

В ы в о д ы

1. Характер течения в радиальном зазоре центробежной сопловой МТ близок к вихреисточнику.

2. Момент количества движения, передаваемый РК трением, составляет (10-18)%, и это надо учитывать при расчете рабочих характеристик МТ.

3. Потери момента количества движения в радиальном зазоре зависят от размеров и формы наружной сопловой поверхности НА и составили в экспериментальной МТ (19-29)%.

4. Предложенная система уравнений может быть использована для определения осредненных газодинамических параметров в проточной части МТ.

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. О природе вихревого эффекта. - В кн.: Некоторые вопросы исследования тепловых машин. Сборник статей кафедры теплотехники и тепловых двигателей. - Куйбышев: КуАИ, 1969, вып. 37, с. 35-51.
2. Струйная автоматика в системах управления. Под общей ред. Б.В.Орлова. - М.: Машиностроение, 1975, 368 с.
3. Мартинайтис В.П. Установка для исследования рабочих характеристик турбинки турбогорелки. - В кн.: Теплоснабжение и вентиляция. Материалы конференции. - Вильнюс: Каунасский политехнический институт, 1978, с. 42-45.

УДК 532.527.522:533.697.2

А.М.Волков, С.Ю.Крашенинников

ВИХРЕВОЙ КЛАПАН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ
ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ
СВЕРХЗВУКОВОГО ВОЗДУХОЗАБОРНИКА СМЕШАННОГО СЖАТИЯ

П р и н я т ы е о б о з н а ч е н и я

А - геометрическая характеристика вихревого клапана; К - коэффициент перепуска; M_n - число Маха набегающего потока; P^* -

полное давление; C_B - коэффициент полного давления; C_B - коэффициент расхода воздуха через воздухозаборник; ΔK_y - запас устойчивости воздухозаборника.

И н д е к с ы

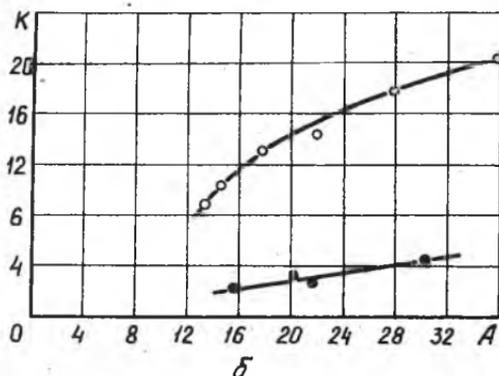
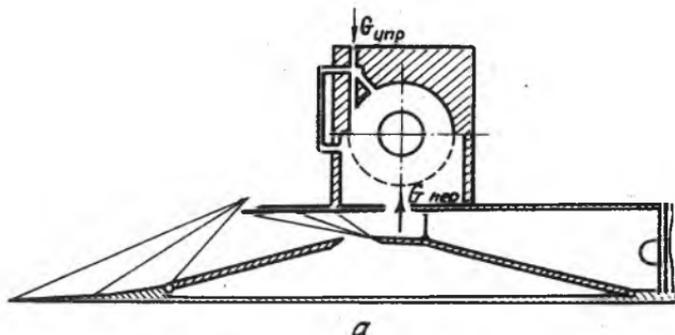
n - параметры набегающего потока; $упр$ - параметры управляющего потока; p - рабочая точка дроссельной характеристики воздухозаборника; max - граница срыва течения в воздухозаборнике.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований системы стабилизации замыкающего скачка уплотнения с помощью перепускного вихревого клапана, аналогичного описанному в работе [1]. Было проведено исследование характеристик самого вихревого клапана. На основании полученных результатов выбраны оптимальные конструктивные параметры клапана, который установлен на крупномасштабной модели воздухозаборника смешанного сжатия (рис. 1) Испытания воздухозаборника проводились в аэродинамической трубе в диапазоне чисел $M_n = 2,7-3,0$ с имитацией высот полета 18-30 км по давлению и температуре.

