

Приравнявая (8) и (9), после преобразований приходим к полученному в работах [1, 2] квазиодномерному уравнению количества движения

$$\frac{\partial \lambda f V}{\partial t} + \frac{\partial f V W}{\partial s} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial s} \left[3 \mu f \left(\lambda^{-1} \frac{\partial V_{\tau}}{\partial s} - k V_n \right) \tau + Q \right]$$

В рамках подобного подхода может быть учтено также влияние массовых сил и усилий на боковой поверхности струи.

Квазиодномерное уравнение момента количества движения, выведенное в [1, 2], точно так же получается интегрированием по сечению струи дифференциального уравнения

$$\frac{d}{dt} [r \times v (1 - ky)] = r \times (\nabla \cdot \sigma^*)$$

где $r = R + yn + zb$ — радиус-вектор точки в струе.

Таким образом, квазиодномерные уравнения струйного движения капельной жидкости получены интегрированием по сечению тонкой струи дифференциальных трехмерных уравнений гидродинамики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Енгов В. М., Ярин А. Л. Динамика струй капельной жидкости. М., 1979, 64 с. (Препринт Ин-та пробл. мех. АН СССР, № 127).
2. Енгов В. М., Ярин А. Л. Уравнения динамики струи капельной жидкости. — Изв. АН СССР. МЖТ, 1980, № 5, с. 11–18.

Москва

Поступила в редакцию
12.V.1981

УДК 532.525.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИНЫ И ВОЛНОВОЙ СТРУКТУРЫ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО УЧАСТКА В ПРЯМОЙ И РАСТЕКАЮЩЕЙСЯ ГАЗОВЫХ СТРУЯХ

ЛАКОТКИН Ю. Б.

Приведены результаты экспериментального исследования волновой структуры прямой и растекающейся газовых струй. Получены зависимости для расчета длины газодинамического участка в прямой и растекающейся газовых струях.

Результаты исследования структуры прямой и растекающейся струй холодного газа изложены в работах [1–3]. Однако в них недостаточно данных о структуре растекающейся газовой струи и ее протяженности при различных углах встречи прямой струи с бесконечной и конечной преградами; не рассмотрена волновая структура при растекании струи по вогнутой и выпуклой преградам; требуется уточнение количества отдельных скачковых конфигураций и длины каждой из них в прямой газовой струе, а также зависимости для расчета длины газодинамического участка.

Исследования проводились на горячих (показатель адиабаты $k=1,25$) и холодных ($k=1,4$) струях путем измерения давления на преградах и теневого фотографирования. Использовалось 16 вариантов сопел с диаметрами $d_k=3, 5, 10$ и 15 мм. Сопло каждого диаметра было выполнено в четырех модификациях, отличающихся степенью расширения: $M_a=2, 3, 4, 5$. Нерасчетность n менялась в пределах от 0,18 до 6,4 с шагом $h=0,3$.

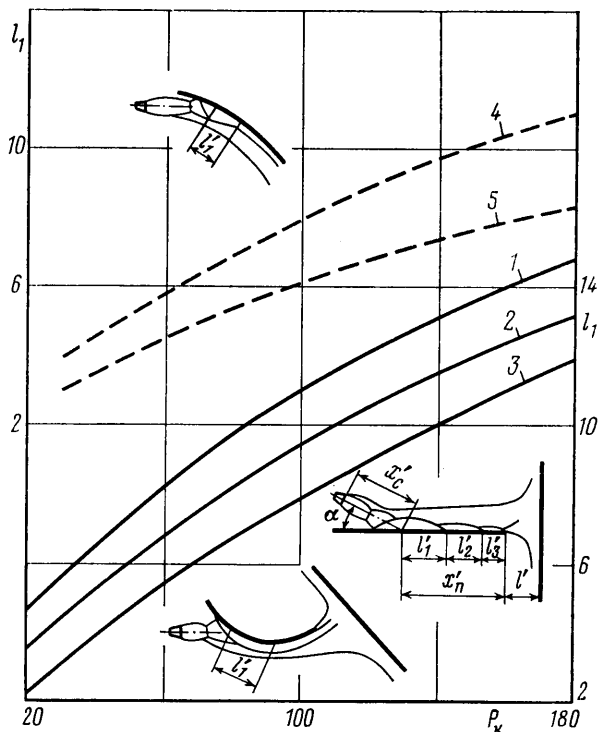
Главным критерием при определении длины газодинамического участка в прямой газовой струе является отношение давления в ресивере к атмосферному давлению ($p_k/p_a=P_k$). Поэтому длина газодинамического участка с точностью до определения длины первой «бочки» может быть описана однопараметрической зависимостью

$$L = \frac{L'}{d_k} = 8,13 (P_k)^{0,53}$$

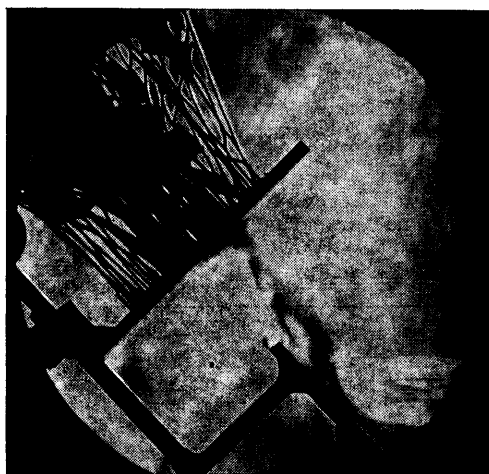
При $M_a > 1$, $n > 1$ и $P_k \geq 35$ за первой волновой конфигурацией в виде бочки следует пять волновых конфигураций в виде конусов; длина каждой конусообразной волновой конфигурации убывает вниз по потоку и аппроксимируется зависимостью

$$l_N = \frac{l'_N}{d_k} = (\gamma - BN) (P_k)^{\beta N - \xi}$$

$\gamma=0,9501$; $B=0,0532$; $\beta=0,5731$; $\xi=0,021$.



