

подается либо на квадратичный вольтметр 7, показания которого пропорциональны средней квадратичной величине пульсационной составляющей скорости, либо на анализатор спектра колебаний 8, который позволяет определить частоты колебаний пульсационной

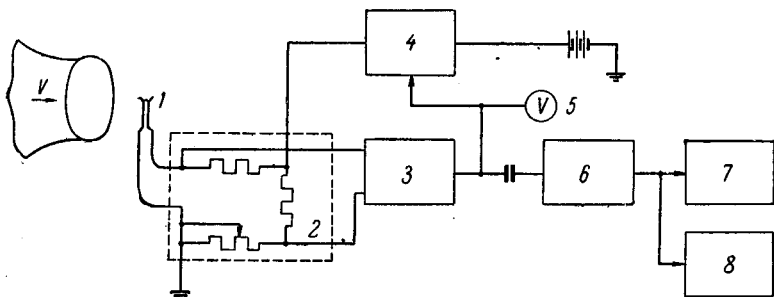


Рис. 3.30. Схема измерения скорости с помощью теплоэлектроанометра.

скорости. Зависимость между изменением электрического сопротивления и скоростью воздуха в том месте, где находится проволочка, определяется опытным путем, с помощью тарировки по другому измерителю скорости. Теплоэлектроанометр, в отличие от приемников полного и статического давления, является безынерционным прибором, и поэтому он пригоден и для измерения скоростей в неустановившемся потоке.

## § 9. Векторная и координатная диаграммы распределения давления

Распределение давления по поверхности тела, движущегося относительно среды, изображается графически с помощью диаграмм; применяются векторная и координатная диаграммы.

На векторной диаграмме, которая является наиболее наглядным способом изображения, коэффициенты давления (или избыточные давления) изображаются в виде векторов, нормальных к поверхности тела и направленных внутрь тела или наружу, смотря по тому, является коэффициент давления  $\bar{p}$  (или избыточное давление  $p - p_\infty$ ) положительным по знаку или отрицательным.

В простейшем случае, когда среда несжимаема, а тело (малой толщины по сравнению с длиной) имеет ось симметрии или плоскость симметрии и движется в среде параллельно этой оси или плоскости, векторная диаграмма распределения давления по поверхности тела имеет вид, представленный на рис. 3.31. Носовая точка тела является в этом случае точкой торможения потока; избыточное давление в этой точке, если среда несжимаема, равно  $\rho_\infty V_\infty^2 / 2$  и, следовательно, коэффициент давления равен единице. При удалении от носовой точки

вдоль контура продольного сечения тела местная скорость потока нарастает, и поэтому коэффициент давления убывает. В некоторой точке контура местная скорость становится равной скорости потока на бесконечности  $V_\infty$ , и поэтому  $p - p_\infty$  и  $\bar{p}$  в этой точке равны нулю. В средней части тела (на рис. 3.31 области II и III), где его поперечные размеры наибольшие, прилегающие к телу струйки среды сжаты наиболее сильно и здесь местные скорости  $v$  больше, нежели  $V_\infty$ .

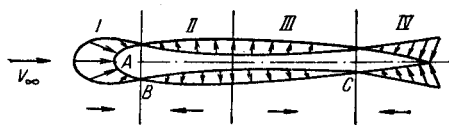


Рис. 3.31. Векторная диаграмма распределения давления по поверхности тела, имеющего ось или плоскость симметрии, при обтекании потоком несжимаемой среды, направленным вдоль этой оси или плоскости.  $A$  — точка торможения потока;  $B$  и  $C$  — точки, в которых местная скорость равна  $V_\infty$ .

Величины  $p - p_\infty$  и  $\bar{p}$  здесь отрицательны по знаку. В хвостовой части тела, если она плавно сходит на нет, происходит торможение потока,  $v < V_\infty$ , а  $p - p_\infty$  и  $\bar{p}$  по знаку положительны. Таким образом, спроектировав избыточные давления на ось симметрии или плоскость симметрии тела, мы увидим, что продольная нагрузка, происходящая от давления, в областях I и III направлена от носа к хвосту, в областях II и IV — от хвоста к носу.

Влияние сжимаемости среды на распределение давлений по поверхности тела будет изучено в дальнейшем (гл. V).

