

УДК 629.7.036.54

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛА ВПРЫСКА МАЛОРАЗМЕРНОГО ЖРД

© Чубенко Т.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: chubenkott@mail.ru

В однокомпонентных жидкостных ракетных двигателях (ЖРД) одной из важных проблем являются равномерное распределение и распыливание топлива по всему объему камеры. Чаще всего для решения этой проблемы используют смесительную головку с двумя днищами и большим количеством форсунок. Однако однокомпонентные двигатели имеют очень малые расходы, что делает неэффективным использование данного способа. Чаще всего подвод топлива осуществляется через узел впрыска, состоящий из капиллярной трубки, а функцию распыла выполняют сетки в камере разложения. Для обеспечения наиболее эффективного разложения необходимо создать мелкодисперсный поток топлива, так как катализатор имеет высокую удельную поверхность и большой показатель порозности. Создать такие условия возможно при использовании центробежной форсунки.

В итоге была поставлена задача – спроектировать узел впрыска с центробежной форсункой для подвода жидкого топлива в камеру разложения ЖРД.

Исходные данные для проектирования: 1) топливо – гидразин; 2) перепад давления $p = 215$ кПа; 3) массовый расход $\dot{m} = 1,36$ г/с; 4) температура топлива $T = 20$ °С.

Узел впрыска, помимо центробежной форсунки и капиллярной трубки подвода, включает в себя крышку, которая предназначена для соединения элементов узла. Кроме того, полость между крышкой и форсункой образует топливную полость для выравнивания эпюры скоростей гидразина перед отверстиями центробежной форсунки. Основное падение давления в полости происходит за счёт внезапного расширения [1], величина которого составляет $p_n = 14$ кПа.

Трубка подвода – капилляр с внутренним диаметром 0,6 мм, толщиной 0,2 мм, длиной 35 мм согнутый под 90° радиусом 9 мм. Был рассчитан перепад давления на трубке по формуле из [2], который с учётом потерь на разворот равнялся $p_{тр} = 43,5$ кПа.

Расчёт центробежной форсунки проводился согласно методике [3]. В итоге была получена форсунка с двумя тангенциальными отверстиями, углом распыла 143° и перепадом давления $p_{ф} = 130$ кПа. Также была предусмотрена специальная вставка для исключения «паразитного объёма» и уменьшения импульса последействия, так как двигатель работает как в импульсном, так и в непрерывном режиме. Спроектированный узел впрыска представлен на рисунке 1.

По результатам расчётов суммарный перепад давления, необходимый для обеспечения массового расхода $\dot{m} = 1,36$ г/с составил 187,5 кПа. Запас давления в 27,5 кПа заложен на допуски при изготовлении деталей, а также на погрешность расчётов.

Для уточнения результатов расчета был проведено моделирование процесса распыла в программном комплексе ANSYS CFX. Для более точной имитации дополнительно была построена камера двигателя. CFD-модель с параметрами расчета представлена на рис. 2.

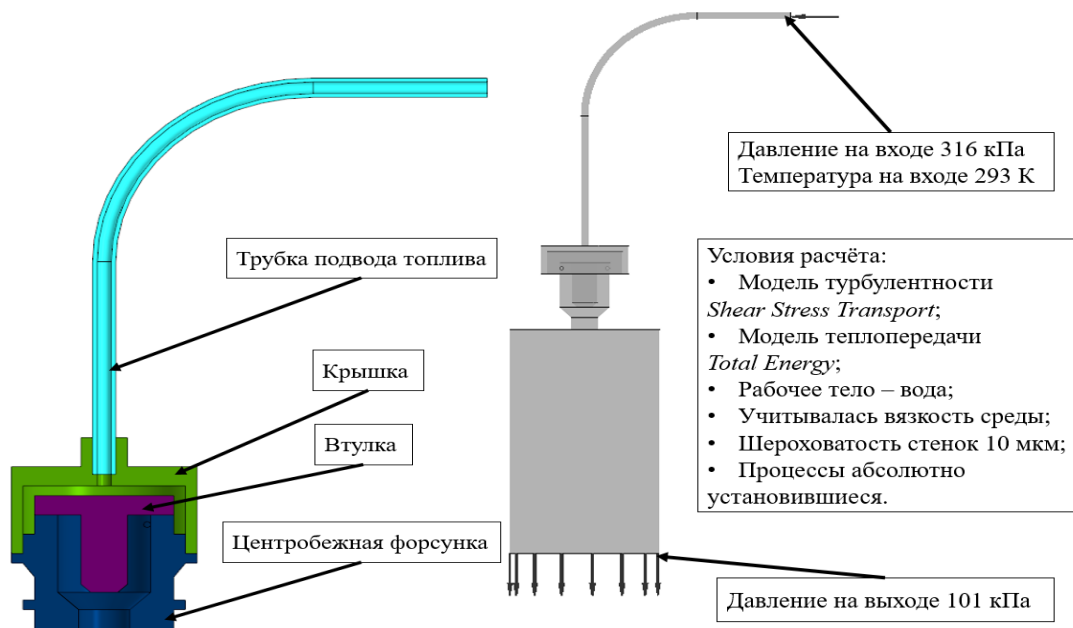


Рис. 1. 3D-модель узла впрыска

Рис. 2. CFD-модель узла впрыска

В результате расчета было получено распределение рабочего тела по объему камеры, величина угла распыла составила около 150° , скорость потока около 12 м/с и значение массового расхода 1,5 г/с. Завышенное значение расхода обусловлено запасом давления в теоретическом расчете, а также погрешностью самой программы.

Спроектированный узел впрыска позволяет получить хорошее качество распыла, так как имеет большое значение угла распыла и высокую скорость истечения в камере, а также позволяет получить тонкую плену на выходе из форсунки. Теоретический расчет и расчет в ANSYS дают хорошее совпадение по выходным параметрам. В настоящее время узел впрыска изготавливается, а после будут проведены гидравлические испытания для определения его характеристик.

Библиографический список

1. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г., Гордон Я.М., Шаврин В.С. [и др.]. Механика жидкости и газа: учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб и доп.; под ред. В.С. Швыдкого. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 464 с.
2. Годлевский В.Е., Нигодюк В.Е., Сулинов А.В. Особенности расчета гидравлических характеристик капиллярных форсуночных элементов ЖРДМТ // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Авиационная и ракетно-космическая техника. 2009. № 3 (19). С. 241–247.
3. Егорычев В.С. Расчет и проектирование смесеобразования в камере ЖРД: электрон, учеб. пособие; Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). Электрон, текст, и граф. дан. (3,25 Мбайт). Самара, 201Е – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).