

Л и т е р а т у р а

1. Ахмедов Р.Б. Дутьевые газогорелочные устройства. - М.: Недра, 1970. - 316 с.

2. Спиридонов Ю.А. и др. О смещении системы струй в поперечном ограниченном потоке. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1976, № 3, с. 14-17.

3. Спиридонов Ю.А. К расчету теплоэнергетических устройств, реализующих способ смещения на хордальных струях. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1978, № 6, с. 67-73.

4. Поляцкин М.А., Афросимова В.Н. Исследование смесеобразования в модели цилиндрической периферийной газовой горелки. - Теплоэнергетика, 1963, № 9, с. 22-26.

5. Спиридонов Ю.А. Исследование гидравлического сопротивления системы сносимых струй в канале. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1979, № 6, с. 82-87.

6. Спиридонов Ю.А., Галицкий Ю.Я. Исследование влияния режимных и геометрических параметров камеры смещения на характеристики смесеобразования. - НИИЭнформэнергомаш, 1979, № 49. - 30 с.

УДК 532.527

В.И. Р а с щ у п к и н

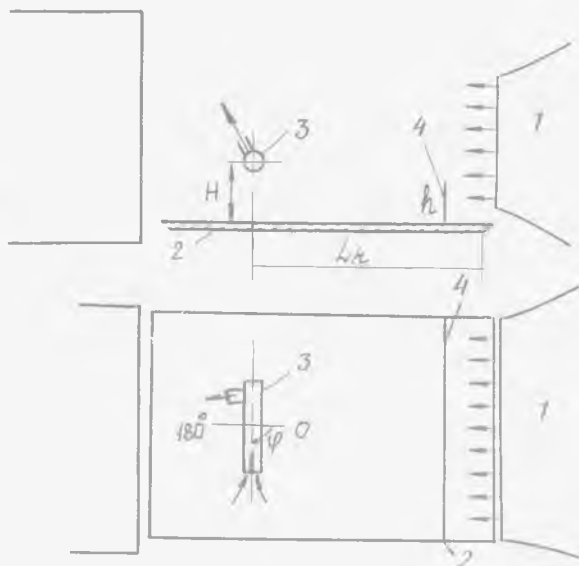
ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛИ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
И ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЯ НА ВХОДЕ В АВИАДВИГАТЕЛЬ

Известно значительное число работ, посвященных исследованию наземного вихря. Наибольший интерес представляют работы [1, 2]. В [1] проведен расчет невязкого течения, выделена "нулевая" линия тока, на которую затем накладывается вихревое течение с заданным распределением окружной скорости, введен безразмерный параметр - число Россби: $R_o = U_o / (\omega d)$ где U_o - скорость на входе в воздухозаборник двигателя, $\omega = \partial v_c / \partial y$, v_c - скорость ветра, d - диаметр входного сечения воздухозаборника. Число Россби определяет условия возникновения вихря. В [2] определена максимальная высота входа над поверхностью земли, на которой образуется вихрь, и ее зависимость от скорости ветра.

Эксперименты проводились на модели в аэродинамической трубе замкнутого типа с открытой рабочей частью (рис. 1). Схема модели воздухозаборника показана на рис. 2.

Изменение скорости во входном сечении воздухозаборника (рис. 2, а) и внутри канала на расстоянии 50 мм от входного сечения (рис. 2, б) про-

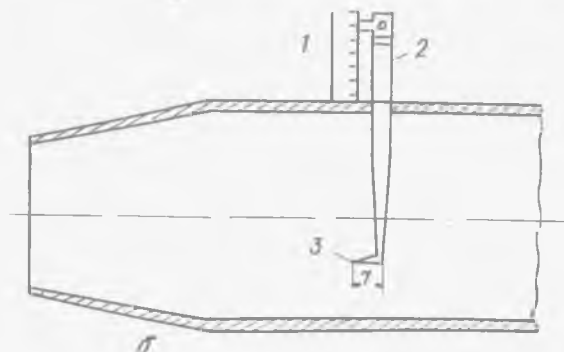
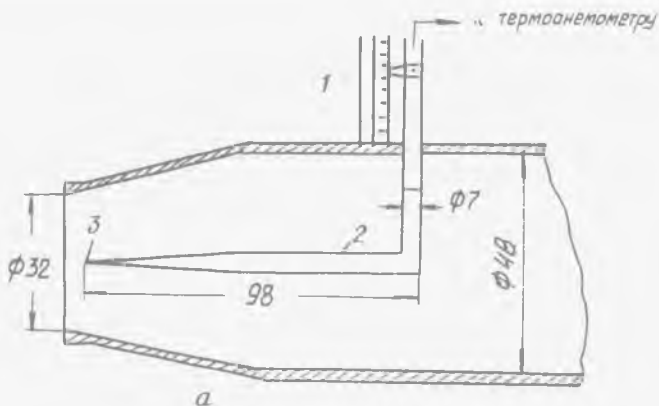
Р и с. 1. Схема расположения модели при исследовании условий возникновения вихря: 1 - сопло, 2 - пластина, 3 - модель воздухозаборника, 4 - пластина-турбулизатор пограничного слоя



водились термоанемометром с пленочным датчиком (никелевая пленка на клине, рис. 2, поз. 2). Измерительная аппаратура (за исключением осциллографа) обеспечивала измерение пульсации в диапазоне частот от 0 до 30 кГц.

