту эксплуатации с использованием ЗИП, не более 1 часа.

Система измерения вибронагрузок (СИВ) при транспортировке ракеты космического назначения

Задача

Проведение виброизмерений для определения уровней вибронагрузок, действующих на конструкцию изделия в процессе его транспортирования от завода-изготовителя до сборочного и стартового комплексов Космического центра Наро (Южная Корея), и сопоставление их с нормативными уровнями для принятия решения о дальнейшем продолжении работ.

Особенности

Сложная многоэтапная транспортировка изделия.

1 этап

от завода-изготовителя до аэропорта по железной дороге (на раме агрегата авиатранспортирования, установленного на ж/д платформе)



2 этап

на самолете АН-124-100 (изделие находится на агрегате авиатранспортирования, установленном на жесткие опоры и закрепленном от перемещений цепями)



3 этап

от аэропорта до морского порта автотранспортом (на агрегате авиатранспортирования) со скоростью 10-15 км/час



4 этап

от морского порта до морского причала на барже (изделие находится на агрегате авиатранспортирования, установленном на жесткие опоры и закрепленном от перемещений цепями)



5 этап

от морского причала до сборочного комплекса автотранспортом (на агрегате авиатранспортирования) со скоростью 10-15 км/час



6 этап

«сухой вывоз» изделия на стартовый комплекс:

- транспортирование изделия от сборочного комплекса до стартового комплекса и от стартового комплекса до сборочного комплекса со скоростью до 3 км/ч



- наезд на подъемно-установочный агрегат



- вертикализация и опускание изделия на стартовом комплексе



7 этап

транспортирование ракеты-носителя с космическим аппаратом до стартового комплекса со скоростью до 3 км/ч; наезд на подъемно-установочный агрегат



8 этап

транспортирование ракеты-носителя с космическим аппаратом от стартового комплекса до сборочного комплекса и от сборочного комплекса до стартового комплекса со скоростью до 3 км/ч



Решение

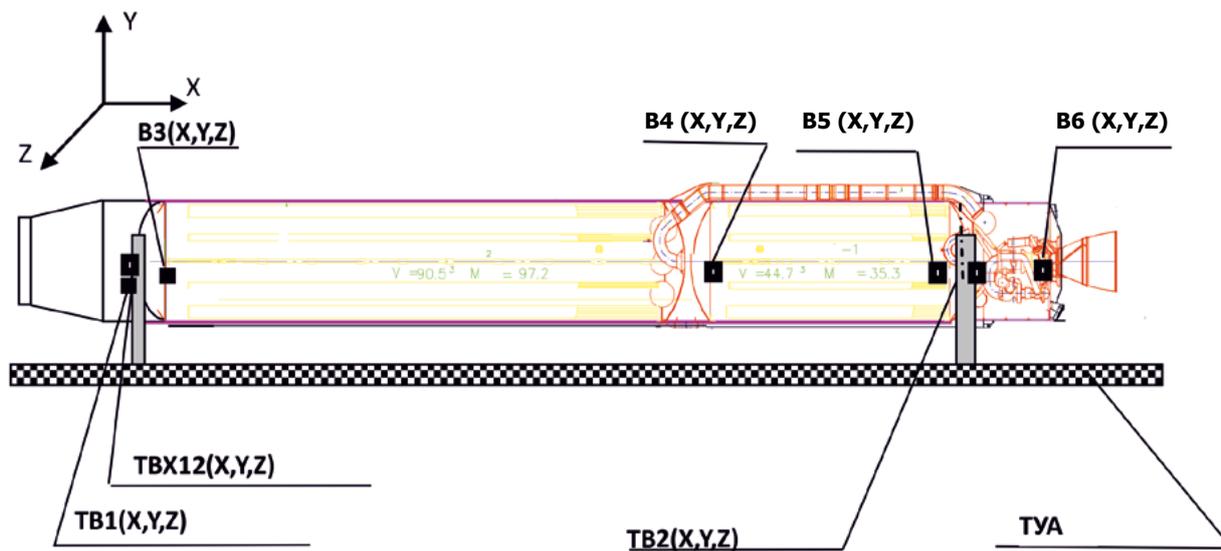
Мобильная система измерений на базе измерительно-вычислительного комплекса МИС-ТИ и станции сбора данных на основе ноутбука

Аппаратные средства

- акселерометр емкостной, трехосевой;
- акселерометры пьезоэлектрические, трехосевые;
- измерительно-вычислительный комплекс МИС-ТИ;
- станция сбора данных (ноутбук);
- комплект кабелей.



