

ти  $v_1, v_2$  (рис. 2) на отрезок кривой — образ характеристики дифференц. ур-ний в плоскости течения. Для совершенного газа с пост. теплоёмкостями кривые 1 и 2 (эпидроиды) соответствуют П.—М. т. двух семейств (все другие кривые, к-рым соответствуют все возможные П.—М. т. в физ. плоскости, получаются из кривых

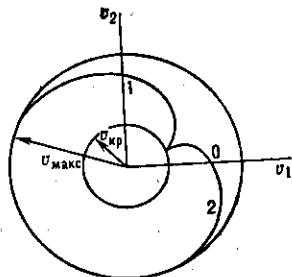


Рис. 2. Диаграмма характеристик течения Прандтля — Майера в плоскости годографа скорости. Линии 1 и 2 соответствуют течениям Прандтля — Майера разных семейств.

1 и 2 поворотом их вокруг центра и лежат между окружностями с радиусами, равными критич.  $v_{кр}$  и макс.  $v_{макс}$  скоростям адиабатич. движений газа). Полученная таким способом «диаграмма характеристик» в плоскости годографа позволяет решать многие задачи о П.—М. т. графич. методом.

П.—М. т. имеет простую структуру. В течениях, соответствующих, напр., кривой 2 на рис. 2, все характеристики первого семейства в физ. плоскости течения  $x_1$  и  $x_2$  прямолинейны (рис. 1) и на каждой из них значения  $v_1, v_2$  (и значения др. параметров, связанных с величиной скорости, — давления, плотности, темп-ры) неизменны. П.—М. т. имеют физ. смысл лишь в области, где не происходит пересечение прямолинейных характеристик; на рис. 1 это может быть область над линией тока  $СОС_1$ . Согласно кривой 2 на рис. 2, при повороте вектора скорости потока по часовой стрелке, как на рис. 2, величина скорости растёт и, согласно интегралу Бернулли (см. *Бернулли уравнение*), давление и плотность газа падают — происходит разрежение газа.

При обтекании вогнутого участка стенки (рис. 3) происходит сжатие газа и движение является П.—М. т. лишь в области вверх по потоку от характеристики второго семейства  $АС_1$ , идущей из ближайшей к стенке

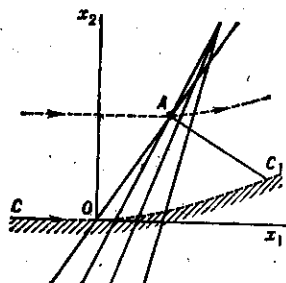


Рис. 3. Схема течения Прандтля — Майера со сжатием газа (обтекание вогнутой криволинейной стенки).

точки пересечения прямолинейных характеристик А. У точки А образуется «висячий», не примыкающий к стенке скачок уплотнения, распространяющийся внутрь области течения; поток за скачком становится вихревым.

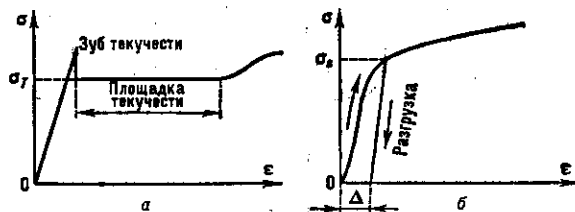
П.—М. т. описываются простыми ф-лами, полученными интегрированием упомянутых выше дифференц. ур-ний, для их расчёта имеются подробные таблицы, позволяющие построить картину течения (линии тока) и определить все газодинамич. параметры.

Лит.: Абрамович Г. Н., Прикладная газовая динамика, 5 изд., ч. 1—2, М., 1991; Черный Г. Г., Газовая динамика, М., 1988.

**ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ** в сопротивлении материалов — напряжение, при к-ром начинает развиваться пластич. деформация. В опытах с растяженным цилиндрич. образца определяется нормальное

напряжение  $\sigma_s$  в поперечном сечении, при к-ром впервые возникают пластич. (необратимые) деформации. Аналогично в опытах с кручением тонкостенного трубчатого образца определяется П. т. при сдвиге  $\tau_s$ . Для большинства металлов  $\sigma_s = \tau_s \sqrt{3}$ .

В нек-рых материалах при непрерывном удлинении цилиндрич. образца на диаграмме зависимости нормального напряжения  $\sigma$  от относит. удлинения  $\epsilon$  обнаруживается т. н. зуб текучести, т. е. резкое снижение напряжения перед появлением пластич. деформации (рис., а), причём дальнейший рост деформации (пластической) до нек-рого её значения происходит при неизменном напряжении, к-рое наз. физическим П. т.  $\sigma_T$ . Горизонтальный участок диаграммы  $\sigma \sim \epsilon$  наз. площадкой текучести; если её протяжённость велика, материал наз. идеально-пластическим (неупрочняющимся). В др. материалах, к-рые наз. упрочняющимися,



площадки текучести нет (рис., б) и точно указать напряжение, при к-ром впервые возникают пластич. деформации, практически невозможно. Вводится понятие условного П. т.  $\sigma_s$  как напряжения, при разгрузке от к-рого в образце впервые обнаруживается остаточная (пластич.) деформация, величины  $\Delta$ . Остаточные деформации, меньшие  $\Delta$ , условно считаются пренебрежимо малыми. Напр., П. т., измеренный с допуском  $\Delta = 0,2\%$ , обозначается  $\sigma_{0,2}$ . См. также *Пластичность*, В. С. Ленский.

**ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГРУППЫ СИММЕТРИИ** — см. *Симметрия кристаллов*.

**ПРЕДЕЛЬНЫЙ ЦИКЛ** — изолированная замкнутая траектория в фазовом пространстве динамич. системы, изображающая периодич. движение. В окрестности П. ц. фазовые траектории либо удаляются от него (неустойчивый П. ц.), либо неограниченно приближаются к нему — «наматываются» на него (устойчивый П. ц.). Поведение траекторий в окрестности П. ц. связано со значениями его мультипликаторов (см. *Бифуркация*). Если абс. величины всех мультипликаторов меньше 1, то все траектории неограниченно приближаются к нему и он устойчив. Устойчивый П. ц. является матем. образом периодич. автоколебаний. Напр., ур-ние Ван дер Поля (описывающее, в частности, динамику лампового генератора)

$$\frac{d^2x}{dt^2} - \epsilon(1-x^2) \frac{dx}{dt} + x = 0$$

имеет при значениях параметра  $\epsilon > 0$  единственный устойчивый П. ц. (рис. 1).

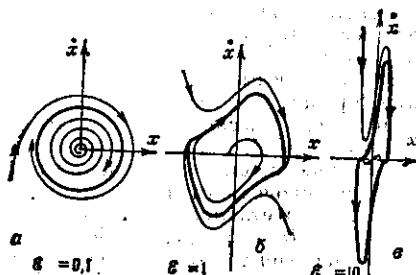


Рис. 1. Фазовые портреты генератора Ван дер Поля при различных значениях нелинейности: а — квазигармоничные колебания; б — сильно несинусоидальные; в — релаксационные.