



# **Автоматизация испытательных стендов в авиационной отрасли промышленности**

© 2016-2017 НПП «МЕРА»



# Автоматизация испытательных стендов в авиационной отрасли промышленности

## Содержание

---

Современные стенды для всех видов испытаний .....	2
Реконструкция высотного стенда .....	9
Модернизация стенда статических испытаний .....	20
Реконструкция стенда для испытаний экспериментального газогенератора ПД-14.....	27
Центр компетенций в сфере обеспечения испытаний авиационной техники ....	34

## Современные стенды для всех видов испытаний



НПП «МЕРА» разрабатывает, производит и внедряет в эксплуатацию автоматизированные информационно-измерительные и управляющие системы стендовых испытаний. При этом используются как собственные разработки НПП «МЕРА», так и комплектующие ведущих мировых производителей.

Комплекс оборудования испытательного стенда передаётся заказчику полностью собранным и готовым к эксплуатации, в состоянии «включай и работай».

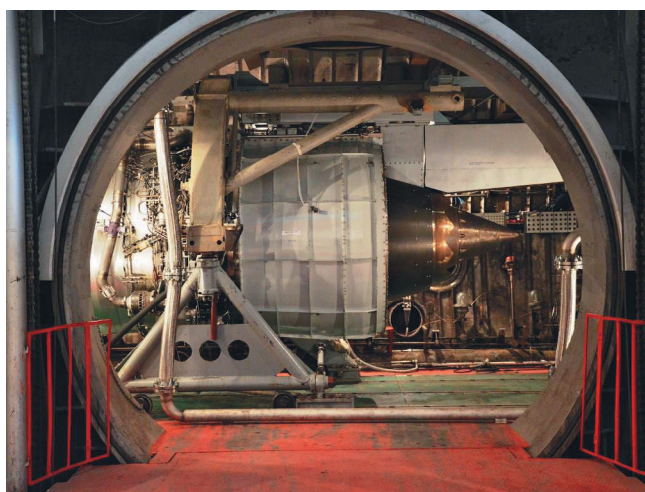
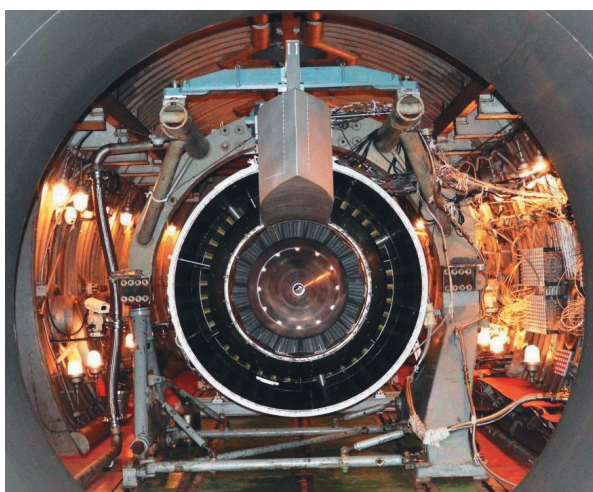
В состав оборудования стенда входят:

- силоизмерительная система (СИС) со станком – система измерения тяги;
- подъёмная платформа, встраиваемая в пол бокса, с системами питания, управления и блокировками, обеспечивающая доступ к двигателю, установленному в СИС;
- АСУ ТП, включающая: пульт управления, электродистанционную систему управления двигателем (ЭДСУ), мониторы, операторскую станцию, источники питания, метеорологическую станцию, необходимое для испытаний измерительное оборудование, внутренние телевизионную и коммуникационную системы;
- система топливопитания, включающая систему подготовки топлива, измерения его расхода, а также систему аварийного питания;
- система питания двигателя маслом;
- система электропитания;
- система воздушного запуска, подготавливающая и управляющая подачей воздуха;
- система промывки компрессора двигателя;
- система измерения эмиссии загрязняющих веществ;
- система консервации;



## Современные стенды для всех видов испытаний

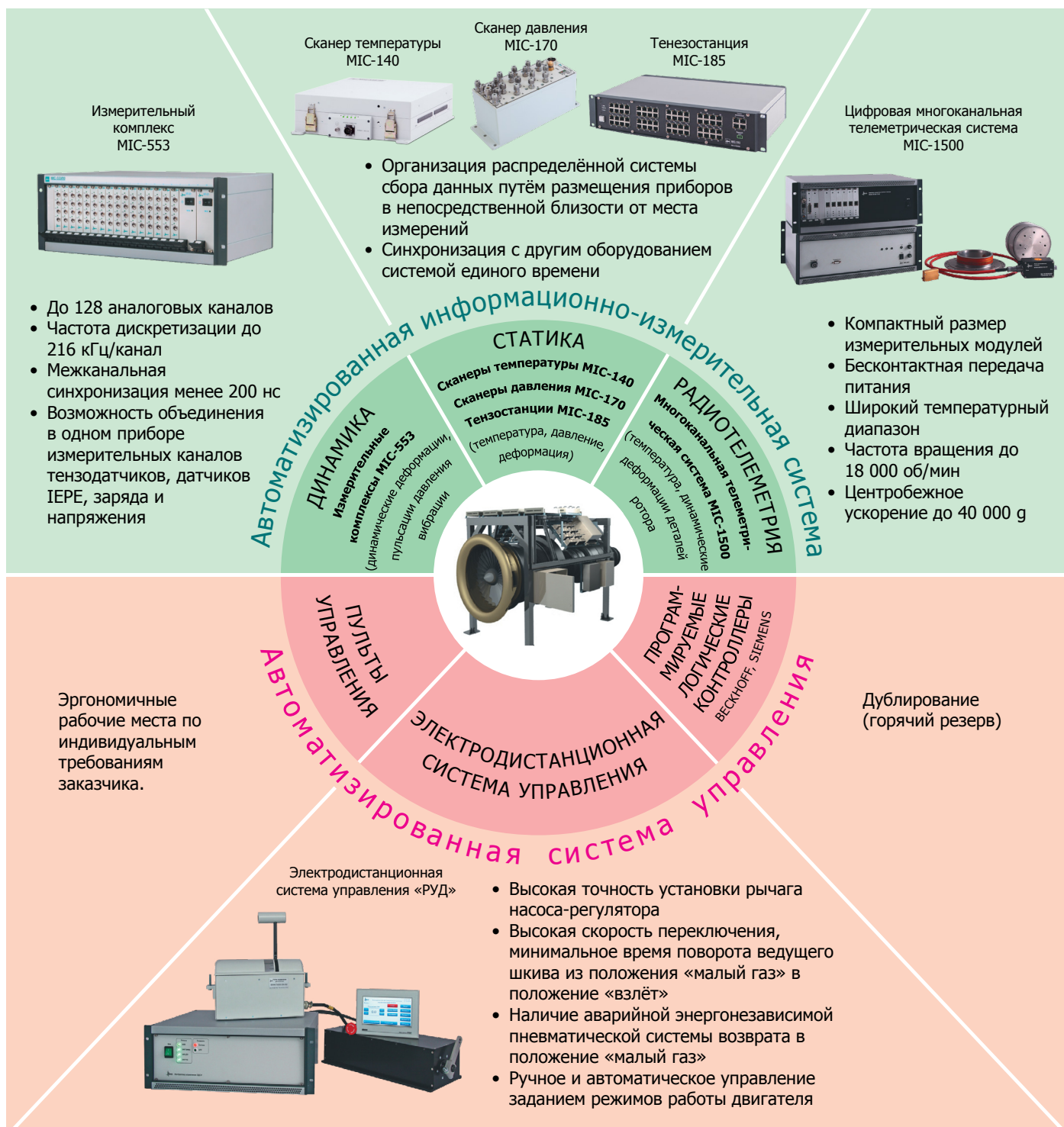
- система загрузки агрегатов двигателя, обеспечивающая загрузку гидравлических насосов и электрических генераторов;
- система установки двигателя в СИС (монорельс с тельфером) и самоходная поворотная тележка;
- тележка для хранения и транспортировки закапотированного двигателя с адаптером и выходным расходомерным коллектором (ВРК);
- подкапотная система пожаротушения аргоном;
- адаптер для двигателя, включающий: верхнюю платформу, упругую балку, замки для СИС, быстроразъёмные соединения, имитатор хвостовой части пилона, соединения для подвода топлива, воздуха, подключения измерительной аппаратуры;
- обтекатель для двигателя, включающий ВРК, капоты, сопловые насадки;
- тележка для хранения и перемещения адаптера с обтекателями.



К АСУ ТП стенда относятся:

- система управления двигателем, обеспечивающая работу двигателя на устоявшихся и переменных режимах и переход с ручного режима на автоматический;
- пульт контроля, настройки и отображения параметров работы двигателя;
- система управления стендовыми системами (топливной, масляной и пр.), обеспечивающая выдачу управляющих сигналов на исполнительные механизмы;
- система контроля двигателя, осуществляющая выдачу предупредительных сигналов при выходе параметров за границы уставок, контроль вибрации корпусов двигателя, сигнализацию аварийных режимов и ситуаций на двигателе и стендовых системах, контроль температуры газа за турбиной;
- система измерения и регистрации параметров двигателя, обеспечивающая единый формат данных низкочастотных и высокочастотных измерений.

# Современные стелды для всех видов испытаний



## Принципы построения современного авиационного стелды

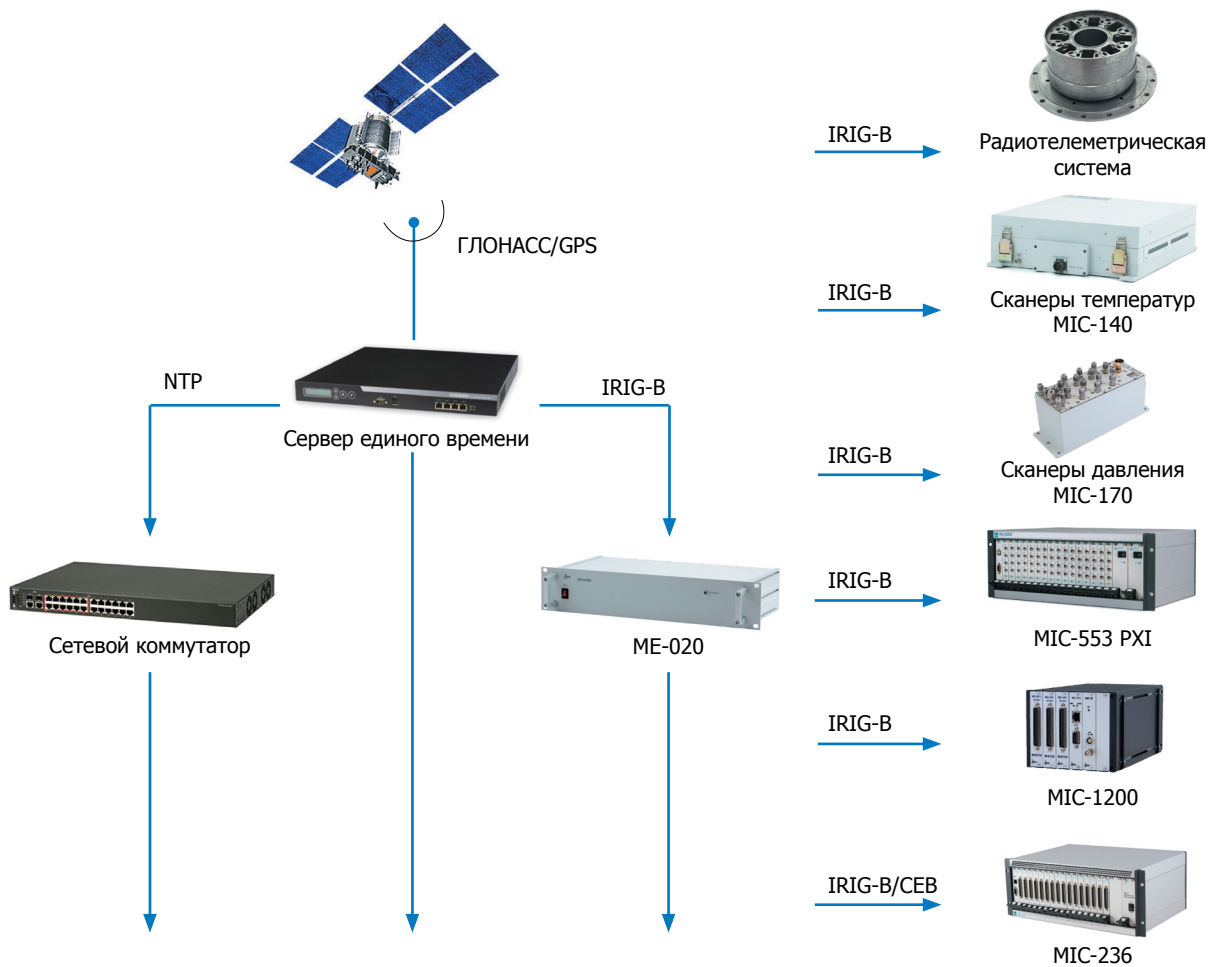
Между АСУ ТП стелды и рабочими местами ответственных специалистов организуется скоростной канал обмена информацией для передачи результатов измерений, оперативных указаний, технической документации, видео- и фотоинформации по результатам осмотра газоздушного тракта и т. д.

Все подсистемы стелды интегрированы в единый программно-аппаратный комплекс.

Измерительные каналы автоматизированного комплекса стелды синхронизируются системой единого времени по стандарту IRIG. Обеспечивается привязка к абсолютному времени систем ГЛОНАСС/GPS.

