

ЛИТЕРАТУРА

1. Диткин В.А., Прудников В.П. Интегральные преобразования и операционное исчисление. М., Физматгиз, 1961.
2. Дяч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа, М., "Наука", 1965.
3. Дракин И.И. Аэродинамический и лучистый нагрев в полёте, М., Оборонгиз, 1961.

Н.Ф. Ромейко, Е.В. Шибарев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ПЛОСКОЙ СТРУИ В ОГРАНИЧЕННОМ СНОСЯЩЕМ ПОТОКЕ ВОЗДУХА

Закономерности распространения воздушных струй в сносящем потоке находят широкое применение при расчете воздушных завес, газовых горелок, камер сгорания турбин и других подобных устройств. Подавляющее большинство исследований, посвященных этому вопросу, относится к случаю развития струй в потоке неограниченных размеров. Так, например, существует целый ряд экспериментальных и теоретических работ (Г.Н. Абрамович, В.В. Батурич, И.А. Шепелев, М.С. Волынский, Е.В. Ржевский, В.Н. Костерин, Т.А. Гиршович, Н.И. Акатнов), в которых изучены траектории осесимметричной и плоской струи в безграничном сносящем потоке и даны эмпирические формулы. К числу таких работ относится также работа Ю.В. Иванова [1], который, исследуя в сносящем потоке струи различной конфигурации, получил эмпирическую зависимость для траектории плоской струи

$$\frac{ax}{b_0} = 1,9 \frac{\rho w^2}{\rho_0 v_0^2} \left(\frac{ay}{b_0} \right)^{2,5} + \frac{ay}{b_0} \operatorname{ctg} \alpha, \quad (1)$$

где b_0 - полуширина щели; a - коэффициент структуры струи; ρw^2 - скоростной напор сносящего потока; $\rho_0 v_0^2$ - скоростной напор воздушной струи; α - угол атаки.

В вентиляционной технике особый интерес представляет круг вопросов о поведении струй в сносящем потоке ограниченных размеров, а также их развитие за его пределами.

О возможности применения формулы Ю.В. Иванова [1] при решении подобных задач в литературе нет никаких сведений, поэтому, естественно, возникает необходимость в проведении дополнительных исследований, которые позволили бы установить закономерности развития струй как в зоне действия ограниченного сносящего потока, так и за его пределами.

Для выполнения поставленной задачи была создана опытная установка, в которой сносящий поток формировался через отверстие размерами 550x82мм при скорости истечения воздуха $W = 4 \pm 12$ м/сек. Для обеспечения равномерности поля скоростей при истечении после вентиляторов были установлены хонейкомб и два ряда сеток, а воздухоподводящее отверстие выполнено с поджатием, как это изображено на рис.1. Струя воздушной завесы при скорости истечения $V_a = 25 \pm 50$ м/сек подавалась снизу через щель, ширина которой могла изменяться в диапазоне от 2 до 7,3 мм.

Измерение скорости в срезе насадков проводилось по обычной методике с помощью микротрубки Пито и микроманометра, при совместном действии завесы и потока - с помощью трехканального насадка, наконечник которого был спаян из трех игл с наружным диаметром 0,8 мм. Поведение струй в сносящем потоке наблюдалось также с помощью шелковинок.

Все опыты проводились в условиях изотермического течения для завесы, установленной только под углом $\alpha = 90^\circ$ к сносящему потоку. За траекторию струи принята линия

с максимальным значением скорости в каждом её поперечном сечении.

Многие исследователи [1], [2], [3], [4] показали, что зако-

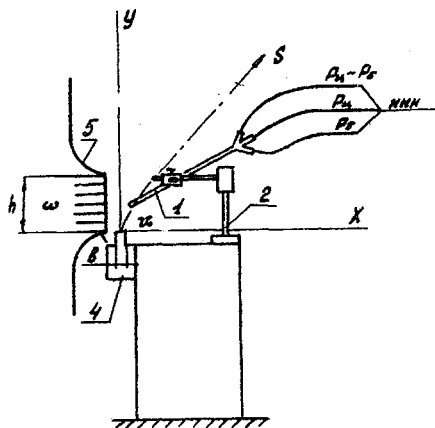


Рис.1. Схема рабочего участка опытной установки:

1 - трехканальный насадок; 2 - координатник; 3 - микроманометр; 4 - воздушная завеса; 5 - выходное отверстие камеры сносящего потока

номерности развития траектории струи в условиях изотермического и неизотермического течения зависят от величины угла α , комплексного гидравлического параметра q , равного отношению динамических давлений воздушной струи $\rho_0 v_0^2$ и сносящего потока ρw^2 . Поскольку в наших условиях $\alpha = const$, основной величиной, определяющей искривление струи, является параметр q , который в опытах изменялся от 9,8 до 113.

