

бованиями к применению. Для определения таких условий необходимо изучение большого числа параметров воспламенения и горения материалов, а также влияния на указанные параметры конструктивных факторов.

В связи с вышесказанным основной задачей представляемой работы является поиск зависимости основных параметров рабочего тела (давления, скорости и температуры) от основных параметров материала (вид, характерный размер и форма), их взаимного влияния друг на друга.

С целью выполнения требований к массе ЭПК в его конструкции предусмотрены элементы, позволяющие значительно

снизить давление рабочего тела на якорь при открытии. Это привело к значительному уменьшению массы и габаритов катушки электромагнита (ЭМ) и обеспечило выполнение требований к массе ЭМ.

В настоящий момент разработана и отрабатывается конструкторская документация на ЭПК. Разрабатываются математические модели перемещения подвижных элементов клапана за счет пневматического воздействия на них рабочего тела. Кроме того, создаются математические модели течения кислорода в полостях элементов ЭПК с учетом теплообмена в закрытом и открытом состояниях.

УДК 621.454.2-181.4

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ ЖРДМТ РАЗРАБОТКИ ФГУП «НИИМАШ» ПОД ТОПЛИВНУЮ ПАРУ MON-3 + MMH С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Бешенев Ю.А., Булдашев С.А., Казанкин Ф.А., Лемский Н.В., Семкин Е.В.

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

Одним из основных препятствий для успешного международного сотрудничества в области ракетного двигателестроения является различие применяемых топливных пар. Так, в российской космонавтике наибольшее применение нашла топливная пара АТИН+НДМГ, а за рубежом - MON-3+MMH.

С целью подтверждения работоспособности двигателей на топливе MON-3+MMH были проведены огневые испытания двигателей разработки и изготовления ФГУП «НИИМаш» 11Д458М тягой 392 Н и 11Д428А 16 тягой 130 Н.

Указанные двигатели спроектированы под топливо АТИН+НДМГ и уже несколько лет проходят лётную эксплуатацию в составе разгонных блоков «Бриз», транспортных ко-

раблей «Прогресс» и пилотируемых кораблей «Союз». Оба двигателя имеют общий принцип смесеобразования - соосные центробежные форсунки окислителя и горючего с периферийными струйными форсунками окислителя.

Для обеспечения равнообъёмного расхода компонентов топлива (массовое соотношение компонентов топлива  $K_m=1,65$ ) перед огневыми испытаниями на топливе MON-3+MMH на двигателях были заменены жиклеры. Огневые испытания проходили в земных условиях.

Удельный импульс тяги в диапазоне входных давлений на топливе MON-3+MMH оказался выше, чем при работе на топливе АТ+НДМГ (рис. 1).

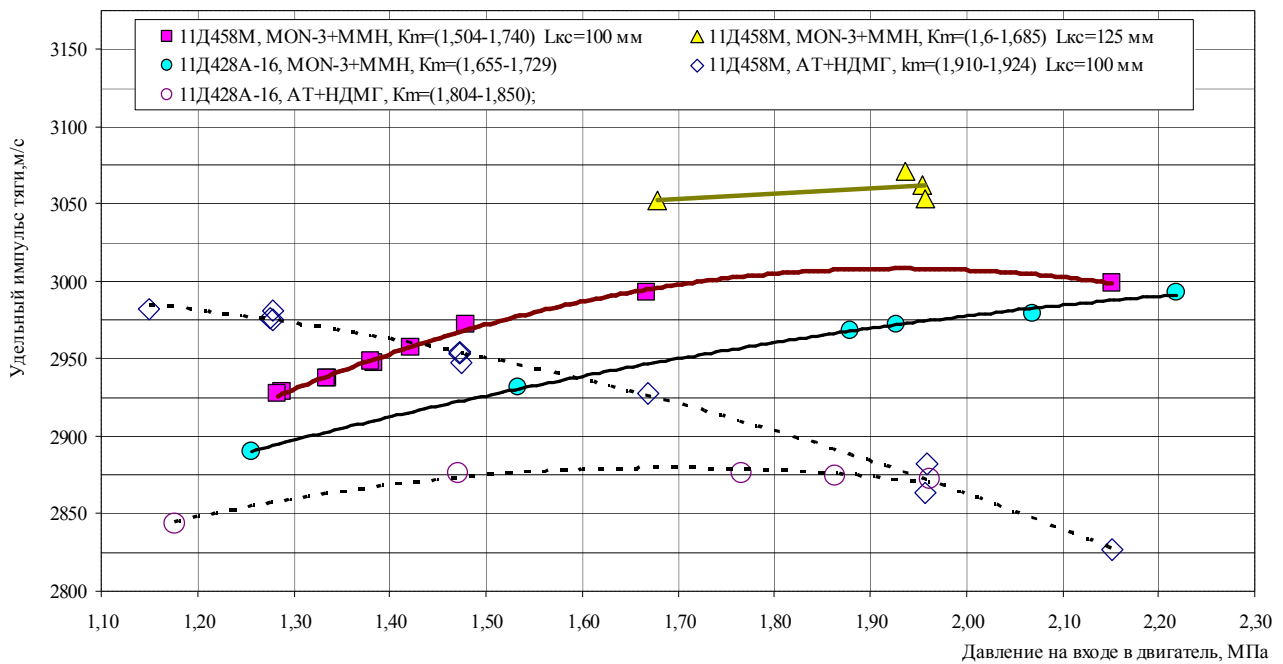


Рис. 1. Зависимость удельного импульса тяги от давления на входе в двигатель по результатам огневых испытаний на топливах MON-3+ММН и АТ+НДМГ

Анализируя все режимы испытаний на топливе MON-3+ММН, можно отметить, что максимальная температура наружной стенки камеры сгорания двигателя 11Д458М составила 1394°C (рис. 2), двигателя 11Д428А–16

– 1251°C (рис. 3), в то время как допустимая температура, обеспечивающая гарантированную работоспособность ниобиевой камеры сгорания, равна 1450 °С.