Перепускной клапан состоит из двух узлов: собственно вихревого клапана и перекидного клапана (рис. 1, а). Вихревой клапан представляет собой цилиндрическую камеру закручивания с двумя тангенциальными и радиальными подводящими каналами. Часть цилиндрической поверхности перфорирована. На торцовой поверхности имеется отверстие выхода в атмосферу. Перекидной клапан - элемент пневмоники с поперечным взаимодействием струй. Он имеет два входа, канал питания и канал регулирования, и два выхода, являющихся тангенциальным и радиальным подводящими каналами вихревого клапана. Последовательность процессов в перепускном клапане такова:

1. На вход канала питания перекидного клапана постоянно подается высоконапорный поток воздуха. На перфорированной поверхности вихревого клапана и на входе канала регулирования перекидного клапана реализуется одинаковое давление.

2. Пока замыкающий скачок уплотнения находится в расчетном положении, давление в полости, где расположен перепускной клапан, равно статическому давлению перед скачком; высоконапорная струя попадает в тангенциальный подводящий канал вихревого клапана. В



Р и с. 1. Характеристики клапана: а - схема воздухозаборника смешанного сжатия и вихревого клапана; б - зависимость коэффициента перепуска K клапана от геометрической характеристики A : о-о-о - $P_{упр}^* = 1,2$; 2,8 соответственно

камере вихревого клапана реализуется закрученное течение. При этом клапан закрыт.

3. Когда скачок перемещается мимо перепускного клапана на встречу потоку, давление в полости вихревого клапана возрастает до величины, равной статическому давлению за скачком, что приводит к отклонению высоконапорной струи в перекидном клапане. Это открытый режим. Высоконапорная струя, поступая в камеру вихревого клапана по радиальному каналу, не закручивается в ней. Таким образом, перфорация остается незапертой и через нее происходит перепуск воздуха, необходимый для возвращения замыкающего скачка в расчетное положение.

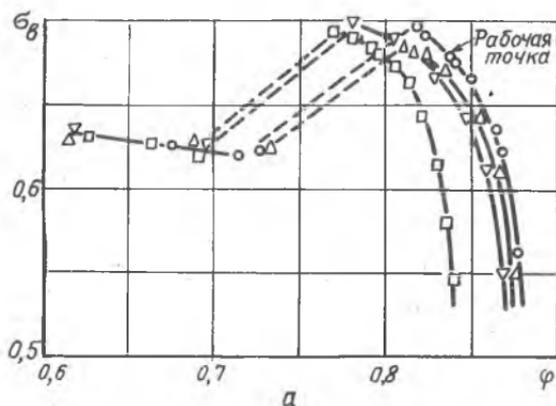
На обоих режимах воздух из камеры вихревого клапана выходит в атмосферу через отверстие в торцовой поверхности.

Исследования вихревого клапана показали, что основным параметром, влияющим на эффективность работы вихревого клапана, является геометрическая характеристика A центробежной форсунки. Эффективность клапана характеризуется коэффициентом перепуска K , который определяется как отношение перепускаемого расхода воздуха к управляемому расходу через клапан при постоянном значении управляющего давления $\bar{P}_{упр}^*$. На рис. 1,б приведена зависимость коэффициента перепуска K клапана от геометрической характеристики A при оптимальной перфорации и различных потребных управляющих давлениях. С ростом геометрической характеристики A , коэффициент перепуска клапана увеличивается, но резко падает с ростом управляющего давления.

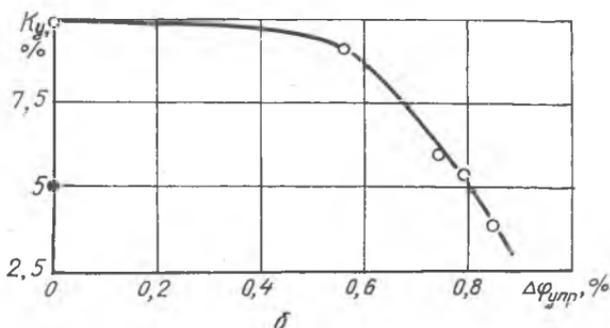
На основании анализа экспериментальных данных и из условия обеспечения 4-5%-ного перепуска воздуха через вихревой клапан от расхода через воздухозаборник при числе $M_n = 2,85$ была выбрана геометрия клапана, который устанавливается в воздухозаборнике. Отношение радиуса выходного отверстия клапана к радиусу камеры закручивания 0,5, относительная суммарная площадь перфорации 0,25, геометрическая характеристика вихревого клапана $A = 26$. Была также подобрана конфигурация перекидного клапана с хорошей релейной характеристикой при достаточно малой (4%) ширине гистерезисной петли. При стыковке с вихревым элементом он практически не ухудшает его эффективности.