В процессе проверки условий возникновения вихревого течения изменялись следующие параметры: высота воздухозаборника над пластиной, угол между осью воздухозаборника и направлением вектора скорости внешнего потока (ветра) φ (см. рис. 1), толщина пограничного слоя.

При образовании вихря в результате концентрации завихренности, возникающей в пограничном слое на пластине, основным параметром (при фиксированной скорости набегающего потока) является толщина пограничного слоя, которая изменялась с помощью пластины-интерцептора переменной высоты, установленной на расстоянии 55 см вверх по потоку от модели (см. рис. 1). Без интерцептора вихрь на входе в воздухозаборник образуется при увеличении $H = H/d$ (d - диаметр входного сечения, H измеряется от оси входного сечения воздухозаборника) до 1,4 при всех значениях φ . При $H = 1,75$ вихрь образуется только при $\varphi = 10-180^\circ$. При $\varphi < 10^\circ$ и скорости внешнего потока $U_0 = 5,5$ м/с вихрь не образуется. Но если при $H = 1,75$ и $\varphi = 0$ поставить интерцептор высотой 40 мм, вихрь образуется вплоть до $H = 3,2$ (при $\varphi = 90^\circ$).



Р и с. 2. Схема расположения термоанемометрических датчиков в модели воздухозаборника: а - установка датчика при измерении во входном сечении; б - установка датчика при измерении внутри канала; 1 - координатник, 2 - термоанемометрический датчик; 3 - чувствительный элемент датчика

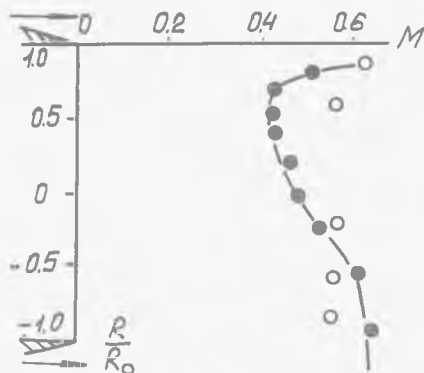
В отсутствие внешнего потока интенсивный вихрь образуется только при очень малых высотах ($H < 1$). Однако, если создать несимметрию в индуцированном воздухозаборнике течения, установив, например, вертикальную пластину сбоку от модели, то это приведет к интенсивному вихреобразованию при больших значениях H . Завихренность в этом случае образуется при обтекании вертикальной кромки пластины засасываемым потоком. При уменьшении бокового расстояния до вертикальной пластины до $0,75 d$ наблюдается случайное перескакивание вихря с горизонтальной пластины на вертикальную, а в некоторые моменты времени одновременно существуют два вихря, замыкающиеся на вертикальную и горизонтальную

пластины. В присутствии вертикальной пластины вихрь образуется вплоть до $\bar{H} = 4,4$. Если поднять вертикальную пластину над горизонтальной так, чтобы образовался зазор высотой $0,5d$, то вихрь исчезает.

При обдуве модели внешним потоком установка вертикальной пластины со стороны сопла приводит к увеличению над горизонтальной пластиной высот, при которых образуется вихрь. Наибольший эффект наблюдается тогда, когда входное сечение воздухозаборника попадает в центр слоя смещения за кромкой вертикальной пластины.

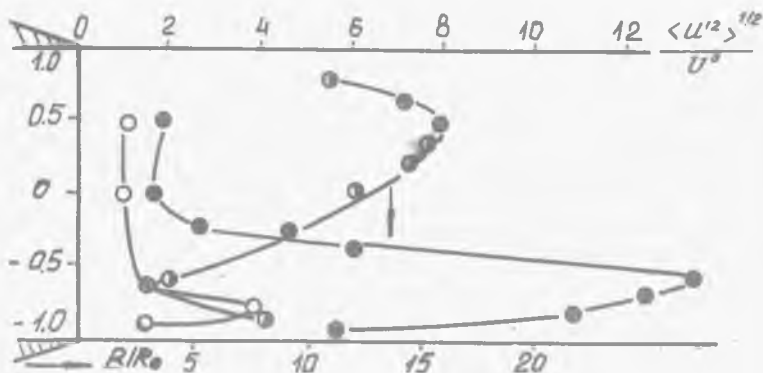
Таким образом, из проведенных модельных экспериментов можно сделать вывод, что на образование вихря на входе в воздухозаборник могут оказывать влияние толщина пограничного слоя на поверхности аэродрома, расположение двигателя на самолете (особенно его высота над поверхностью земли и удаленность выходного сечения от элементов конструкции самолета), сила и направление ветра, наличие следов за окружающими объектами (аэродромными сооружениями, стоящими рядом самолетами и т.д.)

