

УДК 539.3

Влияние геометрической формы внутренней полости в конструкции поперечной тяги.

И.А. Князев

Аннотация

Конструкцию поперечной тяги можно применять в различных направлениях развития РДТТ. В настоящее время на ракетах класса «воздух-воздух» изменение вектора направления достигается поворотом закрылок. Применение двигателя с конструкцией поперечной тяги (ПТ) на ракетах класса «воздух-воздух» позволит значительно уменьшить время изменения вектора направления ракеты, за считанные секунды ракета сможет не только повернуть в нужное направление, но и без особого труда развернуться на 180° при минимальном радиусе разворота в результате чего вероятность поражения цели ракетой значительно возрастет.

Ключевые слова

Конструкция; механизм; коэффициент силы трения; газовый поток; газодинамический расчет; критическое сечение.

Введение

Для уменьшения количества огневых стендовых испытаний и для уменьшения производства экспериментальных экземпляров конструкции, что приводит к наименьшим затратам и ускорению разработки, были проведены газодинамические расчеты [1]. Все расчеты данной конструкции производились на ЭВМ (электронно-вычислительная машина) в конструкторской программе COSMOSFloWorks.

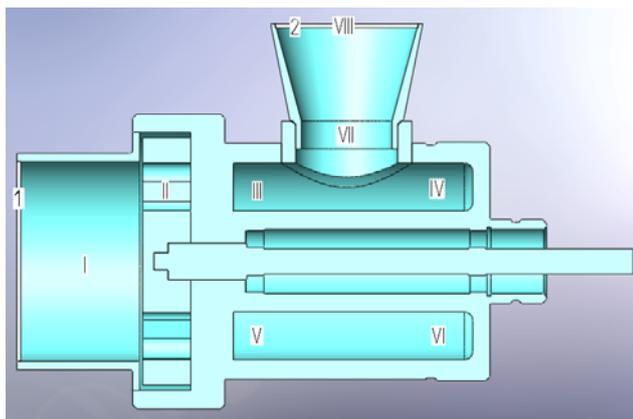


Рис. 1.

Высокая точность получаемых с помощью COSMOSFloWorks результатов не зависит от сложности конфигурации твердого тела. Для внутренних задач единственное требование - все отверстия модели должны быть закрыты крышками. Это необходимо, поскольку в COSMOSFloWorks входные и выходные граничные условия для текучей среды задаются на поверхностях модели, контактирующих с текучей средой. Таким образом, на поверхностях крышек, контактирующих с текучей средой, задаются входные и выходные граничные условия для текучей среды.

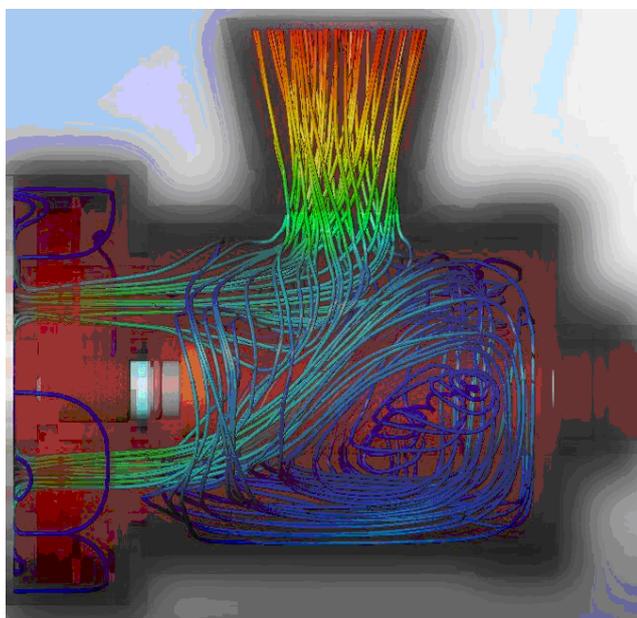


Рис. 2. $D_k=32\text{мм}$.

После того, как расчет завершён, можно посмотреть сохранённые результаты расчёта с помощью разнообразных опций непосредственно на модели (рис 2). Кроме того,

COSMOSFloWorks позволяет экспортировать результаты расчета в Microsoft Word для их последующей обработки.

Разобьем расчетную область модели ПТ (поперечная тяга) на восемь участков, как показано на рис. 1.

Начальные условия для входного отверстия:

- $P_{вх} = 25 \text{ МПа}$ (давление на входе);
- $V = 250 \text{ м/с}$ (скорость потока);
- $T = 2600 \text{ К}$ (температура).

