

характеристик в плоскости годографа. По оценке А.И.Гуляева для установившегося плоского потенциального течения идеальной сжимаемой жидкости скорость в сопле может превышать 1,5 М (рис.5).

Таким образом, массовый расход газа через сопло зависит от давления в камере энергетического разделения, которое в свою очередь, определяется такими обобщенными параметрами как $\frac{F_2}{F_1}$ и $\frac{M_2}{M_1}$, характеризующими гидравлическое сопротивление в камере энергетического разделения, а также конструктивными особенностями вихревой трубы. В любом случае в адиабатной вихревой трубе необходимо стремиться к снижению гидравлического сопротивления.

Библиографический список

1. Метенин В.И. Исследование противоточных вихревых труб//ИФЖ. Т.7. 1964. № 2, С.95-102.
2. Гуляев А.И. Исследование вихревого эффекта//ЖТФ. Т.10. 1965. № 35. С.1869-1881.

УДК 621.694

В.Е.Виликин

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ ПОЛЕЙ В САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙСЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ ПРИ НАЛИЧИИ В НЕЙ ОХЛАЖДАЕМОГО ТЕЛА

Основной задачей настоящего исследования явилось экспериментальное определение влияния охлаждаемого тела на радиальное распределение скорости в самовакуумирующейся вихревой трубе (СВТ) с целью получения критериального уравнения теплоотдачи и эмпирической зависимости для коэффициента потерь диффузора.

СВТ, работающая на динамическом напоре набегающего потока (НП) или от компрессора самолетного двигателя, через воздухозаборник (ВЗ) подается на вход в СВТ. Образовавшийся воздушный вихрь движется в осевом направлении вихревой трубы, создавая в ней интенсивный вихрь, в ядре которого охлаждается медный стержень, через который отводится тепло. Отработанный воздух через раскрutoчный

диффузор выводится за пределы.

Измерение полного и статического давлений по радиусу (от стенки до оси) в различных сечениях СВТ производилось трехканальным цилиндрическим зондом. Схема измерения параметров потока внутри СВТ представлена на рис. 1. Координатник представляет собой микрометрический винт, с помощью которого можно осуществлять два независимых перемещения в осевом и азимутальном направлениях. К координатнику крепится зонд посредством хвостовика. Рабочая часть зонда крепится во втулке, которая перемещается по направляющей трубке.

Зонд представляет собой тонкую полированную пластинку шириной 5 мм и высотой рабочей части 25 мм, спаянную из трех инъекционных игл диаметром 0,4 мм. Диаметры трех отверстий зонда 0,1 мм. Конец игл запаивают в состоянии от передней кромки до отверстия статического давления равно 1,2 мм. Полное и статическое давление потока фиксировались с помощью ртутных или водяных пьезометров. Калибровка зонда производилась по методике, изложенной в работе [1]. Зонд перемещался по радиусу с помощью специального координатника. Угол наклона вектора скорости потока регистрировался одноканальным пьезометром статического давления, что соответствовало максимуму статического давления полного давления потока. Направление вектора скорости определялось по лимбу с помощью указателя зонда.

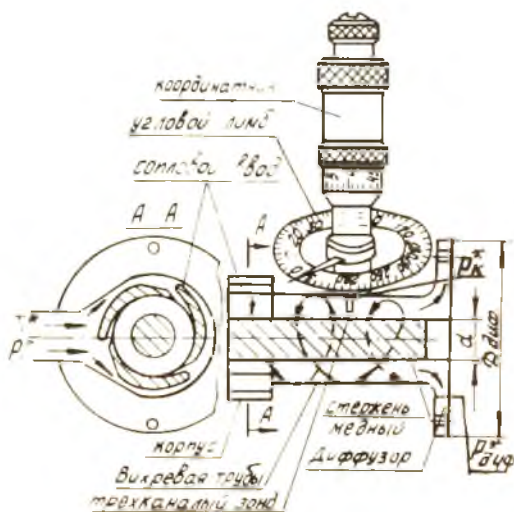


Рис. 1. Схема установки

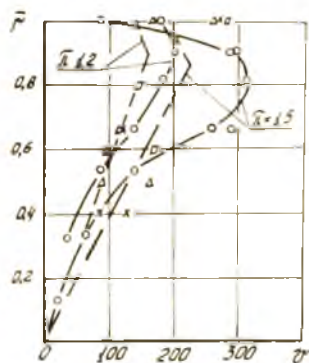
Эти же координатник и зонд применялись при измерении окружных скоростей в промежуточных сечениях вихревых труб, что было необходимо для определения путей температур торможения в этих сечениях. Температура вытекающих из диафрагмы кольцевых слоев газа опреде-

лялась неармированной термопарой, заделанной в инъекционной игле. Игла укреплялась параллельно оси трубы и перемещалась радиально с помощью специального координатника.

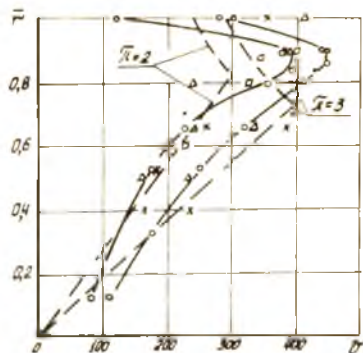
Для измерения полной температуры был сконструирован термозонд минимальных размеров, не вызывающий больших возмущений в вихревом потоке. Термозонд (медь - константановая, сваренная встык, диаметром 0,1 мм, концы ее выводились наружу через инъекционную иглу) устанавливался в вышеописанный координатник, что позволяло перемещать его в осевом направлении по радиусу СВТ. Замер полей давления и температуры производился вручную, а результаты испытаний обрабатывались по методике [1] с учетом рекомендаций [2,3].

