

УДК 539.697.2

Расчётное исследование влияния различных вариантов системы отсасывания пограничного слоя на характеристики воздухозаборника

Е.В. Новгородцев<sup>1,2</sup>, Е.В. Карпов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

Проведено численное моделирование течения в криволинейном канале изолированного воздухозаборника с трапециевидным входом. Расчёты проводились в целях изучения возможности использования системы отсасывания пограничного слоя (ПС) для повышения характеристик воздухозаборника (ВЗ) при сверхзвуковых числах  $M$  набегающего потока. Исследовалось несколько вариантов системы отсасывания ПС с целью выбора наиболее эффективной её конфигурации. По результатам проведенных расчётов получены поля течения и построены дроссельные характеристики ВЗ. Расчёт течения выполнен в рамках решения системы уравнений RANS, замкнутой моделью турбулентности SST, при помощи коммерческого пакета ANSYS CFX (Customer № 501.02.4).

Процедура генерации блочной структурированной расчётной сетки для моделирования пространственного обтекания исследуемого объекта реализована с применением комплекса ANSYS ICEM CFD. Объём сетки составил порядка 7 млн. ячеек, причем размер первой пристеночной ячейки по нормали к поверхности соответствовал величине  $y^+ \sim 1$ .

Вход ВЗ был спроектирован с применением метода газодинамического конструирования [1-2]. В соответствие с расчетной теоретической схемой течения поджатие набегающего потока осуществляется тремя клиньями, а именно, горизонтальным (верхним) клином с углом наклона  $\delta_{кл}=10^\circ$  и двумя боковыми стреловидными клиньями-щёками. При расчетном числе Маха набегающего потока и при нулевых значениях углов атаки и скольжения три указанные поверхности сжатия формируют единый косой скачок уплотнения, в плоскости которого лежат кромки горизонтального клина, клиньев-щёк и обечайки. При виде спереди кромки клиньев и обечайки образуют равнобочную трапецию.

Система отсасывания в расчётной конфигурации включала щель и канал отвода ПС. Канал отвода ПС соединялся с расчётной областью, на границах которой ставились условия непротекания (нижняя поверхность) и условия, соответствующие параметрам

набегающего потока, что моделировало отсасывание ПС в область над фюзеляжем ЛА.

Различным вариантам системы отсасывания ПС в рамках данной работы соответствовали выполненные на горизонтальном клине и на верхней части канала (в области горла) поперечные щели различной площади (широкая щель с площадью 14% от  $F_0$ , узкая щель с площадью 7% от  $F_0$ , где  $F_0$  – площадь трапеции, образованной кромками клиньев и обечайки при виде спереди). Расчёты проведены как для варианта системы отсасывания, состоящей из одной щели (широкой или узкой), так и для варианта, включающего обе щели. Также исследовалась эффективность системы управления ПС в зависимости от размеров и расположения щелей отсасывания ПС (рассмотрены варианты расположения щелей в конце плоскости клина торможения перед горлом и за плоскостью горла ВЗ). Приведены зависимости коэффициента расхода отсасываемого воздуха  $\Delta f_{omc}$  от коэффициента расхода  $f$  воздухозаборника.

Проведено сравнение дроссельных характеристик ВЗ и полей течения, полученных при использовании различных вариантов системы отсасывания ПС, с исходным вариантом ВЗ без отсасывания ПС. При моделировании обтекания исходного ВЗ было выявлено развитое отрывное течение, характеризующееся пониженными значениями полного давления в потоке. Указанное течение формируется в результате интерференции замыкающего скачка уплотнения с пограничным слоем, нарощим на поверхностях стенок ВЗ. Установка системы управления ПС в виде одной или двух поперечных щелей позволяет существенно уменьшить размер области отрывного течения, в результате чего обеспечиваются более высокие значения коэффициента  $\nu$  в сечении двигателя.

Показано, что предложенные варианты системы отсасывания ПС позволяют (в различной степени) повысить коэффициент восстановления полного давления  $\nu$  воздухозаборника, увеличить длину пологой ветви дроссельной характеристики, приблизиться к режиму согласования с двигателем в исследуемом диапазоне режимов по числам  $M$ . Зависимость  $\Delta f_{omc}$  от коэффициента расхода  $f$  при увеличении степени дросселирования ВЗ имеет линейный характер на вертикальном и переходном к пологому участках дроссельной характеристики с последующим выходом на постоянное значение (на пологом участке). При этом максимальные значения  $\Delta f_{omc}$  для различных вариантов щелей пропорциональны суммарной площади щелей.

#### Литература

1. Майкапар Г.И. О волновом сопротивлении несимметричных тел в сверхзвуковом потоке. //ПММ, Т.23, вып.2, 1959
2. Гутов Б.И., Щепановский В.А. Газодинамическое конструирование сверхзвуковых воздухозаборников. //Новосибирск: ВО «Наука», 1993.