

налов системы по заданным методикам в полуавтоматическом режиме, автоматическое формирование протоколов по соответствующим шаблонам;

- "Проверка работоспособности" – проверка физической работоспособности ("целостности") измерительных каналов, каналов дискретного ввода/вывода и локальной сети;

- "Справочная система" – просмотр пользовательской документации системы.

Вся информация о настройках режимов работы агрегатов испытательного стенда, о конфигурации и результатах проведения испытания, а также данные итоговых протоколов испытаний и проверок измери-

тельных каналов стенда хранятся в таблицах специализированных БД. В качестве СУБД используется MySQL Server. С таблицами БД взаимодействуют исключительно программы верхнего уровня. Физически сервер БД располагается на ПК рабочего места оператора, хотя может быть установлен на любом ПК, доступном по сети Ethernet.

В настоящий момент данная система эксплуатируется на предприятии, специализирующемся в производстве, ремонте и обслуживании силовых агрегатов (г. Санкт-Петербург). Система обеспечивает измерение и регистрацию всех параметров при пробных запусках изделия.

Контактные телефоны: (812) 575-45-91, 457-02-17. [Http:// www.vitec.ru](http://www.vitec.ru)

## Многоосные динамические испытательные стенды на гидроцилиндрах

ООО "ПКЦ Системы ТРИАЛ"

Представлена структура, особенности и возможности многоосных динамических испытательных стендов на гидроцилиндрах, предназначенных для высокоточных испытаний агрегатов машин, разрабатываемых и поставляемых ООО "ПКЦ Системы ТРИАЛ".

Ключевые слова: динамические испытательные стенды, гидроцилиндры, система автоматического управления, измерительная система.

ООО "ПКЦ Системы ТРИАЛ" разрабатывает и производит на заказ испытательные стенды для статических и динамических испытаний, включающие различные виды механического и гидравлического оборудования, для ведущих отечественных производителей авиационной и автомобильной продукции. На оборудовании предприятия испытывается новейшая отечественная и зарубежная авиационная техника.

Основная специализация компании – многоосные динамические испытательные стенды на гидроцилиндрах для высокоточных испытаний агрегатов машин.

Испытательные стенды в сборе, одноканальные и многоканальные представляют собой законченные лабораторные установки, которые проектируются, собираются и комплектуются в соответствии с техническим заданием заказчика. Системы механики и гидравлики испытательных стендов могут включать один или несколько испытательных приводов (гидроцилиндров или механических приводов), раму (станину), испытательную оснастку, систему управления, измерения и ПО, а при необходимости – насосную станцию. Средний срок изготовления стенда ≤12 мес.

Стенд комплектуется системой управления на базе промышленного ПК со специальным ПО, обеспечивающим полную автоматизацию его работы: автоматический вывод стенда на испытательный режим, перестройку режимов, контроль нагрузок и

аварийную защиту (рис. 1). Для проведения тестирующих и пусконаладочных работ поставляется специальный функциональный генератор.

Конструктивно САУ включает 1...8 блоков управления и блок контроля. САУ производится в виде отдельного настольного блока стандарта Евромеханика, или блока, встраиваемого в монтажную 19-дюймовую стойку, в зависимости от пожеланий заказчика.

САУ обеспечивает защиту от перегрузок по мгновенному значению каждого из используемых параметров (по два параметра на канал). В САУ также имеются:

- мощные выходные усилители тока для управления сервоклапанами с током до 500 мА;

