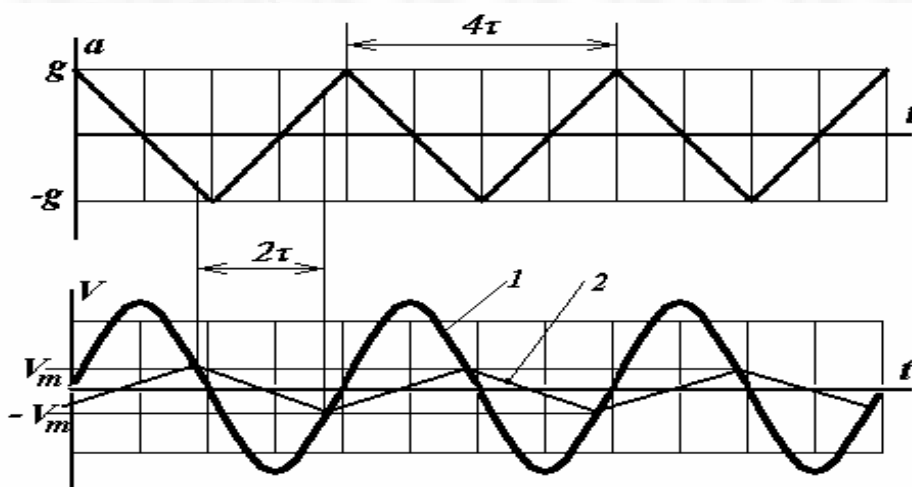


11.4 Попробуем рассчитать переходный режим (установление колебаний) вручную за короткое время, по-видимому, задача трудновыполнимая. Поэтому, обсудим возможный режим установившихся колебаний. Единственная сила, действующая на брусок в горизонтальном направлении (и заставляющая его двигаться) - сила трения со стороны колеблющейся ленты. Направление этой силы зависит от направления относительной скорости движения бруска, поэтому оно будет постоянно изменяться. Ускорение ленты, а, следовательно, и ее скорость меняются в достаточно больших пределах. Не составляет труда подсчитать максимальную скорость ленты - порядка 10 м/с. На нижнем рисунке схематически изображен график зависимости скорости ленты от времени - это набор отрезков параболл - кривая 1 (как будет видно ниже, нам не понадобится точный вид этой зависимости). Коэффициент трения между бруском и лентой транспортера невелик $\mu = 0,10$, поэтому ускорение бруска в 10 раз меньше максимального ускорения призмы. Следовательно, в установившемся режиме скорость бруска также будет изменяться в



небольших пределах, а остановки бруска относительно ленты будут происходить в те моменты времени, когда ее скорость мала, а ускорение велико. В эти моменты времени сила трения покоя не сможет удержать брусок на ленте, он будет постоянно проскальзывать относительно нее.

Следовательно, брусок будет двигаться с постоянным по модулю ускорением равным μg , а его скорость изменяться по линейному закону. В установившемся режиме период колебаний бруска совпадает с периодом колебаний ленты (конечно, это не гармонические колебания). Схематически зависимость скорости бруска от времени показана на рисунке (ломанная 2). Найдем

максимальное значение скорости бруска V_m . За промежуток времени 2τ его скорость изменяется от $-V_m$ до $+V_m$, при этом он движется равноускоренно, поэтому

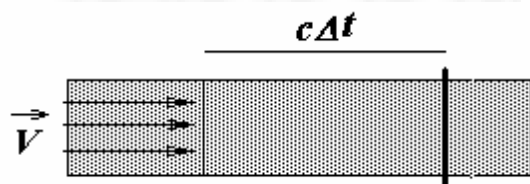
$$V_m = -V_m + \mu g \cdot 2\tau.$$

Откуда следует $V_m = \mu g \tau \approx 1,0 \text{ м/с}$, что в десять раз больше максимальной скорости ленты, поэтому предположение о том, что в моменты времени, когда скорости бруска и ленты равны, ускорение ленты превышает по модулю μg полностью оправдано. Максимальное смещение бруска при таком движении, амплитуда его колебаний, определяется формулой

$$X_m = V_m \tau = \mu g \tau^2 \approx 0,98 \text{ м}$$

Заметим, что закон движения бруска не зависит от закона движения ленты, если только последняя движется по периодическому закону с достаточно большой амплитудой. В частности, наше решение остается справедливым, если ускорение ленты изменяется в тех же пределах, но по гармоническому закону. Так же отметим, что утверждение о равенстве периодов вынужденных колебаний и вынуждающей силы справедливо для любых типов колебаний.

11.5 Гидродинамический удар в трубах возникает при резкой остановке течения воды, в следствие возникновения сил препятствующих этому движению. После перекрывания трубы в



жидкости возникает волна сжатия которая движется со скоростью звука в воде c . Следовательно за малый промежуток времени Δt останавливается столб воды

длиной $l = c\Delta t$. Сила F , которая приводит к остановке, с одной стороны равна PS , (где P - избыточное давление в трубе, S - площадь поперечного сечения трубы), а с другой определяется вторым законом Ньютона $F\Delta t = m\Delta V$. Приравнявая эти выражения, получим

$$c\Delta t S \rho V = PS\Delta t.$$

Откуда находим избыточное давление

$$P = \rho c V.$$

Интересно отметить, что в данном случае численное значение $P \approx 1,5 \cdot 10^6 \text{ Па} \approx 15 \text{ атм}$.