обеспечением соответствующих реакций через схему прерывания по сигналам от датчиков прерывания, установленных на объекте испытания.

Регулирование коэффициента соотношения компонентов топлива обеспечивается блоком регулирования по сигналам датчиков расхода окислителя и горючего воздействием на наддув баллонов или на регулятор расхода окислителя.

Наряду с прямым цифровым управлением объектом, когда ЭВМ через исполнительные механизмы воздействует на его параметры, применяют системы управления, в которых объект испытания управляется автономными регуляторами, а ЭВМ, обрабатывая измерительную информацию, рассчитывает и устанавливает оптимальные режимы настройки этих регуляторов.

При этом если нет связи ЭВМ с регулирующими органами, то система работает в разомкнутом цикле и ЭВМ выполняет функции советчика оператора [2].

Для регистрации, обработки и отображения измерительной информации применяется стендовая информационно-измерительная система (ИИС).

Большинство задач, решаемых при испытаниях ЖРД и ДУ, требуют измерения до 700 и 1200 параметров соответственно: давлений, температур, тяги (усилия), расходов компонентов топлива, пульсаций давления и вибраций в узлах и магистралях двигательной установки. Это, прежде всего, связано с необходимостью получения информации о параметрах статического режима, определяемого давлением и температурой газов в камере сгорания и газогенераторе, напорами насосов ТНА, перепадами давлений в трактах двигателя. При имитации высотных условий работы ЖРД требуется определение степени разрежения в зоне отрыва потока от стенок сопла; при проверке действительных кавитационных запасов – давлений на входе в насосы. Так как работа двигателя сопровождается значительными динамическими нагрузками, необходимо точное измерение давлений в момент гидроудара и провала давления на входах в насосы, темпов нарастания и спада давлений в узлах двигателя, пульсаций давлений в камере сгорания, в узлах и магистралях двигательной установки [3].

1. Эксплуатация испытательных комплексов ракетно-космических систем / Галеев А. Г., Золотов А. А., Перминов А. Н., Родченко В. В. Под ред. Доктора техн. Наук А. Н. Перминова. – М.: Изд-во МАИ. 2007.
2. Проектирование стендов и систем для испытаний двигательных установок ЛА Галеев А. Г. - М.: Изд-во МАИ. Учебное пособие, 1990.
3. Теория ракетных двигателей Алемасов В. Е., Дрегаллин А. Ф., Тишин А. П. - М.: Машиностроение, 1989.

Комлев Г.В., Митрофанова А.С.

Типы применяемых датчиков при огневых стендовых испытаниях ЖРД

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi:10.18411/lj-11-2018-179

idsp: ljournal-11-2018-179

Аннотация

В статье рассматриваются существующие типы датчиков для измерений различных параметров жидкостных ракетных двигателей при огневых испытаниях.

Ключевые слова: стендовые испытания, измерение, параметры, датчики.

При проведении огневых стендовых испытаниях ЖРД отображается, регистрируется и обрабатывается огромное количество параметров. Для получения

этих параметров применяются различные типы первичных преобразователей [1]. Рассмотрим их подробнее.

Большое распространение для измерений давления, углов поворота в практике испытаний ЖРД нашли потенциометрические преобразователи давления типа ДТ, МД, МДД, ДТМ и другие, которые наиболее просты по своей электрической схеме, не требуют последующего усиления сигнала или его преобразования. Выходной сигнал потенциометрического датчика, изменяющийся в соответствии с изменением относительного сопротивления при перемещении ползунка реостата представляет собой изменение напряжения постоянного тока в зависимости от подведенного к реостату напряжения питания. Диапазоны измерения охватывают давления от долей Паскаля до десятков МПа. Потенциометрические преобразователи обеспечивают сравнительно высокую точность измерения установившихся процессов с погрешностью до $\pm 1\%$.

Для оценки удельного импульса тяги двигателя и давлений двигателя применяются вибрационно-частотные преобразователи давления, обладающие высокой чувствительностью. Учитывая высокую статическую точность вибрационно-частотных преобразователей и возможность включения их в систему автоматической обработки результатов испытаний, им часто отдают предпочтение перед механическими системами.