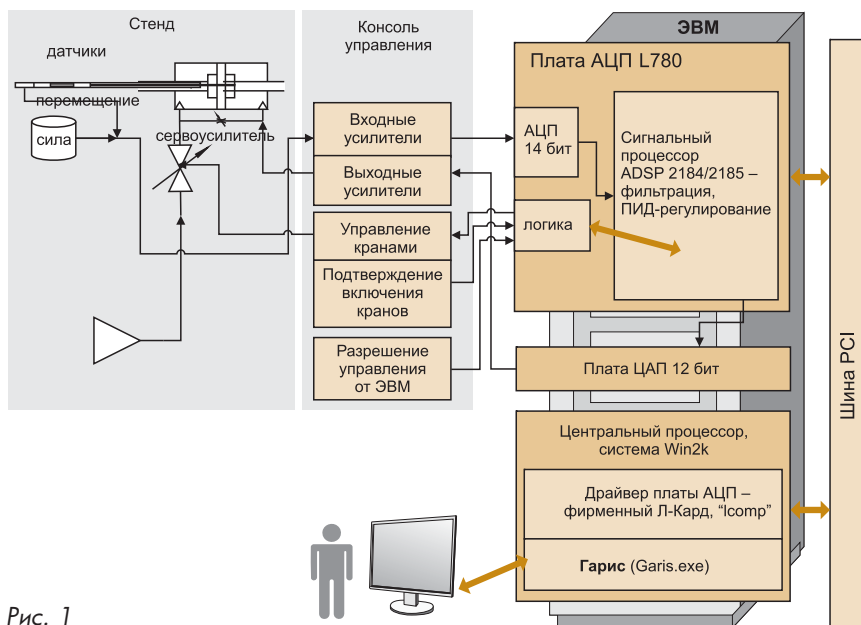


Рис. 1

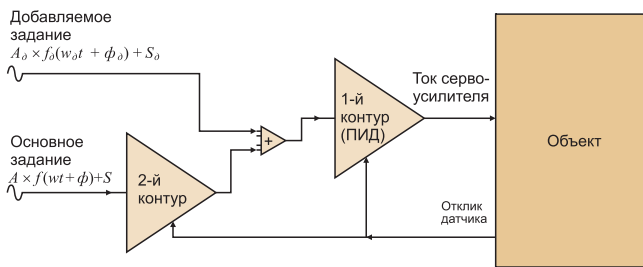


Рис. 2

- цифровая индикация значений задающих сигналов и сигналов датчиков с вычислением амплитуды и среднего значения в реальных физических единицах;

- система аварийной защиты от перегрузок по двум параметрам на каждом канале с фиксацией причины срабатывания.

Для дополнительной аварийной защиты возможна установка концевых герметичных выключателей на конце хода штока – по два выключателя на канал.

ООО "ПКЦ Системы ТРИАЛ" комплектует САУ ровно тем числом каналов (блоков), которое нужно заказчику, в итоге заказчик не переплачивает за ненужные ему каналы.

Для управления многоканальными динамически испытательными стендами с адаптивным поддержанием параметров нагружения разработано специализированное ПО Гарис (Гибкий адаптивный регулятор для испытательных систем), позволяющее проводить как динамические, так и статические испытания. ПО Гарис приспособлено для управления электрогидравлическими, эксцентриковыми (шатунными), дебалансными (резонансными) стендами, а также стендами с комбинированными типами приводов.

ПО Гарис работает управлением ОС Windows и позволяет проводить испытания длительностью в тысячи часов в автоматическом режиме по заранее составленной программе (многорежимные испытания). Гарис обеспечивает автоматизацию испытаний и генерацию отчетов. Поддерживаются до 16 каналов управления.

Существует два уровня управления: устройство связи с объектом фирмы L-Card со встроенным сигнальным процессором осуществляет ПИД-регулирование с задержкой  $\leq 500$  мкс и первую степень аварийной защиты. Центральный процессор, работающий под управлением ОС Windows, производит остальные действия.

Обратная связь замыкается двумя контурами: ПИД-регулятор и адаптивный контур поддержания амплитуд и фаз разных гармоник на управляемых каналах. Обратная связь первого и второго контуров может осуществляться по разным каналам измерения (рис. 2).

В таблице приведен фрагмент excel-отчета, сгенерированного ПО Гарис на основании данных из реального журнала испытаний гидродемпфера втулки несущего винта вертолета. Жирным выделены заданные значения, обычным шрифтом – отработка по амплитуде, статике и фазе (фаза – в градусах). Из таблицы видно, что адаптивный контур позволяет поддерживать эти параметры с хорошей точностью: отклонение на одном

