

## АКУСТИЧЕСКАЯ ЛЕВИТАЦИЯ

Камышникова О.С.

Научный руководитель: Тутов И.А.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики  
kamyshnikova.1995@mail.ru

Звуковая левитация – это одно из открытий человечества, которая дает возможность сделать научно-технический прорыв, где люди могут не рисковать своей жизнью при переносе опасных веществ, получать и перемещать сверхчистые вещества.

Левитация - неподвижное зависание объекта в воздухе без какой-либо механической опоры или подвеса. На сегодняшний день различают два вида левитации: магнитная и акустическая. В данной работе была рассмотрена акустическая (звуковая) левитация, способность веществ левитировать, благодаря звуковой волне, а также возможность переноса вещества с помощью левитации.

Акустическая левитация – это процесс, который появился не так давно, например, японские ученые научились приводить в движение частицы воды при помощи акустической системы. [1]. На самом деле левитировать могут только жидкости, но и легкие частицы. На данный момент не удалось заставить какое-либо вещество, тяжелее легких частиц и жидкости парить в воздухе.

Многие считают, что звуковая левитация – это очень громко и болезненно воздействует на слух человека. В действительности звук генерируется на таких частотах, которые не достижимы для человеческих органов слуха и не приносят вреда.

Звуковая волна - это механическое колебание, передающееся во времени. Если напротив источника звуковой волны расположить отражатель на расстоянии равном кратному целому числу полуволн, то образуется стоячая звуковая волна. Будет происходить интерференция отраженной и бегущей волны, на границе которых возникнет либо узел, либо пучность. Пучность - это точка максимальной амплитуды, а узел - точка с амплитудой равной нулю. Именно тогда, когда вещество попадает в узел (фокус), оно начинает «зависать» в воздухе. (Рис.1)

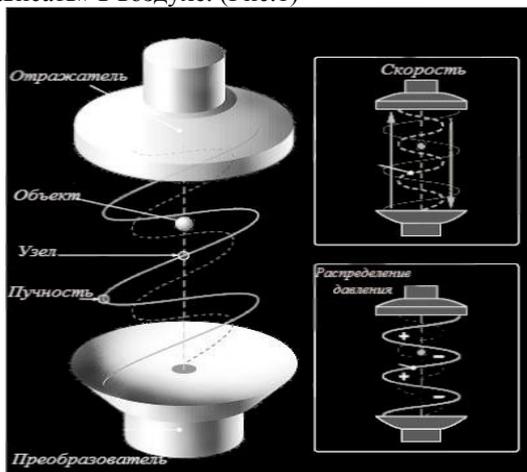


Рис.1 Акустическая левитация частицы

Левитация происходит в узлах волны, поэтому именно в них была исследована энергия. В узлах волны наблюдаются так называемые «потенциальные ямы». Рассмотрим участок волны, какой-либо площадью  $S$  и частицу воды, которая колеблется в данной площади (левитирует), поэтому была рассмотрена сила лобового сопротивления для нахождения скорости данной частицы и вывода формулы энергии.

Сила лобового сопротивления – это такая сила, которая препятствует движению тела в газах и жидкостях. [3]. Не зависит от величины подъемной силы. Сила лобового сопротивления может быть представлена в виде суммы двух составляющих: сопротивления при нулевой подъемной силе и индуктивного сопротивления. Индуктивное сопротивление— это следствие образования подъемной силы на крыле. Для нашей работы индуктивное сопротивление не представляет никакого интереса, поэтому можно сказать, что сила лобового сопротивления равна силе сопротивления при нулевой подъемной силе для данного случая. [5].

$$F_L = C_x \cdot S \cdot \frac{\rho v^2}{2},$$

где  $C_x$  - безразмерный аэродинамический коэффициент лобового сопротивления,  $S$  – площадь поперечного сечения шара,  $\rho$  – плотность среды,  $v$  – скорость распространения волны.

