

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СТАТИЧЕСКИХ И ПОВТОРНО-СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Остер К.В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Для оценки качественных свойств и количественных значений параметров изделий на стадиях разработки, производства и эксплуатации широко используются различные виды испытаний на воздействие механических, климатических, биологических, радиационных и других внешних факторов в лабораторных условиях [1].

При производстве летательного аппарата для определения ресурса летательных аппаратов необходимо проведение статических и повторно-статических испытаний отдельных узлов и агрегатов планера. В условиях серийного производства объем испытаний довольно значителен и трудоемок, что вызывает необходимость разработки автоматизированного испытательного оборудования (стенда) и методики проведения испытаний, обеспечивающих достоверные результаты [2].

Испытаниям подвергаются крыло, фюзеляж, шасси, лыжное шасси, держатель авиационных подвешиваемых изделий, детали силового каркаса, соединительные узлы и т.п.

Для обеспечения выполнения точных заданий усилий на объект испытаний, для создания вертикальных, боковых, осевых, крутящих моментов было рассмотрено применение электромеханических силовозбудителей, вместо гидравлических [3].

В случае применения электроцилиндров легче решаются задачи управления усилием и позиционирования. Поскольку работать приходится с электрическим напряжением, а не с жидкостями, значительно упрощается программирование профиля нагрузки. Расходы на обеспечение электроэнергией у гидравлических силовозбудителей также оказываются выше, чем у электромеханических. КПД электроцилиндров более 85%, а потребляемый ток изменяется пропорционально развиваемой нагрузке. Кроме того, при отсутствии изменения нагрузки потребление можно свести до минимума за счет использования электромагнитного тормоза, удерживающего заданное усилие в требуемом положении.

Описание стенда

На рис. 1 показана примерная структурная схема системы нагружения, которая содержит:

- 1 – электроцилиндры;
- 2 – находятся тензорезисторные S-образные датчики сжатия-растяжения;
- 3 – шкафы коммутационные;
- 4 – шкафы управления;
- 5 – частотный преобразователь;
- 6 – стойка сбора, обработки и хранения информации;
- 7 – рабочее место оператора с промышленным компьютером.

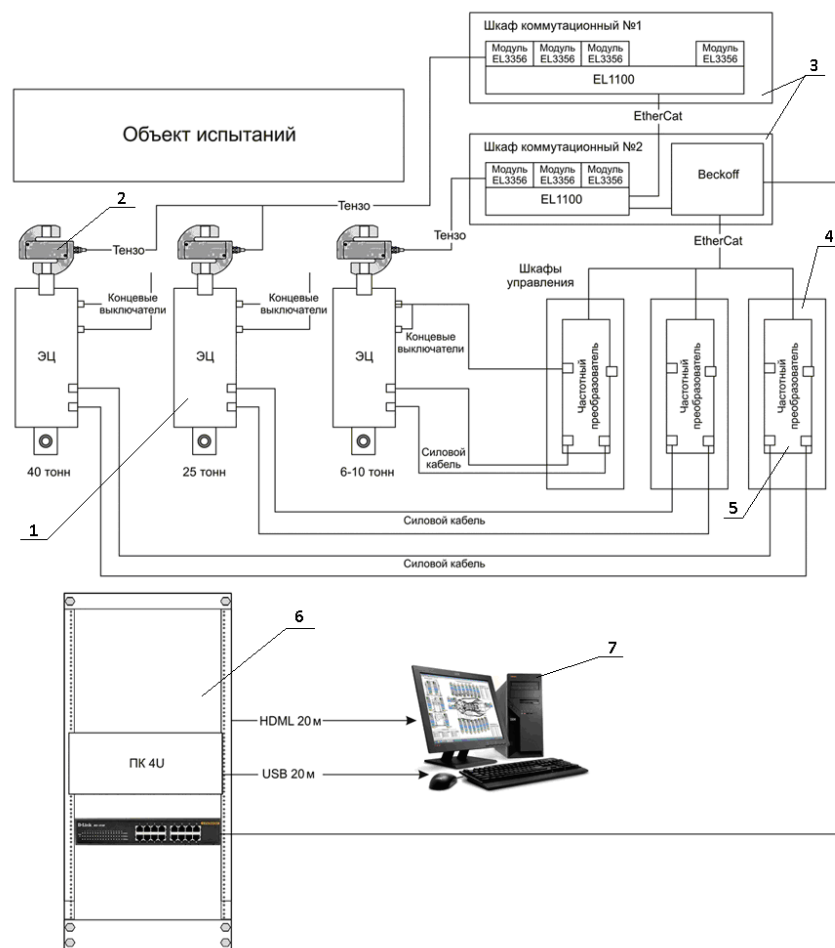


Рис. 1. Структурная схема системы нагружения (ориентировочная)

Система нагружения стенда статических испытаний обеспечивает задаваемое программой испытаний силовое воздействие на конструкцию испытываемого объекта, контроль и управление процессом нагружения, контроль параметров нагружения и передачу их значений в измерительную систему.

