

задача состоит в определении, например, сопротивления трению при движении тела, то предполагать среду идеальной нельзя, а нужно рассматривать и касательные усилия, т. е. учитывать присущую среде вязкость.

§ 5. Гипотеза о непрерывности жидкой и газообразной среды. Границы ее применения

Для изучения механики жидкостей и газов необходимо ясно представлять себе их физическое строение.

Действительное строение материи, в частности жидкости или газа, как мы знаем, молекулярное, и следовательно, силы взаимодействия между частицами являются в конечном счете молекулярными. При движении жидкости или газа на основной поток накладывается беспорядочное молекулярное движение. Таким образом, действительное движение жидкости или газа оказывается чрезвычайно сложным.

Но теория не может рассматривать действительность такой, какова она есть, со всей присущей ей сложностью явлений. Теория всегда начинает с того, что упрощает, лучше сказать, схематизирует действительность; эта схематизация приводит к так называемой модели явления, которая затем кладется в основу исследования.

Вообще говоря, можно придумать очень много предположений, упрощающих действительность, но практическую ценность для исследования имеют только те из них, в которых пренебрегают свойствами и величинами, для данного исследования не существенными (т. е. такими, которые не изменяют основных результатов), и наоборот, подчеркивают именно те особенности рассматриваемого явления, которые определяют его сущность.

Мы остановимся сейчас на основной для всей аэродинамики гипотезе о структуре жидкостей и газов. Эта гипотеза удачно упрощает действительность и создает тем самым модель жидкой или газообразной среды.

Беспорядочное молекулярное движение, которое накладывается на основной поток, значительно его усложняет, и поэтому естественно в первом приближении не принимать его во внимание. Для решения задачи о силовом взаимодействии между жидкой или газообразной средой и телом (если газ не очень разрежен) оказывается достаточным изучить движение частиц среды, размеры которых во много раз превосходят молекулярные. Вспомним, что в одном кубическом миллиметре воздуха содержится при нормальных условиях $2,7 \cdot 10^{16}$ молекул; нет надобности определять движение каждой из них; достаточно для технических приложений изучить движение такой частицы в целом, как если бы она была сплошь заполнена материей. Можно поэтому во многих аэродинамических исследованиях отказаться от действительного, молекулярного строения материи и предположить,

что жидкость или газ заполняют пространство сплошь без образования каких бы то ни было пустот. В этом заключается *гипотеза о непрерывности или сплошности жидкой среды*, которая впервые была введена в науку Даламбером в 1744 г. и затем Эйлером в 1753 г., в противоположность представлению Ньютона о том, что жидкость состоит из отдельных частиц.

Гипотеза непрерывности жидкой среды сразу же упрощает исследование; она позволяет рассматривать *все механические характеристики жидкой среды, каковыми являются скорость, плотность, давление и т. д., как функции координат точки и времени*, причем в большинстве случаев эти функции предполагаются непрерывными и дифференцируемыми.

Наблюдения показывают, что струйки несжимаемой жидкости, подходя к препятствию, еще на значительном расстоянии от него изменяют свое направление, деформируются и плавно обходят (обтекают) препятствие. Отсюда следует, что давление в жидкости передается непрерывно от одной струйки к другой так, как если бы жидкость была *сплошной, деформируемой средой*.

В дальнейшем мы будем рассматривать главным образом гипотетическую сплошную, деформируемую среду. Но принимая ту или иную гипотезу, необходимо помнить, что основанная на ней теория верна лишь в пределах применимости самой гипотезы. В данном случае, принимая гипотезу о непрерывности жидкой среды, следует иметь в виду, что все теоретические выводы, основанные на ней, применимы лишь к частицам, размеры которых значительно превосходят размеры молекул, и неприменимы к частицам, размеры которых сравнимы с молекулярными.

Кроме того, если газ является сильно разреженным, как это имеет место, например, в атмосфере на большой высоте, то применять к нему гипотезу о непрерывности среды также нельзя. В этом случае молекулы находятся друг от друга на значительных расстояниях и длина их свободного пробега велика. Так, например, на высоте приблизительно в 160 км над уровнем моря в одном кубическом миллиметре воздуха содержится всего одна молекула, т. е. в $2,7 \cdot 10^{16}$ раз меньше, чем у земли при нормальных условиях. Ясно, что в этом случае нельзя рассматривать такой объем, как сплошь заполненный газом.

Таким образом, применение гипотезы о непрерывности среды к решению практических задач ограничено, с одной стороны, размерами частиц, сравнимыми с молекулярными, с другой стороны, количеством молекул, находящихся в рассматриваемом объеме. При изучении обтекания тел потоком разреженного газа можно применять гипотезу о непрерывности среды лишь в том случае, если отношение характерного размера тела (длины корпуса ракеты, хорды крыла и т. п.) к длине свободного пробега молекулы представляет собою величину порядка 10^8 или выше.