

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ВИДЕОСЪЁМКИ И ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д.С. Румянцев

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: n3050@mail.ru

К.А. Царьков

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: k6472@mail.ru

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель (ЖРД), стендовые испытания, скоростные видеокамеры, тепловизоры.

Аннотация: Разработана система видеосъёмки и дистанционного контроля температуры поверхностей жидкостных ракетных двигателей во время стендовых огневых испытаний. Система позволяет фиксировать изображение и передавать его в пультовую для последующей обработки и хранения. Использовано три типа камер, фиксирующих изображение в различных диапазонах спектра и частотой кадров.

1. Введение

Стендовые огневые испытания ступеней ракет и двигательных установок позволяют провести большой комплекс проверок перед окончательной сборкой изделия. Разрабатываемый стенд необходим для тестирования перспективных ракетных двигательных установок разгонных блоков тяжёлых ракет-носителей.

Стенд позволяет имитировать работу верхних ступеней ракет-носителей в безвоздушном пространстве при вертикальном расположении двигательной установки. Объект испытаний размещается в барокамере, в которой создаётся разрежение воздуха, и наблюдение за ним ведётся через иллюминаторы.

Одной из основных задач, которую предстояло решить, является оснащение испытательного стенда системами скоростной видеосъёмки и дистанционного контроля температуры поверхности двигательной установки; обеспечение в режиме реального времени вывода изображений на мониторы в бункере управления, проведение их регистрации для последующей обработки и анализа. Наблюдению подвергаются поверхности сопла и соплового насадка ЖРД в видимом и инфракрасном диапазонах

электромагнитного излучения

Далее под видимым изображением будем понимать изображение, которое созерцает человек невооружённым глазом. Тепловое излучение (инфракрасный диапазон спектра) можно увидеть при помощи тепловизоров (тепловых видеокамер).

2. Постановка задачи

Требования к системе видеосъёмки для наблюдения за объектом испытания в процессе монтажа, подготовки и непосредственного наблюдения во время самого испытания следующие:

1. обеспечить использование трёх типов видеокамер: промышленных, скоростных и тепловых;
2. камеры должны давать изображения с трёх направлений (угол между осями визирования $120^\circ \pm 20^\circ$);
3. угол обзора объективов камер видимого диапазона должен быть регулируемым, что обеспечит формирование изображений объекта испытания (для камер видимого диапазона - двигателя и сопла ЖРД) целиком или частично, в зависимости от задач испытаний;
4. угол обзора объективов для инфракрасных камер должен быть фиксированным и обеспечивать формирование изображений сопла и соплового насадка ЖРД;
5. автоматизированное рабочее место (АРМ) управления системой создаётся на базе персональных компьютеров, выполняющих также функции регистрации и хранения видеоданных испытаний. В составе системы должны быть предусмотрены видеорегистраторы цифрового потока данных от камер. АРМ размещается в пультовой комнате бункера стенда.
6. Связь между размещёнными в разных сооружениях элементами системы должна осуществляться по оптоволоконным линиям. Канал передачи данных и сигналов управления должен обеспечивать необходимую пропускную способность.
7. Системное время АРМ-ов должно быть синхронизировано со временем системы измерения стенда для последующей обработки изображений и термограмм и сопоставления результатов с данными системы измерения.

Требования к программному обеспечению (ПО):

1. обеспечить управление всеми параметрами камер, отвечающими за изменения свойств формируемого изображения;
2. создать сохраняемые наборы параметров камер, которые могут быть использованы при приёме системой внешнего управляющего сигнала, подачи команды оператором, переключении системы между режимами работы стенда;
3. обеспечить выставление двойной экспозиции при помощи блока ввода-вывода сигналов (чередование кадров с длинной и короткой выдержкой) для регистрации кадров с большим диапазоном яркостей с выводом на экран «чётных» или «нечётных» кадров;

4. применение наборов параметров к одной или всем камерам с минимальным количеством действий оператора;
5. синхронная регистрация кадров со всех камер при выборе одинаковой или кратной скорости съёмки;
6. регистрация тайм кода создания каждого кадра и отметки времени изменения параметров камер (шаблонов или отдельных параметров);
7. ПО в части отображения значений температур должно формировать графики температур выделенных областей в режиме контроля объекта испытания и в режиме просмотра записей, а так же вывода значений в виде таблицы в отдельный файл при обработке результатов испытания.
8. Управление всеми функциями системы должно выполняться через единый интерфейс программного обеспечения.

3. Реализация системы

Стенд состоит из башни и пультовой комнаты. В верхней части башни закреплён вертикально двигатель, размещены датчики и видеокамеры, в нижней части – серверное и коммуникационное оборудование. Здесь же происходит усиление, разделение и преобразование видеосигналов, которые потом будут выведены на мониторы в пультовой. По оптоволоконной линии связи информация передаётся между башней и пультовой, где расположена система управления камерами и отображением полученных данных. Функциональная схема представлена на рис. 1.

