

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ

Рыжков В.В., Ивашин Ю.С., Ивашин А.Ю., Петрунин Э.Ю.
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

При исследованиях (испытаниях) жидкостных ракетных двигателей малой тяги (ЖРДМТ), как правило, оперируют большими массивами экспериментальных данных, обработка, анализ и представление которых представляет достаточно трудоемкую задачу. Ее решение традиционным способом, растянутым по времени, не позволяет корректировать ход испытаний, связанный с получением кондиционных результатов, получать дополнительную информацию, первоначально не заложенную в программу исследования, но представляющую интерес, принимать решения о продолжении, останове, повторении испытаний и т. п. Все это, в конечном счете, приводит либо к удорожанию исследования, либо к получению информации об объекте не в полном объеме.

В СГАУ (ОНИЛ-2) в течение длительного времени ведутся работы по автоматизации обработки экспериментальных данных, полученных при испытаниях ЖРДМТ. С изменением облика ЭВМ трансформировался вид, расширились функциональные возможности и сервис таких систем. В настоящее время разработана автоматизированная система управления и информационного обеспечения исследований ЖРДМТ, назначение которой – управление объектом исследования и ПГС испытательного стенда, получение и преобразование экспериментальной информации об объекте в реальном времени. При этом особое внимание уделено визуализации полученной информации. На рис. 1 представлена структурная схема автоматизированной системы управления и информационного обеспечения исследований ЖРДМТ. Система обеспечивает выполнение следующих функций:

- визуализация объекта исследований в период подготовки, огневой работы и последствий на экране монитора;
- управление элементами подачи компонентов топлива в двигатель, системой зажигания, автоматикой ПГС испытательного стенда;
- ввод в ЭВМ информации об объекте исследования, калибровка измерительных каналов совместно с ЭВМ с оценкой погрешности;
- обработка экспериментальных данных на ЭВМ согласно разработанных алгоритмов, вывод данных в графическом, табличном и других видах, запись введенных измерительных сигналов, визуализация сигнала (с его масштабированием) на экране монитора, хранение информации.

Некоторые технические характеристики, обеспеченные системой:

- регистрация 16 аналоговых сигналов в диапазонах $-5 \dots +5$ В, $-0.5 \dots +0.5$ В;
- регистрация до 16 дискретных сигналов с характеристиками «0» - $1 \dots 5$ В, «1» - $10 - 15$ В;
- формирование 38 управляющих дискретных сигналов в диапазоне $0 \dots +30$ В;
- частота опроса измерительных каналов до 40 кГц на канал (устанавливается программным способом);
- регистрация до 32 значений температур испытуемого изделия, компонентов топлива и пр.;
- дискретность отсчета времени до 0.1 мс.

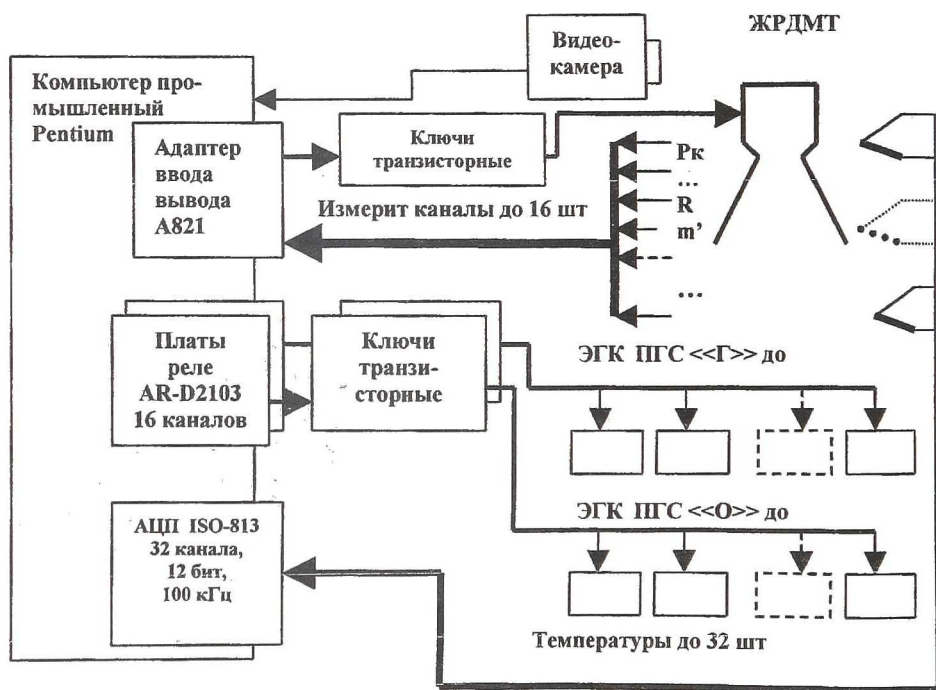


Рис. 1. Автоматизированная система управления и информационного обеспечения исследований ЖРДМТ. Структурная схема

Используемый промышленный компьютер позволяет расширить возможности автоматизированной системы путем установки в компьютер

дополнительных блоков (адаптеров ввода-вывода, релейных и бесконтактных плат управления и пр.).