Структурная схема СИБ



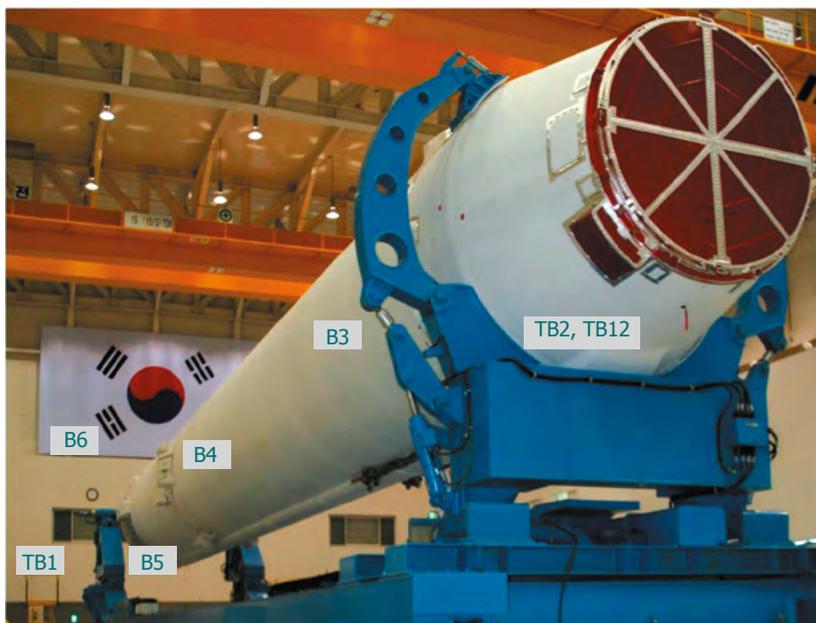
Размещение акселерометров на транспортно-установочном агрегате и изделии



Акселерометр TB1
на задней опоре ТУА



Акселерометр B6



Акселерометр B3



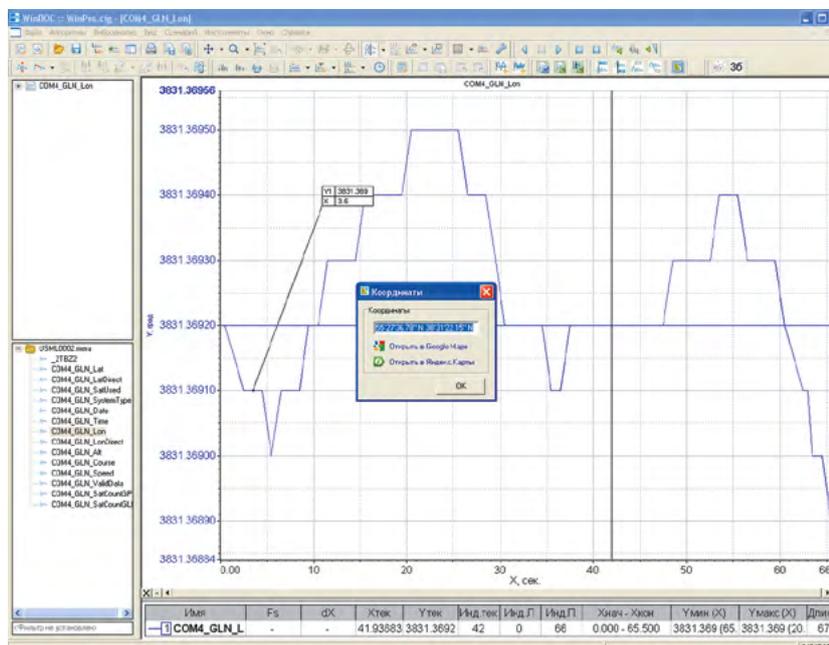
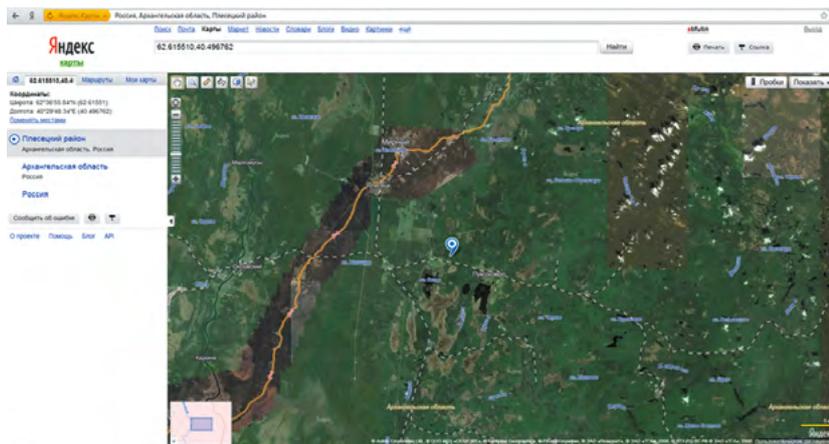
Акселерометры TB2, TB12
на переднем ложементе ТУА

Программное обеспечение

Регистрация параметров виброизмерений проводилась с использованием ПО Recorder, предназначенного для:

- управления режимами работы СИВ;
- вычисления характеристик параметров виброизмерений;
- отображения сигналов на мониторе компьютера;
- записи зарегистрированных данных на жесткий диск компьютера.

Обработка сигналов виброизмерений проводилась с помощью ПО WinПОС «Professional» путем визуального просмотра полученных реализаций в диапазоне частот до 50 Гц на пути следования изделия автомобильным, ж/д транспортом и до 320 Гц на пути следования изделия авиационным транспортом.