Проведем расчет при полностью открытом критическом сечении, $D_k = 32 \text{ мм}$.

Результаты полученного расчета на участке VIII:

- $R = 2702 \text{ кгс}$ (тяга);
- $P_{ст} = 2,14 \text{ МПа}$ (статическое давление);
- $V = 1747 \text{ м/с}$ (скорость потока);
- $T = 1372 \text{ К}$ (температура потока).

Также были проведены расчеты при открытом на $\frac{3}{4}$ ($D_k = 28 \text{ мм}$), $\frac{1}{2}$ ($D_k = 24 \text{ мм}$), $\frac{1}{4}$ ($D_k = 16 \text{ мм}$) критическом сечении. Модель с траекторией газового потока при $D_k = 28 \text{ мм}$, $D_k = 24 \text{ мм}$, $D_k = 16 \text{ мм}$ приведена на рис. 3, 4 и 5 соответственно. Для этих значений D_k представлены расчеты только VIII участка.

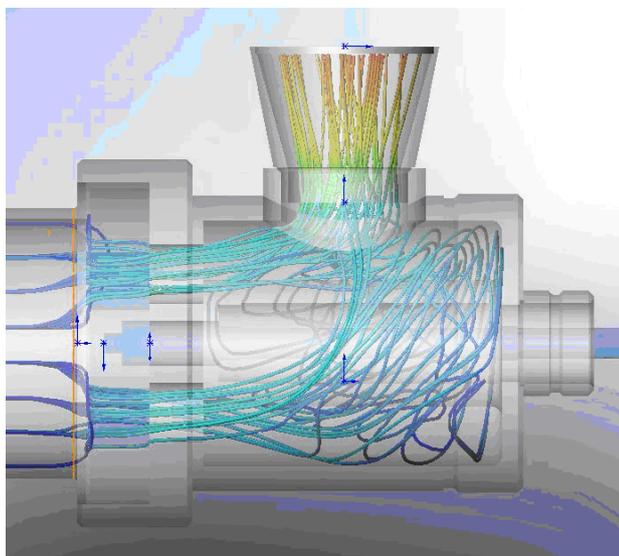


Рис. 3. $D_k = 28 \text{ мм}$.

Результаты полученного расчета на участке VIII для $D_k = 28 \text{ мм}$:

- $R = 2239 \text{ кгс}$ (тяга);

- $P_{ст} = 1,3 \text{ МПа}$ (статическое давление);
- $V = 1692 \text{ м/с}$ (скорость потока);
- $T = 1301 \text{ К}$ (температура потока).

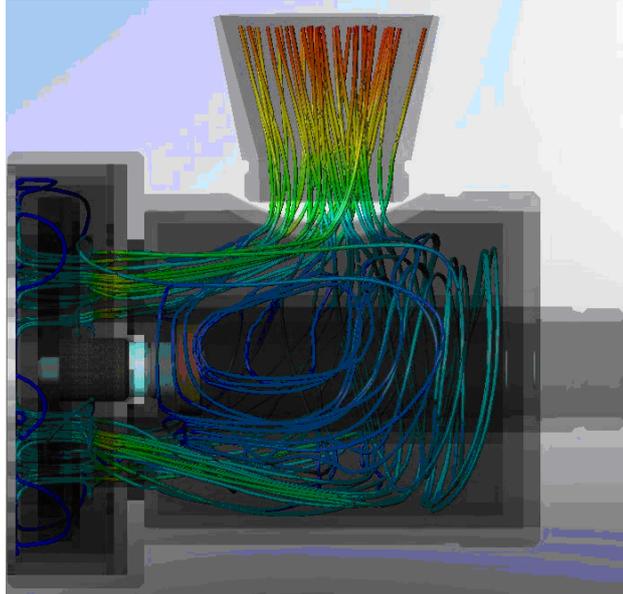


Рис. 4. $D_k=24\text{мм}$.

Результаты полученного расчета на участке VIII для $D_k=24\text{мм}$:

- $R = 1405 \text{ кгс}$ (тяга);
- $P_{ст} = 1,1 \text{ МПа}$ (статическое давление);
- $V = 1638 \text{ м/с}$ (скорость потока);
- $T = 1219 \text{ К}$ (температура потока).

