УДК 629.7.036(075.8)

Алиев Аминджон Хакимджонович,
Студент, 5 курс, Институт космической техники
Сибирский Государственный Университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева
Россия, г. Красноярск
Желаев Денис Викторович,
Студент, 5 курс, Институт космической техники
Сибирский Государственный Университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева
Россия, г. Красноярск
Волкорезов Александр Алексеевич,
Студент, 5 курс, Институт космической техники
Сибирский Государственный Университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева
Россия, г. Красноярск

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ ФОРСУНОК ЖРД

Аннотация: *Особенности ракетной техники – это та область, которая занимает специалистов около ста лет. Необходимость повышения эффективности определяет процессы совершенствования изготовления тангенциальных отверстий форсунок ЖРД. Нет сомнения в том, что топливные форсунки – это важный элемент двигателя, которые является сложной динамической системой. Многоплановые исследования в этой сфере позволяют находиться в постоянном поиске новых конструктивных особенностей, что и отражено в настоящей статье.*

Ключевые слова: *форсунка, ракетный двигатель, эффективность, подвод жидкости, сжигание, патент, изобретение.*

Annotation: *Features of rocket technology – this is an area that takes specialists about a hundred years. The need to increase efficiency determines the processes of improving the manufacturing of tangential holes of liquid propellant injectors. There is no doubt that fuel injectors are an important element of the engine, which is a complex dynamic system. Multi-dimensional research in this area allows you to constantly search for new design features, which is reflected in this article.*

Keyword: *nozzle, rocket engine, efficiency, liquid supply, combustion, patent, invention*

Особенности ракетной техники – это та область, которая занимает специалистов около ста лет. При этом, ракетостроение развивается, изготавливаются новые узлы механизмов и автоматических систем. Но в основе всего процесса лежит конструкция ракетного двигателя. Особое внимание следует уделять разработкам последних лет в сфере совершенствования структуры жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Патентный поиск позволил выявить несколько изобретений в этой сфере, которые затрагивают основы изготовления тангенциальных отверстий форсунок ЖРД. Необходимо отметить, что только продвижение изобретений, популяризация патентов позволит российской космической отрасли продвигаться по пути инновационного развития. Знание основ изготовления той или иной детали ракетного двигателя позволяет не просто совершенствовать инженерную мысль, но и внедрять нововведения в производство. Поэтому публикация статей на тему совершенствования конструктивных особенностей так актуальна.

Форсуночная головка камеры вводит топливо в огневое пространство камеры ракетного двигателя. Форсуночная головка снабжена несколькими

тысячами форсунок, которые обеспечивают распыление и смешение компонентов топлива, необходимые для их полного сгорания. Форсунки расположены по концентрическим окружностям, по шахматной или сотовой схеме. Конструктивные особенности расположения форсунок таковы, что они не содержат подвижную часть, лишь изредка имеют место исключения. Форсунка выглядит как цилиндрическая втулка или отверстие в днище форсуночной головки (рисунок 1).

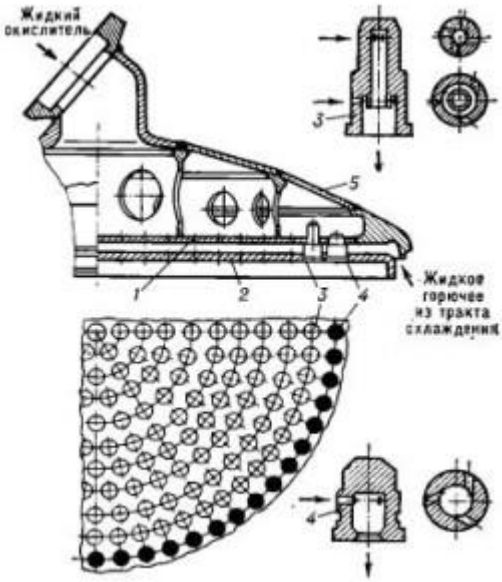

Рисунок 1 – Форсуночная головка камеры ЖРД РД-107, РД-108 (форсунки центробежные, с тангенциальным подводом, расположены концентрично) [1]

1 - среднее (промежуточное) днище;

2 - внутреннее (огневое) днище;

3 - двухкомпонентная форсунка с внутренним смещением;

4 - однокомпонентная форсунка;

5 - внешнее днище (крышка)

В основе конструктивных особенностей форсуночной головки лежит обеспечение полного сгорания топлива при минимальных размерах зоны горения. Наибольшая эффективность достигается однородным распределением массы компонентов топлива по поперечному сечению зоны горения при определённом их соотношении, и правильная конструкция форсуночной головки является должна учесть множество факторов для

устойчивой работы двигателя. Форсуночная головка – это один из самых трудоемких узлов двигателя, в процессе ее конструирования и последующей работы возникают трудности требующие решения.