Программное обеспечение привязки координат GPS/ГЛОНАСС

Результаты

- на всех этапах транспортирования изделия от завода-изготовителя до СК Космического центра Наро процессы вибронгружений изделия зарегистрированы в полном объеме, качественно без сбоев, оборудование СИВ функционировало штатно;
- максимальные значения и значения спектральных плотностей виброускорений на всех этапах транспортирования не превысили нормативных уровней.



Система управления теплопрочностными и повторно-статическими испытаниями РКТ

Задача

- подготовка к эксперименту, ввод циклограмм управления;
- регулирование параметров, воздействующих на объект испытаний факторов (температура, механические воздействия) по введенной циклограмме;
- регистрация измерительной информации на жесткий диск;
- воспроизведение и отображение процесса регулирования.

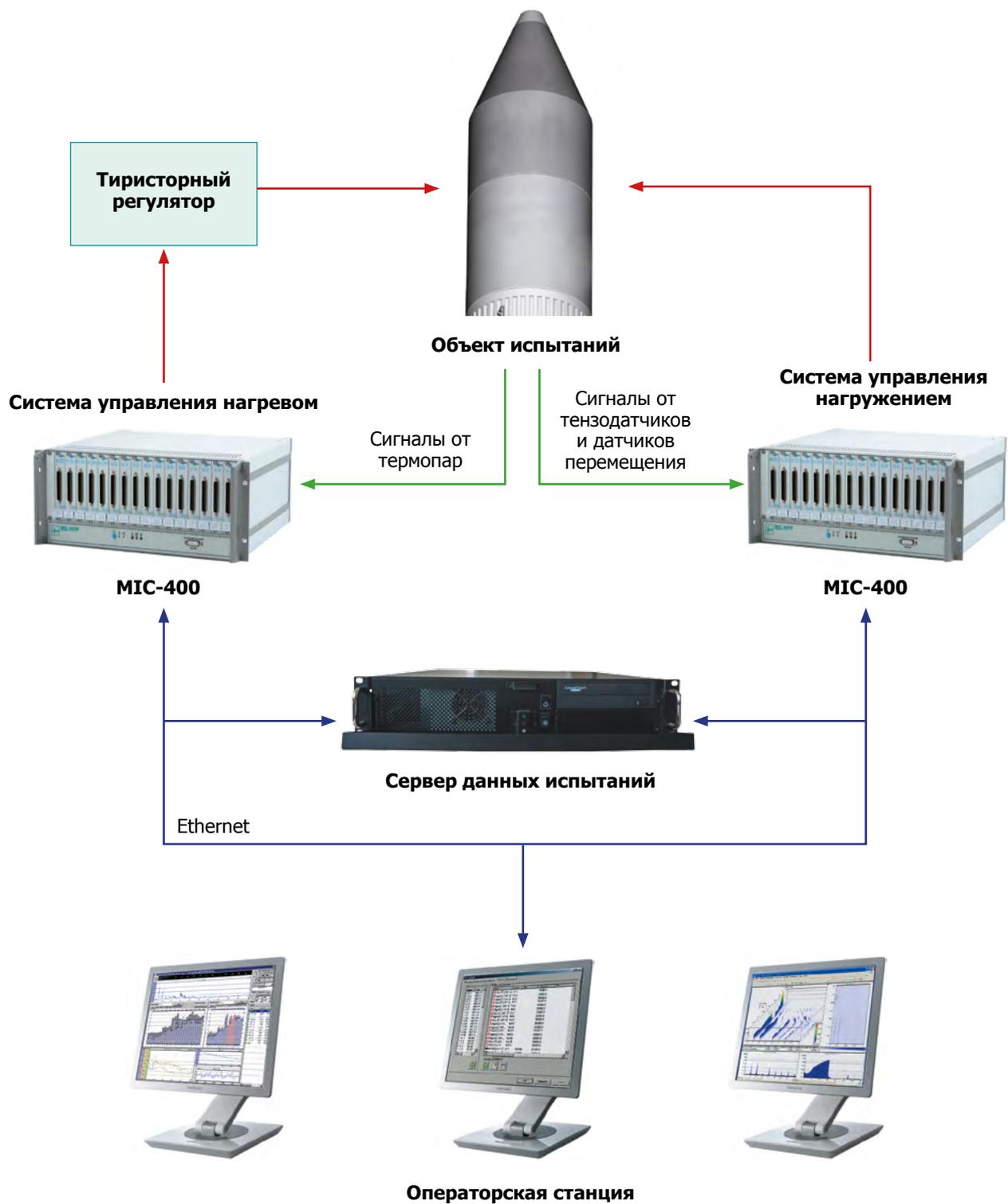
Решение

Аппаратные средства

- измерительно-вычислительный комплекс MIC-400R;
- термодатчики, тензодатчики, датчики перемещения;
- комплект кабелей;
- станция сбора данных на базе промышленного компьютера;
- исполнительные устройства стенда теплопрочностных испытаний:
 - кварцевые лампы накаливания;
 - гидравлический имитатор механических воздействий среды.