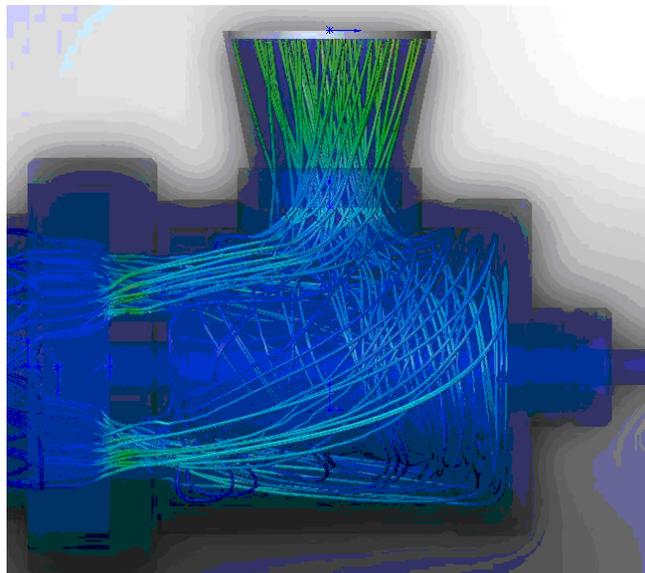


Рис. 5. $D_k=16\text{мм}$.

Результаты полученного расчета на участке VIII для $D_k=16\text{мм}$:

- $R = 567$ кгс (тяга);
- $P_{ст} = 0,46$ МПа (статическое давление);
- $V = 1507$ м/с (скорость потока);
- $T = 1015$ К (температура потока).

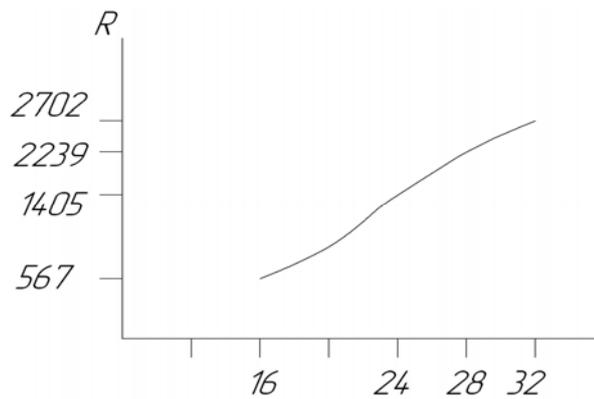


Рис. 5а. Зависимость тяги от площади критического сечения

Из четвертого опыта (рис.5) видно, что в IV и VI частях модели образуются области повышенного давления, что способствует частичному отклонению потоков газа. При увеличении критического сечения (опыт № 3, рис. 4) давление в этих областях возрастает, что приводит к вращению потоков газа вокруг центральной стенки конструкции. В IV и VI частях модели второго опыта (рис. 3) давление продолжает возрастать и в области VI части образуется завихрение. Первый опыт (рис. 2) показывает, что в рассматриваемых выше областях давление продолжает расти и при полностью открытом критическом сечении в областях IV, V и VI образуется огромный вихрь, который приводит к отклонению потоков газа [2-3].

Проанализировав все четыре опыта, можно сделать вывод, что в одном случае повышенное давление в IV и VI частях модели образует нужную нам форму стенки, по которой газовый поток течет в нужном направлении, а с другой стороны, в этих областях происходит торможения газового потока и соответственно происходит торможение всего потока.

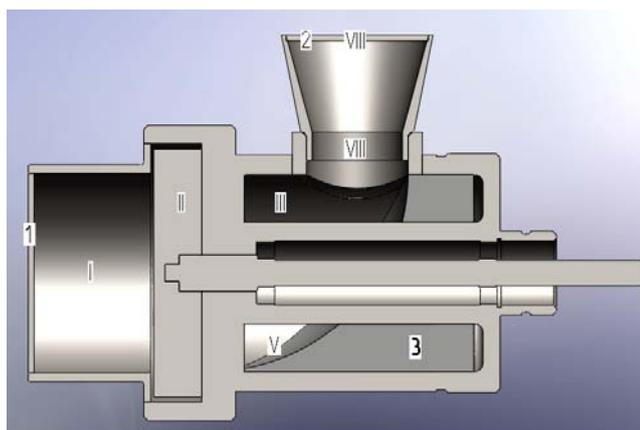


Рис. 6.