Разработанное программное обеспечение системы работает в среде системы Windows 98, для выбора режимов работы программы и ввода данных используется современный интерфейс, основная форма программы приведена на рис. 2. В программное обеспечение входят следующие блоки:

- проведения градуировок аналоговых каналов, обработка результатов градуировок с использованием методов наименьших квадратов или кусочно-линейной интерполяции (по выбору оператора), оценка погрешностей градуировок;
- задание режимов работы ЖРДМТ и переменных для обработки результатов экспериментов;
- включения ЖРДМТ по заданной циклограмме, управление ПГС стенда в процессе испытаний;
- сбор, обработка и отображение информации о параметрах объекта в темпе испытаний;
- создание баз экспериментальных данных.

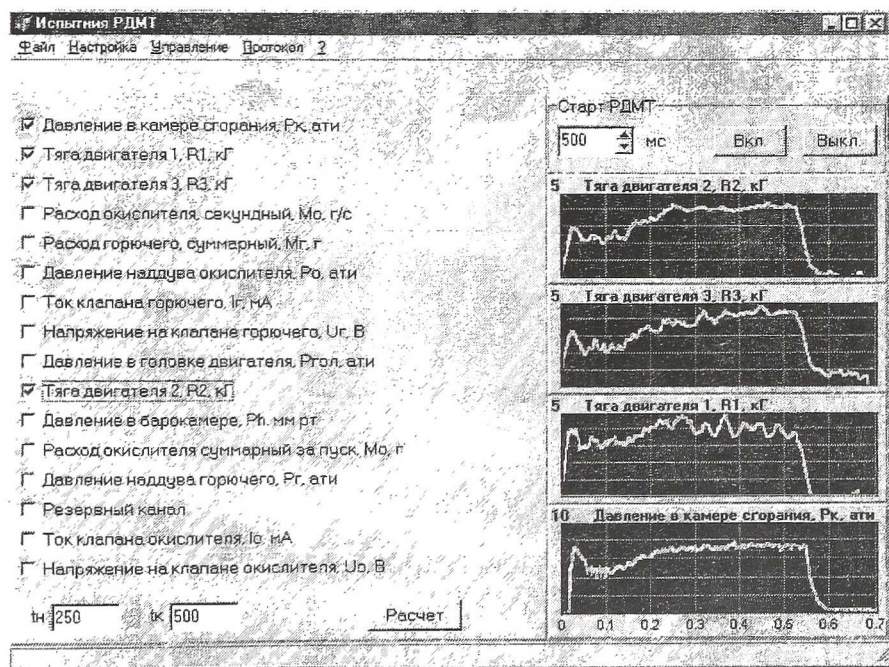


Рис. 2. Основная форма программы

Основные режимы работы программы следующие:

- режим «Файл» позволяет осуществлять действия с результатами ранее проведенных испытаний, найти соответствующие файлы, просмотреть результаты измерений в виде таблиц и графиков;
- режим «Настройка» позволяет задавать параметры двигателей, необходимые при обработке, параметры измерительных каналов, из этого же режима осуществляется вызов блока калибровки измерительных каналов;
- режим «Управление» задает параметры для задания циклограммы работы двигателей, а именно – длительность работы и опережение или задержка включения модуля зажигания, задержки включения клапанов двигателя;
- режим «Протокол» позволяет выдать результаты обработки на принтер.

На экран дисплея одновременно выводятся до четырех графиков измеренных параметров, можно также вызвать любые другие регистрируемые параметры. Аварийное отключение двигателя заложено в программе.

Общий вид автоматизированной системы управления и информационного обеспечения исследований ЖРДМТ представлен на рис. 3.

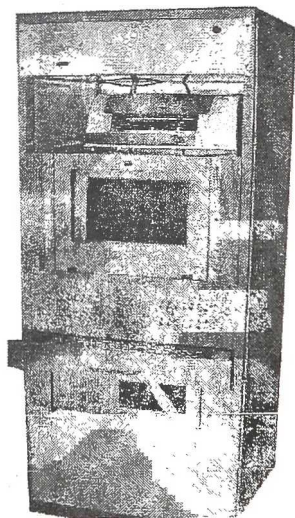
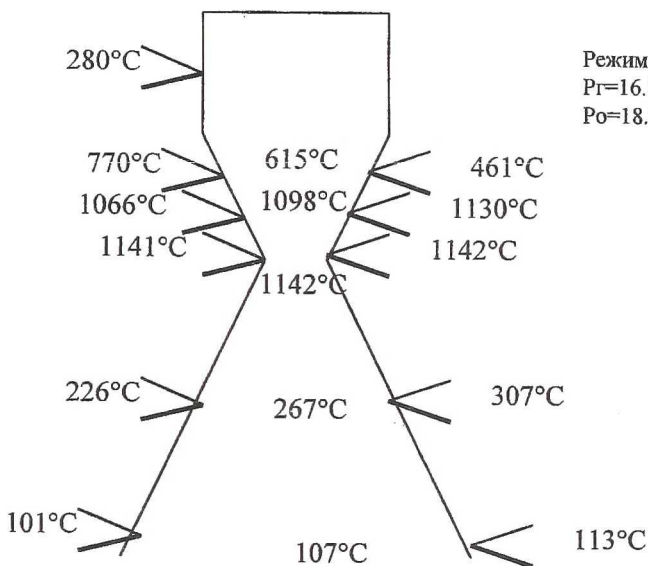


Рис. 3. Общий вид автоматизированной системы

Некоторые возможности системы иллюстрируются на рис. 4 и в таблице.



