

ТЕОРИЯ УДАРА

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ УДАРА

Ударом называют явление, при котором за малый промежуток времени, т. е. почти мгновенно, скорости части или всех точек системы изменяются на конечные величины по сравнению с их значениями непосредственно перед ударом или после него. Длительность удара составляет обычно десятые и меньшие части долей секунды.

Встречаются различные по характеру случаи ударных явлений. В простейших случаях удар проявляется как почти мгновенное наложение или снятие связей. Примером удара, связанного с мгновенным наложением связей, может служить столкновение поступательно движущегося тела с другим неподвижным, телом. Удар, обусловленный мгновенным снятием связей или их разрушением, можно представить как отрыв части тела при его быстром вращении вокруг оси и т. п. Могут быть ударные явления более сложного характера, связанные, например, с периодическим наложением и снятием связей (ковка, штамповка и др.).

Изменение скоростей точек при ударе на конечные величины связано с большими ударными ускорениями этих точек, возникновение которых требует больших ударных сил. Если $\bar{F}$ — ударная сила, τ — длительность, или время удара, то характерный график изменения ударной силы за время удара от момента t_1 до момента t_2 имеет вид, показанный на рис. 151. Ударная сила быстро возрастает от нуля в момент начала удара до максимального значения, затем так же

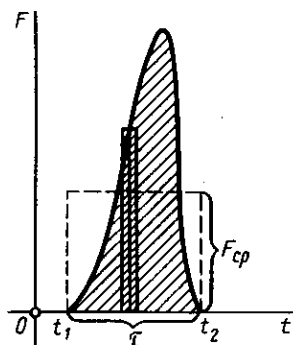


Рис. 151

быстро уменьшается обычно по другому закону до нуля в конце удара. Во многих случаях не требуется детального знания закона изменения ударной силы. Достаточно знать только суммарный импульс этой быстро меняющейся силы за время удара или ударный импульс. Ударным импульсом называют векторную величину

$$\bar{S} = \int_0^{\tau} \bar{F} dt. \quad (1)$$

Ударный импульс графически изображается на рисунке заштрихованной площадью, ограниченной кривой линии изменения ударной силы, и осью абсцисс, по которой откладывается время.

Иногда рассматривают среднюю ударную силу — постоянную в течение удара силу, которая за время удара дает такой же ударный импульс, как и переменная ударная сила. Средняя ударная сила определяется из соотношения

$$F_{cp} \tau = S. \quad (2)$$

Большие ударные силы дают конечные ударные импульсы за малое время удара. Средняя ударная сила, согласно ее определению, имеет величину порядка $1/\tau$, т. е. при малом τ является величиной большой.

Импульс неударной силы, например силы тяжести тела, за время удара имеет порядок величины τ , т. е. является величиной малой по сравнению с ударными импульсами. Поэтому импульсами неударных сил можно пренебрегать по сравнению с ударными импульсами.

При ударе двух тел вместе их соприкосновения возникают деформации и, следовательно, перемещения точек тел, обусловленные деформациями. Вследствие малости деформаций по сравнению с перемещениями точек тел за конечный промежуток времени перемещения точек тел за время удара являются величинами малыми. В общем случае, если v_{cp} — средняя скорость за время удара какой-либо точки системы, испытывающей удар, то перемещение этой точки имеет порядок величины τ , так как средняя скорость есть величина конечная. Поэтому перемещениями точек за время удара можно пренебрегать. Считают, что за время удара точки системы не успевают изменить свое положение, а следовательно, не изменяются радиусы-векторы точек и их координаты. Если, например, тело падает на спиральную пружину, то за время удара величина перемещения тела равна сжатию пружины за это время. Этим перемещением можно пренебречь по сравнению, например, с перемещением тела от начала удара тела до момента наибольшей деформации пружины. При ударе пружину можно считать твердым телом в приближенных расчетах при рассмотрении перемещения тела за время удара.

Явление удара широко используется в технике при ковке, штамповке, забивке свай и т. д. Это же явление часто является нежелательным, особенно при ударе деталей в машинах друг о друга вследствие люфтов, при ударе колес транспорта о неровности дороги, стыки рельсов и т. п.

Многие величины, характеризующие удар, с достаточной точностью могут быть получены из общих теорем динамики. Рассмотрим особенности применения этих теорем к явлению удара.