Для избежания огромных потерь с помощью конструктивного анализа и схем, полученных при расчетах в COSMOSFloWorks, была разработана новая задняя стенка. В связи со сложным технологическим процессом изготовления механизма и с целью экономии времени для проведения опытов была разработана вставка, на рисунке 6 она имеет 3-ю позицию. Модель приобрела новый вид (рис.6), в которой участки IV и VI отсутствуют, что позволит нам уйти от проблемы, связанной с торможением газа и высоким давлением на отдельных частях конструкции. Вставка имеет сферическую стенку, радиус которой равен диаметру камеры конструкции. Такая форма стенки позволит плавно отклонять газовый поток. Граничные и начальные условия задачи остаются точно такие же, как в первом опыте.

По такой же схеме, как и с первой моделью, проведем расчет при $D_k=32\text{мм.}$, $D_k=28\text{мм.}$, $D_k=24\text{мм.}$, $D_k=16\text{мм.}$

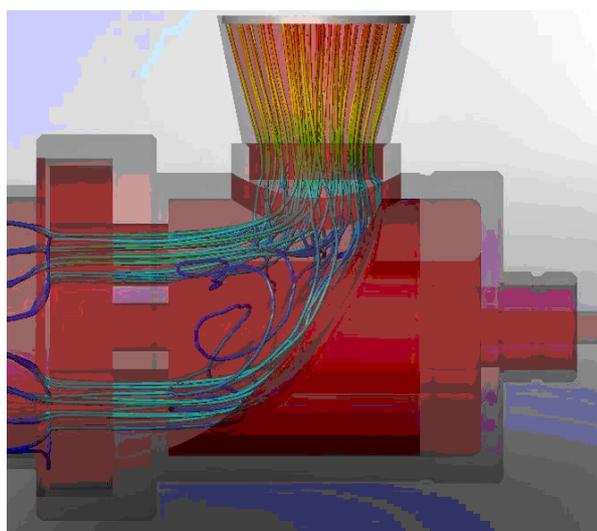


Рис. 7 $D_k=32\text{мм}$

Результаты полученного расчета на участке VIII для $D_k=32\text{мм}$:

- $R = 2752$ кгс (тяга);
- $P_{ст} = 1,9$ МПа (статическое давление);
- $V = 1826$ м/с (скорость потока);
- $T = 1390$ К (температура потока).

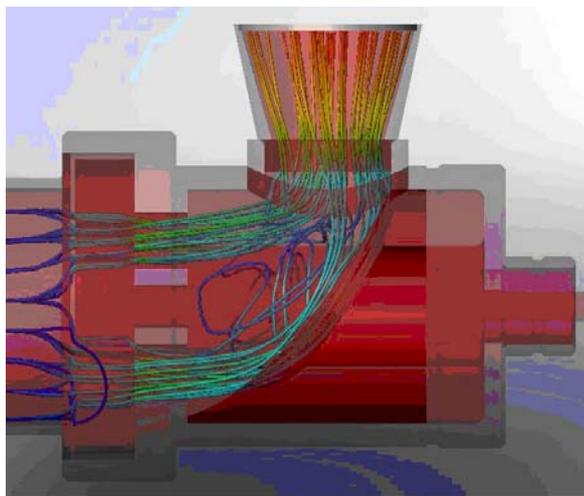


Рис. 8 $D_k=28\text{мм}$

Результаты полученного расчета на участке VIII $D_k=28\text{мм}$:

- $R = 2369$ кгс (тяга);
- $P_{ст} = 1,6$ МПа (статическое давление);
- $V = 1745$ м/с (скорость потока);
- $T = 1383$ К (температура потока).

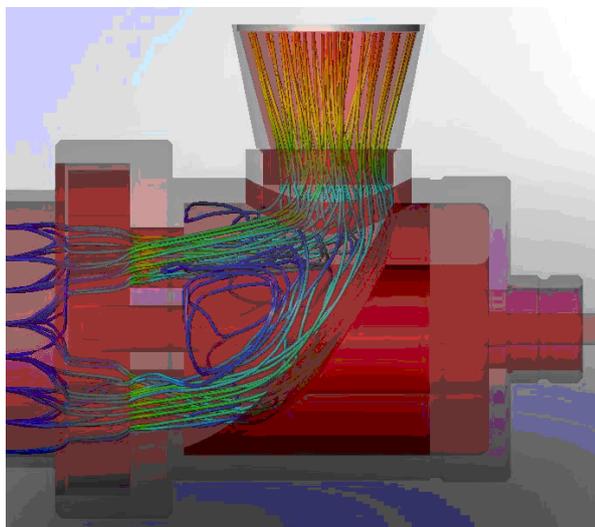


Рис. 9 $D_k=24\text{мм}$

Результаты полученного расчета на участке VIII $D_k=24$ мм:

- $R = 1653$ кгс (тяга);
- $P_{ст} = 1,3$ МПа (статическое давление);
- $V = 1708$ м/с (скорость потока);
- $T = 1291$ К (температура потока).