Таблица

время	Уго 1 а	Уго 1 с	Уго 1 ф	Уго 2 а	Уго 2 с	Уго 2 ф
16.08.07 09:41:07	Переход на режим "Режим 1" длительностью 75:00:00 (1080000 циклов); осталось 25:06:16 (361504 циклов)					
16.08.07 09:41:07	2,200	0,000	0,0	6,90	0,00	0,0
16.08.07 09:41:07	$\pm 0,003$	$\pm 0,003$	$\pm 10,0$	$\pm 0,50$	$\pm 0,50$	$\pm 10$
16.08.07 09:41:33	2,194	-0,007	0,0	6,96	0,18	-0,8
16.08.07 09:41:33	2,193	0,000	-0,1	6,89	-0,07	-0,1
16.08.07 09:41:32	2,202	0,000	-0,1	6,86	0,01	-0,3
16.08.07 09:41:32	2,193	0,003	0,0	6,86	0,01	-0,1
16.08.07 09:41:31	2,194	-0,010	0,1	6,87	0,00	-0,1
16.08.07 09:41:31	2,217	-0,018	-0,2	6,91	0,15	-0,4
16.08.07 09:41:30	2,202	0,002	0,0	6,91	-0,03	-0,8

канале около 1%, на другом – 0,5%, и это в динамике. Практически можно обрабатывать динамику по силе с точностью 0,2% от номинала гидроцилиндра.

Испытания можно проводить с сигналом нагружения любой формы: она задается формулой. Предусмотрена возможность управления по вычисляемым каналам с помощью второго контура обратной связи.

Все графики в ПО Гарис работают по "одному щелчку" – можно перетащить график, увеличить фрагмент, вернуть в исходное положение, взять график в буфер обмена (можно вставить потом в MS Word, Excel). Поддерживаются также операции с колесиком мыши: прокрутка, масштабирование.

Для обеспечения надежности ПО разработчики используют компоненты только с открытым кодом либо высокотиражные компоненты от Microsoft, но не используют специальное малотиражное импортное ПО.

Система измерения стенов ООО "ПКЦ Системы ТРИАЛ" предназначена для сбора информации о проведении испытаний и для обратной связи при управлении. Система измерения разрабатывается под конкретное техническое задание заказчика и может измерять различные параметры: силу, момент силы, перемещение, давление, температуру, скорость, частоту. Также осуществляются работы с тензометрией. Измеренные параметры регистрирует и хранит ПК под управлением ОС Windows с аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) на входе.

В качестве первичных преобразователей силы используются тензорезисторные датчики силы различных производителей: отечественной фирмы "Тензо-М", а также иностранных – HBM, Zemic. Для измерения перемещения применяются как контактные (потенциометрические), так и бесконтактные (индукционные, лазерные, магнитострикционные) датчики.

В качестве вторичных преобразователей используются одноканальные нормирующие усилители фирмы DATAFORTH категорией точности 0,03 с полосой пропускания 3000 Гц, возможно подключение до 32 датчиков, а также многоканальные усилители MGCplus фирмы HBM. Для защиты от помех обычно используется передача сигнала через токовую петлю 4...20 мА.

#### Некоторые выполненные проекты

Стенд для комплексных испытаний передней и задней подвески автомобилей семейства ВАЗ воспроизводит нагрузки, соответствующие реальным до-

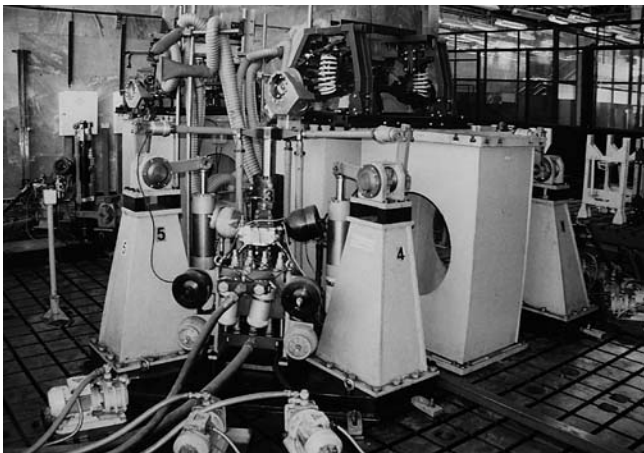


Рис. 3

рожным условиям, позволяет заменить полевые испытания стендовыми, обеспечивает нагружение каждого колеса по трем составляющим: вертикальному нагружению (профиль дороги), продольной и поперечной силам (рис. 3). Высокая точность нагружения обеспечивается конструкцией гидроцилиндров с сервоуправлением, комплектом программ имитационных испытаний при случайном процессе. Стенд укомплектован насосными станциями.