Исследования характеристик вихревого клапана и воздухозаборника проводились при пяти значениях управляющего давления: $\bar{P}_{упр}^* = 0; 1,0; 1,3; 1,4; 1,5$. Наилучшие характеристики вихревой клапан имел при управляющем давлении $\bar{P}_{упр}^* = 1,0$. Коэффициент перепуска K достигал величины, равной примерно 7. При этом на открытом режиме работы клапана перепускалось 4% от расхода через воздухозаборник.

Дроссельные характеристики воздухозаборника с вихревым клапаном и без него представлены на рис. 2,а. Темными точками обозначены предельные режимы работы воздухозаборника с максимальным значением коэффициента полного давления σ_g . На дроссельной характеристике без клапана, которая считалась исходной, была выбрана рабочая точка с 5%-ным запасом устойчивости. Относительно



Р и с. 2. Характе-
ристики воздухо-
заборника: а -
дрессельные харак-
теристики воздухо-
заборника $M_H =$
 $=3,0$; Δ - ∇ - \square соот-
ветственно $P_{упр}^* =$
 $=1,5$; $1,0$; 0 ; \circ -
без клапана; б -
зависимость запаса
устойчивости воз-
духозаборника от
относительного рас-
хода управляющего
воздуха



этой точки производилась оценка запасов устойчивости воздухозаборника при его работе с вихревым клапаном. Запас устойчивости воздухозаборника оценивался по формуле

$$\Delta K_y = 1 - \frac{\sigma_p \varphi_{max}}{\varphi_p \sigma_{max}}$$

На рис. 2,б представлена зависимость запаса устойчивости воздухозаборника ΔK_y от расхода управляющего воздуха, отнесенного к расходу через воздухозаборник $\Delta \varphi_{упр}$. Темной точкой обозначен исходный запас устойчивости воздухозаборника $\Delta K_y = 5\%$. Видно, что максимальный запас устойчивости воздухозаборника имеет при $\Delta \varphi_{упр} = 0$. Увеличение относительного расхода управляющего воздуха приводит к уменьшению запаса устойчивости. При расходе управляюще-

го воздуха выше 0,8% запас устойчивости воздухозаборника становится меньше исходного.

Таким образом, наилучшие характеристики воздухозаборник имел при работе с вихревым клапаном, когда на него подавалось управляющее давление $\bar{P}_{\text{упр}}^* = 1,0$ при относительном расходе управляющего воздуха $\Delta \gamma_{\text{упр}} = 0,57\%$. Запас устойчивости в этом случае увеличился до 9,2% по сравнению с исходным запасом 5%.

Л и т е р а т у р а

I. B.W. Sander, G.A. Mitchell. *Increasing the stable operating range of a Mach 2,5 inlet.*

AJAA Paper N^o 70-686.

УДК 621.536-533.9.01

В.М.Исламов

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМОТРОНА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАКРУТКИ ПОТОКА

П р и н я т ы е о б о з н а ч е н и я

\mathcal{I} - ток дуги; U - напряжение дуги; G - расход воздуха; η - тепловой к.п.д. плазмотрона; h_c - среднemasсовая энтальпия потока.

В данной работе приводятся результаты исследований влияния степени закрутки потока на некоторые характеристики плазмотрона с дуговой камерой переменного сечения. Принципиальная схема его соответствует схеме, приведенной в [2]. Различная степень закрутки потока достигалась изменением геометрической характеристики вихревой камеры, которая оценивалась по выражению

$$A_k = \frac{\pi D d_c}{4F}, \quad (1)$$

где $D = 72 \cdot 10^{-3}$ м - диаметр уровня расположения тангенциальных отверстий; $d_c = 6 \cdot 10^{-3}$ м - диаметр сужения; F - суммарная площадь поперечного сечения тангенциальных отверстий.