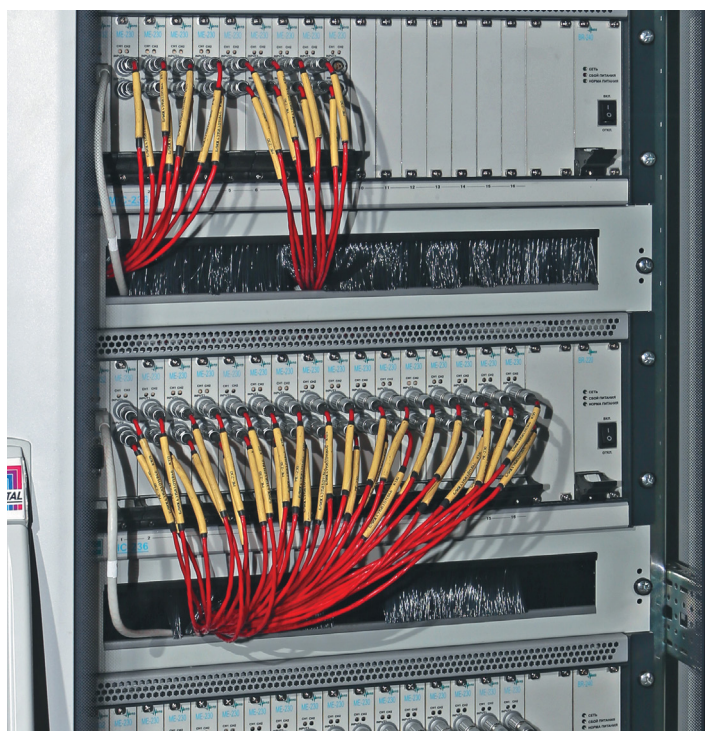


## Современные стенды для всех видов испытаний



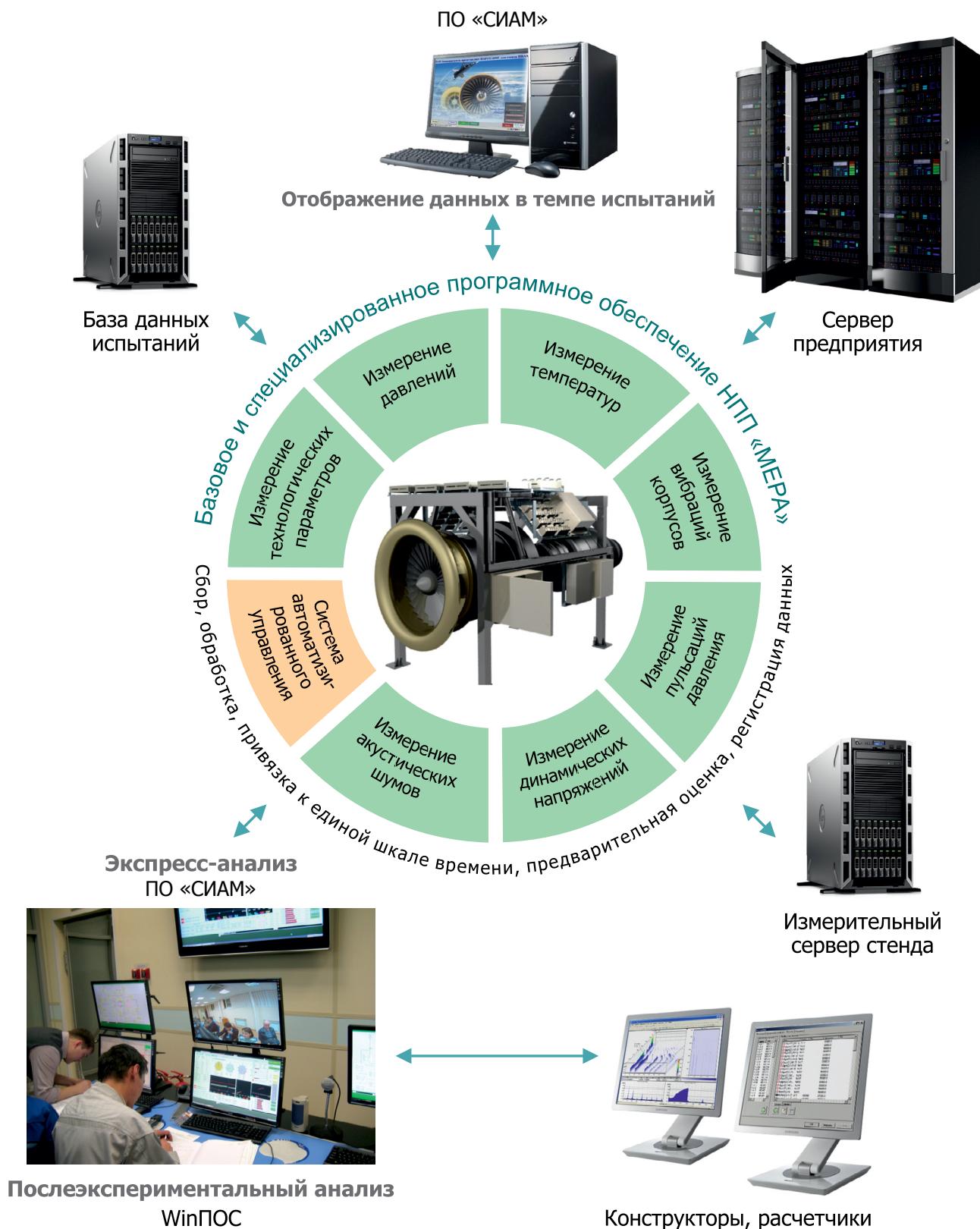
Обеспечение точности временной привязки измерений

Поставляемое оборудование построено на проверенной элементной базе с применением актуальных технических решений в области контроля и управления, с использованием надёжных средств вычислительной техники, современных методов и подходов к созданию систем измерения, исполнительных механизмов, схем электропитания и т. д.



## Современные стенды для всех видов испытаний

Специализированное программное обеспечение НПП «МЕРА», применяемое для регистрации, обработки и хранения измерительных данных, имеет многоуровневую структуру. ПО верхнего уровня «СИАМ» предназначено для управления процессами испытаний, измерения и отображения данных в темпе испытаний, подготовки отчета по результатам. На нижнем уровне осуществляется синхронный сбор данных под управлением ПО Recorder и MR-300.



Структура программного обеспечения, пример реализации проекта в АО «Авиадвигатель»



## Современные стенды для всех видов испытаний

Для послезэкспериментальной обработки измерительной информации используется пакет обработки сигналов WinПОС, который может применяться локально, на отдельном рабочем месте, или работать как распределённая клиент-сервер система.

Технологии клиент-сервера позволяют выполнять ресурсоёмкие математические операции на выделенном сервере, а получать и анализировать результаты вычислений на клиентской рабочей станции. Использование клиент-сервер схемы обработки данных минимизирует требования к ресурсам рабочих мест пользователей, снижает нагрузку на информационную сеть, и при этом даёт возможность выполнять комплексную полнофункциональную обработку большого объёма данных любым алгоритмом, предоставляемым WinПОС.

При организации системы передачи данных стенда возможно создание единого информационного пространства в сети предприятия, предусматривающего обмен измерительной информацией между удалёнными потребителями через единую базу данных.



Концепция единого информационного пространства,  
пример реализации проекта в АО «Авиадвигатель»

Создаваемые НПП «МЕРА» измерительные системы для стендовых испытаний поставляются готовыми к сертификации по ГОСТ Р 8.596 2002, ОСТ 101021-93 и удовлетворяют всем требованиям по ОТУ 2006.

Наименование параметра	Суммарная погрешность измерения, %
Измеренная сила тяги двигателя	± 0,3 от измеряемого значения (ИЗ)
Крутящий момент силы	± 0,5 от ИЗ
Расход топлива	± 0,3 от ИЗ
Массовый расход топлива	± 0,5 от ИЗ
Частота вращения	± 0,1 от ИЗ
Расход воздуха, отбираемого из ГТД на нужды ЛА	± 0,1 от ИЗ
Прокачка масла	± 0,1 от ИЗ
Расход масла	± 0,2 от ИЗ
Давление воздуха (газов) по тракту ГТД	± 0,3 от ИЗ
Температура воздуха (газов) по тракту ГТД	± 0,3 от ИЗ
Давление воздуха на входе в ГТД (при испытаниях с наддувом)	± 0,4 от ИЗ
Температура атмосферного воздуха на входе в ГТД/расходомерный коллектор (РМК)	± 0,3 от ИЗ
Температура рабочих жидкостей (топлива, масла, гидросмесей)	± 0,1 от верхнего предела нормированного значения (ВП НЗ)
Перепад между полным давлением на входе в РМК и статическим давлением в мерном сечении РМК	± 0,3 от ИЗ
Относительная влажность воздуха на входе в РМК	± 2,0 от ВП
Температура корпусов и деталей ГТД	± 1,0 от ВП НЗ
Пульсации давления в проточной части ГТД	± 1,0 от ВП (по амплитуде)
Виброскорость (виброускорение) корпусов и деталей ГТД (при вибрациях с частотами роторов)	± (1,0 – 12,0) от ВП НЗ (по амплитуде)
Статические и динамические деформации корпусов, деталей и узлов ГТД	± 10,0 от ВП НЗ
Давление жидкостей (масла, топлива, гидросмесей)	± 1,0 от ВП НЗ

НПП «МЕРА» готово включать работы по аттестации измерительной системы стенда в комплекс оказываемых услуг.

**Далее представлено описание реализованных НПП «МЕРА» проектов полномасштабной реконструкции 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.**

## Реконструкция высотного стенда

---

### Задача

---

Техническое перевооружение и реконструкция испытательного стенда. Стенд предназначен для выполнения научно-исследовательских, доводочных и сертификационных испытаний воздушно-реактивных двигателей в наземных и высотно-скоростных условиях (на установившихся и переходных режимах работы изделий и стенда), а также на режимах, имитирующих условия полета летательных аппаратов (ЛА) по траектории их применения и на различных ее участках. На стенде могут испытываться элементы силовых установок, ЛА и другой техники.

В рамках реконструкции предусматривается создание автоматизированной системы управления технологическим процессом испытаний стенда (АСУ ТПИ), обеспечивающей:

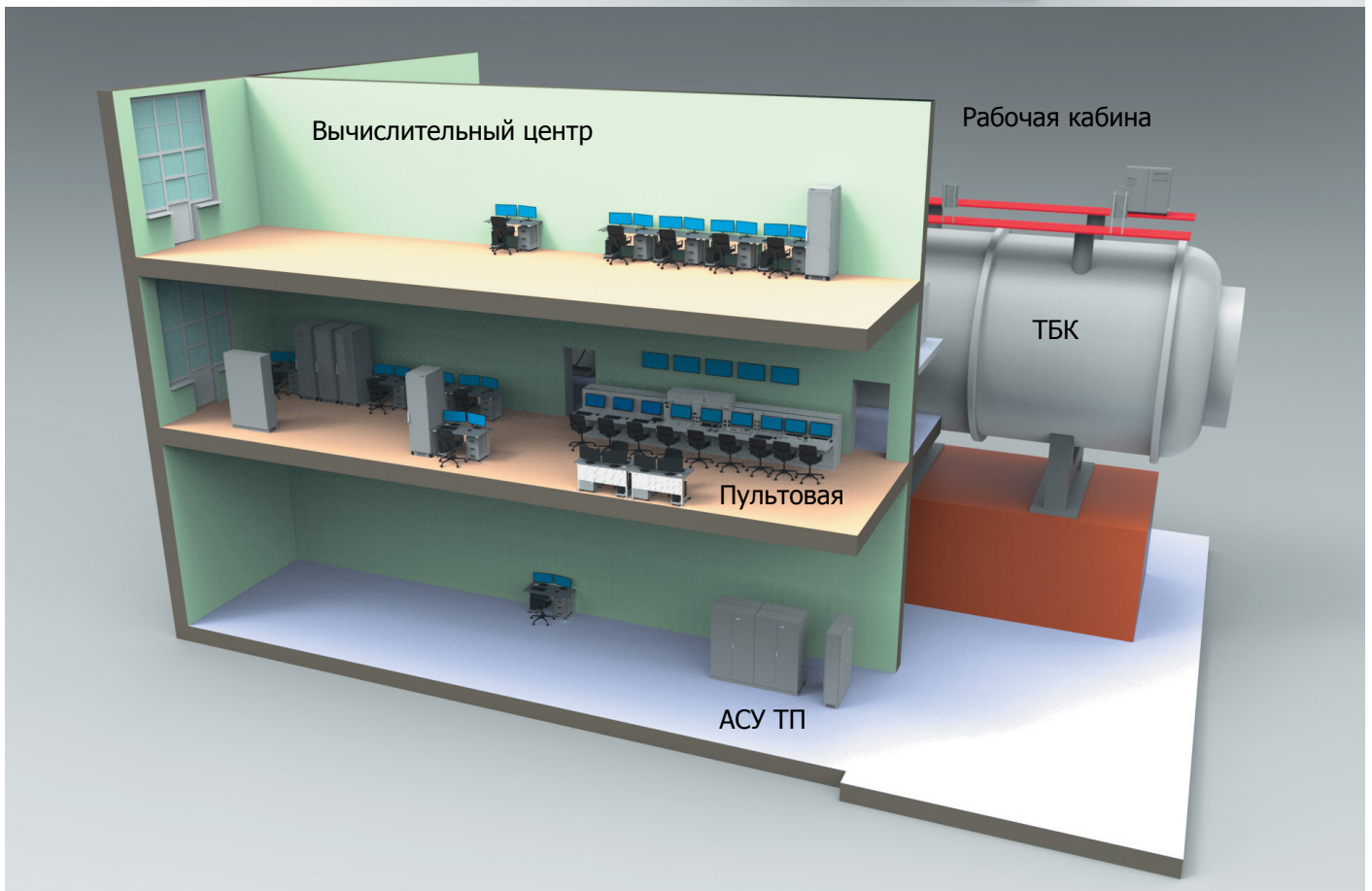
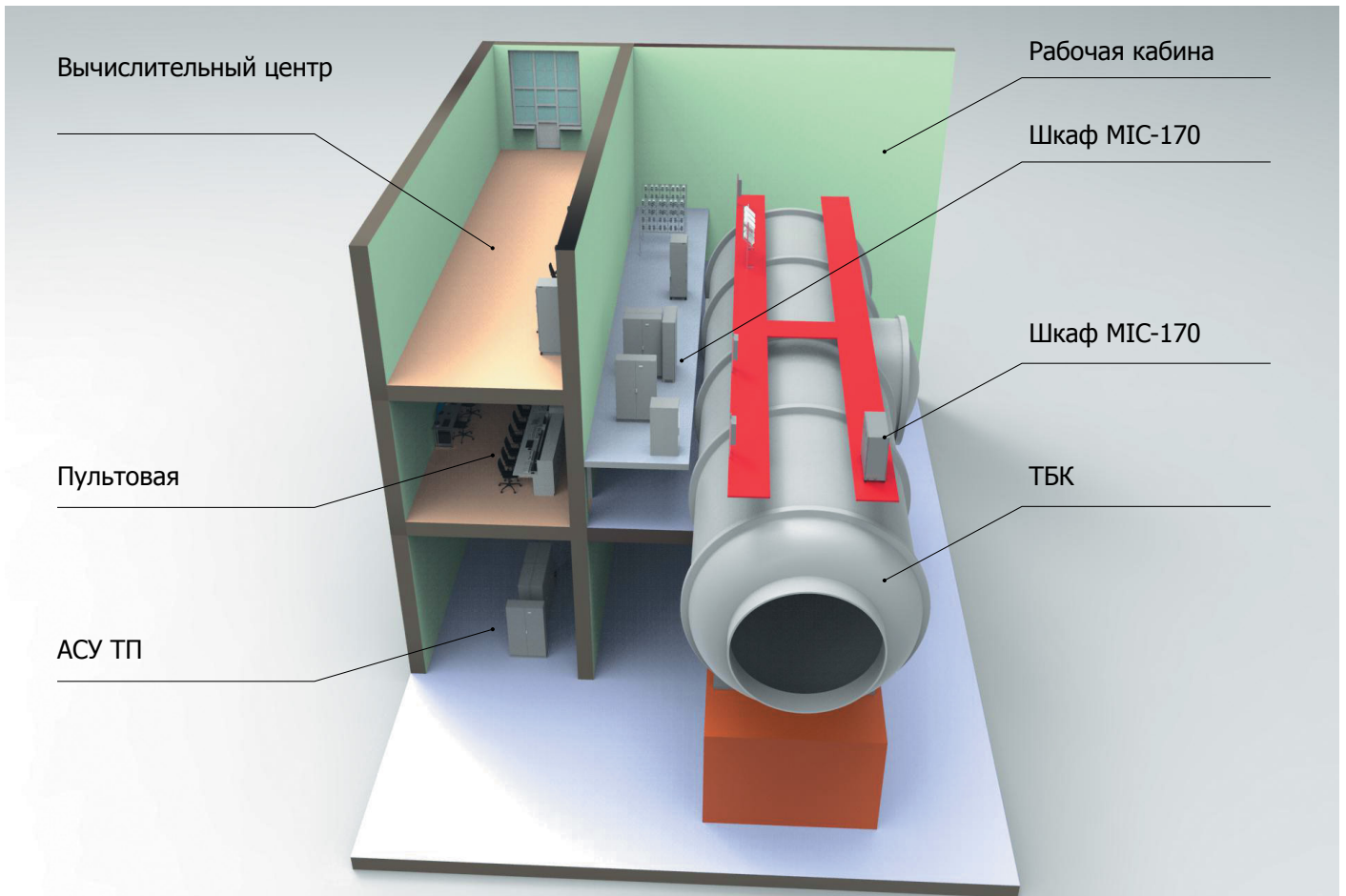
- автоматизированное оперативное управление режимами работы стенда и изделия, в т. ч. при специальных испытаниях;
- автоматизированное измерение, обработку, регистрацию и отображение параметров испытываемого изделия и технологических систем;
- автоматическое регулирование давления и температуры воздуха на входе изделия, давления выхлопных газов в термобарокамере, перепада давлений на изделии;
- автоматизированное управление параметрами технологических систем;
- регулирование отношения давлений газо-воздушного потока на входе и в термобарокамере в условиях переходных режимов двигателя;
- регулирование влажности в потоке воздуха, скорости потока и влажности воздуха;
- ведение протокола испытаний и т. д.

