

УДК 621.454.2

Испытательный стенд для исследования каталитического разложения перекиси водорода для ракетно-двигательных установок

Щедрин Владимир Владимирович^(*)

spacesteel@bk.ru

Нафиков Марат Ирекович

maratn2010@gmail.com

Абаничев Владимир Валерьевич

vovaabn@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлен испытательный стенд для исследования катализаторов разложения высококонцентрированной перекиси водорода, применяемых в жидкостных ракетных двигателях малой тяги и газогенераторах (реакторах). Стенд включает пневмогидравлическую систему подачи компонента, калориметрический модуль и систему сбора данных и управления экспериментом, обеспечивающие регистрацию тепловых и динамических характеристик процесса разложения. Описаны конструктивные особенности установки, алгоритм проведения испытаний и реализованные средства регистрации параметров в режиме реального времени, позволяющие использовать результаты для последующей аппроксимации к полноразмерным агрегатам.

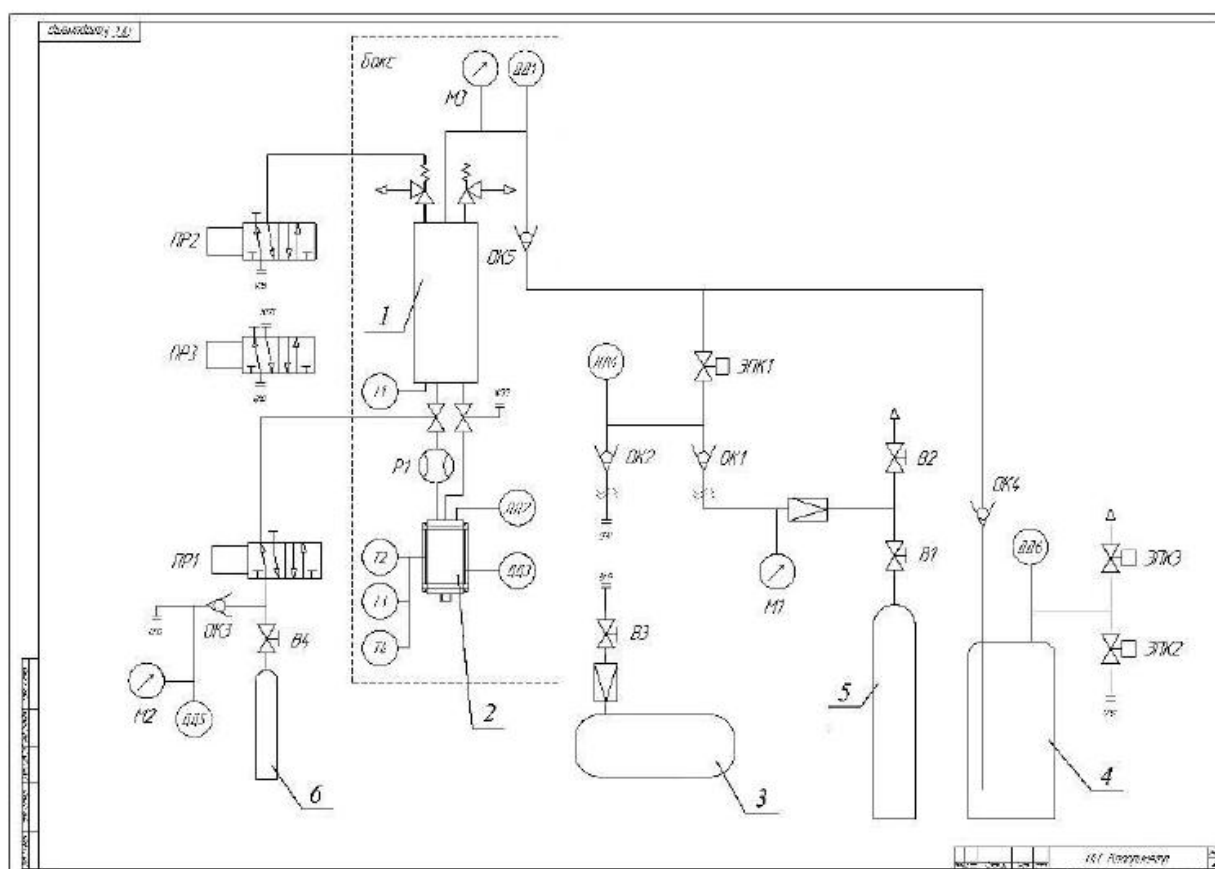
Ключевые слова: перекись водорода, каталитическое разложение, ракетный двигатель, газогенератор, испытательный стенд

Введение. Каталитическое разложение перекиси водорода (ПВ) остается востребованным процессом в системах ориентации, пусковых устройствах турбонасосных агрегатов, газогенераторах и низкотемпературных ЖРД малой тяги. Эффективность катализатора определяет тепловую мощность, устойчивость рабочего процесса и надежность двигателя, а его экспериментальная оценка требует контролируемых условий подачи компонента и высокоточной измерительной аппаратуры [1, 2].

