

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ МАЛОЙ ТЯГИ

Салич В.Л.

ФГУП «Научно-исследовательский институт машиностроения», г. Нижняя Салда

Основным направлением повышения эффективности ракетных двигателей малой тяги (РДМТ) является совершенствование процесса смешения топлива. Обеспечение высококачественного смесеобразования в камерах РДМТ при характерных для них ограниченном числе смесительных элементов и малых размерах конструкции является одной из основных проблем при их проектировании. Для успешного решения такой задачи наиболее важным является выбор схемы подачи, формирующей взаимное течение, перемешивание и взаимодействие компонентов топлива в камере.

Появление большого числа схем организации рабочего процесса в РДМТ связано, в основном, с отсутствием в настоящее время надежных методов расчета процессов смесеобразования и преобразования топлива в камерах сгорания. По этой причине при создании новых РДМТ требуется проведение дорогостоящей экспериментальной отработки, число натурных экземпляров при которой может составлять несколько десятков. В то же время в современных условиях жесткой конкуренции на мировом рынке космических услуг наряду с повышенными требованиями к техническим параметрам предъявляются особые требования к минимизации сроков и затрат на создание ракетно-космической техники.

Поэтому необходимо создание методов и методик, позволяющих еще на ранних стадиях проектирования находить конструкторские решения, обеспечивающие получение с достаточной степенью достоверности требуемые характеристики двигателей при помощи расчетно-теоретических исследований, что должно позволить исключить либо частично сократить длительный и дорогостоящий этап сравнительных испытаний.

К настоящему времени существует методика моделирования рабочих процессов, которая позволяет определить энергетиче-

ские характеристики еще на стадии проработки концепции и конструкторского облика РДМТ на газообразных компонентах топлива. Методика базируется на математической модели, описывающей трехмерное течение многокомпонентной гомогенной газовой смеси с учетом процессов смесеобразования и химических превращений. Дифференциальные уравнения и замыкающие зависимости модели подробно представлены в предыдущих публикациях, например, в работе [1]. Визуальное представление происходящих в камере процессов, получаемое в результате моделирования [1], позволяет оперативно выявлять недостатки конструкции и разрабатывать пути их устранения при дальнейшем проектировании.

Удовлетворительное согласование результатов расчета с экспериментальными данными позволило рекомендовать предложенную методику для разработки новых РДМТ на газообразных компонентах топлива.

В продолжение данных работ создана математическая модель и проведено численное моделирование процессов в камере действующего РДМТ на двухфазных компонентах (газообразный кислород + этиловый спирт). В математической модели рабочее тело в камере сгорания представлено как двухфазная полидисперсная смесь. Считается, что горение осуществляется в газовой фазе, являющейся многокомпонентной средой, содержащей газообразный окислитель, испарившееся горючее, продукты сгорания. Химические реакции представлены одной необратимой брутто-реакцией, скорость которой определяется как минимальное значение из скоростей, вычисленных по закону Аррениуса [2], и модели диссипации вихрей (модели Магнуссена) [3]. Учет эффектов реакций диссоциации и рекомбинации осуществляется через равновесные (эффективные) значения теплоемкостей составляющих газо-

вую смесь веществ. Жидкая фаза задается в виде полидисперсного распределения капель горючего на входе в расчетную область. Модель учитывает процессы межфазного взаимодействия (обмен энергией, импульсом, массообмен), коагуляцию и вторичное дробление капель.

В докладе представляются и анализируются результаты расчетов камеры при различных граничных условиях, дается обоснование эффективности использования численного моделирования при проектировании РДМТ, обсуждаются направления дальнейшего совершенствования математической модели.

Библиографический список

1. Салич, В.Л. Численный эксперимент при разработке ракетных двигателей малой

тяги с газообразными экологически чистыми компонентами топлива / В.Л. Салич // Труды Международной конференции «Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2007)». Т.2 – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. – С. 168-178.

2. Физико-химические процессы в газовой динамике. Т2 Физико-химическая кинетика и термодинамика./ Под ред. акад. Г.Г. Черного, С.А. Лосева – М.: Научно-издательский центр механики, 2002. – 368с.

3. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / Ю. Варнатц, У. Маас, Р. Диббл.; пер с англ. Г.Л. Агафонова. под ред. П.А. Власова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 352 с.

УДК 629.7.064.3

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА ЭЛЕКТРОПНЕВМОКЛАПАНА ДЛЯ ГАЗООБРАЗНОГО КИСЛОРОДА С РАБОЧИМ ДАВЛЕНИЕМ 49 МПа. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.

Казанкин Ф.А., Кальницкий И.Д.

ФГУП "Научно-исследовательский институт машиностроения" г. Нижняя Салда

Цель: Разработка конструкции электропневмоклапана (ЭПК) с эквивалентным проходным сечением $d_y=12\text{мм}$ для газообразного кислорода с рабочим давлением 49 МПа. При разработке КД на ЭПК учитывался опыт ФГУП "НИИМаш" по проектированию, отработке и изготовлению электропневмоклапанов 6РТ.200 ($d_y=6\text{мм}$, $P_k=5,88\text{МПа}$) и 14Ц71 ($d_y=0,75\text{мм}$, $P_k=34,3\text{МПа}$).

Основные вопросы, решаемые в ходе проектирования ЭПК:

1. Обеспечение работоспособности как отдельных элементов ЭПК, так и клапана в целом при воздействии газообразного кислорода с давлением 49 МПа.

2. Масса ЭПК не должна превышать 2 кг.

Кислород – один из основных окислителей в камерах сгорания различных лета-

тельных аппаратов. Кроме того, кислород широко используют в системах обеспечения жизнедеятельности при высотных и космических полетах. В процессе получения, транспортировки и применении кислорода в результате его контакта с различными конструкционными материалами образуются горючие и взрывчатые системы. Недооценка этого часто является причиной взрывов кислородного оборудования и травматизма обслуживающего персонала.

При оценке совместимости материалов, находящихся в контакте с кислородом, возникает необходимость в определении условий, при которых использование материалов не представляет никакой опасности, и условий, когда существует принципиальная возможность загорания, но вероятность загорания и последствия его могут быть изучены и ограничены соответствующими тре-