MIC-400R



Структурная схема системы управления теплопрочностными испытаниями

Управляющая система состоит из 16 аналоговых и 8 дискретных каналов управления.

Основные технические характеристики измерительных каналов

Измеряемые величины	Диапазон измерений	Предел основной приведенной погрешности, %
Напряжение постоянного тока	-10...+10 В	0,025
	-0,025...+0,025 В	0,05
Напряжение постоянного тока с индивидуальной гальванической развязкой каналов	0...10 В	0,08
Относительнонапряжение тензодатчиков	-32 ...+32 мВ/В	0,05

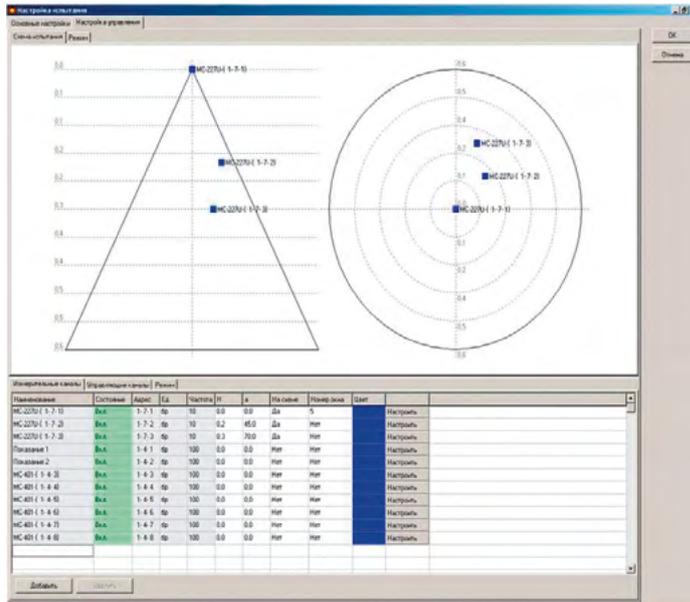
Программное обеспечение

Нижний уровень

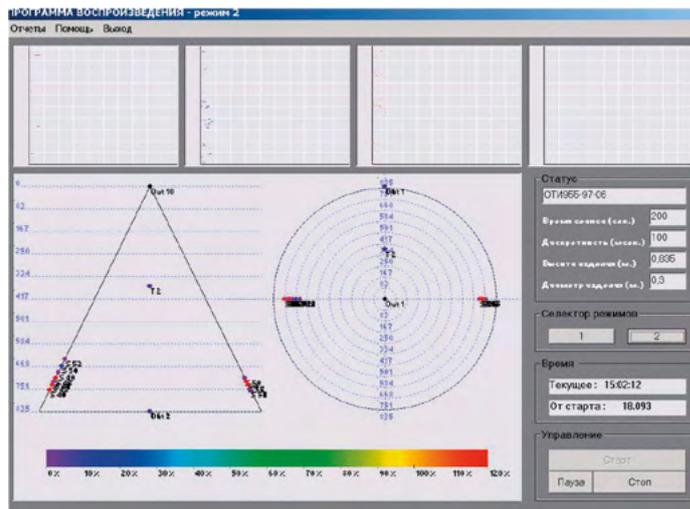
- регулирование в режиме реального времени путем выдачи сигналов управляющего воздействия и изменение тем самым состояния объекта управления;
- аналоговый управляющий канал представляет собой цифровой регулятор, работающий по одному из заданных алгоритмов;
- для повышения быстродействия цифровой регулятор реализован на уровне крайт-контроллера и представляет собой программный модуль, у которого есть входной канал, выходной канал и канал для установки эталонного значения.

Верхний уровень (Recorder и СПО теплопрочностных испытаний)

- диагностика измерительных модулей;
- градуировка, калибровка измерительных каналов;
- настройка всех параметров эксперимента:
 - каналов обратной связи;
 - каналов управления;
 - аварийных параметров;
 - задание циклограммы испытания;
 - задание параметров замкнутого контура управления;
- проведение эксперимента в автоматическом режиме;
- воспроизведение и отображение данных эксперимента в графическом и табличном виде, в виде мнемосхем и схемы испытания;
- сохранение и загрузка конфигурации испытания;
- работа экспертной системы.