### Особенности

---

- Испытания полноразмерных авиационных газотурбинных двигателей 4-го и 5-го поколений с тягой до 25 тонн, с различными объемом препарирования, требованиями по обработке и отображению в имитируемых высотно-скоростных условиях в широком диапазоне высот и чисел Маха полета как на установившихся, так и на переходных режимах работы.
- Широкая номенклатура измеряемых параметров: давление, температура, массовые расходы газа и жидкости, усилия, вибрации, пульсации, динамические деформации, частота вращения, линейные и угловые перемещения, радиальные и осевые зазоры, влажность, водность и т. д.
- Измерение более 1000 стендовых и двигательных параметров в широком частотном диапазоне (от 1 Гц до 100 кГц по отдельным каналам).
- Высокая точность измерений основных и режимных параметров 0,1 – 0,5 % от верхнего предела диапазона измерения.
- Большой диапазон измерения параметров, например, давление на входе в двигатель может изменяться в 80 раз.
- Данный проект характеризуется созданием масштабной системы управления. Помимо системы управления технологическими и двигательными подсистемами был разработан аппаратно-программный комплекс управления термобарокамерой и запорно-регулирующими органами газо-воздушного контура, силоизмерительной системой (СИС).

## Реконструкция высотного стенда



Расположение основных элементов стенда



## Решение

Подсистемы стенда:

1. АИИС «Статика», АИИС «Динамика» обеспечивают автоматизированное измерение, регистрацию, воспроизведение, обработку и отображение параметров испытываемого изделия и технологических систем стенда.
2. АСУ ТП обеспечивает автоматизированное оперативное управление режимами работы стенда, отображение параметров испытываемого изделия и технологических систем, слежение за предаварийными и аварийными значениями параметров изделия и стенда, выполнение предаварийной сигнализации и аварийного останова изделия, автоматическое регулирование давления и температуры воздуха на входе изделия.
3. Силоизмерительная система обеспечивает измерение силы от тяги двигателя.
4. Система видеонаблюдений для организации видеонаблюдения за ходом испытаний с возможностью записи и архивирования видеоизображений.
5. Пульт управления для размещения автоматизированных рабочих мест.
6. Гидросистема для управления регулирующими и запорными органами.
7. Система электропитания для подачи бесперебойного стабилизированного питания на стендовое оборудование.
8. Система стендовой аудиосвязи для передачи речевых команд обслуживающему персоналу стенда.

Все измерительные каналы и узлы управления системами АИИС и АСУ ТП, а также видео- и аудиоподсистема объединены в локальную сеть и синхронизированы по системе единого времени (СЕВ) с точностью не хуже 0,01 секунды.

### **1. Автоматизированная информационно-измерительная система**

Целесообразность разделения АИИС на группы подсистем «Статика» и «Динамика» обусловлена требованиями к количеству измеряемых параметров (свыше 200 «быстрых» и более 1000 «медленных» каналов).

#### **1.1. Подсистема «Статика»**

##### **Аппаратные средства**

Для приёма сигналов от термопар и обработки измерительной информации в состав подсистемы «Статика» включены комплексы измерения температур магистрально-модульные (сканеры температур) МИС-140. Для измерения давления стационарных потоков газов в двигателе и термобарокамере применяются измерители давления многоканальные (сканеры давлений) МИС-170. Сканеры физических параметров предназначены для эксплуатации в условиях воздействия повышенных температур, влажности, ударных и шумовых воздействий.

В целях сокращения общей длины проводных и пневматических каналов, а также для минимизации стоимости кабельных соединений и повышения надёжности большого числа измерительных каналов медленноменяющихся процессов используется распределённая структура построения системы. Все сканеры давлений и температур, в соответствующем защищённом исполнении, расположены на специальных стеллажах в рабочей кабине стенда, вблизи термобарокамеры, и синхронизированы системой единого времени.



Стойки со сканерами температуры и давления



Подсистема измерения общесистемных параметров предназначена для контроля состояния и измерения параметров различных устройств, входящих в состав стенда и обеспечивающих необходимые режимы проведения испытаний.

В подсистеме использованы комплексы измерительно-вычислительные MIC-036, выполняющие сбор, преобразование и передачу данных в локальную сеть.



Приборная стойка общесистемных каналов



## 1.2. Подсистема «Динамика»

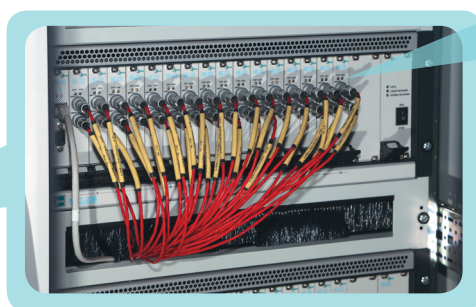
### Аппаратные средства

АИИС «Динамика» включает несколько станций сбора данных (ССД), выполняющих функции автоматизированного рабочего места (АРМ) измерения и контроля пульсаций давления, вибрографирования, тензометрирования.

ССД созданы на базе унифицированных программно-аппаратных средств серии MIC на основе открытого стандарта PXI и современных SCADA-систем. Каждая ССД состоит из крейта MIC-553 с установленными в него программируемыми измерительными модулями и промышленного компьютера. Все компоненты системы синхронизированы между собой относительно единого источника времени по протоколу IRIG-B.

Установленные непосредственно на детали и конструкции датчики вибрации подключаются к выполняющим функции усилителей пьезосигналов модулям ME-230, расположенным в слотах комплексов MIC-236.

Приборная стойка



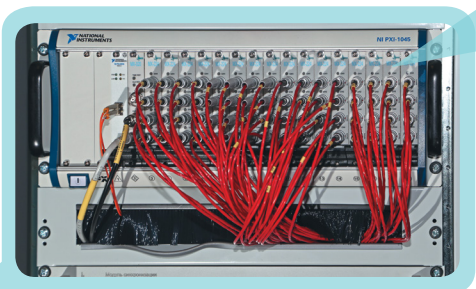
Комплекс измерительно-вычислительный MIC-236



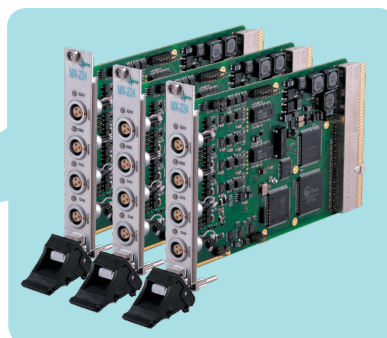
Усилители-преобразователи заряда ME-230

Усиленные сигналы поступают на входы измерительных модулей MX-224, входящих в состав комплексов измерения динамических сигналов MIC-553. Комплексы MIC-553 подключены к станции сбора данных посредством оптической линии связи.

Приборная стойка

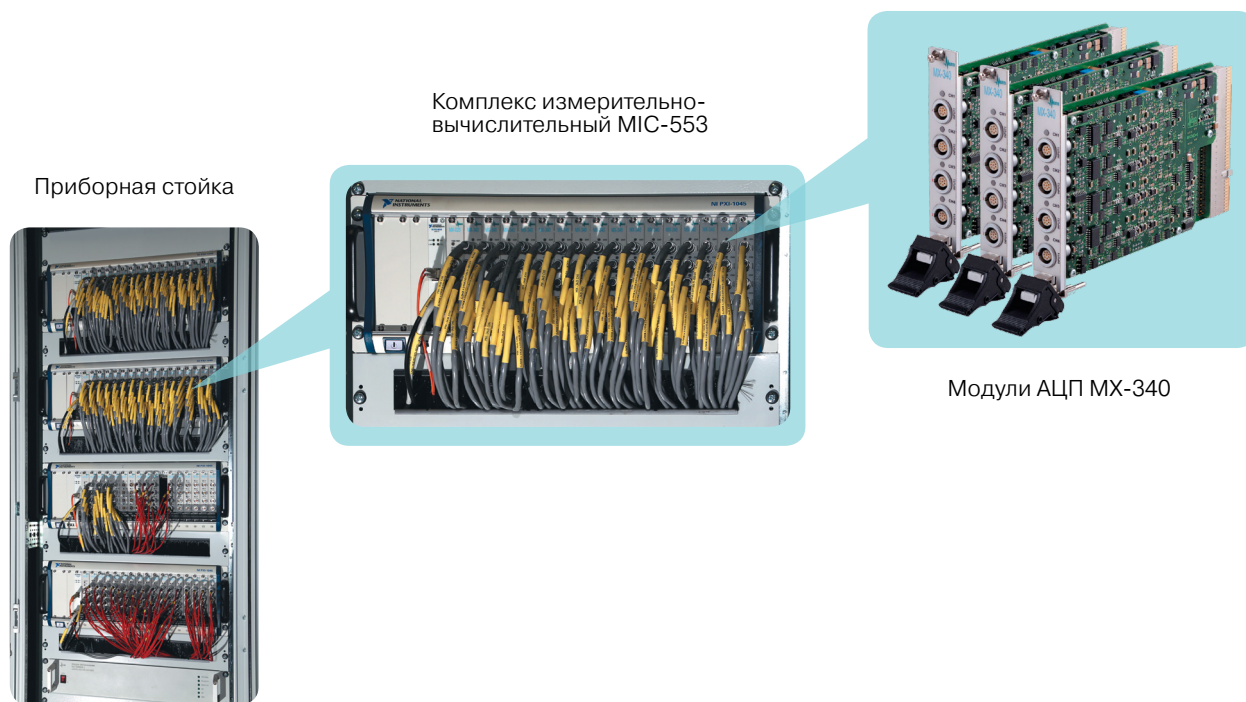


Комплекс измерительно-вычислительный MIC-553



Модули АЦП MX-224

Подсистема измерения механических напряжений и деформаций включает тензометрические датчики, устанавливаемые на детали и элементы конструкции двигателя, подключенные к входам модулей МХ-340. Модули МХ-340 установлены в комплексы МІС-553, контроллеры которых по локальной сети соединены со станцией сбора данных.



Со станций сбора данных по сети Ethernet измерительная информация поступает на автоматизированные рабочие места (АРМ) и сервер базы данных испытаний.