В.С. Егорычев описывает конструктивные основы форсуночной головки, особенности смесеобразования в ЖРД. Форсунки имеют свою классификацию, в зависимости от конструктивных особенностей и автор отметил, что всё многообразие форсунок, применяемых в ракетных двигателях, представляет собой различные комбинации двух основных их типов струйных и центробежных. Их отличия состоит в наличии или отсутствии предварительной закрутки рабочего тела. Вращение достигается либо за счёт тангенциального подвода рабочего тела в камеру закручивания, либо за счёт использования шнека, имеющего винтовую нарезку на наружной поверхности, в связи с чем специалисты выделили способы получения закрутки потока компонента и выделили виды центробежных форсунок на:

- тангенциальные,
- шнековые.

При этом тангенциальные форсунки могут быть открытыми и закрытыми.

Центробежные форсунки имеют недостатки, среди которых выделяются низкая пропускная способность смесительной головки с центробежными форсунками и сложность конструкции и изготовления.

Специалисты занимаются развитием конструктивных особенностей форсуночных головок, в том числе изготовления центробежных тангенциальных форсунок.

Так, например, изобретение группы специалистов ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики» [2]. Изобретение под номером RU 2525787 относится к области ракетной техники и может быть использовано при создании форсуночных головок камер сгорания жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Согласно описанию изобретения, форсуночная головка камеры сгорания ЖРД содержит корпус и огневое днище с установленными в них

форсунками, имеющими центральный профилированный и тангенциальный каналы, соединяющими полости компонентов с полостью камеры сгорания, при этом торец выходного сечения расширяющейся части центрального канала форсунки расположен перед отверстиями тангенциального канала форсунки, а уступ h между центральным и тангенциальным каналами составляет не более 20% d, где d - диаметр тангенциального канала форсунки. Изобретение обеспечивает повышение экономичности работы камеры сгорания и повышения удельного импульса тяги. Задача изобретение – обеспечить высокую экономичность работы камеры сгорания. Реализация этой задачи обеспечивается тем, что в форсуночной головке камеры сгорания ЖРД, содержащей корпус и огневое днище с установленными в них форсунками и включающие центральный и тангенциальный каналы, включены конструктивные изменения. Согласно изобретению торец выходного сечения расширяющейся части центрального канала форсунки расположен перед отверстиями тангенциального канала форсунки, а уступ h между центральным и тангенциальным каналами находится в диапазоне 0-20% d, где d - диаметр тангенциального канала форсунки. Эффективность обеспечена за счет того, что выходное сечение расширяющейся части центрального канала форсунки располагается перед отверстиями тангенциального канала форсунки и уступа между центральным и тангенциальным каналами с указанными геометрическими размерами. Такая конструктивная особенность способствует наилучшему перемешиванию компонентов, качественному смесеобразованию, увеличению значения удельного импульса тяги ЖРД и уменьшению осевых габаритов форсуночной головки и камеры.

Форсуночная головка камеры сгорания ЖРД, содержащая корпус и огневое днище с установленными в них форсунками, имеющими центральный профилированный и *5* тангенциальный каналы, соединяющими полости компонентов с полостью камеры сгорания, отличающаяся тем, что торец

выходного сечения расширяющейся части центрального канала форсунки расположен перед отверстиями тангенциального канала форсунки, а уступ h между центральным и тангенциальным каналами составляет не более 20% d, где d - диаметр тангенциального канала форсунки.

Еще одним изобретением является изобретение Чернышова В.А.[3], которое направлено на повышение удельного импульса тяги за счет оптимальных условий смешения газа и жидкого компонента в форсунке. Тангенциальные каналы расположены таким образом, что проекции продольных осей двух любых диаметрально противоположно расположенных каналов при их проецировании на плоскость, проходящую через продольную ось форсунки и параллельную ей, образуют тупой угол при вершине, при этом упомянутая вершина располагается на продольной оси форсунки. Согласно изобретению, выходные части тангенциальных каналов расположены на внутреннем уступе выходного сечения расширяющейся части центрального канала форсунки таким образом, что проекции продольных осей двух любых диаметрально противоположно расположенных тангенциальных каналов при их проецировании на плоскость, проходящую через продольную ось форсунки и параллельную ей, образуют тупой угол при вершине, при этом упомянутая вершина располагается на продольной оси форсунки.

Итак, в заключение следует отметить особое значение эффективности смесеобразования в ракетных двигателях. Необходимость повышения эффективности определяет процессы совершенствования изготовления тангенциальных отверстий форсунок ЖРД**.** Нет сомнения в том, что топливные форсунки – это важный элемент двигателя, которые является сложной динамической системой. Многоплановые исследования в этой сфере позволяют находиться в постоянном поиске новых конструктивных особенностей, что и отражено в настоящей статье.

Библиографический список:

1 Егорычев В.С. Расчёт и проектирование смесеобразования в камере ЖРД: учеб. пособие /В.С. Егорычев-Самара: Изд-во СГАУ, 2011.-100 с.

2 Патент RU 2525787. Владелец патента: Открытое акционерное общество «Конструкторское бюро химавтоматики». [Электронный ресурс] URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2525787C1_20140820

3 Патент RU 2679073. Владелец патента: Чернышов В.А.[Электронный ресурс] URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2525787C1_20140820