Настройка испытания



Воспроизведение испытания

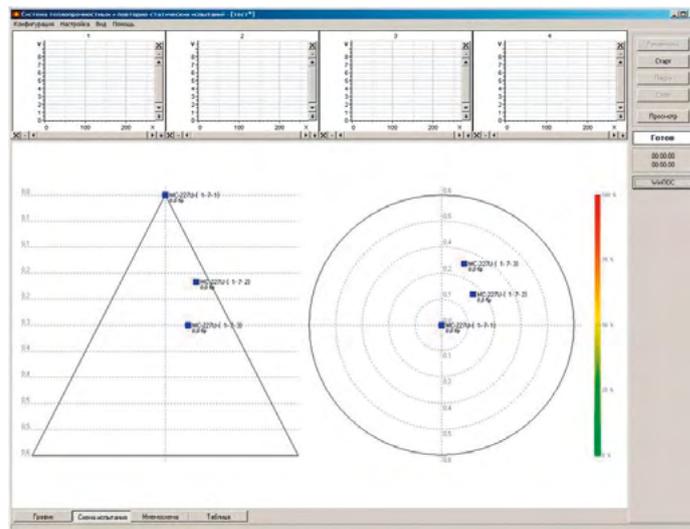


Схема испытания

Система управления тепловакуумными испытаниями (СУТИ)

Задача

Обеспечение теплового режима на заданных участках изделия.

Состав СУТИ:

- стендовая система управления и измерения средств обеспечения теплового режима (СУИ СОТР);
- стендовая система управления и измерения имитатора теплового панели полезной нагрузки (СУИ ИТ ППН).

Особенности

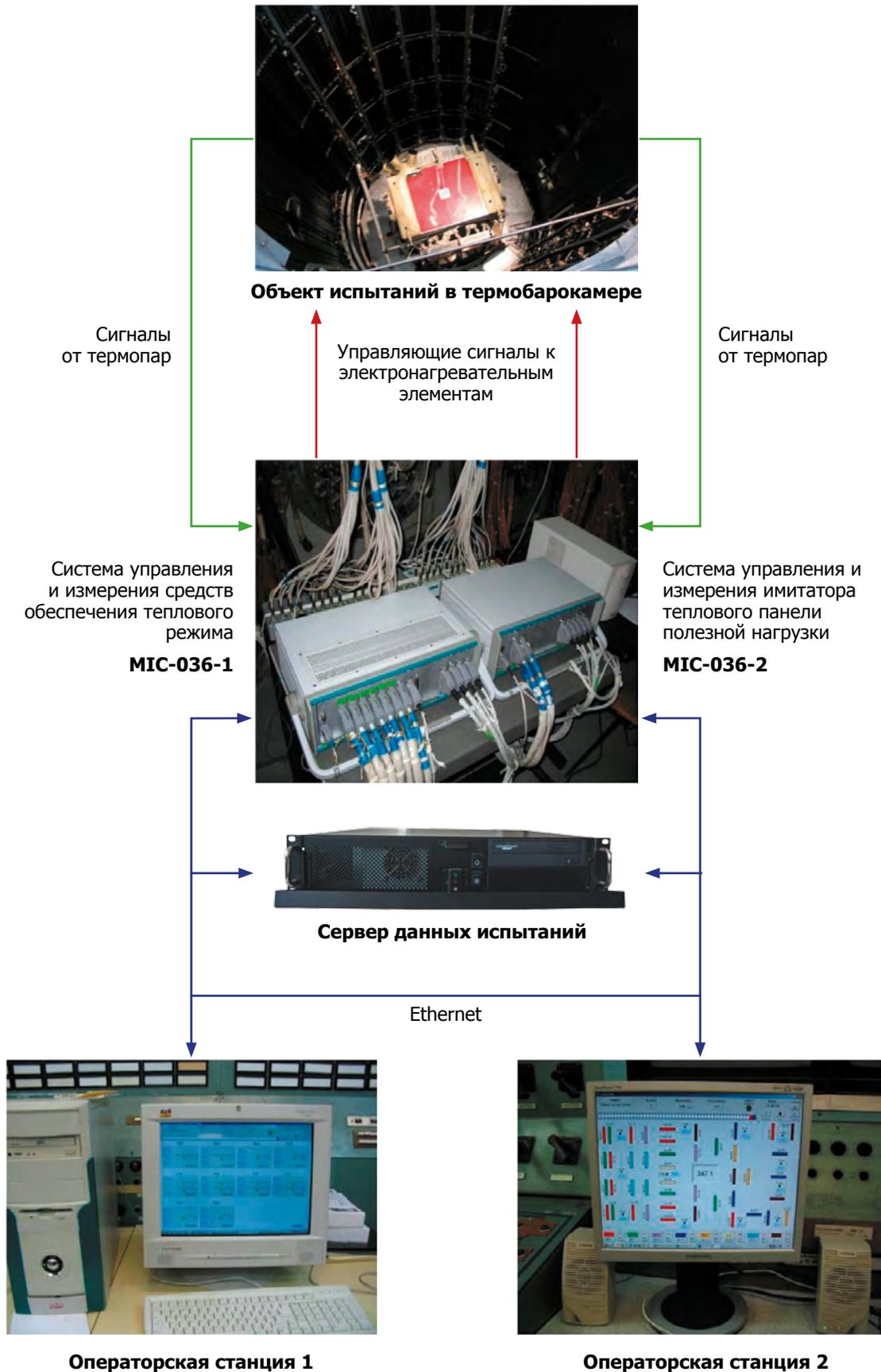
- индикация и регистрация показаний датчиков температуры;
- управление работой и подача постоянного напряжения на регулятор напряжения электронагревательных элементов (ЭНЭ);
- индикация состояния каждой группы ЭНЭ;
- индикация и регистрация потребляемой мощности каждой группы ЭНЭ;
- при выходе из строя двух из трех датчиков температуры по любой группе ЭНЭ СУИ СОТР осуществляет автоматический переход на управление по настроечным параметрам с учетом состояния ЭНЭ (вкл/выкл) на момент выхода из строя датчиков, с одновременной выдачей информации об их отказе;
- СУИ ИТ ППН осуществляет индикацию суммарной потребляемой мощности и обеспечивает возможность перехода на ручное управление каждой группой ЭНЭ.