### Программное обеспечение

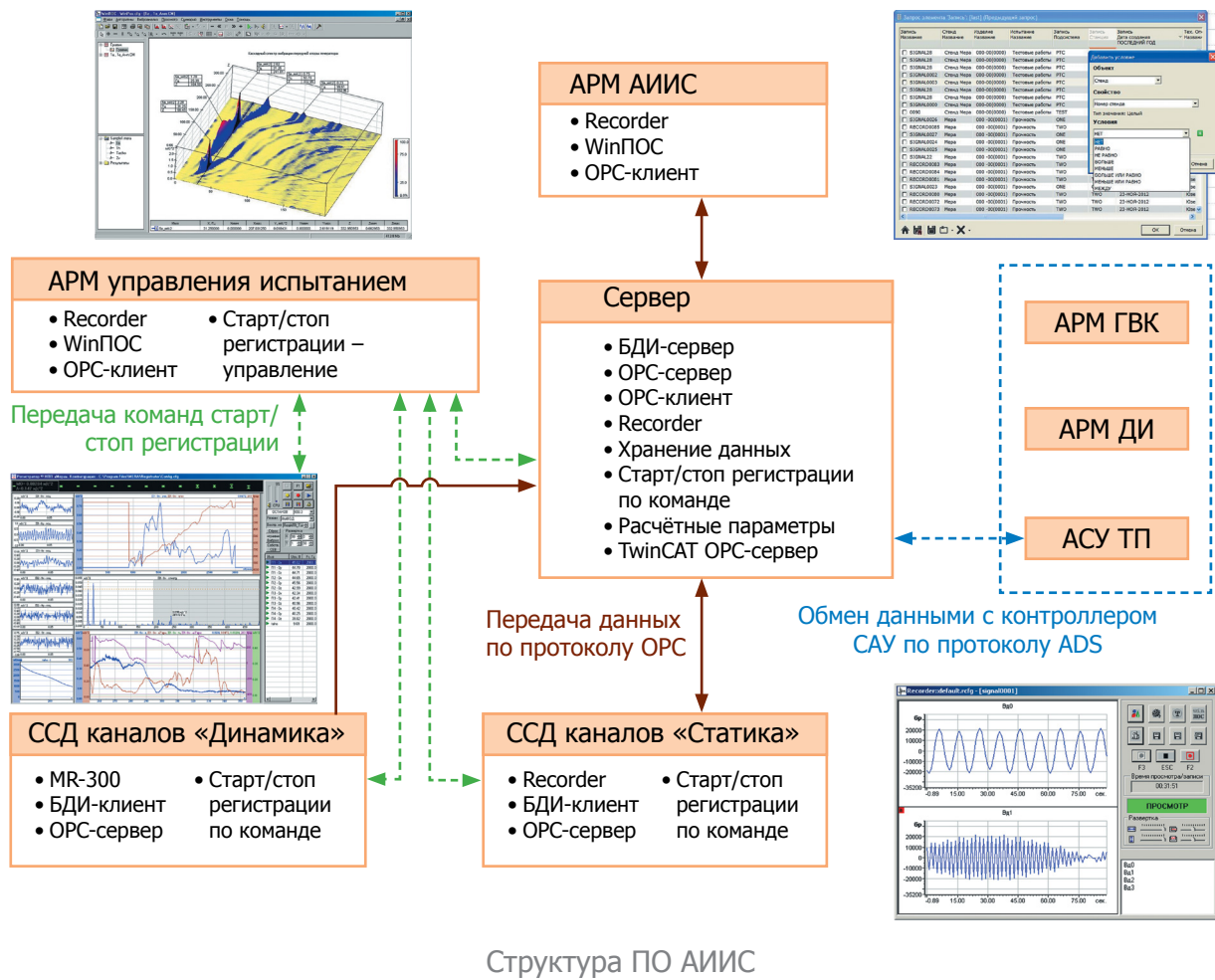
Разделение групп каналов на подсистемы позволяет использовать специализированное программное обеспечение для поверки, калибровки, настройки каналов, регистрации и отображения измерительной информации.

Адресный сбор, обработка данных и отображение результатов измерения группы каналов «Статика» происходит под управлением программы Recorder, установленной на подключенном к МІС-140, МІС-170 и МІС-036 компьютере. Эта же программа используется для технологических операций настройки режимов сбора, обработки и отображения данных и для контроля состояния комплекса.

Управление функциональными модулями, процессом регистрации и экспресс-анализом сигналов подсистемы «Динамика» осуществляется в реальном масштабе времени посредством специализированного программного обеспечения MR-300, установленного на станции сбора данных.

Для послеэкспериментальной обработки с целью детального анализа зарегистрированных сигналов и документирования результатов обработки обеих подсистем используется ПО цифровой обработки сигналов WinПОС.



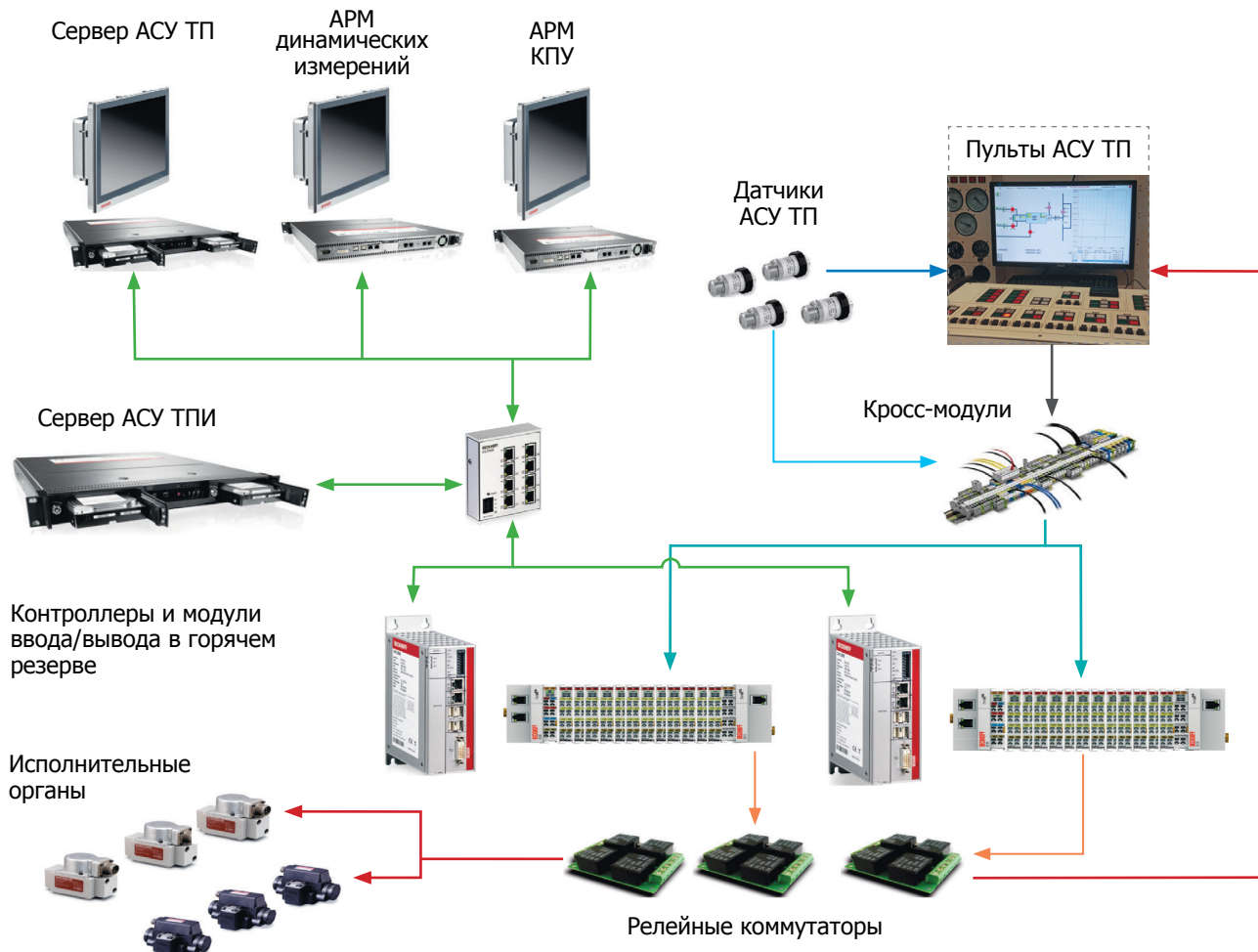


### 1.3. АСУ ТП

Основными технологическими регулируемыми параметрами рабочего процесса стенда являются:

- полное давление воздуха на входе в двигатель;
- заторможенная температура воздуха на входе в двигатель;
- статическое давление выхлопных газов в термобарокамере (вне реактивной струи из сопла двигателя);
- полное давление воздуха, подаваемого в камеру сгорания изделия;
- водность потока (при имитации условий обледенения);
- скорость потока воздуха перед объектом испытания (при имитации условий обледенения) в условиях обдува объекта испытаний из аэродинамической трубы.

## Реконструкция высотного стенда



Структурная схема АСУ ТП

Реализация схем подвода воздуха для разных видов испытаний осуществляется открытием/закрытием соответствующих дистанционно управляемых запорных и запорно-регулирующих органов, оснащенных системой сигнализации.



# Реконструкция высотного стэнда

Исполнительные механизмы приводов всех дросселей, задвижек, затворов и клапанов принимают сигналы управления от контроллеров при автоматическом и дистанционном управлении, а также от кнопок ручного (аварийного) управления.

В качестве исполнительных механизмов используется гидравлический привод, состоящий из:

- гидроцилиндров (ГЦ), укомплектованных датчиком положения и бесконтактными концевыми выключателями;
- гидравлического шкафа, укомплектованного элементами гидроавтоматики;
- электрических цепей питания, управления и сигнализации.

Управление исполнительными механизмами осуществляется с пульта оператора-технолога с помощью функциональных групп кнопок, относящихся к конкретному устройству и расположенных на виртуальном пульте на отдельной странице экрана дисплея.

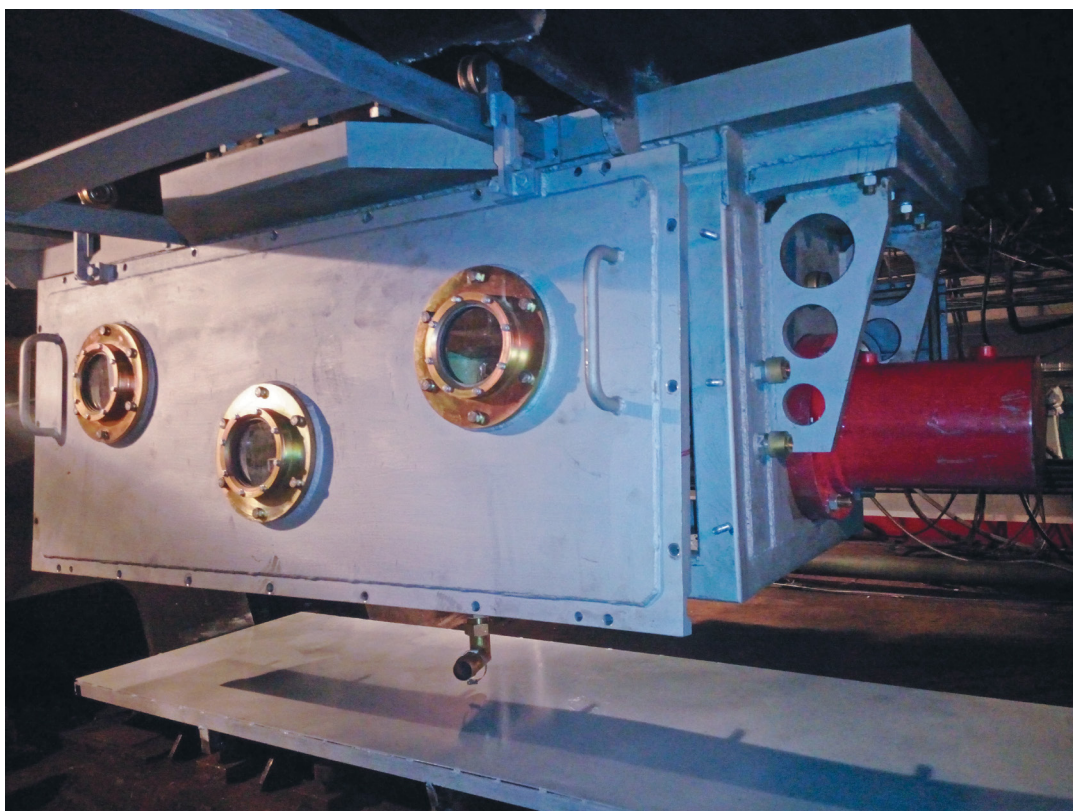
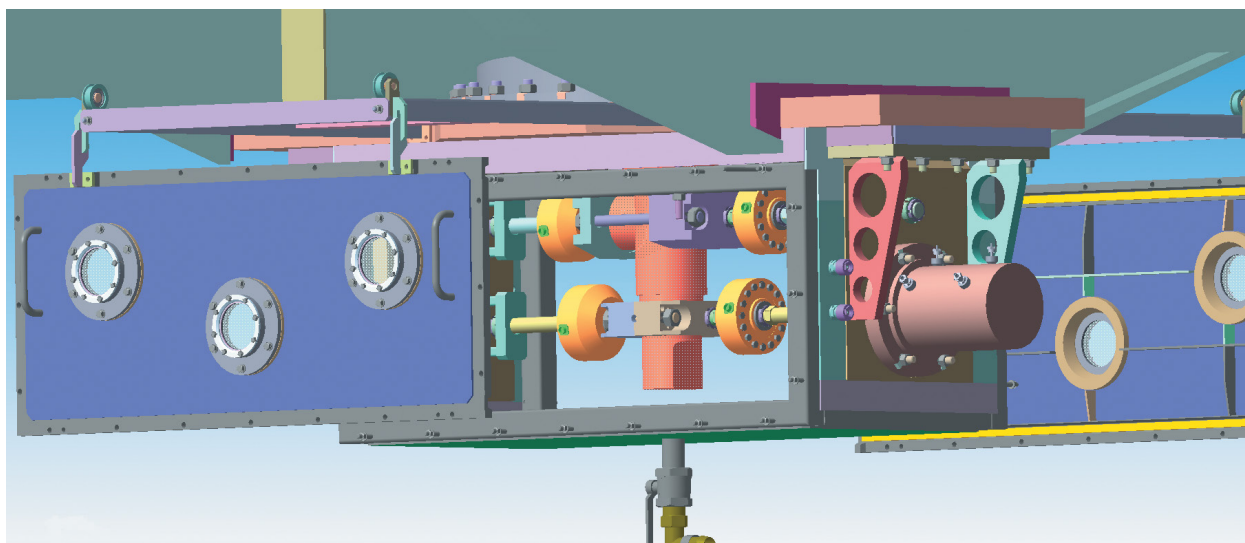
Имя	Значение	Описание	Имя	Значение	Описание
T_1	100	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда правого пучка 2-й секции	MH1	0,0	Давление воды перед мерной дифференциальной
T_2	75	1 - воды на выходе в 1-ый рядовой скелет пучка	MH2	0,0	Давление воды в верхней точке корпуса клапана
T_3	75	1 - воды на выходе в 1-ый рядовой скелет пучка	MH3	0,0	Давление воды в корпусе трубопровода
T_4	75	1 - воды на выходе в 1-ый рядовой скелет пучка	MH4	0,0	Давление воды в корпусе трубопровода
T_5	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда правого пучка	MH5	0,0	Давление воды на мерной дифференциальной
T_6	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда правого пучка	MH6	0,0	Давление воды на мерной дифференциальной
T_7	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда среднего пучка	MH7	0,0	Давление газа
T_8	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда среднего пучка	MH8	0,0	Давление газа
T_9	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH9	0,0	Давление газа
T_10	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH10	0,0	Давление газа
T_11	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH11	0,0	Давление газа
T_12	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH12	0,0	Давление газа
T_13	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH13	0,0	Давление газа
T_14	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH14	0,0	Давление газа
T_15	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH15	0,0	Давление газа
T_16	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH16	0,0	Давление газа
T_17	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH17	0,0	Давление газа
T_18	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH18	0,0	Давление газа
T_19	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH19	0,0	Давление газа
T_20	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH20	0,0	Давление газа
T_21	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH21	0,0	Давление газа
T_22	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH22	0,0	Давление газа
T_23	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH23	0,0	Давление газа
T_24	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH24	0,0	Давление газа
T_25	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH25	0,0	Давление газа
T_26	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH26	0,0	Давление газа
T_27	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH27	0,0	Давление газа
T_28	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH28	0,0	Давление газа
T_29	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH29	0,0	Давление газа
T_30	75	1 - воды на выходе из трубы 1-го ряда левого пучка 2-й секции	MH30	0,0	Давление газа