Не считая точек крепления конструкции объекта испытаний, система нагружения обеспечивает силовое воздействие на объект, создавая в соответствии с программой растягивающие, сжимающие, изгибающие или крутящие усилия, воспроизводящие нагрузки от веса изделия, аэродинамические, инерционные и д.р.

Структурно система нагружения разделяется на элементы нагружения объекта испытаний и подсистему управления нагружением. Элементы нагружения – электроцилиндры различного номинала. Подсистема управления нагружением включает в себя:

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

- ПО настройки режимов и контроля управления нагрузкой.

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 Ethernet передаются 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 подключены к схемам управления сервомоторами, и обеспечивают отключение питания электроцилиндра при достижении предельных положений штоков.

На дверцы шкафов управления выведены панели ручного управления положениями штоков электроцилиндров, необходимые для начальной установки штоков при монтаже элементов нагружения.

Шкафы управления содержат [3]:

- частотные преобразователи;
- силовые шины питания и электрическую обвязку (дроссели, реле, автоматы, моторные приводы, разъединители с предохранителями и т. д.) для стабильной работы частотных преобразователей;
- блок автоматических выключателей для коммутации и защиты цепей системы нагружения;
- панели ручного управления и индикации;
- вентиляторы охлаждения.

Система измерения, сбора и обработки информации

Система измерений стенда статических и повторно-статических испытаний предназначена для измерения и регистрации различных параметров в процессе проведения испытаний [3]:

- параметров статического нагружения объекта испытаний, в том числе прикладываемых усилий;
- деформаций и перемещений нагружаемых узлов и деталей;
- механических напряжений элементов конструкции и деталей объекта испытаний.

Структурно данная система представлена на рисунках 2 и 3.

Система измерений стенда осуществляет автоматизированный сбор, регистрацию, обработку и визуальное представление данных. Измерение относительного напряжения тензорезисторов по полумостовой и мостовой

схемам должно осуществляться с пределом основной приведённой погрешности $\pm 0,05\%$. Погрешность измерения перемещений не должна превышать $\pm 0,3\%$ от измеряемой величины. Диапазон измерения перемещений указывается и подбирается в зависимости от предполагаемых перемещений испытываемой конструкции и может составлять от 1 мм до 500 мм.

В ходе измерений предусматривается возможность наблюдения значений измеряемых параметров в реальном масштабе времени на рабочих местах операторов.

При математической обработке имеется возможность расчёта нормальных и касательных напряжений по показаниям как одиночных тензорезисторов, так и тензорозеток (двух- или трёхэлементных). Выдача данных производится в табличной или графической форме. Возможно проведение линейного сглаживания и аппроксимации эмпирических данных по каждому измерительному каналу. [3]

Система измерений стенда включает:

- подсистему измерения напряжений и деформаций;
- подсистему измерения усилий, прикладываемых к объекту испытаний.