Решение

- измерительно-вычислительный комплекс МИС-036;
- термопары;
- комплект кабелей;
- операторская станция на базе промышленного компьютера.

Основные технические характеристики

Характеристика	Значение
Точность поддержания параметров: <ul style="list-style-type: none"> • для каналов температуры, °С • для потребляемой мощности, Вт 	<ul style="list-style-type: none"> • ± 2 • 0,5
Частота регистрации значений температуры и потребляемой мощности согласно циклограмме (цикл испытаний данного изделия составляет от 12 до 15 суток), раз/мин	1
Основная приведенная погрешность измерений модулей МС-227 при частоте опроса 10 Гц, %	0,08



Структурная схема системы управления тепловакуумными испытаниями

Программное обеспечение

Использована программа управления комплексом МІС – Recorder и специализированный плагин к ПО Recorder.

Функции

- тестирование и настройка измерительной и управляющей аппаратуры;
- анализ и обработка аварийных и нестандартных ситуаций, вывод соответствующей информации оператору в визуальной и звуковой форме;
- отображение на экране:
 - измеряемых параметров температуры текущего режима;
 - измеряемых параметров потребляемой мощности ЭНЭ;
 - состояния ЭНЭ (вкл/выкл);
 - текущего времени;
- запись на жесткий диск и передача на сервер измеренной информации;
- вывод на печать в режиме реального времени измеряемых параметров текущего режима.

Управление работой ЭНЭ осуществляется как по заранее заданной циклограмме испытаний, так и по команде оператора. На экран выводятся показания текущих значений тока, напряжения и электрической мощности, а также заданное значение электрической мощности и индикация «вкл/выкл» по каждому каналу.



Вакуумная камера НИЦ РКП (фотография с сайта nic-rkp.ru)

Компетенции НПП «МЕРА» в сфере автоматизации испытаний РКТ



С 2000 года НПП «МЕРА» разрабатывает и производит измерительное оборудование для испытаний изделий ракетно-космической техники (РКТ). Наше оборудование способно обеспечивать сбор измерительной информации и автоматизированное управление процессами большинства видов испытаний. На базе аппаратно-программных комплексов НПП «МЕРА» создаются автоматизированные многоканальные системы для проведения стендовых испытаний узлов и агрегатов РКТ:

- многоканальные системы измерений и контроля относительных деформаций, перемещений, температур и сил при статических испытаниях на прочность элементов конструкций и сборок ракет-носителей в условиях низких температур на испытательном стенде;
- многоканальные системы сбора, регистрации и обработки данных с целью определения напряженно-деформированного состояния узлов и конструкций, а также сил, развиваемых при статических испытаниях ракет космического назначения;
- многоканальные системы измерений, обработки параметров и управления стендов для проведения крупномасштабных испытаний и отработки газодинамики старта ракет космического назначения и пусковых установок.

Большой выбор программно-технических средств НПП «МЕРА» позволяет создавать:

- комплексы виброизмерений при транспортировке ракет космического назначения на пусковую установку;
- автоматизированную контрольно-проверочную аппаратуру для управления, контроля, оценки функционирования бортовых систем ракет-носителей и состояния наземных комплексов при проведении проверок на заводе-изготовителе, на технических пунктах и стартовых позициях в местах проведения испытаний;
- комплексы формирования и выдачи команд запуска пиротехнических средств, средств регистрации измерительной информации, а также комплексы управления средствами предупредительной сигнализации и технологическими системами испытательного стенда;
- радиотелеметрические системы, в том числе бортовые.

Наши заказчики и партнеры: ПАО «РКК «Энергия» им. С. П. Королева», ФГУП «ГКНПЦ им. М. В. Хруничева», АО «Корпорация «МИТ», ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина», ФКП «НИЦ РКП», АО «ОНПП «Технология», АО «КБХА», Стартовые комплексы космодромов «Байконур» и «Плесецк», АО «ОКБ «Новатор», ФГУП КБ «Арсенал» им. М. В. Фрунзе», АО «РКЦ «Прогресс», АО «Красноярский машиностроительный завод», АО «НИИ ПМ», АО «МКБ «ФАКЕЛ» им. ак. П. Ф. Грушина», АО «Информационные спутниковые системы им. ак. М. Ф. Решетнева», АО «НПК «КБМ», АО «Военно-промышленная корпорация «НПО машиностроения», АО «НПО ИТ», Центр управления полетами, ФГУП «КБ ХИММАШ им. А. М. Исаева», АО «Воткинский завод», АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», ФКП НИИ «Геодезия», ФГУП «КБОМ им. В. П. Бармина», ФГУП «РНИИ КП», АО «ГРЦ Макеева», АО «ГНПП «Регион», АО «Корпорация Тактическое Ракетное Вооружение», АО «НПО Энергомаш им. ак. В. П. Глушко», ФГУП «ФЦДТ «Союз», АО ВМП «АВИТЕК», ПАО «НПО «Искра», ФГУП «ЦНИИ машиностроения» и другие.

