

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИСПЫТАНИЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СТЕНДА ЖРДМТ

© 2006 А.В. Лапшин, Е.А. Лапшин, В.Е. Нигодюк, С.А. Старостенко

Самарский государственный аэрокосмический университет

Современные информационные технологии позволяют существенно расширить возможности экспериментального исследования при испытаниях ЖРДМТ.

Кроме сокращения времени и стоимости испытаний автоматизированные системы измерения и управления позволяют расширить количество измерительных каналов, повысить точность получаемых результатов, проводить испытания с дистанционным управлением через информационные сети.

Использование автоматизированной системы испытаний (АСИ) существенно повышает уровень проведения экспериментов во время проведения лабораторных занятий, что дает возможность студентам более полно освоить особенности рабочего процесса в

ракетных двигателях. Использование АСИ позволяет увеличить количество регистрируемых режимов, обеспечивая каждого студента данными для расчета и анализа влияния различных факторов на параметры ЖРДМТ.

Работа по созданию АСИ проводится на кафедре ТДЛА на базе действующего учебного стенда для испытаний ЖРДМТ тягой до 100 Н.

Для измерения тяги используется упругая балка с наклеенными тензодатчиками, на которую устанавливается ракетный двигатель (рис.1). Конструктивные параметры тензобалки выбирались с учетом повышения динамических характеристик.

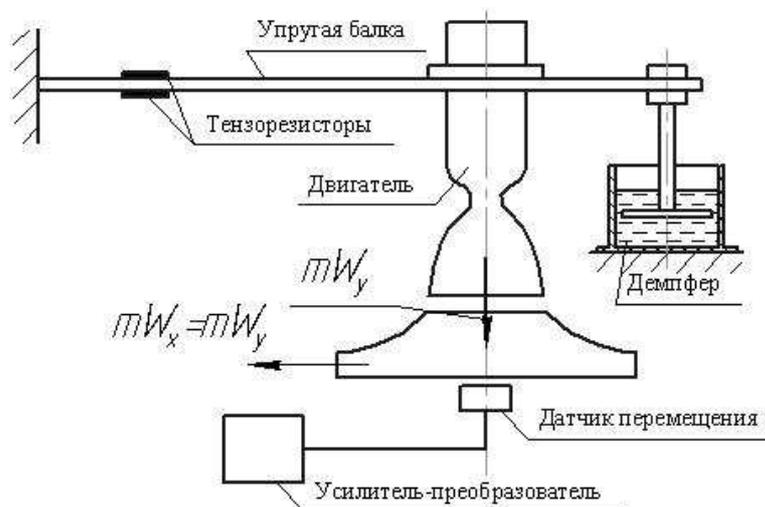


Рис.1. Реактивное и активное устройства для измерения тяги РДМТ

Частоту собственных колебаний  $f$  системы измерения тяги с помощью упругой балки, работающей на изгиб, можно определить по формуле

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{P}{(m_{\text{дв}} + \xi \cdot m_{\text{б}}) \cdot \delta}},$$

где  $P$  – величина силы тяги;

$m_{\text{дв}}$ ,  $m_{\text{б}}$  – соответственно массы двигателя и части упругой балки, участвующие в колебательном движении;

$\xi$  – коэффициент, зависящий от взаимного расположения двигателя и балки;

$\delta$  – величина перемещения центра масс двигателя под действием силы тяги  $P$ .

Собственная частота такой системы измерения тяги не превышает 20...40 Гц. Поэтому данная система для измерения тяги может использоваться только на стационарных и квазистационарных режимах.

Частоту собственных колебаний системы измерения тяги можно повысить используя активный метод, когда измеряется не только реакция истекающих из сопла газов, но и прямое силовое воздействие сверхзвуковой струи. В этом случае за срезом сопла устанавливается легкая газоприемная ловушка, связанная с жесткой мембраной силоизмерителя, перемещение которой регистрируется индуктивным датчиком.

Данный метод разработан в 1970 г. в Лаборатории №2 СГАУ, и используется для измерения быстроизменяющихся значений тяги в импульсных режимах.

Тяга определяется по воздействию выхлопной струи двигателя на спрофилированную газодинамическую ловушку. Она разворачивает поток продуктов сгорания на  $90^\circ$ , т.е. теоретически усилие полностью передается на ловушку. Перемещение ловушки фиксируется индуктивным датчиком, электрический сигнал с которого преобразуется и, усиливается тензостанцией 4-АНЧ-22. Масса перемещающейся части системы (ловушки) составляет не более 100 г, что позволяет увеличить собственную частоту силоизмерительного устройства до 200...300 Гц и проводить измерения тяги ЖРДМТ на импульсных режимах.