### 1.4. Силоизмерительная система

В процессе модернизации СИС стенда были решены следующие технические задачи:

- Замена рычажно-грузового градуировочного устройства на тензо-гидравлическое градуировочное устройство, обеспечивающее калибровку в положительном и отрицательном направлении.
- Проектирование устройства для измерения сил от тяги в положительном и отрицательном направлении.
- Проектирование калибровочного устройства по оси изделия (с установленным и обвязанным изделием) для получения рабочих градуировочных характеристик измерительных каналов силы от тяги газотурбинного двигателя.
- Рассчитана и спроектирована система подвески динамометрической платформы с учетом веса установленного двигателя, обвязки и входного трубопровода.



Силоизмерительная система выполнена в соответствии с проектом НИЦ ЦИАМ



### Результаты

---

- Повышена надёжность и готовность к проведению сложных безаварийных комплексных испытаний авиадвигателей. Обеспечивается безопасное и эффективное ведение процесса испытания авиадвигателей в автоматическом, ручном и аварийном режимах.
- Обеспечена требуемая информативность испытаний за счёт увеличения числа измерительных каналов.
- Обеспечена требуемая погрешность измерений и достоверность получаемых данных за счёт использования новых измерительных средств. Повышена безопасность хранения зарегистрированных в ходе испытаний данных.
- Реализована адаптивность и открытость программного обеспечения АСУ ТПИ, возможность коррекции ПО с целью проведения испытаний авиадвигателей различного типа и размерности.
- Получена возможность обработки и анализа результатов в ходе испытаний.
- Сокращена протяженность аналоговых линий связи за счет применения новых технологий с использованием сканеров физических параметров.

### Итоги

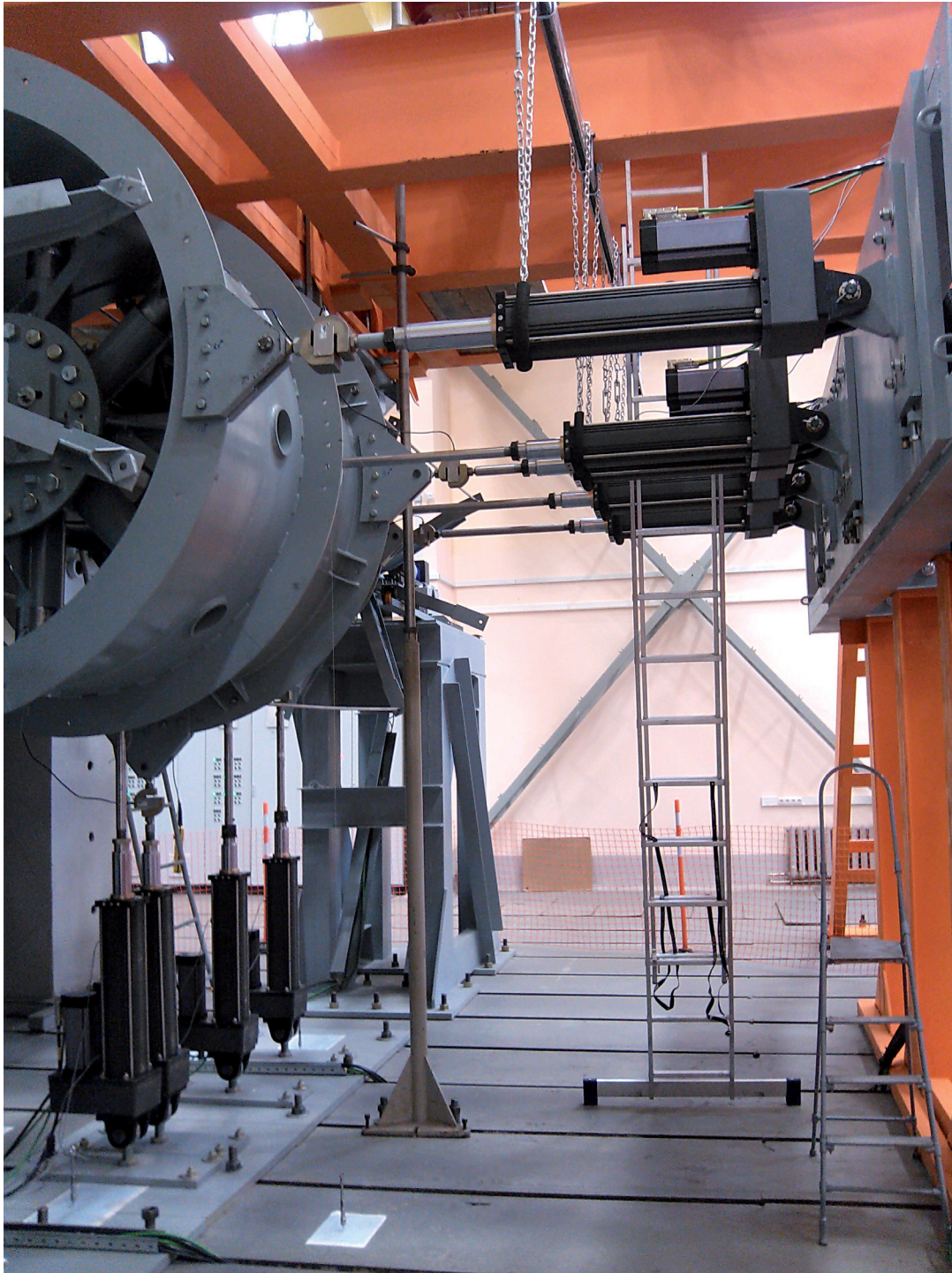
---

Обновлённая АСУ ТПИ позволяет заказчику повысить качество и сократить сроки подготовки и проведения экспериментальных исследований. Достигнуто существенное сокращение энергозатрат при испытаниях.

## Модернизация стенда статических испытаний

### Задача

Разработка и создание стенда для проведения сертификационных статических испытаний корпусов и подвесок двигателя ПД-14 с целью проверки прочности, жёсткости, устойчивости и несущей способности силовых элементов корпуса двигателя при нагрузках, соответствующих различным ситуациям в полёте и при посадке самолёта, а также циклической долговечности корпусов двигателя и подвесок.



Внешний вид стенда



## Особенности

- К испытываемому объекту прилагаются растягивающие, сжимающие, изгибающие и скручивающие воздействия одновременно в 25 точках. Поэтому необходимо точно и с высокой скоростью компенсировать взаимовлияние разнонаправленных сил в процессе задания нагрузки.
- Жёсткость испытываемого объекта требует высокой точности позиционирования силовозбудителей. Погрешность задания усилий не должна превышать  $\pm 1\%$  от номинальной величины силовозбудителей, самые мощные из которых способны развивать усилие до 40 тонн.
- В качестве силовозбудителей системы нагружения выбраны электроцилиндры, оказавшиеся в данном случае более эффективными как по техническим, так и по экономическим характеристикам по сравнению с гидросистемами.

## Решение

### Аппаратные средства системы нагружения

Структурно система нагружения разделяется на элементы нагружения объекта испытаний и подсистему управления нагружением.

Система нагружения из 25 электроцилиндров, номиналом от 60 до 400 кН, обеспечивает приложение следующих статических нагрузок:

- осевых сил, распределённых между наружным и внутренним контуром двигателя;
- крутящих моментов, воспринимаемых корпусами;
- инерционных поперечных сил (горизонтальное и вертикальное нагружение).

Подсистема управления нагружением включает в себя:

- частотные преобразователи;
- процессорные и измерительные модули на базе сети реального времени EtherCAT;
- тензорезисторные S-образные датчики сжатия-растяжения;
- промышленный компьютер и сетевое оборудование.



Шкафы силового управления

### Аппаратные средства системы измерений

Тензодатчики, комплекс измерительный магистрально-модульный MIC-236, блоки синхронизации ME-020, блоки питания, коммутаторы Ethernet, ПК, стойки, кабели по разработанному проекту.

Система обеспечивает измерение статических деформаций по 1024 каналам, а также измерение абсолютных и относительных перемещений по 43 каналам. Измерение относительного напряжения тензорезисторов по полумостовой и мостовой схемам осуществляется с пределом основной приведённой погрешности  $\pm 0,05$  %. Погрешность измерения перемещений не превышает  $\pm 0,3$  % от измеряемой величины. Диапазон измерения перемещений не более 25 мм.

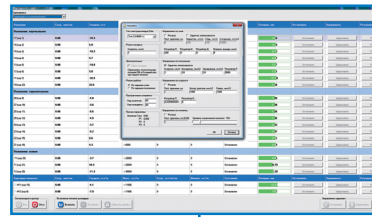
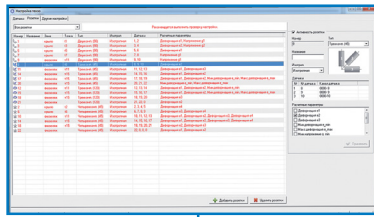


Приборные стойки системы измерений



# Модернизация стенда статических испытаний

Пультовая

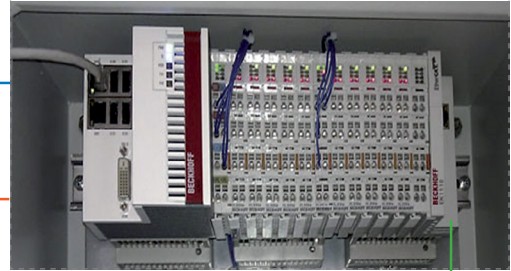


Измерительная система



Ethernet

Контроллер системы управления



Обратная связь по силе



EtherCAT

Линия  
концевых  
выключателей

Силовая линия

Сигнальная линия



Электроцилиндры



Шафы силового управления

Структурная схема системы нагружения



## Программное обеспечение

Для управления системой измерений стенда и подсистемой видеорегистрации используется ПО Recorder. Специально для реализации данного проекта к многофункциональному расширяемому программному продукту Recorder были разработаны плагины:

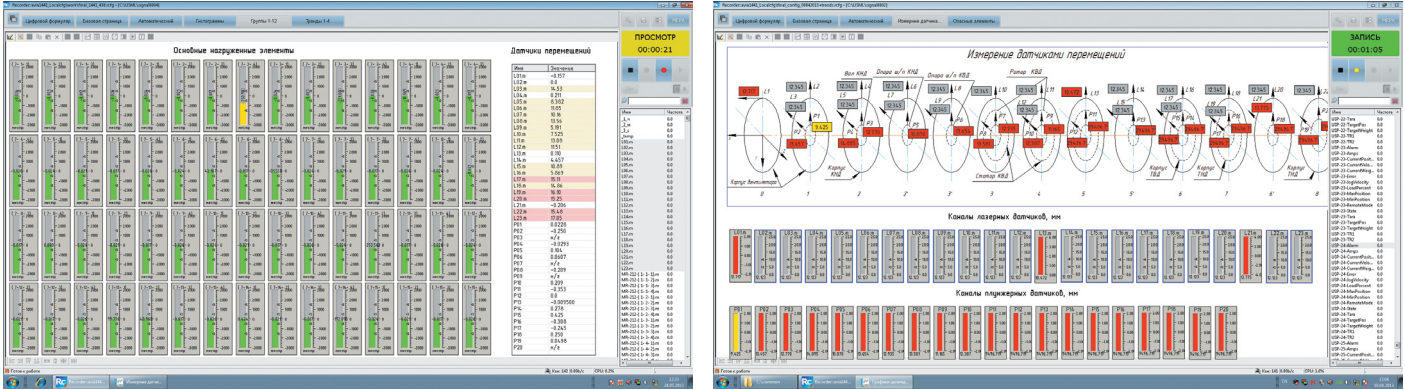
- «Нагружение» – программное обеспечение настройки циклограмм управления нагружением;
- «Тензо» – программное обеспечение настройки и расчёта параметров деформации и конфигурирования тензорезеток.