История

- 1992 г.** образование предприятия и разработка первого пакета программ для обработки сигналов ПОС
- 1995 г.** создание первых образцов программно-аппаратных комплексов с использованием измерительных плат «Л-Кард»
- 1996 г.** первые зарубежные внедрения программно-аппаратных комплексов
- 1996 г.** разработка и создание комплексов стартовых измерений для проекта Sea Launch (Морской старт)
- 1999 г.** создание собственного производства аппаратных средств и разработка линейки измерительных приборов MIC-200, MIC-036, MIC-400
- 1999 г.** разработка и внедрение автоматизированной системы стендовых испытаний авиационных двигателей
- 2000 г.** внедрение приборов серии MIC на космодромах Байконур и Плесецк
- 2000 г.** разработка и внедрение телеметрических комплексов MIC-ТМ на космодромах Байконур и Плесецк
- 2001 г.** начало выпуска серийной аппаратуры MIC-300
- 2001 г.** выпуск первой версии пакета программ послеэкспериментальной обработки измерительной информации ПО WinПОС
- 2004 г.** создание системы менеджмента качества и сертификация на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2001
- 2004 г.** разработка аппаратуры для исследования динамических процессов колебаний и контроля рабочего состояния лопаток компрессоров и турбин посредством бесконтактного дискретно-фазового метода
- 2010 г.** оснащение производственно-технического центра автоматизированным оборудованием микромонтажа
- 2010 г.** разработка комплекса MIC-1100 для съема измерительной информации с вращающихся валов
- 2012 г.** установка на космический аппарат сертифицированного блока передачи телеметрической информации производства НПП «МЕРА» MIC-700
- 2012 г.** приобретение собственных площадей в г. Мытищи для оборудования производственных и офисных помещений
- 2012 г.** создание сканеров для регистрации параметров пространственно-распределенных процессов (температур, напряжений и давлений)
- 2013 г.** создание миниатюрных автономных регистраторов сигналов MIC-1150, MIC-1110
- 2013 г.** разработка автоматизированной системы для летных испытаний авиационных двигателей
- 2013 г.** разработка аппаратно-программного комплекса для бесконтактного съема информации с роторов газотурбинных двигателей
- 2014 г.** разработка комплекса MIC-1500 для съема измерительной информации с быстро вращающихся валов
- 2014 – 2015 гг.** разработка и создание бортовых систем измерений для ПАО «ТАНТК им. Г. М. Бериева» и ОАО «ЛИИ им. М. М. Громова»
- 2015 г.** модернизация систем измерения и управления испытаниями высотных стендов Ц-4Н, Ц-1А НИЦ ЦИАМ

НПП «МЕРА» сегодня

НПП «МЕРА» – ведущая российская компания в области разработки измерительных систем для авиационной, ракетно-космической, энергетической, транспортной, машиностроительной отраслей и автоматизации испытательных стендов.

Предприятие состоит из научно-технического и производственного центров, имеет подразделения стандартизации и метрологии, технической поддержки.

Коллектив НПП «МЕРА» составляют более 200 высококвалифицированных специалистов, имеющих значительный опыт разработки и производства аппаратно-программных измерительных комплексов и успешного внедрения комплексных систем измерений и управления технологическими процессами и процессами стендовых испытаний.

НПП «МЕРА» располагает современной производственной и испытательной базой с высоким уровнем автоматизации, позволяющими производить аппаратуру, отвечающую требованиям промышленных и военных стандартов.

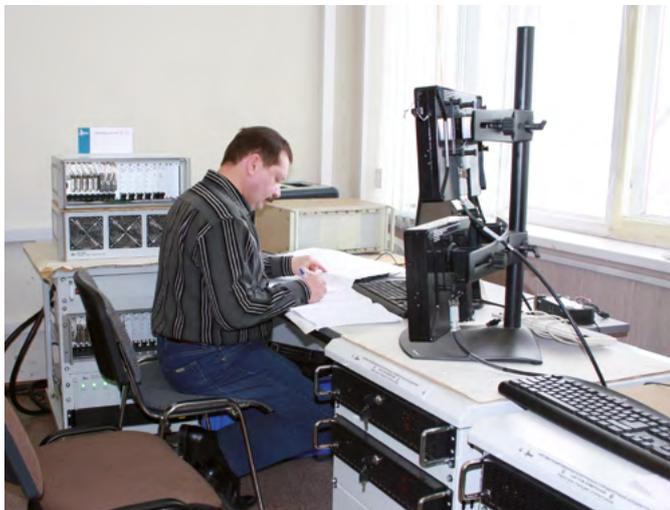


Выпускаемая предприятием измерительная аппаратура, проходит государственную регистрацию средств измерений.