Для повышения точности измерений и автоматизации процесса градуировки силоизмерителя на учебном стенде также используется тягоизмерительное устройство, где подводящие топливные трубопроводы используются в качестве упругих элементов. Собственная частота этого устройства выше, чем у упругой балки и составляет 150...200 Гц. Схема этого устройства показана на рис. 2.

Тягоизмерительное устройство представляет собой массивное основание - 6 (из нержавеющей стали) на котором закреплено две стойки - 5. Также имеется четыре штуцера - 3, к которым подсоединяются подводящие топливо трубки. Между стойками и

подвижной частью - 7 приварены четыре трубопровода 4. В нижней части, между двумя индуктивными катушками (дифференциальный датчик перемещения - 1), установлен якорь - 2 (из ферромагнитного материала).

При работе двигателя трубки испытывают кручения за счёт момента  $M=PL$ , где  $P$  – сила тяги, а  $L$  – плечо, равное расстоянию от оси двигателя до оси подвижной части.

Использование двух трубопроводов с каждой стороны тягомера повышает устойчивость подвижной части в вертикальном направлении, что особенно важно при увеличении массы двигателя и нагружения подвижной части при градуировки. В этом случае к двигателю можно подводить различные компоненты по четырем трубкам. Основным отличием данного тягоизмерительного устройства с упругими элементами в виде трубопроводов является отсутствие элементов подвода горючего и окислителя, к двигателю, а также упрощение процесса градуировки. Градуировка происходит за счёт ступенчатого нагружения эталонными грузами противоположного рычага тягоизмерительного устройства, что позволяет выполнять данную операцию дистанционно с помощью электромагнитного или гидравлического привода, управляемого ЭВМ.

В АСИ учебного стенда для измерения расхода на импульсных режимах по линиям горючего и окислителя установлены датчики, измеряющие перепад давления типа «Карат Д» на 6 кПа, или Метран-44Д, реагирующих на изменение высоты столба жидкости объемного расходомера. Измерения расхода на непрерывном, длительном режиме производиться турбинными расходомерами, с регистрацией частоты вращения и количества оборотов за время пуска.

Измерение давления в камере сгорания производится с помощью датчиков типа ДДИ-21, охлаждаемых водой. Для измерения входных давлений по линиям «О» и «Г» используются датчики ДД-10. Температура компонентов измеряется с помощью ХК термопар ТС-49 и цифрового прибора 2ГРМ с токовым выходом 5...20 мА.

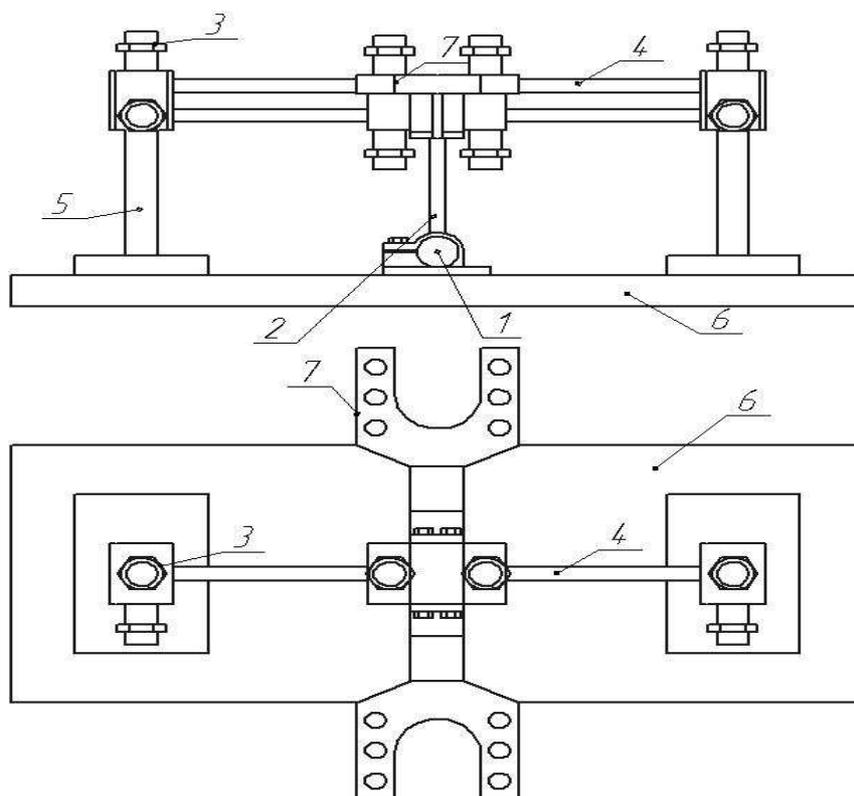


Рис.2. Универсальное тягоизмерительное устройство

Значение токов клапанов регистрируются с помощью датчиков Холла, включенных последовательно в цепь питания электромагнитных клапанов.

