

# РАЗРАБОТКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА

КБ химического машиностроения им. А.М. Исаева - филиал ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева":  
**Валерий Юрьевич Пиунов**, заместитель генерального конструктора  
**Владимир Иванович Морозов**, главный специалист  
**Михаил Владимирович Мальцев**, инженер-конструктор

*Рассматриваются вопросы нового направления в проектировании двигательных установок систем ориентации разгонных блоков ракет-носителей на экологически чистых компонентах топлива.*

*Questions of the new direction in design of orientation propulsion system upper stage launch vehicles on environmental pure components of fuel.*

**Ключевые слова:** *двигательные установки систем ориентации, экологически чистые компоненты топлива, разгонный блок "КВТК".*

**Keywords:** *orientation propulsion system, environmental pure components of fuel, upper stage "KVTK".*

**В** настоящее время в России по программе развития ракетной техники по критерию "эффективность-экологичность" разрабатывается ряд экологически "условно чистых" ракет-носителей (РН) "Ангара" с кислородно-керосиновыми жидкостными ракетными двигателями (ЖРД): для первой ступени - РД-191, производства ОАО "НПО Энергомаш", и РД0124, производства ОАО "КБХА", для второй ступени РН. Для вариантов тяжелого класса данных РН разрабатывается разгонный блок (РБ) "КВТК" с маршевым кислородно-водородным ЖРД РД0146Д, производства ОАО "КБХА", и двигательная установка системы ориентации и обеспечения запуска (ДУ СООЗ) на компонентах топлива азотный тетраоксид (АТ) и несимметричный диметилгидразин (НДМГ). Использование в данном РБ ДУ СООЗ на экологически "грязных" компонентах нецелесообразно, необходимо создание ДУ СООЗ для РБ "КВТК" на экологически чистых компонентах топлива.

Целесообразность использования ДУ СООЗ на кислородно-водородном топливе в составе РБ "КВТК" обусловлена прежде всего соображениями экологичности РБ в целом, а также (в перспективе развития кислородно-водородных ДУ СООЗ) - возможностями улучшения массовых характеристик РБ "КВТК".

В связи со значительными затратами энергии на испарение и высоким положительным порогом энергии активации реакции кислорода с водородом использование их в качестве компонентов топлива двигателей малых тяг (ДМТ) для использования в ДУ СООЗ возможно только в газообразном виде.

Для улучшения массовых характеристик РБ "КВТК" необходимо улучшение массовых характеристик ДУ СООЗ, в основном путём минимизации объёмов и масс её топливных баков вплоть до их полного исключения из состава ДУ СООЗ, что является весьма актуальным для кислородно-водородного топлива, вследствие его низкой плотности. Уменьшение объёмов баков ДУ СООЗ связано с разработкой систем дозаправки баков компонентами топлива от маршевого двигателя во время его работы, что позволяет использовать в составе ДУ СООЗ баки, рассчитанные на 1 сеанс работы ДУ СООЗ перед включением маршевого двигателя РБ "КВТК". Для полного исключения баков из состава ДУ СООЗ необходимо разработать системы подачи и преобразования жидких компонентов топлива, запасённых в основных баках РБ "КВТК" для питания двигателей ДУ СООЗ.

В случае же необходимости использования в составе ДУ СООЗ автономных баков с достаточными запасами компонентов топлива кроме упомянутой выше дозаправки возможны конструктивные, схемные и компоновочные решения, обеспечивающие существенное снижение объёмов и масс баков. К таким

решениям можно отнести:

- использование высокопрочных композиционных материалов, например, на основе углеволокна с пределом прочности 270...420 кг/мм<sup>2</sup> в конструкции баков для обеспечения хранения газообразных кислорода и водорода при высоких и сверхвысоких давлениях (до 500 кгс/см<sup>2</sup>), а также баллонов систем наддува;

- хранение газообразных компонентов топлива ДУ СООЗ в составе РБ "КВТК" при возможно низких температурах с целью уменьшения объёма баков;

- возможное повышение удельных импульсов двигателей ДУ СООЗ с целью уменьшения потребного запаса топлива.

Некоторые из указанных выше концепций, являющихся основополагающими в перспективе развития тематики кислородно-водородных ДУ СООЗ, требуют предварительных исследований. К ним следует отнести исследование работоспособности и характеристик композиционных материалов при криогенных температурах, уточнение коэффициентов сжимаемости газообразного кислорода и водорода при низких и криогенных температурах, экспериментальное исследование кинетики реакции во время воспламенения кислородно-водородного топлива при низких температурах и т.д.

Поэтому наименее проблематичными и наиболее близкими к реализации в настоящее время можно отнести ДУ СООЗ на газообразных компонентах топлива "кислород+водород", хранящихся в баках высокого давления ДУ СООЗ при нормальных (и близких к ним) температурах. Экспериментальные работы по двигателям таких установок в восьмидесятых годах прошлого века проводились в "КБхиммаш им. А.М. Исаева". В частности, в рамках НИР "Роса" прошел серию огневых испытаний кислородно-водородный ДМТ при температурах газообразных компонентов топлива, равных температурам окружающей среды.