Гарантийный срок эксплуатации, установленный на продукцию, составляет 3 года, на продукцию, выпускаемую под контролем ВП МО РФ, – 5 лет.

Миссия

Мы помогаем создавать технологии будущего.



Концепция

НПП «МЕРА» практикует комплексный подход к задаче автоматизации стендовых испытаний от детальной проработки технического задания до поставки готового комплекса оборудования «под ключ», внедрения его в эксплуатацию, обучения специалистов заказчика и авторского сопровождения.

При создании измерительной аппаратуры и систем, НПП «МЕРА» использует самые совершенные аппаратно-программные решения, в том числе собственной разработки, высокоинтегрированную надёжную элементную базу, современные технологии изготовления и сборки.

Аппаратура, разрабатываемая предприятием, имеет, как правило, модульную конструкцию, представляет широкие возможности для создания оптимальной структуры измерительных комплексов, возможности их масштабирования и дальнейшего развития.

Все аппаратные средства, создаваемые предприятием, от отдельных измерительных устройств до сложных автоматизированных систем стендовых испытаний, работают под управлением единого программного обеспечения разработки НПП «МЕРА». При этом интерфейсы системы адаптируются под задачи заказчиков, предоставляя возможности настройки, быстрой обработки данных, анализа и представления измерительной информации в наиболее удобном документированном виде.

Комплексный подход

1



Исследование объекта автоматизации.

Разработка технического задания в соответствии с техническими требованиями заказчика. Разработка технического проекта, рабочей конструкторской документации.



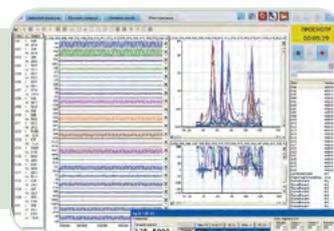
2

3



Разработка и изготовление оборудования, проведение испытаний компонентов системы на устойчивость к внешним воздействиям. Первичная метрологическая поверка. Разработка эксплуатационной документации.

Разработка специализированного программного обеспечения.



4

5



Разработка и изготовление кроссировочных средств, нормирующих усилителей сигналов датчиков. Комплектация системы продукцией субподрядчиков.

Монтаж, проведение пуско-наладочных работ. Комплексная отладка. Сдача в эксплуатацию.



6

7



Техническая поддержка, обучение персонала заказчика, метрологическое сопровождение в соответствии с действующими нормативными базами.

Сервисное обслуживание, модернизация.



8

Сертификаты и лицензии

На предприятии внедрена система менеджмента качества, сертифицированная на соответствие ГОСТ ISO 9001-2011 (№ РОСС RU.ИТ19.00035 от 28.02.2014 г.).

Продукция, разработанная и выпускаемая НПП «МЕРА», включена в Государственный реестр средств измерений. Отдельные разработки предприятия защищены патентами и свидетельствами.



Лицензия на космическую деятельность (разработка и изготовление специализированных модулей нового поколения для приема, регистрации, обработки и отображения телеметрической информации в процессе испытаний изделий ракетно-космической техники).



Свидетельство об утверждении типа средств измерений комплексов измерительно-вычислительных МИС.

Свидетельство №24553 на полезную модель «Регистратор измерительных сигналов и их характеристик».



Патент №2173857 на изобретение «Способ измерения частоты импульсов».

Свидетельство №242789 на товарный знак «МИС» в отношении измерительных приборов и инструментов.

Свидетельство №2004611912 об официальной регистрации программы для ЭВМ «Пакет обработки сигналов WinПОС».



Сертификат соответствия модулей нормирующих серии ME с маркировкой взрывозащиты [Exia]IIC, требования нормативных документов ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-11-99).

ТМС «Источник-М» в составе системы приема и регистрации телеметрической информации (СПР ТМИ) допущен к применению на Международной космической станции (Сертификат ФСС КТ Роскосмоса) № ФСС КТ 134.09.1.3.766400.01.08 от 20.01.2009.



Система менеджмента качества при разработке, производстве, монтаже и обслуживании изделий ракетно-космической техники научного, социально-экономического и двойного назначения (классы ЕКПС 1420, 1430, 1441, 1451, 1460, 1471, 1821, 4920, 6340, 7030, 7031), соответствует требованиям Положений РК-11-КТ, РК-11, ГОСТ СРПП ВТ, включая ГОСТ РВ 0015-002-2012, ГОСТ ISO 9001-2011 и ОСТ 134-1028-2012.



Свидетельство НП СРО «РОСО» о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства.



Научно-производственное предприятие «МЕРА»
Адрес: Россия, 141002, Московская область,
г. Мытищи, ул. Колпакова, д. 2, корпус №13
Тел.: **(495) 783-71-59** | Факс: **(495) 745-98-93**
info@nppmera.ru | **www.nppmera.ru**