Обработка полученных в ходе испытаний данных производится средствами пакета обработки сигналов WinPOC Professional. При математической обработке имеется возможность расчёта нормальных и касательных напряжений по показаниям как одиночных тензорезисторов, так и тензорезеток (двух- или трёхэлементных). Возможно проведение линейного сглаживания и аппроксимации эмпирических данных по каждому измерительному каналу.

В соответствии с программой испытаний изделия параметры нагружения вводятся в ПО, установленное на управляющем компьютере. Информация о величине усилий, которые должен создать каждый электроцилиндр, по сети Ethernet передаётся в процессорный модуль. Процессорный модуль по сети EtherCAT передаёт команды управления электроцилиндрами на частотные преобразователи. Каждый частотный преобразователь формирует питающее напряжение для подключенного к нему электроцилиндра.

В начале цепи обратной связи системы нагружения находятся тензорезисторные S-образные датчики сжатия-растяжения, установленные между штоком электроцилиндра и объектом испытаний. Возникающее на них напряжение, пропорциональное приложенному усилию, поступает на входы модуля ввода/вывода, где сигнал обрабатывается и передаётся в процессорный модуль и далее на частотные преобразователи. Информация о реальной величине усилий на штоках электроцилиндров позволяет обеспечить высокую точность нагружения.

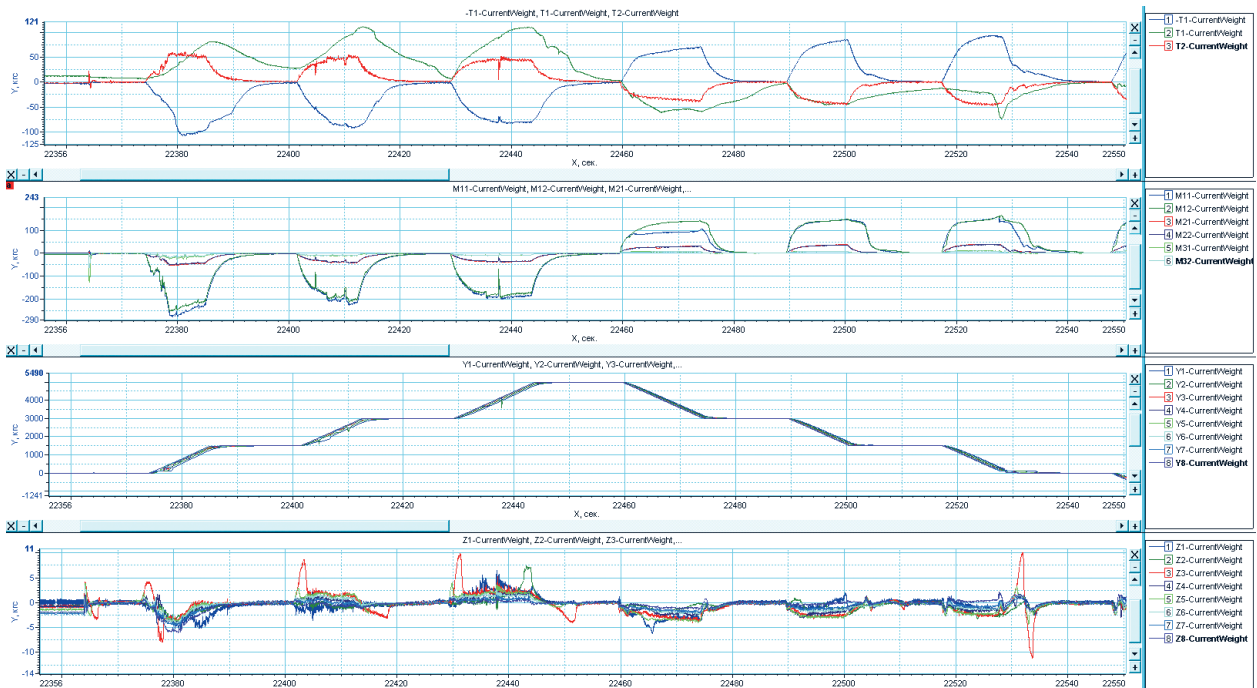
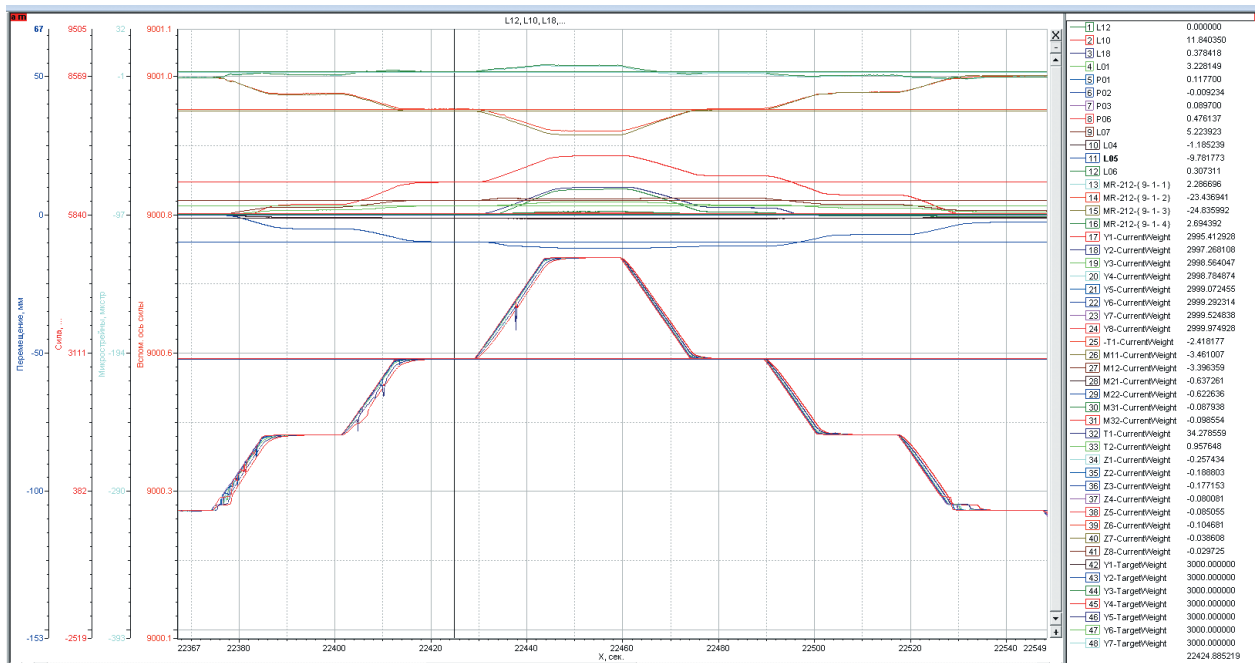
На корпусах электроцилиндров установлены концевые выключатели, определяющие границы перемещения штоков. Концевые выключатели включены в схемы управления сервомоторами и обеспечивают отключение питания электроцилиндра при достижении предельных положений штоков.



Наименование	Среднее значение	Пиковое значение	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение
15 Кан-8	0,000	0,107						
14 Кан-6	0,000	0,502						
17 Кан-6	0,000	0,166						
17 Кан-5	0,000	0,166						
11 Кан-7	0,000	0,719						
21 Кан-10	0,000	1,972						
21 Кан-18	0,000	1,198						
21 Кан-16	1,000	1,243						
21 Кан-18	0,000	1,095						
21 Кан-16	0,000	1,297						
11 Кан-20	0,000	371,988						
11 Кан-21	1,000	588,356						
11 Кан-19	0,000	0,107	0,107					
11 Кан-12	0,000	0,262	1,000	0	0			
11 Кан-1	0,000	0,166	1,000	0	0			
11 Кан-3	0,000	0,166	1,000	0	0			
11 Кан-4	0,000	0,166	1,000	0	0			
11 Кан-5	0,000	0,166	1,000	0	0			
11 Кан-6	0,000	0,166	1,000	0	0			

Программное обеспечение стенда

# Модернизация стенда статических испытаний



Результаты обработки данных системы нагружения средствами WinПОС

В дополнение к системе измерения стенда была приобретена оптическая система измерения. В 2014 году НПП «МЕРА» осуществлена доработка программного обеспечения системы измерения стенда для синхронизации с оптической системой и отображения её данных в ПО Recorder.

### Результаты

Измерительная система специализированного стенда для проведения сертификационных статических испытаний двигателя ПД-14 АО «Авиадвигатель» внесена в Госреестр средств измерений.

В конце 2014 года с использованием систем стенда были проведены статические испытания корпуса компрессора высокого давления.



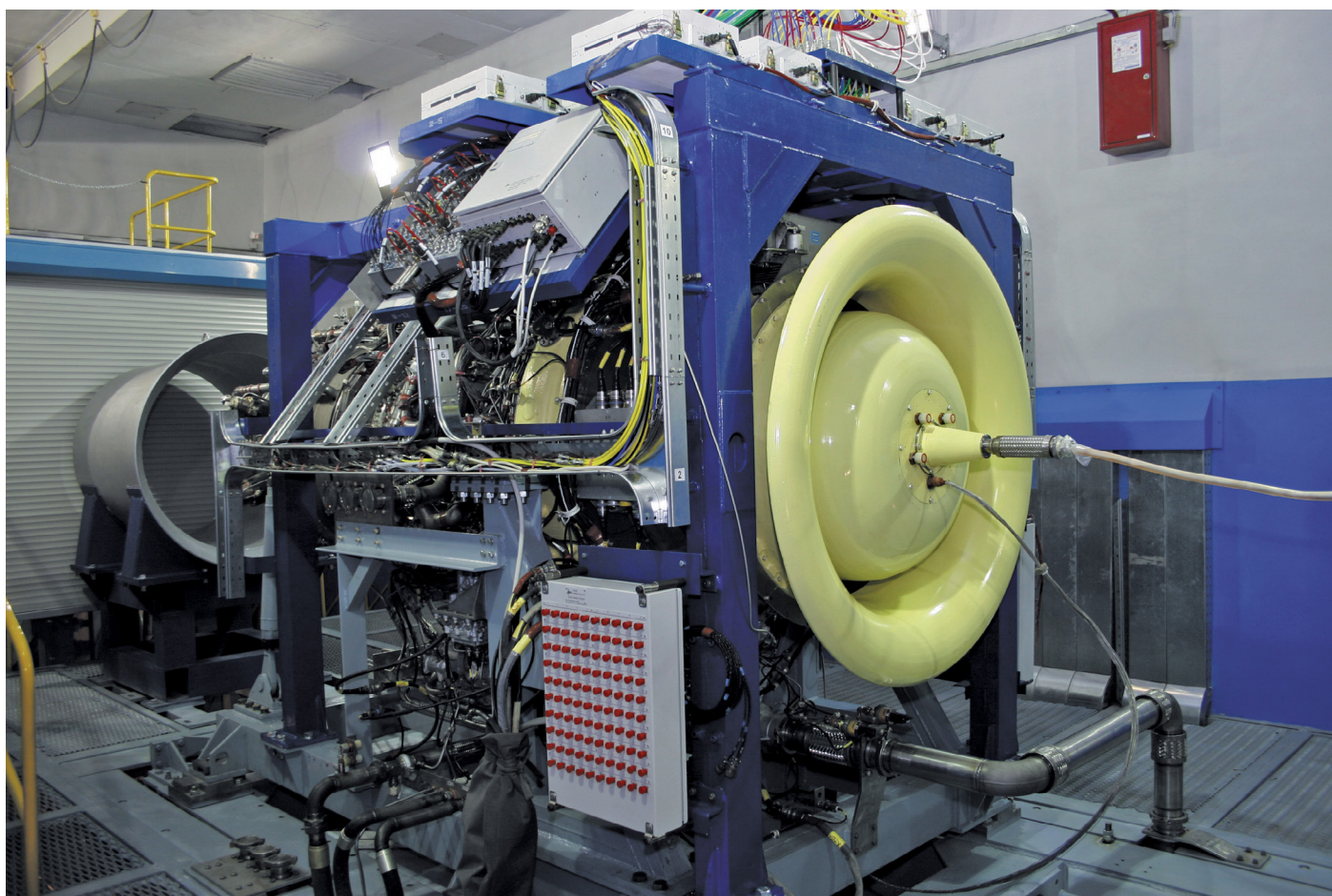
Свидетельство об утверждении типа средств измерений



## Реконструкция стенда для испытаний экспериментального газогенератора ПД-14

### Задача

В числе прочих основных и вспомогательных систем стенда №9 (силоизмерительной, транспортировочной, топливной, запуска, маслосистемы, систем подогрева и наддува, системы имитации отборов и т. д.) должна быть модернизирована автоматизированная система (АС) управления, измерения, контроля и регистрации параметров.



Оснастка адаптера газогенератора ПД-14

### Особенности

Для контроля вибронпряжений и радиальных зазоров рабочих лопаток компрессора и турбины требуется:

- предусмотреть систему бесконтактного измерения;
- предусмотреть систему измерения вибраций корпусов;
- предусмотреть защиту каналов измерения от помех: разработать отдельную схему прокладки высокочастотных измерительных каналов для подключения датчиков к регистрирующей аппаратуре.

Результаты тензометрирования и вибрографирования элементов газогенератора (лопатки, диски, трубопроводы и т. д.) должны визуализироваться и обрабатываться в темпе испытания с предварительной оценкой величин в процессе испытания.