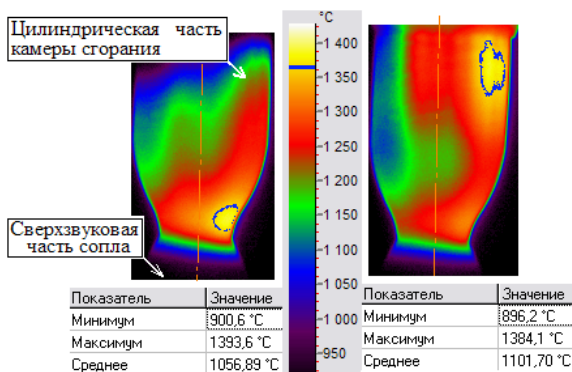


Рис. 2. Распределение поля температур по наружной стенке камеры сгорания двигателя 11Д458М на 26 секунде (слева) и 72 секунде (справа) огневых испытаний на топливной паре MON-3+ММН (с указанием изотермы 1365°C)

При работе на топливе АТ+НДМГ максимальная температура наружной стенки камеры сгорания в двигателе 11Д458М была 1319°C, а в двигателе 11Д428А–16 - 1144°C.

На топливе АТ+НДМГ интенсивно нагревались те области стенки камеры сгорания, куда падали струи охлаждения, а при работе того же двигателя, но на топливе MON-3+ММН эти области имели относительно низкую температуру, и только на 72

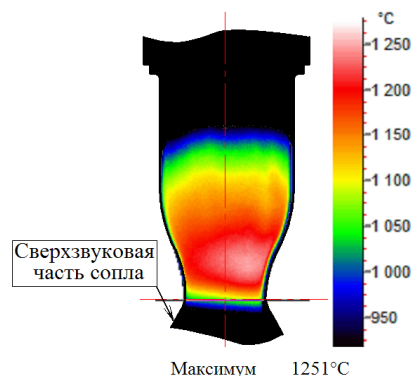


Рис. 3. Распределение поля температур по наружной стенке камеры сгорания двигателя 11Д428А–16 при огневых испытаниях на топливной паре MON-3+ММН

секунде в двигателе 11Д458М наблюдалось локальное повышение температуры (рисунок 2). Указанное явление требует дополнительных исследований.

Тепловое состояние двигателей при работе на топливе MON-3+ММН признано удовлетворительным.

Максимальное значение удельного импульса тяги двигателя 11Д458М с геометрической степенью расширения сопла  $\bar{F} = 100$

на топливе MON-3+ММН в диапазоне массового соотношения компонентов топлива  $K_m=1,60\dots 1,685$  равнялось 3060 м/с. Если же комплектовать двигатель удлинённым соплом с геометрической степенью расширения  $\bar{F} = 250$  (как у зарубежных аналогов) то согласно расчету удельный импульс тяги возрастет до 3100...3119 м/с. Следовательно, двигатели ФГУП «НИИМаш» по энергетическим и экономическим параметрам могут

составить конкуренцию зарубежным аналогам.

Огневые испытания были подвергнуты двигатели без доработки и оптимизации рабочего процесса под топливо MON-3+ММН. Дальнейшее улучшение их энергетических характеристик может быть достигнуто за счет оптимизации рабочего процесса в камере сгорания с учетом физико-химических свойств монометилгидразина и без значительных изменений конструкции существующих двигателей.

УДК 621.9.06-529

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МНОГОКООРДИНАТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Исмайлова Е.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### ACCURACY RESEARCH OF MULTICOORDINATE PROCESSING ON THE MACHINE TOOLS WITH THE NUMERICAL CONTROL BY PROGRAM

*Ismaylova E.Y. Are examined the factors, which influence on the numerical value, position in space and character of distribution of a closing vector of a dimensional chain which expresses the sum of the production errors, existing when multicoordinate processing on machine tools with the numerical control by program.*

Процесс формообразования поверхностей деталей при обработке на станках с числовым программным управлением связан с управлением по двум, трем и более координатам, следовательно, на точность обработки заготовок будут оказывать влияние действующие в технологической системе систематические постоянные, систематические зако-

номерно изменяющиеся и случайные факторы по каждой управляемой координате.

При управлении обработкой по двум координатам X и Y формообразование происходит в координатной плоскости  $X_1O_1Y_1$ . В этом случае суммарное действие производственных погрешностей графически можно представить вектором  $\square R_1$  (рис. 1).

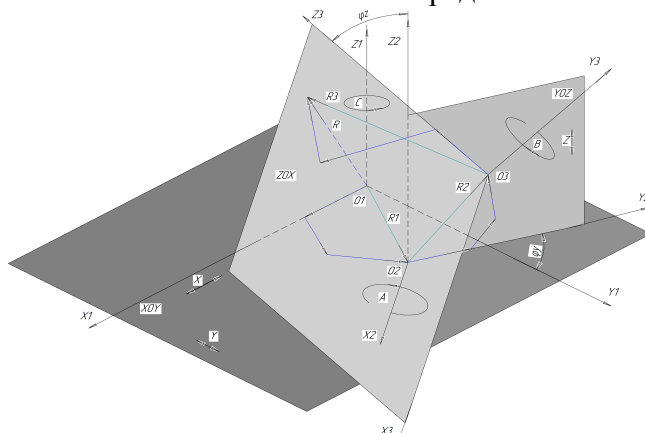


Рис. 1. Схема связей координатных плоскостей и векторных погрешностей при управлении станком с ЧПУ по пяти координатам