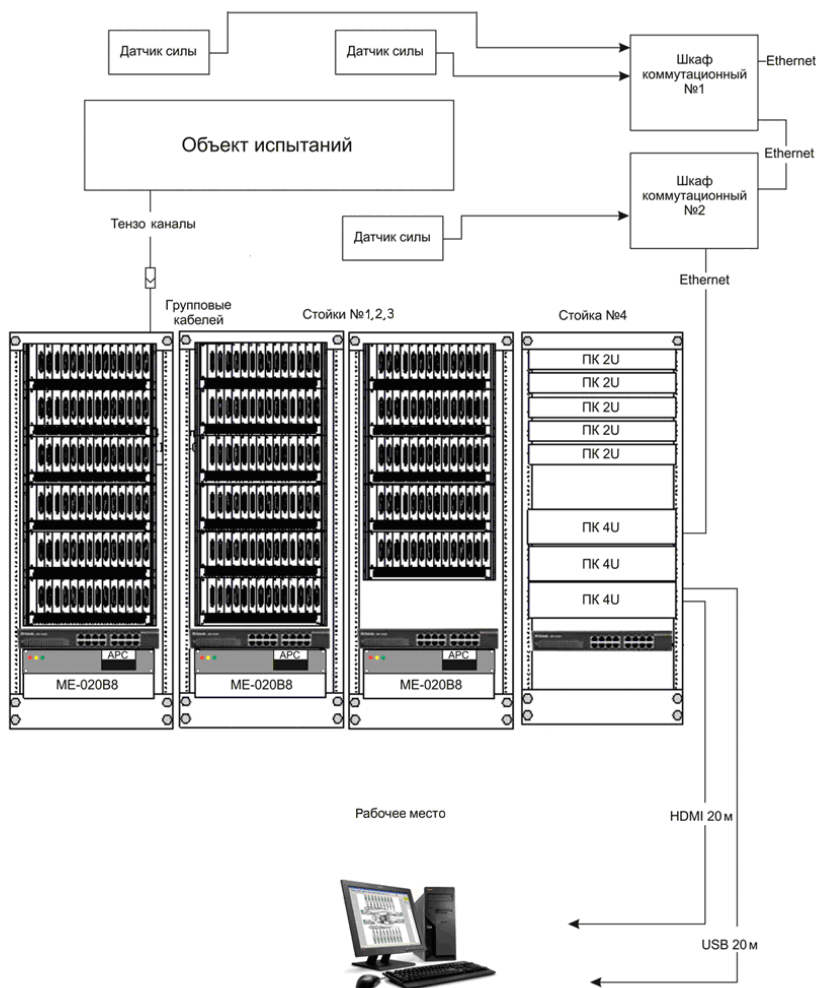


Рис. 2. Структурная схема системы измерений

Напряжения тензодатчиков по групповым кабелям поступают на входы измерительных модулей типа MR-212, входящих в состав 16-ти многоканальных измерительных комплексов МІС-236. Часть кабельных каналов и слотов комплексов МІС-236 задействована под модули MR-114, MR-114C1, MR-405 и MR-406, которые используются в технологических целях специалистами-изготовителями системы измерений при её настройке и эксплуатации.

Комплексы МІС-236 установлены в приборные стойки. В этих же стойках размещены модули синхронизации ME-020B8, обеспечивающие синхронность работы всех измерительных модулей и комплексов, установленных в стойку.

Также в приборную стойку установлены промышленные компьютеры, задействованные в системе управления нагружением стенда, в системе сбора данных, а также для обработки и отображения измерительной информации на рабочих местах операторов.

В каждой стойке установлены сетевые коммутаторы, объединяющие все устройства системы управления нагружением и системы измерения в локальную сеть, а также обеспечивающие передачу информации в локальную сеть предприятия.

Автоматизированные рабочие места операторов системы находятся на расстоянии 20 м от измерительного оборудования в специально оборудованном помещении. Управление станциями сбора данных осуществляется с рабочих мест операторов посредством активных удлинителей шины USB.

Для управления системой измерений стенда используется программное обеспечение Recorder, дополненный, обеспечивающим работу отдельных устройств системы измерений, программный модуль «Тензо» (ПО определения характеристик жёсткости конструкции).

Обработка полученных в ходе испытаний данных производится средствами пакета обработки сигналов WinПІОС Professional.

Всё программное обеспечение систем управления нагружением, измерений и обработки данных настраивается для обеспечения типовых процессов испытаний авиационных двигателей.