Фиг. 1



Фиг. 2

При $n < 1$ вместо первой бочки имеет место конусообразная конфигурация, после нее волновая конфигурация в виде бочки, а затем пять конусообразных волновых конфигураций аналогичных и соответственно равных по длине конусообразным конфигурациям в недорасширенной струе.

Газодинамический участок сохраняется и в растекающейся газовой струе. Он фиксируется как при течении по преграде (фиг. 1), так и при сходе с нее (фиг. 2). При этом газодинамический участок в растекающейся газовой струе фиксируется только в том случае, если прямая газовая струя подходит к преграде на участке, где наблюдаются конусообразные волновые конфигурации. Обработка теневых фотографий показывает, что конструкция скачковых конфигураций и их количество в растекающейся (после встречи с бесконечной плоской, вогнутой или выпуклой пре-

градами) газовой струе зависят от α и не зависят от M_α и n . Газодинамический участок растекающейся газовой струи хорошо следит за формой преграды. При этом скачки нерасчетности повторяют кривизну преграды и после схода с нее. На фиг. 3 показано влияние угла α и величины P_k на длину газодинамического участка в растекающейся газовой струе; кривые 1-4 соответствуют значениям $P_k=50; 105; 140$ и 175 .

Длина газодинамического участка в растекающейся газовой струе $L_g' = \text{const}$ при всех значениях x_n' и l' , для $1 \leq x_c = x_c'/d_k \leq 30$ при растекании по плоской, вогнутой и выпуклой преградам и может быть аппроксимирована следующими зависимостями:

$$L_g = \frac{L_g'}{d_k} = a \exp(C - B\alpha) P_k$$

$$(30^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ)$$

$$L_g = \frac{f}{\alpha^a} \exp\left(\frac{K}{\alpha^\beta} P_k\right)$$

$$(15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ)$$

$$a=4,35; B=0,16 \cdot 10^{-3}; \omega=1,78;$$

$$\beta=-1,025; C=0,0154;$$

$$f=1,86 \cdot 10^3; K=0,3227 \cdot 10^{-3}$$

На фиг. 1 показано влияние величины P_k на длину первой скачковой конфигурации в растекающейся по плоской и выпуклой преградам газовой струе при углах $\alpha=15, 30$ и 60° (сплошные кривые 1-3) и в растекающейся по вогнутой преграде газовой струе при углах $\alpha=15$ и 30° (штриховые кривые 4 и 5).

Длина первой скачковой конфигурации в растекающейся по плоской и выпуклой преградам газовой струе аппроксимируется зависимостью

$$l_1 = \frac{l_1'}{d_k} = 2(B + C\alpha + D\alpha^2) P_k^{\beta + \gamma\alpha}$$

$$B=0,666; C=-0,159; D=0,121 \cdot 10^{-3} \quad \beta=0,4714; \gamma=0,404 \cdot 10^{-2}$$

Длина первой скачковой конфигурации в растекающейся по вогнутой преграде газовой струе меньше и аппроксимируется зависимостями

$$l_1 = 0,5284 (P_k)^{0,587} \quad (\alpha=30^\circ); \quad l_1 = 0,491 (P_k)^{0,5445} \quad (\alpha=60^\circ)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдаев Б. Н., Михайлов М. С., Савин В. К. Теплообмен при взаимодействии струи с преградами. М.: Машиностроение, 1977. 247 с.
2. Анцупов А. В., Благосклонов В. И. О структуре сверхзвуковой струи, истекающей в затопленное пространство. - Тр. ЦАГИ, 1976, вып. 1781, 23 с.
3. Анцупов А. В. Исследование параметров нерасчетной сверхзвуковой струи газа. - Ж. техн. физ., 1974, т. 44, № 2, с. 372.

Ленинград

Поступила в редакцию
3.XI.1981

УДК 532.528

ОБ ОДНОЙ СХЕМЕ РАЗВИТОГО КАВИТАЦИОННОГО ОБТЕКАНИЯ КЛИНА

БЕКУЛОВ М. Т.

Для изучения симметричного стационарного обтекания с развитой кавитацией клина в канале потоком идеальной несжимаемой и невесомой жидкости предлагается схема, которая обобщает существующие схемы кавитационного обтекания тел и описывает течение, являющееся промежуточным между обтеканием препятствий по схемам Рябушинского и Эфроса. Подробные расчеты проведены для коэффициента сопротивления и размеров каверны в случае пластинки, обтекаемой неограниченным потоком. Результаты расчета приложены в виде числовой таблицы.