Подсистема измерения и регистрации медленноменяющихся параметров:

- общее количество регистрируемых параметров – 2000;
- частота регистрации – до 100 Гц;
- объем регистрируемых данных – до 46 ГБ/час;
- визуализация и анализ медленноменяющихся параметров в темпе эксперимента как на рабочих местах инженеров на стенде, так и на рабочих местах в спецотделах ОКБ в режиме реального времени.

Подсистема измерения и регистрации быстроменяющихся параметров:

- общее количество регистрируемых параметров – до 300;
- частота регистрации – до 100 кГц;
- объем регистрируемых данных – до 150 ГБ/час;
- визуализация и анализ быстроменяющихся параметров в темпе эксперимента на рабочих местах инженеров на стенде.

Специальная система видеонаблюдения:

- объем записываемых данных – до 4 ГБ/час;
- перезапись после испытания данных видеонаблюдения в сетевое хранилище данных.

### Решение

---

На АО «Авиадвигатель» совместно с НПП «МЕРА» разработана единая модель построения средств автоматизации. Для регистрации параметров работы двигателя на установившихся и переменных режимах используется двухуровневая автоматизированная информационно-измерительная система «ПАРУС-М9».

1-й (нижний) уровень состоит из набора подсистем на базе программно-аппаратных средств разработки НПП «МЕРА», предназначенных для измерения и регистрации информации с двигателя, технологических и управляющих систем.

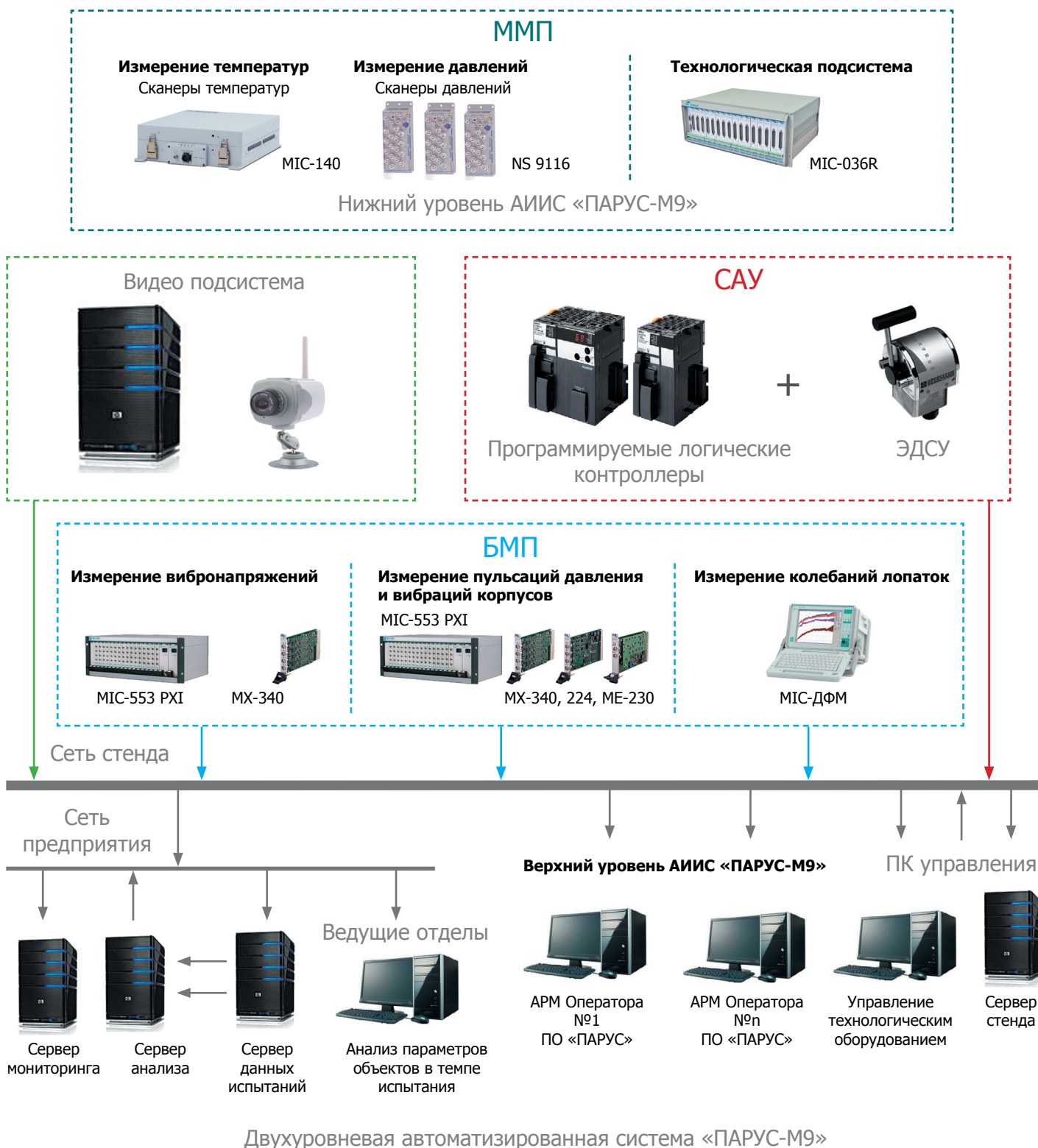
2-й (верхний) уровень – рабочие места оператора и инженеров на стенде, предназначенные для приема и объединения информации от всех подсистем нижнего уровня, обработки и визуализации данных, управления технологическим оборудованием, формирования протокола, записи на диск, выдачи параметров в сеть предприятия в темпе испытания.

Система автоматизированного управления создана в кооперации с ООО «Энрима».

#### **Аппаратные средства**

1. Подсистема измерений медленноменяющихся параметров:

- распределенная система измерений на базе сканеров температуры МІС-140 и сканеров давления;
- система измерения штатных параметров и параметров спецпрепарирования на базе МІС-036;
- система измерения с электронного регулятора двигателя;
- система управление технологическим стендовым оборудованием на базе программируемых логических контроллеров;
- система управления газогенератором двигателя ПД-14 (ЭДСУ);

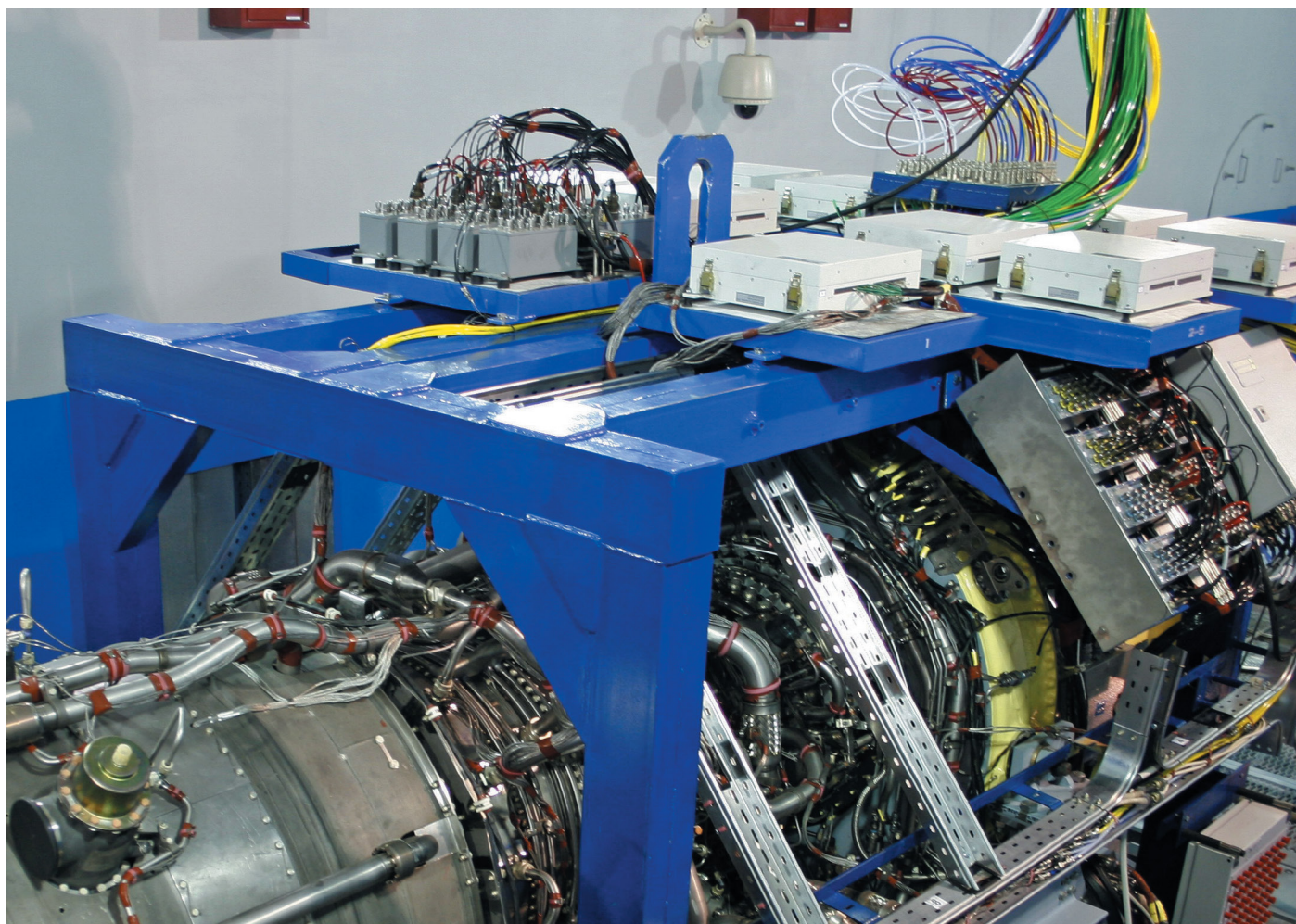


## 2. Подсистема измерений быстроменяющихся параметров:

- система измерения параметров тензометрирования и вибрографирования на статорных деталях на базе MIC-553;
- цифровая телеметрическая система измерения параметров тензометрирования и термометрирования на роторных деталях;
- система бесконтактных измерений виброперемещений и вибронпряжений рабочих лопаток;

## 3. Подсистема видеонаблюдения.





Сканеры температур МІС-140 на адаптере газогенератора

Все измерительные подсистемы стенда объединены в локальную сеть, имеющую выход в общую компьютерную сеть предприятия. В общей сети организованы ресурсы для хранения, обработки и анализа зарегистрированной информации как в темпе испытания, так и после проведения испытания. Скорость передачи данных в локальной сети 1000 Мбит/с.

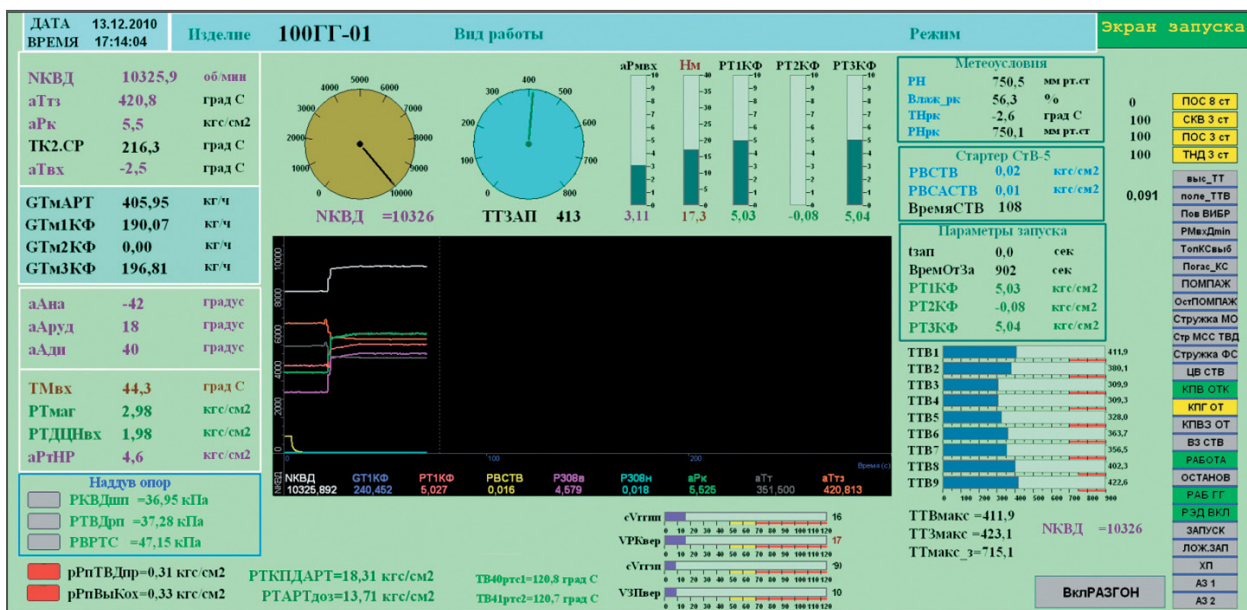
Предусмотрена возможность расширения и установки дополнительных рабочих мест в пределах стенда. Работоспособность систем управления двигателя сохраняется при выходе из строя некоторых узлов или конечного сетевого оборудования. Трафик в локальной сети оказывает минимальное влияние на общую компьютерную сеть предприятия.

### **Программное обеспечение**

Для оперативного проведения мониторинга и анализа параметров двигателя в темпе испытания организована передача информации в режиме реального времени по компьютерной сети из АИИС «ПАРУС» верхнего уровня на удаленные рабочие места в спецотделах ОКБ.

На рабочих местах в спецотделах установлено клиентское приложение, обеспечивающее:

- прием информации с сервера мониторинга испытаний в реальном времени с частотой обновления данных до 10 Гц;
- визуализацию параметров на экране (отображение информации в виде, идентичном отображению на экране бригадира) с возможностью смены экранов и формирования новых шаблонов отображения информации;
- экспорт информации в формат «Excel» по заданным шаблонам с записью на локальный диск в режиме реального времени с частотой прореживания 1 Гц и выполнение независимых замеров на рабочих местах.