Предварительная обработка показала, что разброс опытных точек зависит от величины коэффициента m [5], характеризующего интенсивность затухания скорости в струе. Поэтому при окончательной обработке вводилась поправка на m , что привело к значительному уменьшению разброса точек в системе координат $\frac{x}{m\delta}$ и $\frac{y}{m\delta}$. Величина коэффициента m при $\delta \approx 2+7,3$ мм изменялась в диапазоне от 2,2 до 2,45.

В качестве характерного примера на рис.2 представлены результаты нескольких опытов, в которых нашла отражение зависимость траектории струи от величины параметра m и от размера δ щели струйного насадка. Обработка экспериментальных данных позволила получить следующее уравнение траектории струи:

в пределах действия сносящего потока

$$\frac{x}{m\delta} = 0,78 \frac{1}{q^{0,7}} \left(\frac{y}{m\delta}\right)^2; \quad (2)$$

за пределом сносящего потока

$$\frac{x}{m\delta} = C \frac{1}{q^{0,7}} \left(\frac{y}{m\delta}\right)^{1,4}, \quad (3)$$

в которой коэффициент C определяется по графику, представленному на рис. 3.

На рис. 4 построены траектории струй по уравнениям (2) и (3), а также по формуле (1). Как видно из графика, в зоне сносящего потока траектория струй, рассчитанных по формуле (1), кривые 7 и 8, близка к траектории струй, полученных по формуле (2), кривые 2 и 5. Однако в верхней части сносящего потока и, следовательно за его пределами, кривые 7 и 8 отклоняются значительно сильнее, чем в наших опытах.

При изучении закономерностей развития струи в сносящем потоке определенный интерес представляют особенности изменения осевой скорости воздушной струи. Как показали наши опыты, изменение максимальных осевых скоростей плоской струи в сносящем потоке зависит от отношения скоростей струи и потока, причем изменение это будет происходить тем быстрее, чем меньше отношение v_0/w .

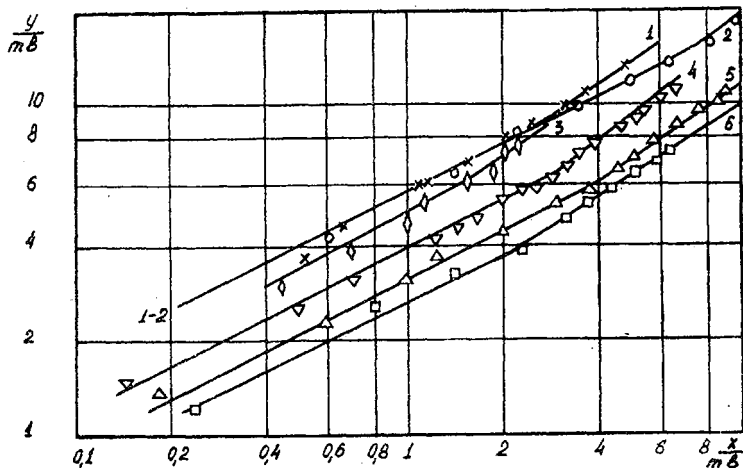


Рис.2. Зависимость $\frac{x}{m\delta} = f\left(\frac{y}{m\delta}, q\right)$:

1	-	$\delta = 4$, $m = 2,2$, $q = 91$, $v_0/w = 9,52$
2	-	$\delta = 2,7$, $m = 2,45$, $q = 91$, $v_0/w = 9,52$
3	-	$\delta = 6$, $m = 2,3$, $q = 60,5$, $v_0/w = 7,78$
4	-	$\delta = 6$, $m = 2,3$, $q = 31,2$, $v_0/w = 5,6$
5	-	$\delta = 6$, $m = 2,3$, $q = 15,2$, $v_0/w = 3,9$
6	-	$\delta = 7,3$, $m = 2,2$, $q = 9,6$, $v_0/w = 3,13$