Преобразование сигналов с тензобалки, индуктивных датчиков давления осуществляется тензостанцией типа 4АНЧ-22.

За основу системы сбора информации были использованы специализированные платы аналогово-цифрового преобразователя с коммутатором и собственным сигнальным процессором. Все алгоритмы сбора измерительной информации реализуются с помощью данного процессора, а алгоритмы дальнейшей обработки, не требующие привязки к реальному времени, реализуются на ПЭВМ.

После преобразования и усиления нормированные аналоговые сигналы с  $U=0...5$  В поступают на многофункциональный адаптер А-822 РGH (рис. 3). Использование плат сбора информации с собственным сигнальным процессором позволяет отказаться от операционных систем реального времени и реализовать все программное обеспечение под управлением операционной системы WINDOWS, которая удовлетворяет требованиям «реального времени» [1].

Блок оптической развязки и защиты позволяет через оптронные пары передавать дискретные сигналы, защищая плату от повышенных напряжений, возникающих при работе стенда. На аналоговых измерительных каналах установлены модули со стабилизаторами с пороговым напряжением  $U = 10$  В.

Для системы управления ЖРДМТ разработан блок автоматики, обеспечивающий коммутацию электромагнитных клапанов двигателя, а также включение двигателя и муфты шлейфового осциллографа и работающего от выходных дискретных сигналов TTL адаптера А-822 РGH. Для управления с помощью АСИ пневмо-гидравлической системой (ПГС) стенда, в том числе установку необходимых значений давлений компонентов на входе двигателя, по заданной программе испытаний используется дополнительные электромагнитные клапаны в ПГС учебного стенда, работающие в импульсном режиме от ЭВМ и обеспечивающие повышение давления в ресивере и дренаж азота, если рабочее давление не соответствует заранее заданным значениям по программе испытаний (рис. 4).