Однако, очевидно, что ДУ СООЗ с полным автономным запасом газообразных компонентов топлива (схема представлена на рис. 1) свойственны наихудшие массовые характеристики, вследствие низкой плотности газообразных компонентов топлива и, следовательно, значительных размеров емкостей для их хранения, а улучшение этих характеристик связано с увеличением проблематичности создания ДУ СООЗ.

Газообразные компоненты топлива целесообразно подавать из ёмкостей высокого давления, выполненных из композиционных материалов. Формы ёмкостей приняты сферическими, исходя из минимальных относительных площадей их поверхности и, соответственно, масс и габаритов, а их количество определяются возможностями их компоновки в РБ "КВТК".

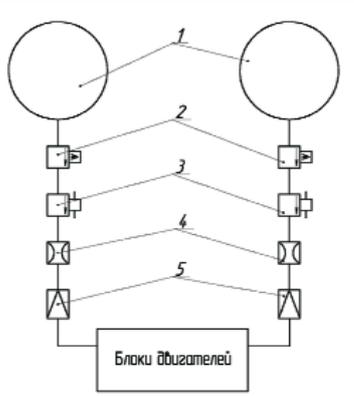


Рис. 1 ДУ СООЗ с полным автономным запасом газообразных компонентов топлива: 1 - баки с газообразными компонентами топлива; 2 - пироклапаны разделительные; 3 - электроклапаны расходные; 4 - автодрессели; 5 - редукторы

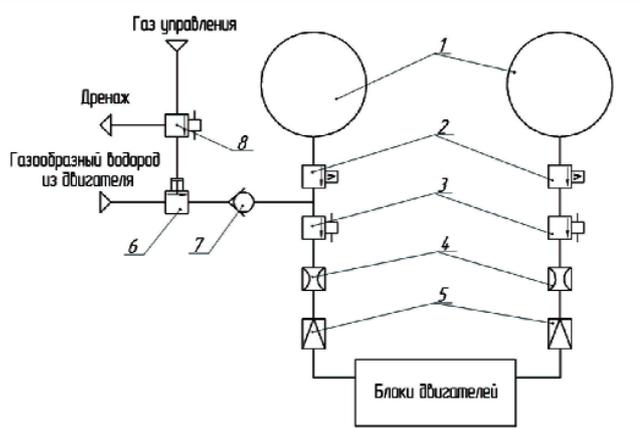


Рис. 2 ДУ СООЗ с системой дозирования горючего от маршевого двигателя: 1 - баки с газообразными компонентами топлива; 2 - пироклапаны разделительные; 3 - электроклапаны расходные; 4 - автодрессели; 5 - редукторы; 6 - клапан отсечной; 7 - клапан обратный; 8 - электроклапан управления

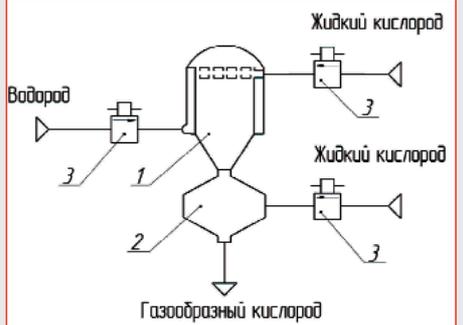


Рис. 3 Система газификации жидкого кислорода с помощью газогенератора: 1 - газогенератор; 2 - смеситель; 3 - электроклапаны расходные

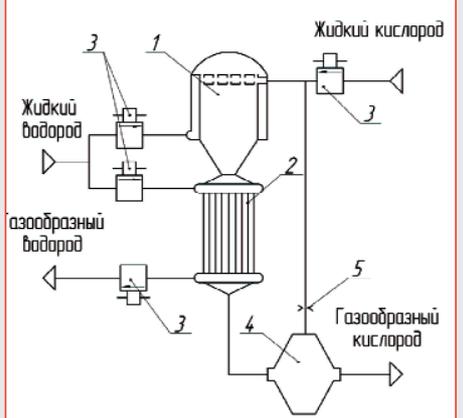


Рис. 4 - Система газификации компонентов топлива: 1 - газогенератор; 2 - теплообменник; 3 - электроклапаны расходные; 4 - смеситель; 5 - дроссельная шайба

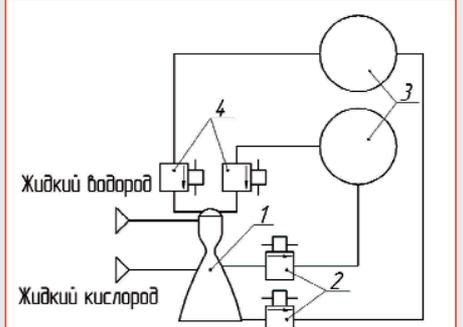


Рис. 5 Система газификации компонентов топлива за счет теплосъема с двигателей: 1 - камера сгорания; 2 - электроклапаны расходные; 3 - ёмкости-накопители газообразных компонентов топлива; 4 - электроклапаны входа