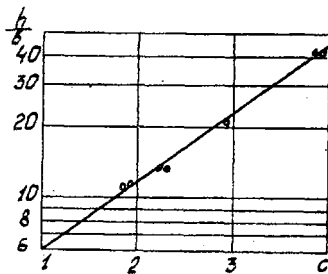


Рис.3. График для определения постоянной C в уравнении (3)

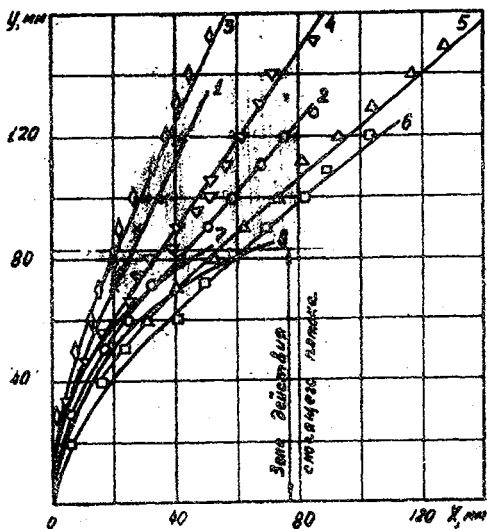


Рис.4. Траектория струй (обозначения см.к рис.2)

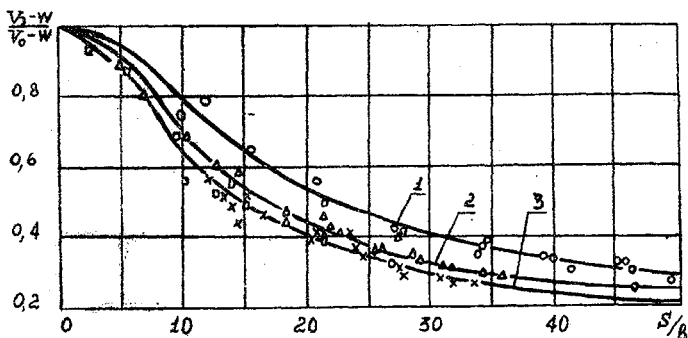


Рис.5. Зависимость $\frac{V_0 - w}{V_0 - w} = f\left(\frac{S}{b}, m\right)$:
 1 - $b = 2, m = 2,45$; 2 - $b = 6, m = 2,3$;
 3 - $b = 4, m = 2,2$; 3а - $b = 7,3, m = 2,2$

Для получения расчетной зависимости, характеризующей изменение осевой скорости, была проведена обработка опытных данных по избыточной скорости в струе. При этом определялась связь между относительным расстоянием S/δ и величиной $\frac{v_s - w}{v_0 - w}$, в которой v_s - скорость на оси струи на расстоянии S от среза сопла завесы. Следует отметить, что обработка по параметру $\frac{v_0}{w}$ менее удовлетворительна.

Опытные исследования показали, что изменение осевой скорости при выбранной методике обработки не зависит от гидродинамического параметра q , влияние же коэффициента m сохраняется. Уравнение, характеризующее изменение осевой скорости воздушной завесы на расстоянии $S > 8\delta$, имеет следующий вид:

$$\frac{v_s - w}{v_0 - w} = 0,58 \left(\frac{\delta}{S} \right)^{0,65} m^2. \quad (4)$$

На рис.5 нанесены кривые изменения осевой скорости по формуле (4), а также опытные точки для различных целевых насадков. Наибольшее отклонение опытных точек составляет 15% и, главным образом, в пределах сносящего потока, что объясняется трудностями экспериментальных измерений в этой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Д.В. Эффективное сжигание надслойных горючих газов в топках. Эст.Госиздат, 1958.
2. Падатник И.Б., Темирбаев Д.И. Закономерности распространения осесимметричной воздушной струи в сносящем однородном потоке. "Проблемы теплоэнергетики и прикладной теплофизики", вып.4, г.Алма-Ата, "Наука", 1967.
3. Иванов Д.В. Основы расчета и проектирования газовых горелок. Гостоптехиздат, 1963.
4. Шандорюв Г.С. Истечение из канала в неподвижную и движущуюся среду. ЖТФ, т.ХХУП, в I, 1957.
5. Указания по расчету приточных воздухораспределительных устройств. Госстрой СССР, Главпромстройпроект, ГПИ Сантехпроект, НИИ санитарной техники, ВНИИГС.