Режим 1803
 $P_1=16.5 \text{ ата}$ $T_1=21^\circ\text{C}$ $L_1=37$
 $P_0=18.0 \text{ ата}$ $T_0=24^\circ\text{C}$

Твкл = 0.515 сек
 $P_k = 7.509 \text{ ата}$
 $P_{ш} = 0.645 \text{ ата}$
 $P_r = 15.898 \text{ ата}$
 $P_{к0} = 8.931 \text{ ата}$
 $M'_r = 13.010 \text{ г/сек}$
 $M'_{ок} = 37.511 \text{ г/сек}$
 $M'_{оз} = 8.781 \text{ г/сек}$
 $M'_{о\Sigma} = 46.292 \text{ г/сек}$
 $M'_{\Sigma} = 59.301 \text{ г/сек}$
 $K_{mk} = 2.883$
 $K_{mз} = 3.558$
 $G_з = 0.190$

Рис. 4. Протокол испытаний ЖРДМТ при исследовании теплового состояния конструкции

Таблица

Протокол испытания ЖРДМТ
 Определение динамических и энергетических параметров

Программа 15-11												Режим 6-111	
Нули изм. каналов: 1.26 1.32 1.06 В													
Калибровка 4.07 3.96 3.83 В													
Число включений ЖРДМТ - 5													
Горючее:		$P_{вх}=11 \text{ ата}$		$T_{вх}=22^\circ\text{C}$		Отсчет уровнемера = 360 дел				$M_r=64.78 \text{ г}$			
Окислитель:		$P_{вх}=36 \text{ ата}$		$T_{бака} = 293^\circ\text{K}$		$T_{тепло-обм}=295^\circ\text{K}$		$\Delta P = 0.875 \text{ ата}$		$M_o = 240.4 \text{ г}$			
№ ВКЛ	Твкл	Тог	Тоо	Тзг	Тзо	Терс дк	Тотс дк	ΔT_c дк	Твоспл	Т0.1	Т0.9		
	мс	мс	мс	мс	мс	мс	мс	мс	мс	мс	мс		
1	57	10	19	13	20	58	24	34	50	33	55		
2	57	10	19	13	20	49	24	25	41	29	46		
3	57	10	19	13	20	50	23	27	41	28	45		
4	57	10	19	13	20	49	24	25	42	29	46		
5	57	10	19	13	20	50	24	26	41	28	46		

№ вкл	Тсп	Тпд1	Тпд	Тимп	Мг'	Мо'	Кп	Римп	Ю
	<i>мс</i>	<i>мс</i>	<i>мс</i>	<i>мс</i>	<i>Г/сек</i>	<i>Г/сек</i>	-	<i>ата</i>	<i>сек</i>
1	73	17	47	27	12,9	54,8	4,25	6,84	139
2	73	17	46	33	12,9	54,8	4,25	6,66	169
3	73	16	47	33	12,9	54,8	4,25	6,55	169
4	74	17	45	33	12,9	54,8	4,25	6,71	168
5	73	17	45	33	12,9	54,8	4,25	6,74	169

Автоматизированная система управления и информационного обеспечения для исследования ЖРДМТ используется на одном из огневых вакуумных стендов СГАУ для определения динамических и энергетических характеристик двигателей в импульсных и непрерывных режимах работы, а также для получения информации при исследовании по специальным программам.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕРХЗВУКОВЫХ ГАЗОВЫХ ЗАВЕС В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ МАЛОЙ ТЯГИ

Дружин А.Н., Рыжков В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Исследование теплового состояния ракетного двигателя малой тяги с газозавесным охлаждением, организованным вдувом газообразного компонента (окислителя) в начальном сечении сопла Лавалья [1], показало, что энергетическая эффективность такой завесы резко снижается при больших расходах охлаждающего газа, необходимого для надежной тепловой защиты двигателя в целом. В связи с этим представляется целесообразной организация дополнительной завесы, охлаждающей сверхзвуковую часть сопла.

В работе анализируются результаты экспериментального исследования энергетической эффективности сверхзвуковых газовых завес, полученные в ракетном двигателе малой тяги с различными схемами смесеобразования (на основе газожидкостных дублетов - изделие М1 и центробежных форсунок - изделие М2), описанных в [2]; с двумя вариантами завесного охлаждения, организованного в сверхзвуковой части сопла (радиальная закрученная - РЗ и тангенциальная закрученная - ТЗ завесы), в зависимости от следующих факторов:

- расход охладителя;
- род завесного газа;
- способ организации завесы;