При $\varphi = 180^\circ$ вихрь происходит в верхней части сечения входа, провал скорости и максимум пульсаций попадают в эту область. При $\varphi = 90^\circ$ и меньше вихрь попадает в нижнюю часть сечения и там регистрируются максимальные пульсации и провал в профиле средней скорости (рис. 3, 4). Структура пульсаций скорости хорошо видна на осциллограммах пульсаций (рис. 5), записанных в области максимума пульсаций скорости. Из осциллограммы видно, что основной вклад в повышенный уровень пульсаций в присутствии вихря вносят большие по амплитуде и

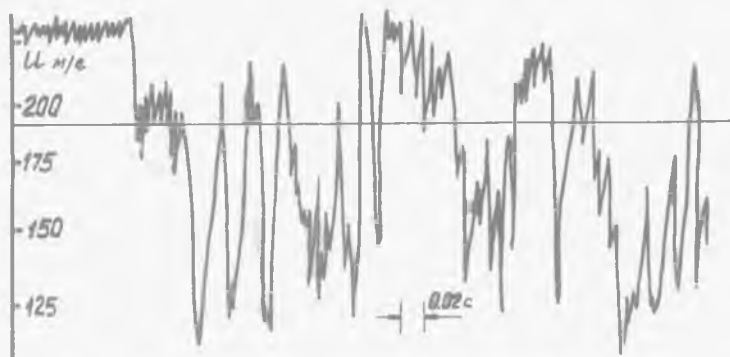


Р и с. 3. Профиль числа Маха на входе в модель воздухозаборника: $\varphi = 180^\circ$; \circ - без вихря, \bullet - вихрь на входе

по продолжительности отрицательные пульсации скорости. Среднее значение скорости в точке измерения составляет 230 м/с. При образовании вихря средняя скорость падает до 190 м/с, а среднеквадратичные пульсации скорости составляют 13,6 м/с, т.е. примерно 25 м/с. В то же время очень часто наблюдаются провалы мгновенных значений скорости до 120 м/с, соответствующие отклонению от среднего почти на 5σ (σ - среднеквадратичные пульсации скорости). Продолжительность отрицательных пульсаций скорости достигает 0,08 с.

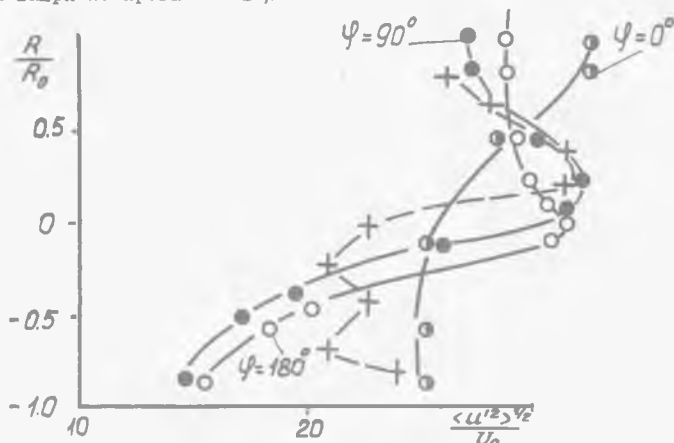


Р и с. 4. Профиль пульсаций скорости на входе в модель воздухозаборника: ○ - без вихря, ● - с вихрем на входе, $\psi = 90^\circ$; ○ - с вихрем, $\psi = 180^\circ$



Р и с. 5. Осциллограмма пульсаций скорости на входе в воздухозаборник: $R/R_0 = -0,65$

Профиль средней скорости внутри канала (см. рис. 2,б) становится более равномерным, чем во входном сечении. Неравномерность профиля скорости составляет около 12%. Отличие от профиля средней скорости в отсутствии вихря не превышает 10%.



Р и с. 6. Профили пульсаций скорости внутри канала воздуховоронника на расстоянии 80 мм от входа:
 о - $\psi = 0$, ● - $\psi = 90^\circ$, ○ - $\psi = 180^\circ$, + - без вихря

Пульсации скорости внутри канала с вихрем и без вихря приведены на рис. 6. Видно, что и в отсутствие вихря наблюдается очень высокий уровень пульсаций скорости, что, по всей видимости, свидетельствует об отрыве пограничного слоя на стенках модели. При возникновении вихря изменяется распределение уровня пульсаций по сечению. На фоне интенсивной турбулентности на осциллограммах пульсаций скорости ясно различимы большие провалы скорости, характерные для прохождения вихря. Появление вихревого течения приводит также к возникновению значительного скоса потока, изменяющегося по величине и направлению в зависимости от направления набегающего потока (ветра).

Л и т е р а т у р а

1. Motyka D.L., Walter W.A., Muller G.L. Analytical and experimental study of inlet ground vortices. AIAA Paper, 1973, No 73-1313.
2. Motyka D.L., Walter W.A. An experimental investigation of ground vortex formation during reverse engine operation. AIAA Paper, 1975, No 75-1322.
3. Секундов А.Н. Турбулентность в сверхзвуковом потоке и ее взаимодействие со скачком уплотнения. - Изв. АН СССР. МЖГ, 1974, № 2, с. 8-16.