В ходе отработки технологии производства катализаторных пакетов возникает задача оперативной оценки их активности и стабильности при взаимодействии с ПВ, при этом серийные или макетные агрегаты часто требуют значительного количества катализатора. Для проведения серии испытаний на ограниченных партиях катализатора и повышения итеративности исследований разработан стенд, работающий на пониженных расходах, позволяющий регистрировать параметры процесса разложения с последующей обработкой и масштабированием результатов на полноразмерные системы [3, 4].

Методы и материалы; результаты. Испытательный стенд конструктивно включает три основных подсистемы: пневмогидравлическую систему (ПГС), калориметрический модуль и систему сбора данных и управления. ПГС (см. рисунок) обеспечивает управление электромагнитными и пневматическими клапанами, заправку и дозированную подачу ПВ в калориметрический модуль. В состав системы входят: топливный бак объемом 2 л (1)

с рабочим давлением до 35 бар, корпус калориметрического модуля (2), компрессор (3) с рабочим давлением до 8 бар, бак промежуточного хранения ПВ (4), баллон наддува (5) и ресивер (6). В качестве газа наддува используется осушенный воздух от компрессора (до 8 бар); для обеспечения давления до 35 бар применяется баллон с азотом и редуктором, настроенным на требуемое давление. Поскольку основной подающий клапан выполнен как нормально-открытый пневмоклапан, в схеме предусмотрен ресивер, обеспечивающий корректную работу системы при кратковременных падениях давления в магистрали.



Принципиальная схема ПГС:

- 1 — топливный бак; 2 — калориметр; 3 — компрессор; 4 — бак с перекисью;
5 — баллон наддува; 6 — резервный баллон

Калориметрический модуль включает рабочую зону (камеру засыпки катализатора) и активную зону, в которой осуществляется измерение температурных полей, формируемых при разложении ПВ. Эти зоны разделены пенометаллической структурой с заранее определенным гидравлическим сопротивлением, что позволяет задать режим течения, обеспечить равномерное омывание слоя катализатора и повысить воспроизводимость результатов.

Система сбора данных и управления основана на модульной промышленной электронике и объединяет все датчики и клапанную арматуру в единый

автоматизированный комплекс. В измерительную часть входят семь преобразователей давления, два расходомера и четыре термосопротивления, что обеспечивает регистрацию давлений до и после основных элементов ПГС, расходов ПВ и газа наддува, а также распределения температур в калориметрическом модуле.

Заключение. Разработанный испытательный стенд представляет собой компактную и функциональную экспериментальную установку для исследования каталитического разложения высококонцентрированной перекиси водорода. Применение калориметрического модуля в сочетании с автоматизированной пневмогидравлической системой и развитой системой измерений позволяет получать детальные тепловые и гидродинамические характеристики процесса разложения на малых расходах, достаточные для последующего масштабирования. Наличие регистрации параметров в режиме реального времени, а также автоматическая генерация отчетной документации расширяют возможности использования стенда при отработке перспективных катализаторов и элементов ракетно-двигательных установок, снижая трудоемкость цикла «разработка–испытания–анализ–модернизация».

Список источников

- [1] Беляев Н.М., Уваров Е.И., Степанчук Ю.М. *Пневмогидравлические системы. Расчет и проектирование*. Москва, Высшая школа, 1988, 277 с.
- [2] Добровольский М.В. *Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования*. Москва, Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, 461 с.
- [3] Sutton G.P., Biblarz O. *Rocket Propulsion Elements*. Wiley, 2017.
- [4] Pasini A., Torre L., Romeo L., Cervone A., d'Agostino L. Performance Characterization of Pellet Catalytic Beds for Hydrogen Peroxide Monopropellant Rockets. *Journal of Propulsion and Power*, 2011, vol. 27, no. 2, pp. 428–436.