

УПРАВЛЕНИЕ ВЕКТОРОМ ТЯГИ РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ВНУТРИСОПЛОВОГО ИНТЕРЦЕПТОРА

К. О. Тищенко¹, Н. А. Брыков¹, А.С. Беляева¹

¹Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург, Kirill1g@ya.ru

Ключевые слова: ракетный двигатель, сопло, интерцептор.

К корпусу ракетного двигателя присоединяется реактивное сопло или несколько сопел, образующих сопловой блок. Сопловой блок служит для разгона продуктов сгорания топлива до скорости, превышающей скорость звука (преобразование тепловой энергии топлива в кинетическую). В результате этого возникает сила отдачи, противоположно направленная истечению газовой струи и называемая реактивной силой, или тягой [2].

Необходимость управления тягой реактивного сопла вызвана возрастающими требованиями к манёвренности летательного аппарата. Возможность изменения тяги позволяет осуществлять переход двигательной установки между режимами взлёта, посадки и полёта аппарата по заданной траектории [2].

В зависимости от конструктивных и габаритных ограничений к некоторым образцам ракетной техники применяются жёсткие требования по компактности. Для их выполнения применяют двигательные установки с соплами с изменяемой геометрией. Во время хранения и старта сопло такой двигательной установки находится в сложенном состоянии, а после старта раскладывается, и тяга сопла ракетного двигателя увеличивается.

Один из способов изменения вектора тяги – изменение геометрии проточной части реактивного сопла. Такие устройства предназначены для обеспечения локального отрыва потока от стенок сопла [4] и, как следствие, создания неравномерного распределения сил давления на стенки. К наиболее популярным способам управления вектором тяги сопла ракетного двигателя относятся:

1. Применение поворотных управляющих сопел [1]. Сверхзвуковая часть таких каналов может отклоняться от строительной оси основного канала, вызывая отклонение струи и, как следствие, реактивной силы.

2. Применение заслонок на срезе. Эти устройства способны не только вызвать создание бокового усилия, но и эффективно регулировать силу тяги по величине за счёт изменения площади среза.

3. Газовые рули. Управляющая сила создаётся за счёт разности давлений между наветренной и подветренной сторонами отклонённого газового руля. Перед рулём всегда образуется система скачков уплотнения, вызывающая торможение потока.

4. Устройства струйного вдува. Вдув может происходить как в сверхзвуковой части для изменения площади и формы критического сечения сопла, так и в сверхзвуковой части для изменения распределения давления по внутренним стенкам канала.

Ещё одним из способов регулирования вектором тяги является применение сопловых интерцепторов. Интерцепторы в сопловом канале – это механизмы, предназначенные для управления вектором тяги. Они представляют собой заслонку или систему из заслонок некоторой формы, выдвигающихся в сопловой канал на определённую длину со стенок и вызывающих отрыв потока. Одним из главных преимуществ таких устройств является простота их конструкции и лёгкость в регулировании направления вектора тяги за счёт изменения длины их выступающей в поток части.

Также интерес представляет изучение комбинированного способа управления вектором тяги ракетного двигателя, основанный на выдвигении в сопловой канал интерцептора, из которого происходит вдув газа.

На сегодняшний день течения в сопловых каналах с интерцепторами мало исследованы. Огромный интерес вызывает влияние формы заслонки, её высоты и расположения на

эффективность механизма. В зависимости от формы отклонение вектора тяги может быть разное по величине, каждая форма может вызывать различные потери абсолютной величины тяги. Кроме того, сопловые интерцепторы могут по-своему влиять на структуру потока, на структуру скачков уплотнения. Современные вычислительные программные пакеты позволяют решать задачу выбора формы и места расположения таких устройств в канале.

В рамках работы было выполнено параметрическое исследование влияния на структуру потока места расположения и длины выдвижения интерцептора в форме цилиндрического стержня из стенок соплового канала. Были исследованы изменения тяговых характеристик устройства, изучена картина течения.

Список литературы

1. Фахрутдинов, И. Х., Котельников А. В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива: Учебник для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.

2. Волков, К. Н. Многопараметрическая оптимизация органов управления вектором тяги, основанных на вдуве струи газа в сверхзвуковую часть сопла / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов, М. С. Яковчук // Выч. мет. программирование. 2018. Т. 19. Вып. 2. С. 158-172.

3. Исследоване способов отклонения вектора тяги в эжекторных и поворотных соплах / С. В. Воробьёв, Ю. М. Клестов, Е. В. Мышенков, Е. В. Мышенкова // Механика жидкости и газа. Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2011. № 4 (3). С. 692–693.

4. Волков, К. Н. Нестационарное течение в двухконтурном сопле с учётом перемещения его выдвижной секции из сложенного в рабочее положение / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов, М.С. Яковчук // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2018. Т. 19(1).

Сведения об авторах

Тищенко Кирилл Олегович, инженер. Область научных интересов: аэродинамические и тепловые процессы в сопловых каналах реактивных двигателей.

Брыков Никита Александрович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: численное моделирование процессов тепломассопереноса.

Беляева Анастасия Сергеевна, инженер. Область научных интересов: моделирование внутренней газодинамики ракетных двигателей, сопловые блоки РДТТ.

CONTROL OF THE THRUST VECTOR OF THE JET ENGINE USING INNER-NOZZLE INTERCEPTOR

K.O.Tishenko¹, N.A. Brykov¹, A.S. Belyaeva¹

Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg,

Kirill1g@ya.ru

Keywords: rocket engine, nozzle, interceptor.

Modern aircraft need increased maneuverability to maintain competitive position. One way to improve this characteristic is to use methods to adjust the thrust vectors of a jet engine nozzle. One method of controlling nozzle thrust is the use of nozzle interceptors – devices of various shapes that extend into the nozzle channel and cause an uneven distribution of pressure along the walls of the channel.