Координатная диаграмма распределения давлений строится в системе координат, где по оси абсцисс откладываются абсциссы точек на контуре продольного сечения тела, или безразмерные отношения этих абсцисс  $x$

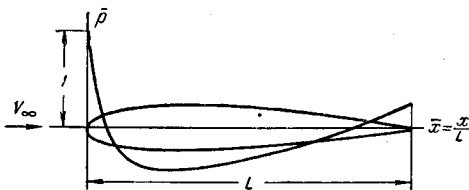


Рис. 3.32. Координатная диаграмма распределения давления для того же случая, что и на предыдущем рисунке.

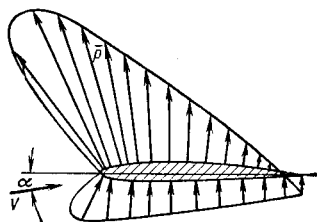


Рис. 3.33. Векторная диаграмма распределения давления при несимметричном обтекании тела несжимаемой средой.

к продольному размеру тела  $L$ , а по оси ординат — коэффициенты давления  $\bar{p}$  или избыточные давления  $p - p_\infty$ . Типичный вид координатной диаграммы для рассматриваемого простейшего случая представлен на рис. 3.32.

В более сложном случае, если тело не имеет плоскости симметрии или оси симметрии или движется с углом атаки, не равным нулю, распределение давлений будет разным на верхней и нижней поверхностях тела. Типичный вид векторной диаграммы для этого случая показан на рис. 3.33, а координатные диаграммы для разных

углов атаки изображены на рис. 3.34. (Заметим, что на практике часто откладывают по оси ординат —  $\bar{p}$ , ибо отрицательные значения коэффициента давления соответствуют, как правило, верхней части поверхности; однако мы не будем придерживаться этого способа.) Из этих диаграмм видно, что при движении тела в несжимаемой среде с малыми положительными углами атаки понижение давления (по сравнению с  $p_\infty$ ) на верхней части поверхности может быть значительно большим по абсолютной величине, чем повышение давления на нижней части поверхности. Следовательно, в этих условиях аэродинамическая подъемная сила тела происходит в основном от понижения давления (подсасывания) на верхней части поверхности, а не от повышения давления на нижней части поверхности. Необходимо отметить, что для сжимаемой среды это положение верно лишь при малых скоростях движения (по сравнению со скоростью звука). При сверхзвуковых скоростях движения роли верхней и нижней частей поверхности тела в образовании подъемной силы могут быть и одинаковыми.

Из этих диаграмм видно также, что при больших углах атаки распределение давлений по верхней части поверхности резко изменяется по сравнению с малыми углами атаки. Как будет выяснено в дальнейшем, это обстоятельство является результатом отрыва пограничного слоя и вихреобразования над верхней поверхностью, происходящих из-за резкого расширения потока в этом месте.

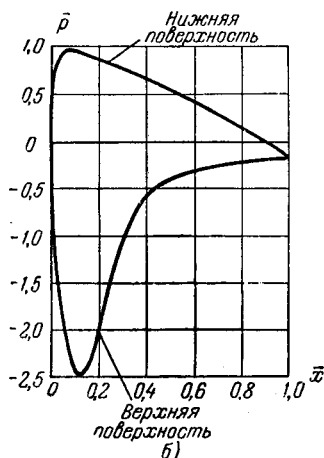
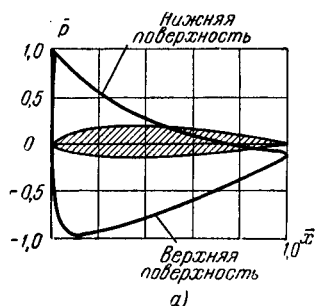


Рис. 3.34. Координатные диаграммы распределения давления при несимметричном обтекании тела несжимаемой средой:

а) углы атаки, при которых нет вихреобразования над верхней поверхностью тела; б) углы атаки, при которых образуются вихри над верхней поверхностью тела.

## § 10. Распределение касательных напряжений по поверхности удобообтекаемого тела

В авиационной и ракетной технике применяются главным образом тела малого сопротивления, называемые иначе удобообтекаемыми телами. Для таких тел при движении в несжимаемой среде с постоянной скоростью основной по величине составляющей сопротивления является сопротивление, происходящее от трения среды о поверхность тела, т. е. от касательных напряжений на поверхности.