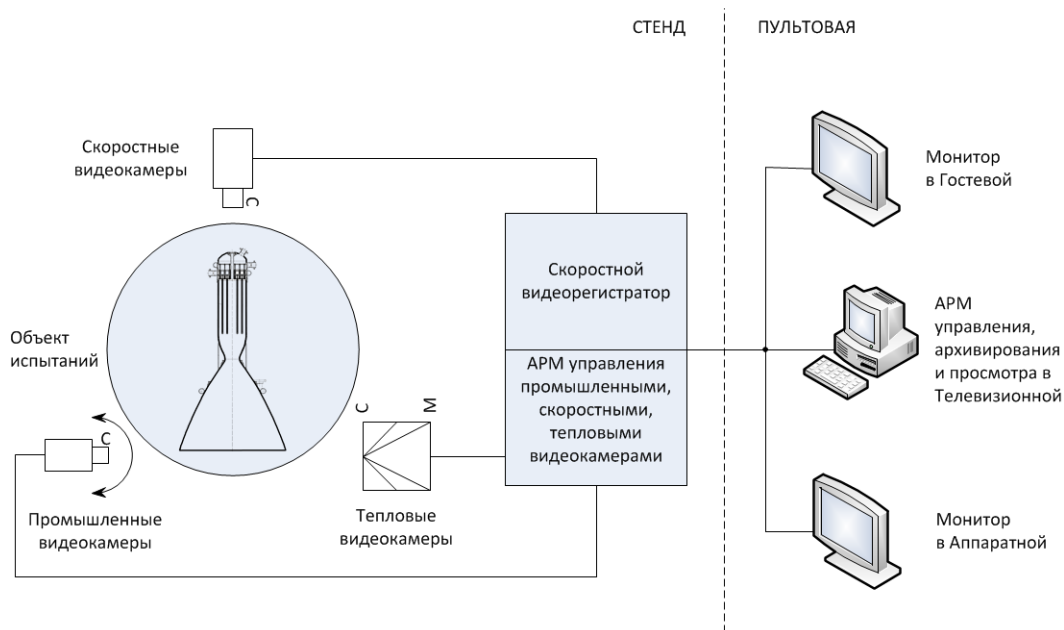


Рис. 1. Функциональная схема системы

Видеокамеры размещаются на специальных демпфирующих конструкциях в непосредственной близости к иллюминаторам в стенке барокамеры, выполненных

из термостойкого ударопрочного стекла. Для тепловизионных камер использовано стекло, прозрачное в ИК-диапазоне. Все камеры устанавливаются во взрывозащитные боксы с характеристиками защиты 1ExdIICT6Gb.

Видеокамеры после установки у иллюминаторов обеспечивают визуальный контроль объекта испытаний с трёх направлений (угол между осями визирования $120^\circ \pm 20^\circ$);

Промышленные видеокамеры IO Industries Flare и AVT Prosilica предназначены для наблюдения за объектом испытания в процессе монтажа, подготовки и непосредственного наблюдения самого испытания и записи последовательностей кадров по команде оператора.

Камера Flare фиксирует изображение с разрешением 4096x3072 пикселей и скоростью 187 кадров в секунду. Поток данных от неё очень велик, поэтому их принимает и обрабатывает видеорегистратор, а потом передаёт на АРМ башни. Камера Prosilica отсылает телекартину в сразу на АРМ башни, поскольку обладает меньшим разрешением (1920x1080) и частотой кадров (63).

Камеры скоростной видеосъёмки IDT предназначены для регистрации изображений быстро протекающих процессов, происходящих с объектом контроля при проведении испытания. Камеры имеют кольцевой буфер и автоматически сохраняют запись в последние 20 секунд, предшествующие аварийному останову двигателя.

Тепловизионные камеры Gobi дистанционного контроля температуры служат для записи картины тепловых полей излучения от объекта испытания и окружающих объектов. Тепловизоры обеспечивают качественную и количественную картину тепловых полей излучения от объекта испытания и окружающих объектов в диапазоне измерения температур поверхностей контролируемых объектов от -20°C до $+2000^\circ\text{C}$.

Все камеры имеют в комплекте несколько объективов с различным фокусным расстоянием, диафрагмой, светосилой и т.п. Диафрагма регулируется автоматически.

Управление всеми камерами осуществляется с АРМ управления, расположенного в телевизионной бункера управления стенда. Вывод изображения с камер идёт в аппаратную и гостевую.

Программное обеспечение выполняет функции регистрации и воспроизведения изображения с промышленных и скоростных камер видимого диапазона, а также с тепловизионных камер. ПО управляет всеми параметрами камер, отвечающими за изменения свойств формируемого изображения.

4. Заключение

Созданная система управления видеосъёмкой объекта испытаний обладает высокими характеристиками для проведения наземных проверок и всестороннего изучения процессов работы ЖРД. Использование трёх типов камер, синхронизированных с системой измерения стенда, позволяет качественно исследовать режимы функционирования двигателя.