Для получения информации о переходных процессах в двигателе используются индуктивные преобразователи давления типов ДД-10, ДДИ-20 и ДДИ-21 и тензометрические преобразователи давления, основанные на преобразовании механической деформации растяжения или сжатия упругих элементов в изменение омического сопротивления проволочных тензометров, установленных на них.

При проведении испытаний ЖРД возникает необходимость измерения температур компонентов в баках, магистралях стенда и двигателя, в газогенераторах и газоведах, в узле турбины ТНА, на поверхности элементов конструкции двигателя, окружающей среды.

При отработке нового двигателя иногда приходится измерять температуры газов в камере сгорания и в истекающей из сопла струе, для чего могут применяться оптические пирометры.

В практике испытаний ЖРД повсеместное применение находят термопары и термометры сопротивления. Принцип работы термопары основан на возникновении в цепи, составленной из двух разнородных проводников электрического тока, если места соединения этих проводников имеют разную температуру.

Для измерения статических значений расходов компонентов применяют дроссельные расходомеры, принцип действия которых основан на измерении перепада давления на сужающемся устройстве (калиброванная диафрагма или сопло), установленном в расходной магистрали двигателя или стенда.

Наиболее распространен метод измерения расходов турбинными преобразователями расхода, принцип работы которых основан на зависимости частоты импульсов, возникающих в индукционной схеме приемника от скорости вращения крыльчатки [2].

Также для измерения расхода в баках часто применяются поплавковые измерительные системы (герконовые, индуктивные). При перемещении поплавка на заданный уровень, он замыкает нужную электрическую цепь.

Из существующего многообразия первичных преобразователей параметров вибраций при испытаниях ЖРД наиболее часто используют пьезоэлектрические преобразователи, что объясняется их малыми габаритными размерами и массой,

широким частотным диапазоном. Эти преобразователи работают по принципу сейсмического эффекта, т.е. инерционного смещения массы чувствительного элемента под действием вибрационного нагружения [3].

1. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей Жуковский А. Е., Кондрусев В. С., Окорочков В. В. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. – 352 с.
2. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы Бутырин П. А., Васьковская Т. А., Каратаев В. В. – М.: ДМК пресс, 2005. – 264 с.
3. Испытания жидкостных ракетных двигателей Жуковский, А.Е. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 101 с.

Митрофанова А.С., Комлев Г.В.
Машинное обучение

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi:10.18411/lj-11-2018-180

idsp: ljjournal-11-2018-180

Аннотация

Нет никакой связи между наукой о данных и машинным обучением, но машинное обучение может быть использовано для того, чтобы заставить машины учиться (улучшать производительность по конкретным задачам) из данных. Это область компьютерных наук, которая дает возможность компьютерам учиться с использованием различных статистических методов. Из огромных наборов данных машинное обучение может применять знания для превосходного распознавания речи, распознавания лиц или многих других задач. Машинное обучение предоставляет системам возможность распознавания шаблонов и составления прогнозов.

Ключевые слова: машинное обучение

Основная задача науки и реальной жизни – получение правильных предсказаний о будущем поведении сложных систем на основании их прошлого поведения. Многие задачи, возникающие в практических приложениях, не могут быть решены заранее известными методами или алгоритмами. Это происходит по той причине, что нам заранее не известны механизмы порождения исходных данных или же известная нам информация недостаточна для построения модели источника, генерирующего поступающие к нам данные. Как говорят, мы получаем данные из «черного ящика». В этих условиях ничего не остается, как только изучать доступную нам последовательность исходных данных и пытаться строить предсказания, совершенствуя нашу схему в процессе предсказания. Подход, при котором прошлые данные или примеры используются для первоначального формирования и совершенствования схемы предсказания, называется методом машинного обучения [1].

Машинное обучение (machine learning) – это область научного знания, имеющая дело с алгоритмами, «способными обучаться». Необходимость использования методов машинного обучения объясняется тем, что для многих сложных – «интеллектуальных» – задач (например, распознавание рукописного текста, речи и т. п.) очень сложно (или даже невозможно) разработать «явный» алгоритм их решения, однако часто можно научить компьютер обучиться решению этих задач. Одним из первых, кто использовал термин «машинное обучение», был изобретатель первой самообучающейся компьютерной программы игры в шашки А. Л. Самуэль в 1959 г. [2].