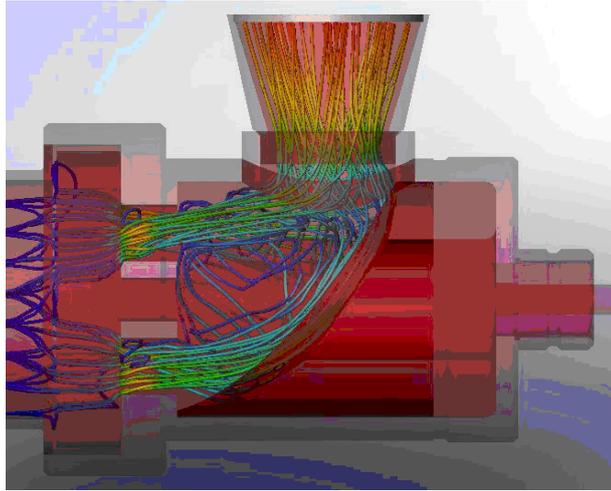


Рис. 10 $D_k=16$ мм

Результаты полученного расчета на участке VIII $D_k=16$ мм:

- $R = 605$ кгс (тяга);
- $P_{ст} = 0,71$ МПа (статическое давление);
- $V = 1639$ м/с (скорость потока);
- $T = 1147$ К (температура потока).

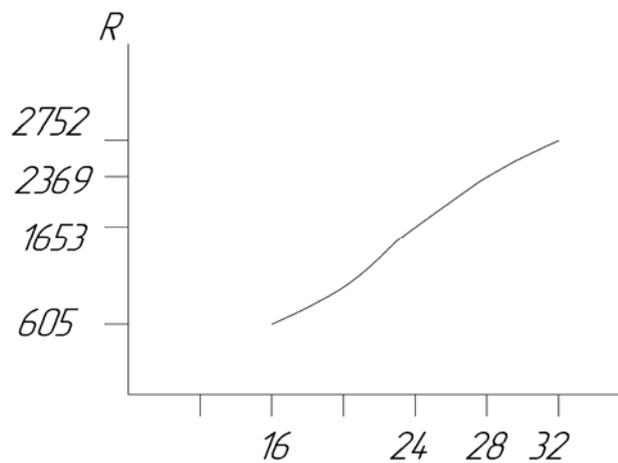


Рис. 10а. Зависимость тяги от площади критического сечения

Заключение

Газодинамические расчеты второй модели показали существенные изменения газового потока и его параметров. Как и ожидалось, вставка сыграла свою роль: газовый поток, плавно омывая заднюю стенку, и без препятствий устремляется в сопло. Несмотря на небольшие вихри, образующие между III и V частями модели, которыми можно пренебречь, так как они приводят к незначительному торможению газового потока, тяга в каждом опыте второй модели превышает соответственно тягу, полученную в опытах с первой модели.

Библиографический список

- [1] Зезин В.Г., Петренко В.И., Попов В.Л., Русак А.М., Савченков В.И., Симонов Е.А., Феофилактов В.И.; Регулируемые твердотопливные двигательные установки. Методы расчета рабочих процессов, экспериментальных исследования; Под общ. ред. В.И. Петренко. Миасс: Изд-во ГРЦ «КБ им. акад. В.П. Макеева»; 1996; 307.
- [2] Кимяев А.А., Петренко В.И., Попов В.Л., Ярушин С.Г.; Регулируемые энергетические установки на твердом топливе; Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т; Пермь; 1999; 154.
- [3] Петренко В.И., Попов В.Л., Русак А.М., Феофилактов В.И.; РДТТ с регулируемым модулем тяги; Миасс: Изд-во ГРЦ «КБ им. акад. В.П. Макеева»; 1994; 423.

Сведения об авторах

Князев Иван Александрович, инженер-конструктор, заместитель начальника конструкторской бригады ОАО «МКБ «Искра», kozlova.iskra@mail.ru, 8-926-179-08-11, 119027, М, ул. Спортивная д.6, кв. 34