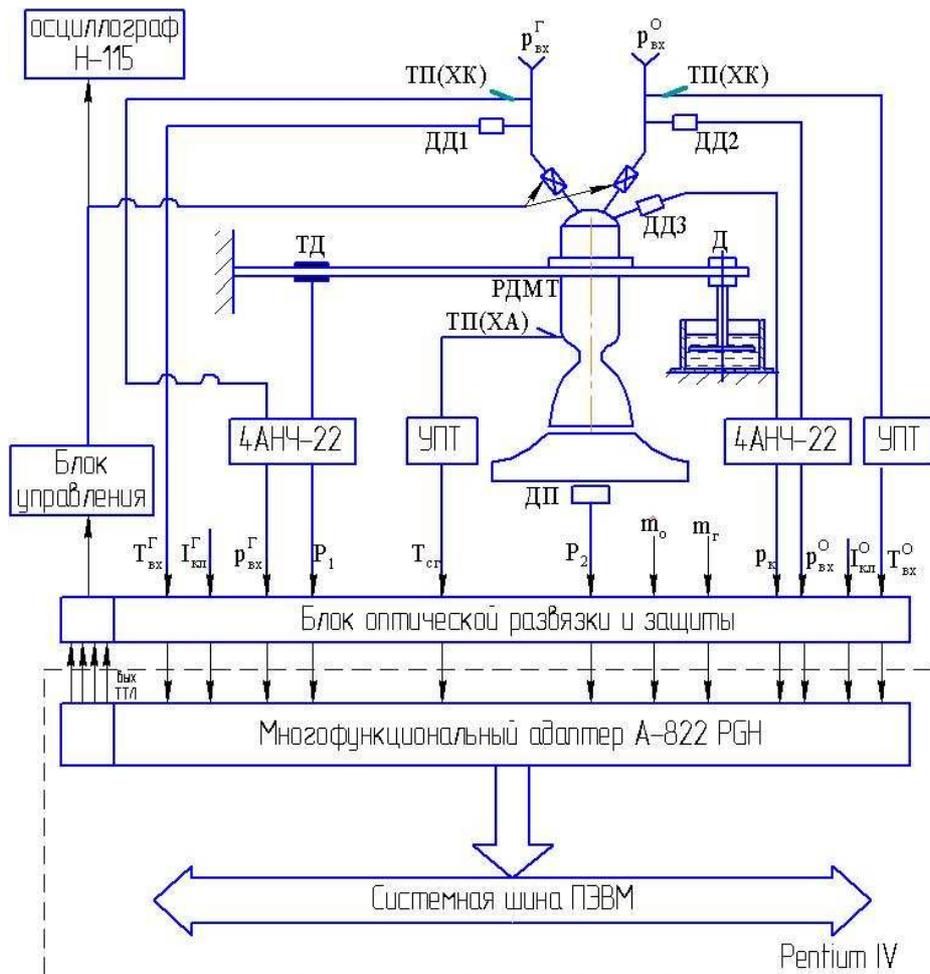


Рис. 3. Блок-схема АСИ учебного стенда ЖРДМТ

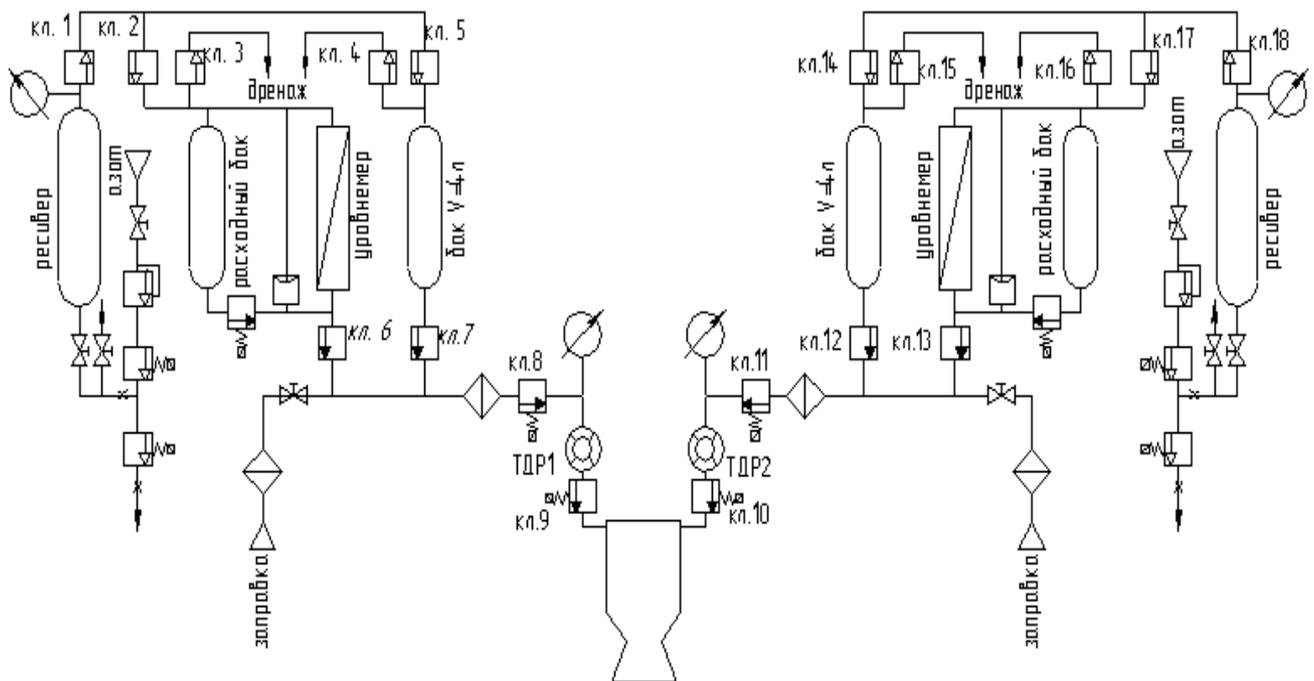


Рис. 4. ППС учебного стенда ЖРДМТ

Программное обеспечение обработки, регистрации и управления написано на языке PASCAL и обеспечивает работу АСИ на непрерывных и импульсных режимах работы ЖРДМТ, а также проведение предпусковых градуировок и аттестации измерительных каналов.

Управление стендовыми системами и ЖРДМТ осуществляется с помощью управляющей ЭВМ, а обработка осуществляется с другой ЭВМ от командного напряжения на электромагнитном клапане двигателя. Таким образом реализуется автономность систем управления и обработки.

Имеется возможность управления испытаниями от удаленных компьютеров через информационную сеть INTERNET для

использования данной АСИ ЖРДМТ в системе открытого образования.

### **Список литературы**

1. Заботин В.Г., Кондрусев В.С., Нигодюк В.Е. Характеристики ЖРД. Учебное пособие. Куйбышев. КуАИ. 1981. стр. 91.

2. Тарасов В.В., Шахов В.Г. Дистанционное проведение весовых испытаний в аэродинамической трубе по сети INTERNET. V Международ. Конф. По неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ-2004). Самара, МАИ, СГАУ, 2004. стр. 184-185.

## **THE CONCEPT AND THE RESULTS OF ELABORATION OF THE AUTOMATED TEST BENCH FOR TESTING THE ROCKET ENGINE**

© 2006 A.V. Lapshin, E.A. Lapshin, V.E. Nigodjuk, S.A. Starostenko

Samara State Aerospace University

The work deals with the concept and the results of elaboration of the automated test bench for testing the Rocket Engine of Small Tractive Force (STFRE). The methods of measuring the basic engine parameters are observed, as well as signal transformation systems, HW (hardware) and SW (software) for data measuring, registration and processing and for operating the engine under different conditions presupposed by the programme.