Экспериментальные исследования проводились при постоянной длине вихревой трубы $\bar{L}_{ГР} = 1,0$, $\bar{F}_c = 0,1$, $D_{диф} = 155$ мм, $D_{ГР} = 30$ мм при постоянном относительном радиусе диффузора $\bar{R} = 0,15$; степень расширения в вихревой трубе изменялась в диапазоне $\bar{K} = 1,2, \dots, 3$, а температура слатого воздуха на входе поддерживалась постоянной $T_2^* = 293$ К.

На рис.2 и 3 дано сравнение теоретических и экспериментальных кривых распределения тангенциальной скорости по радиусу СВТ. Теоретические кривые распределения тангенциальной скорости рассчитыва-



Р и с. 2. Зависимость \bar{v} от r при $\bar{K} = 1, 2; 1,5$:
— — — теоретическая,
x, o, Δ , \square - экспериментальная



Р и с. 3. Зависимость \bar{v} от r при $\bar{K} = 2, 3$:
— — — теоретическая,
x, o, Δ , \square - экспериментальная

лись согласно гипотезе взаимодействия вихрей [4]. Анализ кривых показывает достаточную качественную сходимость экспериментальных и теоретических полей скорости. Гипотеза предполагает идеальный вихрь и резкую границу перехода, в действительности, как показывают кривые, картина перехода между двумя вихрями имеет размытый, плавный характер. Стклонения экспериментальных кривых от теоретических в области больших \tilde{z} на всех режимах подтверждает сделанный ранее вывод [4] о неравномерности скорости по высоте сошла и превышении ее над расчетной на нижнем срезе сошла.

Следует также учесть, что конструкция измерительного зонда позволяла получать результирующую тангенциальной и радиальной составляющих абсолютной скорости, которая отражена на рис. 2, 3, а расчетные кривые соответствуют только тангенциальной составляющей. Снижение экспериментальной скорости вихря по сравнению с расчетной на малых \tilde{z} объясняется отставанием внутреннего вихря от закона вращения твердого тела [1,4].

Основным результатом проведенных исследований следует считать выявление слабого влияния охлаждаемого в СВТ тела на качественное и количественное распределение скорости по ее радиусу в широком диапазоне λ и d . Кривые распределения скорости при наличии тела и без него идентичны, четко прослеживается граница свободного и вынужденного вихрей. С увеличением \mathcal{T} наблюдается некоторое возрастание до 25 % радиуса разделения свободного и вынужденного вихря. Увеличение диаметра d охлаждаемого тела практически не влияет на величину скорости и характер ее распределения по радиусу.

Экспериментальные данные позволили составить приближенное критериальное соотношение, которое для условий эксперимента имеет вид $Lu = 0,0739 Re^{0,8}$. Путем замеров полного давления на входе в радиально-щелевой диффузор была получена эмпирическая зависимость для коэффициента потерь диффузора

$$\xi_{диф} = 0,0544 + 0,271 \frac{(1 - \tilde{z}_2) R_0}{(R_{диф} - R_0) \Delta_{диф}}$$

по которой полное давление на входе в диффузор определяется как

$P_{диф}^* = P_n + \xi_{диф} \rho_c \frac{v_c^2}{2}$. Принимая допущение о равенстве ρ_k^* и $\rho_{диф}^*$, можно составить полуэмпирическую методику расчета параметров газа в СВТ.

Библиографический список

1. Колышев Н.Д. Исследование низкотемпературной вихревой трубы с целевым диффузором: Дис. канд. техн. наук. Куйбышев, 1964. — 165 с.
2. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. 3-е изд. Л.: Машиностроение, 1974. — 479 с.
3. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика. — М.: Высшая школа, 1974. — 250 с.
4. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1969. — 180 с.

УДК 532.527

А.Е. Бобков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДАЕМОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ КАНАЛАМИ

Предлагаемая работа является экспериментальной проверкой возможности использования энергии горячего потока у вихревой трубы (ВТ) с камерой энергоразделения, на периферии и вдоль которой располагаются цилиндрические полости — периферийные каналы (ПК), соединенные по образующим узкими щелями с камерой энергоразделения. Экспериментальные исследования проводились на охлаждаемой водой конической (угол конусности 3°) ВТ диаметром 0,02 м с камерой энергоразделения, набранной из соединенных вместе отдельных секций длиной 1 или 2 калибра (калибр ВТ численно равен диаметру камеры энергоразделения в сечении соплового ввода). Схема испытываемой ВТ и измеряемых параметров приведена на рис.1.

В процессе экспериментов главное внимание было уделено определению оптимальной геометрии элементов ВТ, т.е. определению оптимальных значений f_c — относительной площади соплового ввода, d_d — относительного диаметра диафрагмы, $D_{п.к}$ — диаметра периферийных каналов, K — числа периферийных каналов, l — длины камеры энергоразделения. Для этого каждому $D_{п.к} = (3; 3,7; 4,5; 5,2 \text{ (мм)})$, последовательным значениям $K = \text{от } 0 \text{ по } 10 \text{ (шт.)}$ и различным комбина-