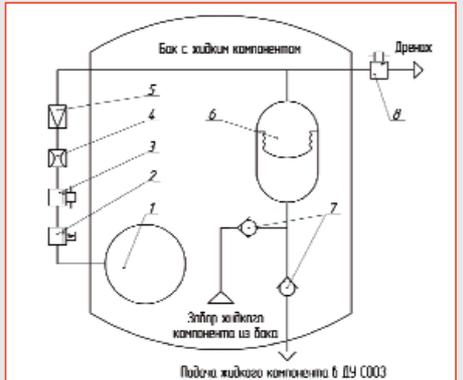


Рис. 6 Система подачи жидких компонентов топлива в систему газификации: 1 - бак с рабочим телом; 2 - пироклапан разделительный; 3 - электроклапан расходный; 4 - автодрессель; 5 - редуктор; 6 - сильфонный бак; 7 - клапаны обратные; 8 - электроклапан дренажа

Для ДУ СООЗ предпочтительна компоновка в двигательном отсеке РБ "КВТК". Однако, для уменьшения массы баков и улучшения массовых характеристик ДУ СООЗ в целом, возможно размещение баков газообразного водорода в баке окислителя РБ "КВТК" ввиду работоспособности газообразного водорода в ДУ СООЗ при температуре жидкого кислорода.

Для дальнейшего снижения массы ДУ СООЗ возможна дозаправка баков компонентов топлива от маршевого двигателя РБ "КВТК". При существующей конфигурации (состав, пневмогидравлическая схема) двигателя РД0146Д дозаправку обоих компонентов топлива реализовать невозможно (в двигателе нет систем, вырабатывающих газообразный кислород), а существенная доработка двигателя с целью обеспечения функции дозаправки газообразным кислородом ДУ СООЗ мало осуществима. Однако, возможны варианты ДУ СООЗ с полным запасом газообразного кислорода и восполняемым при дозаправке от двигателя РД0146Д запасом газообразного водорода. В этом случае в ДУ СООЗ появится дополнительная система дозаправки с соответствующей арматурой (рис. 2), а также существенно уменьшатся объемы и масса баков водорода, что приведет к улучшению массовых характеристик ДУ СООЗ.

Для уменьшения запаса газообразного кислорода возможна организация дозаправки баков путем газификации жидкого кислорода, получаемого от двигателя РД0146Д. В этом случае в ДУ СООЗ появится дополнительная система газогенерации (газогенератор, смеситель-теплообменник, арматура) (рис. 3).

Возможна подобная система газификации и для жидкого водорода, подаваемого из бака горючего РБ "КВТК". Но такие системы существенно усложняют ДУ СООЗ, повышают проблематичность создания, увеличивают стоимость разработки из-за необходимости существенной автономной отработки, как агрегатов, так и систем газификации. При этом уменьшается надежность ДУ СООЗ, ухудшаются массовые характеристики ДУ СООЗ и РБ "КВТК".

Кроме того возможна газификация обоих компонентов топлива с помощью комбинации высокотемпературного газогенератора окислительного газа и теплообменника для горючего (рис. 4). Данный вариант не исключает вышеуказанный недостаток, а также имеет значительно худшие массовые характеристики ДУ СООЗ и РБ "КВТК" из-за наличия теплообменника.

Теоретически возможна газификация компонентов топлива путём использования тепла двигателей (рис. 5), для чего камеры сгорания необходимо изготовить с рубашками охлаждения с достаточно развитыми поверхностями теплообмена. Но данная схема требует значительных экспериментальных проработок, ввиду нестабильности параметров компонентов топлива на выходе из трактов охлаждения камер сгорания при импульсной работе двигателей, характерной для ДУ СООЗ и невозможности достаточно точного поддержания соотношения расходов компонентов топлива, что приводит к увеличению гарантийных запасов компонентов топлива.

Для систем газификации с помощью газогенератора или трактов охлаждения камер сгорания потребуется организация системы подачи жидких криогенных компонентов топлива (рис. 6) в паузах между включениями маршевого ЖРД РД0146Д и сеансами работы ДУ СООЗ.

Схемы ДУ СООЗ составленные из комбинации рисунков 3 - 6 требуют дальнейшей схемно-конструктивной проработки для определения энерго-массовых характеристик с целью подтверждения целесообразности применения данных схем в РБ "КВТК".

Литература

А.А. Козлов, В.Н. Новиков, Е.В. Соловьёв. Системы питания и управления жидкостных ракетных двигательных установок, Машиностроение, 1988 г.

Связь с автором: kbhimmash@korolev-net.ru