Стенд для испытаний крыши и дверей автомобиля предназначен для испытаний на прочность боковых дверей и крыши автомобилей в соответствии с требованиями стандартов безопасности США и Канады № 214 и № 216 с учетом их возможного ужесточения (рис. 4). Для испытания крыши кузов автомобиля крепится на наклонной платформе. Для ис-

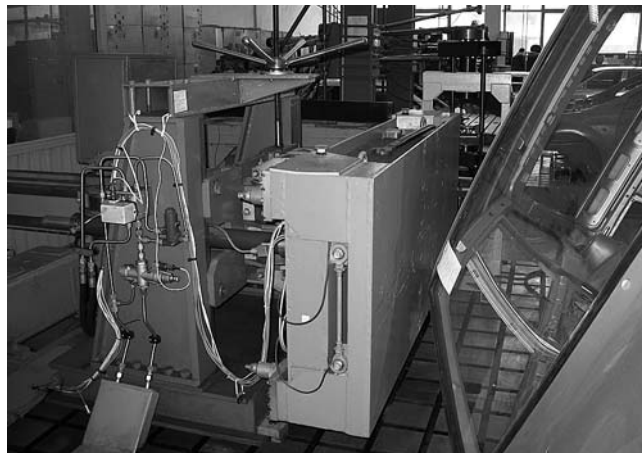


Рис. 4

пытания дверей на измерительную плиту устанавливается пуансон.

Жесткая измерительная плита стенда с четырьмя динамометрами обеспечивает точное измерение нагрузки, измерение координат приложения суммарной силы. Программное обеспечение позволяет точно задавать и поддерживать темп нагружения, получать результаты испытаний в реальном времени. Голосовые сообщения помогают оператору проводить испытания.

Испытательные стенды от ООО "ПКЦ Системы ТРИАЛ" успешно функционируют на Московском вертолетном заводе им. М.Л. Миля, Ступинском машиностроительном объединении, Ростовском вертолетном заводе, ПО "Пермские моторы", в лаборатории Aviatest LNK (г. Рига, Латвия); ОАО "АвтоВАЗ", "ГАЗ", "Ижмаш-авто".

Контактный телефон (495) 557-90-80.

[Http://www.trialsystems.ru](http://www.trialsystems.ru)

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Н.В. Шульгин (ОАО "НПП Темп им. Ф. Короткова")

*Описаны схема и метод измерения расхода топлива авиационного газотурбинного двигателя, применяемые на современном испытательном стенде в ОАО "НПП Темп им. Ф. Короткова" (Москва).*

*Ключевые слова: расход топлива, стендовые испытания, измерение расхода, датчик.*

Практически любое законченное изделие перед введением в эксплуатацию требует проведения испытаний. Для этих целей используют различные испытательные стенды (ИС). Существует огромное число различных типов и модификаций ИС в зависимости от испытуемого объекта. В статье речь пойдет о стендовых испытаниях топливотрегулирующей аппаратуры авиационного газотурбинного двигателя, а именно об особенностях измерения расхода топлива.

Исходя из конкретной задачи, следует учитывать следующие особенности испытаний:

- принципиально существуют два контура, по которым циркулирует топливо: основной и форсажный;
- расход топлива измеряется в широком диапазоне (0...35000 кг/ч);

- имеет место высокая динамика изменения расхода топлива;
- в зависимости от особенностей агрегатов должна быть возможность наблюдать изменение расхода в различных единицах измерения (кг/ч или л/ч);
- должна быть обеспечена погрешность измерения около 1% от точки измерения.

Стенд имитирует топливную систему современного истребителя. В зависимости от режима полета к основному контуру может подключаться форсажный. По типу измерения расходов топлива контуры не отличаются, но нужно иметь в виду, что в форсажном контуре имеют место более высокие расходы топлива, на порядок большие, чем в основном. И это обязательно следует учитывать при выборе датчика.