Смещение частиц вдоль волны происходит из-за разности давления, разность давления вызовет приложение силы

$$F = dp \cdot S,$$

где  $dp$  – разность давлений.

По второму закону Ньютона:

$$F_T = ma = m \frac{dv_T}{dt},$$

$$F_T = F_L,$$

$$m \frac{dv_T}{dt} = C_x \cdot S \cdot \frac{\rho v^2}{2},$$

$$v_T = \frac{C_x s \rho}{2m} \cdot \int v^2(t) dt,$$

где  $C_x$  – аэродинамический коэффициент,  $s$  – площадь поверхности,  $\rho$  – плотность среды,  $m$  – масса частицы,  $V_T$  - скорость тела под действием акустической волны,  $v$  – скорость волны.

В итоге была получена скорость тела под действием набегающего воздушного потока акустической волны. Она необходима для нахождения полной энергии тела. Как известно, в энергетической яме присутствует только потенциальная энергия. Тело стремится занять такое положение в пространстве, в котором в некоторой окрестности оно обладало бы минимальной

энергией. Далее построим график для энергии тела, где видны потенциальные ямы, в которых происходит левитация данного вещества.

Кинетическая энергия (график на рис.2):

$$E_k = \left[ \frac{C_x s \rho}{2m} \left( \frac{1}{2} t + \frac{1}{4\omega} \sin(2kx - 2\omega t) + \frac{1}{2\omega} kx \right) \right]^2$$

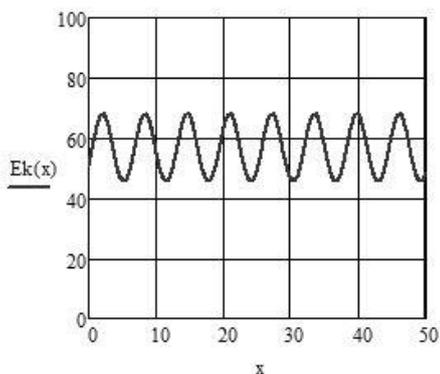


Рис.2 График кинетической энергии

Общая энергия равна сумме двух энергий (график представлен на рис.3):

$$E = mgx + E_k(x)$$

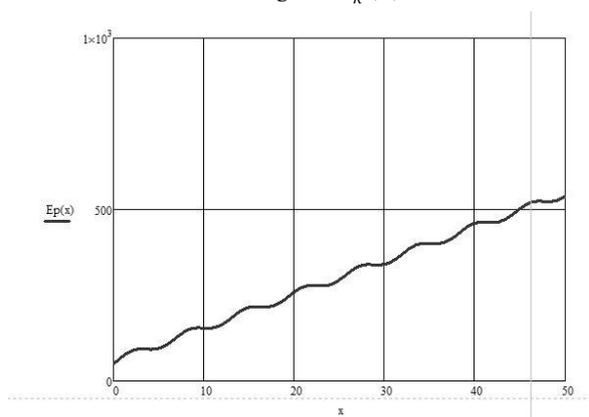


Рис.3 График общей энергии

Таким образом была получена энергия частицы в потенциальной яме, в том месте, где происходит левитация частицы. Далее необходимо определить при каких соотношениях параметров возникают потенциальные ямы. В будущем, следует рассмотреть, каким образом стоит перемещать потенциальные ямы в пространстве для выполнения различных манипуляций над веществом.

#### Список использованных источников и литературы:

1. Т.И. Трофимова Курс физики: Уч. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 560с.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики ( в трех томах): Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1979 – 511 с.
3. Акустическая левитация [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.metodolog.ru/01346/01346.html> (Дата обращения 12.05.2015).

4. Распространение звуковых волн в пространстве [Электронный ресурс]. – URL: <http://edwardsemyonov.narod.ru/3/lecture3.html> (Дата обращения 12.05.2015).

5. Сила лобового сопротивления [Электронный ресурс]. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (Дата обращения 02.09.2015)