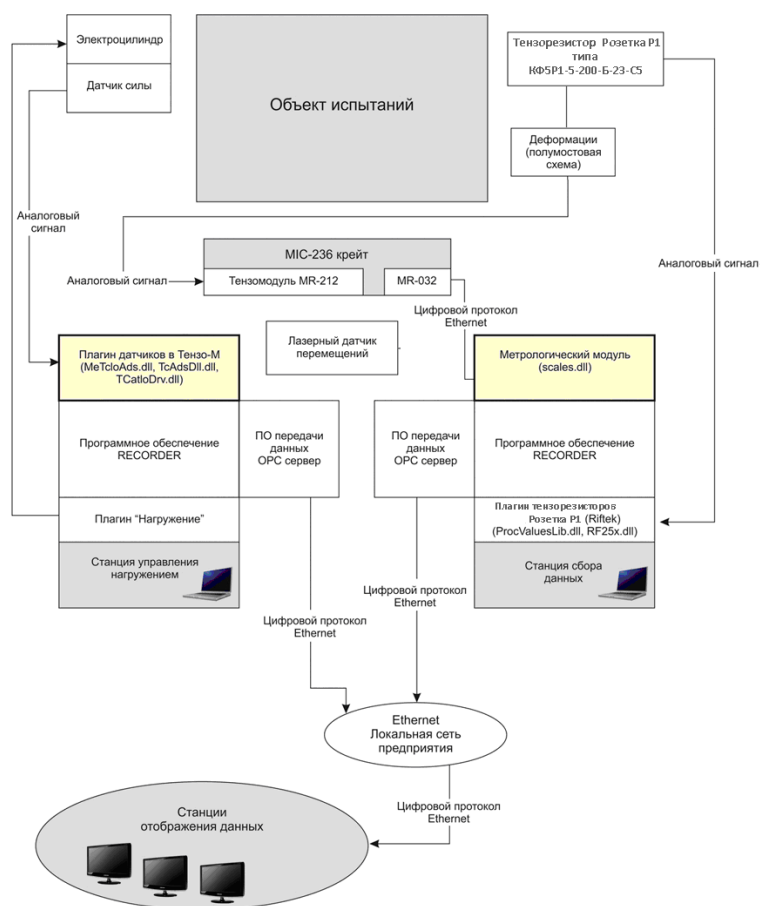


Рис. 3. Структурная схема потоков информации в системе измерений

Методика проведения.

Объект испытаний устанавливается на испытательный стенд согласно требований программы испытаний и в соответствии со схемами испытаний. Согласно этих же схем устанавливаются в местах приложения нагрузки электроцилиндры. Задается начальное положение штоков электроцилиндров. Запускается ПО на рабочих местах для анализа и проверки правильности задействованного оборудования.

При статических и повторно-статических испытаниях на объект испытаний создается нагрузка равная 10% от испытательной для проверки и корректировки выбранной схемы испытаний.

В случае статических испытаний нагрузка к объекту испытаний прикладывается ступенями по 7 – 10% до 67% и выдерживается при этой нагрузке в течение 3 минут. Данная нагрузка является эксплуатационной и здесь проверяется жесткость конструкции при имитации обычных условий эксплуатации.

Далее нагрузка ступенями по 3 – 5% доводится до 100% и выдерживается в течение 1 минуты. Данная нагрузка является расчетной и здесь проверяются конструктивные особенности испытываемого изделия. Далее в зависимости от требований программы испытаний прикладываемая нагрузка увеличивается до нагрузки, при которой объект начинает разрушаться, для того, чтобы определить

запас прочности конструкции.

В случае повторно-статических испытаний нагружение объекта испытаний в пределах одного цикла начинать с нуля, равномерно увеличивая все нагрузки до требуемых значений. После достижения требуемых значений нагрузок производить разгрузку объекта испытаний, равномерно уменьшая все нагрузки до нуля. Неравномерность нагружения и разгрузки объекта испытаний не должна превышать 10%.

Скорость нагружения и разгрузки объекта испытаний должна быть в пределах от 1,6 до 100% эксплуатационной нагрузки в секунду, при этом частота нагружения должна быть в пределах от 1 до 15 циклов в минуту. Форма цикла (зависимость величины нагрузки от времени) должна соответствовать требованиям к частоте и скорости нагружения.

Обработка, анализ и оценка результатов испытаний

Результаты статических и повторно-статических испытаний оценивать методом визуального осмотра разгруженного объекта испытаний с целью выявления разрушений, остаточных деформаций, изменение формы объекта испытаний и нарушений контроля резьбовых соединений, нарушения в стыковых соединениях, демонтажем и монтажом съемных элементов, а в некоторых случаях и проверками на работоспособность при помощи технологических пультов.

Критерием достаточности статических и повторно-статических испытаний считается получение положительных результатов в полном объеме при анализе графических изображений и по анализу деформаций объекта испытаний.

Выводы.

Настоящая методика статических и повторно-статических испытаний является обобщенной и унифицированной и предназначена для проведения статических и повторно-статических испытаний изделий авиационных конструкций на стенде повторно-статических испытаний с применением автоматизированного процесса управления и регулирования нагрузок, прилагаемых к изделию.

Список литературы

- 1. Александровская, Л.Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем / Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др.: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2003. – 736 с.: ил. ISBN 5-94010-145-3.*
- 2. Соснин, О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.М. Соснин. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 240 с. — ISBN 978-5-7695-3623-6.*
- 3. Шандров, Б.В. Технические средства автоматизации: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 368 с. — ISBN 978-5-7695-3624-3.*