Основной экран бригадира мотористов

Для оперативного анализа результатов испытаний, размещенных в хранилище данных, в сети предприятия организован сервер анализа, на котором установлено серверное приложение, выполняющее mainframe обработку данных.

Данные по испытаниям хранятся и обрабатываются в едином информационном пространстве в унифицированных форматах.

Для послеэкспериментальной математической обработки данных используется программное обеспечение WinПОР.



Схема организации хранения и обработки данных испытаний



## Результаты

---

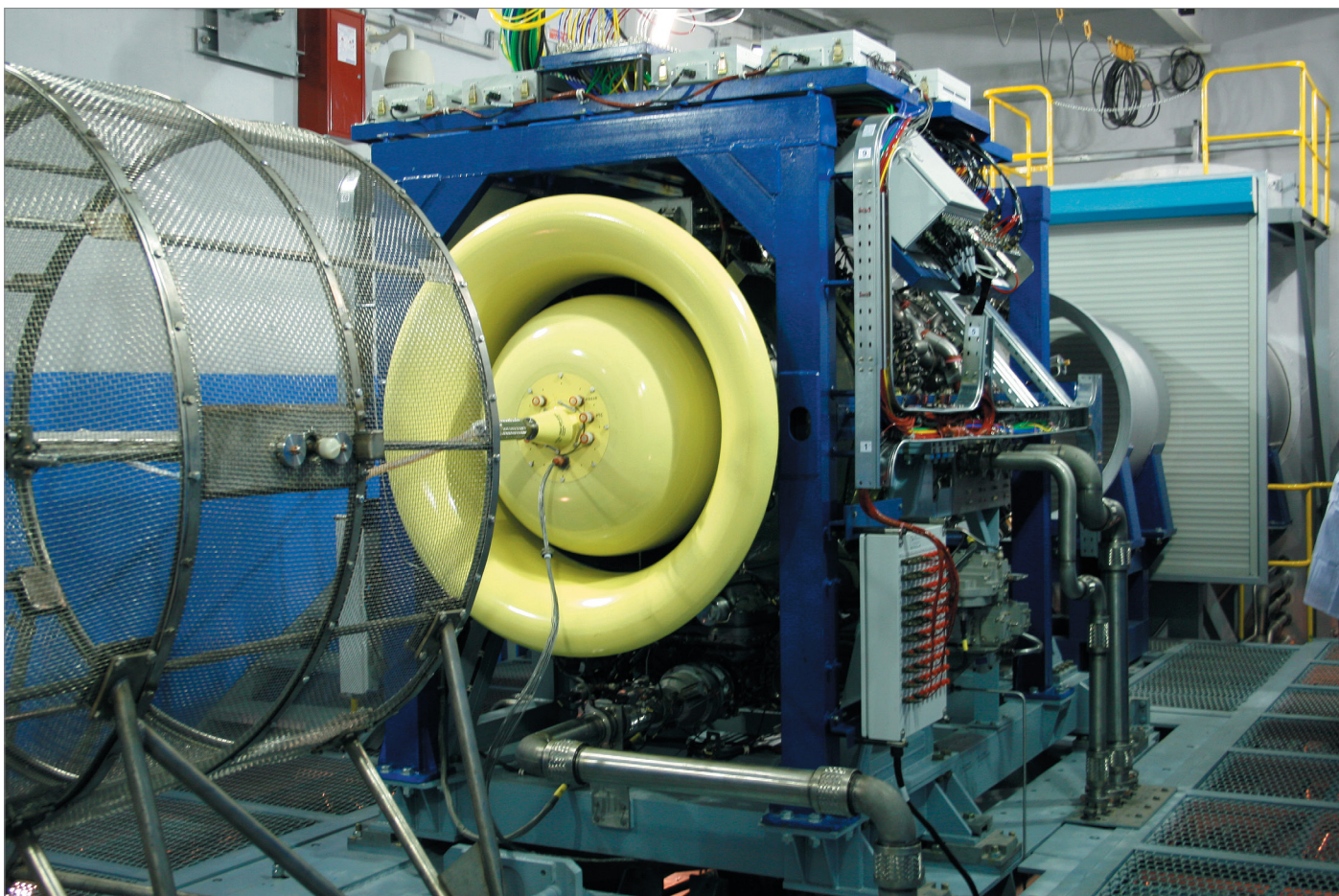
- Впервые на предприятии разработана и внедрена автоматизированная система, по своим техническим, функциональным и метрологическим характеристикам удовлетворяющая требованиям ОСТ 1 01021-93.
- Обеспечение точности измерения параметров испытываемого изделия и технологического оборудования в соответствии с требованиями ОСТ 1 01021-93, ОТУ 2006 достигнуто:
  1. применением датчиков давления, имеющих погрешность не более  $\pm 0,25$  %, а также использованием специальных технико-технологических решений (индивидуальная градуировка термодатчиков, термометров сопротивления, датчиков положения);
  2. применением интеллектуальных сканеров температуры МІС-140, выдающих результаты, не требующие дополнительной обработки (в физических величинах), и располагаемых на минимально допустимом расстоянии от места отбора;
  3. применением многоканальных измерительно-вычислительных комплексов МІС, погрешность измерения основных модулей которых не превышает 0,1 % от верхнего предела измерений;
  4. применением цифрового приема информации от многоканальной радиотелеметрической системы одновременно по всем каналам тензометрирования и термометрирования без преобразования в аналоговый сигнал.
- Увеличился объем измеренных параметров работы изделия и оборудования стенда, что привело к сокращению времени испытания (особенно на критических режимах и при тензометрировании). За одно испытание обеспечивается получение большего объема информации за счет сохранения информации тензодатчиков при высоких режимах работы.
- За счет увеличения точности измерений повысилась достоверность получаемых данных, что исключает необходимость повторных испытаний и тем самым уменьшает затраты на достижение требуемого результата.
- Повышение достоверности значений измеряемых параметров достигнуто:
  1. за счет высокой частоты измерения параметров комплексами МІС (до 216 кГц/канал в зависимости от типа измеряемого параметра);
  2. синхронизацией работы технических средств, средств видеонаблюдения и привязкой измерительной информации к единой шкале времени и к абсолютному времени по протоколу IRIG-B (при одинаковой частоте опроса сдвиг по времени не более 1 мс; для быстроменяющихся параметров – 200 нс);
  3. применением ПО в многопроцессорной, многофункциональной среде Windows, что позволяет выполнять расчеты и построение графических зависимостей в темпе испытания практически по любым математическим и статистическим алгоритмам за заданный интервал времени;
  4. исключением субъективной ошибки за счет постоянного мониторинга системой работы стендового оборудования и параметров испытываемого изделия; введением функции автоматического контроля над сроками периодической поверки/калибровки.
- Функции аварийного и предаварийного контроля параметров существенно снижают вероятность появления дефектов при испытании и уменьшают уровень психологической нагрузки на испытателей.
- Отсутствие субъективного фактора (запись результатов измерений с приборов механиком-испытателем) исключает вероятность получения неверного результата.
- Измерительная информация, получаемая от системы, позволяет практически сразу строить нужные зависимости, графики, эпюры, выполнять дальнейшую обработку результатов измерений.

## Итоги

---

26 ноября 2010 года в АО «Авиадвигатель» на новом испытательном стенде №9 успешно произведен первый запуск, и начаты испытания газогенератора-демонстратора ПД-14 для перспективного семейства авиационных двигателей и промышленных газотурбинных установок.





В рабочей кабине испытательного стенда



## Центр компетенций в сфере обеспечения испытаний авиационной техники

Научно-производственное предприятие «МЕРА» многие годы специализируется в обеспечении автоматизации систем измерения и управления испытаниями, оснащении испытательных стендов, поставке бортовых систем измерений. Глубокое знание современных средств автоматизации в сочетании с владением технологией процесса испытаний позволяет НПП «МЕРА» выступать в качестве Центра компетенций в области обеспечения испытаний авиационной техники измерительными системами и средствами автоматизированного управления различного применения.

НПП «МЕРА» стремится обеспечить своими аппаратно-программными средствами максимально широкую область возникающих измерительных задач.

В арсенале предприятия:

- системы регистрации и анализа динамических и медленноменяющихся параметров;
- роторно-телеметрические системы;
- системы статодинамических испытаний;
- системы прочностных испытаний;
- бортовые системы измерений;
- аппаратура для дискретно-фазового метода измерений;
- автоматизированные системы управления;
- вспомогательное оборудование (ЭДСУ, пульта, антенны, коммутационные шкафы).



Прочностные испытания (MIC-185)



Сканеры (MIC-170, MIC-140)



Бесконтактные измерения колебаний лопаток (MIC-1200)



Распределенные системы сбора данных (MIC-700, MIC-1150)



Медленно меняющиеся технологические параметры



Специализированные подсистемы (ЭДСУ, видео, САУ)



PTC (MIC-1500)



Быстро меняющиеся параметры (MIC-553, MIC-355)



Предприятие задействовано в создании систем испытаний на всех этапах разработки двигателя ПД-14.

Возможности НПП «МЕРА» позволяют обеспечивать самый широкий круг испытаний авиатехники, куда входят:

- стендовые измерительные и управляющие системы,
- бортовые системы измерений,
- МЕХАТРОНИКА – средства автоматизации испытаний на основе пневматических, гидравлических и электромеханических систем с компьютерным управлением.

Созданный НПП «МЕРА» Центр компетенций в сфере организации, обеспечения и проведения испытаний аэрокосмической техники предлагает заказчику разнообразную «палитру» услуг, выходящих за грань привычных взаимоотношений «заказчик-поставщик»:

- разработка и поставка решений любого масштаба «под ключ»;
- изготовление и поставка компонентов или подсистем;
- техническая и технико-экономическая экспертиза проектов других поставщиков;
- выбор подрядчиков и управление рабочей группой;
- разработка и внедрение сложных систем измерений: радиотелеметрическая система регистрации параметров с роторных частей двигателей, специализированные стенды и многое другое.



### 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 «Морской старт»
- 1999 г.** Создание собственного производства аппаратных средств и разработка линейки измерительных приборов МІС-200, МІС-036, МІС-400
- 1999 г.** Разработка и внедрение автоматизированной системы стендовых испытаний авиационных двигателей
- 2000 г.** Внедрение приборов серии МІС на космодромах Байконур и Плесецк
- 2000 г.** Разработка и внедрение телеметрических комплексов МІС-ТМ на космодромах Байконур и Плесецк
- 2001 г.** Начало выпуска серийной аппаратуры МІС-300
- 2001 г.** Выпуск первой версии пакета программ послеэкспериментальной обработки измерительной информации WinПОС
- 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 МІС-1100 для съема измерительной информации с вращающихся валов
- 2012 г.** Установка на космический аппарат сертифицированного блока передачи телеметрической информации МІС-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 компактного регистратора сигналов МІС-1150
- 2014 г.** Разработка комплекса МІС-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 – 2016 гг.** Модернизация систем измерения и управления испытаниями высотных стендов Ц-4Н, Ц-1А НИЦ ЦИАМ
- 2017 г.** Стенд для проведения наземных испытаний авиадвигателей в АО «УЗГА»

### 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 современными производственной и испытательной базами с высоким уровнем автоматизации, позволяющими производить аппаратуру, отвечающую требованиям промышленных и военных стандартов.



Выпускаемая предприятием измерительная аппаратура, проходит государственную регистрацию средств измерений.

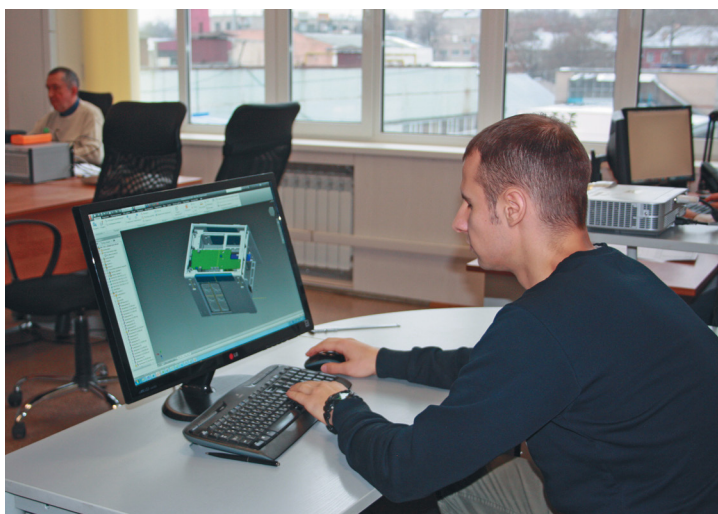
Гарантийный срок эксплуатации, установленный на продукцию, составляет 3 года; на продукцию, выпускаемую под контролем ВП МО РФ, – 5 лет.



### Миссия

---

Мы помогаем создавать технологии будущего!



### Концепция

---

НПП «МЕРА» практикует комплексный подход к 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 пользовательские 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.



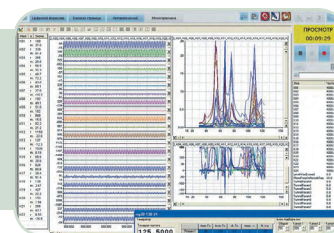
2

3



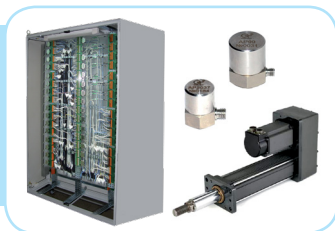
Разработка и изготовление оборудования, проведение испытаний компонентов системы на устойчивость к внешним воздействиям. Первичная метрологическая поверка. Разработка эксплуатационной документации.

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.



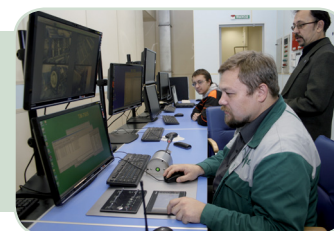
6

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**