

базовые нормы на ТО для нового типа оборудования, без проведения хронометража. Работа велась в рамках выполнения хоздоговора 4-453/14 с ОАО «Томскнефть» ВНК.)

### Список литературы

1. Типовые нормы времени на монтаж контрольно-измерительных приборов и средств автоматики в нефтяной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bestpravo.ru/sssr/eh-praktika/n0b.htm>, свободный (дата обращения: 09.10.2014).
2. Гребенщиков С.А., Силич В.А., Комагоров В.П., Фофанов О.Б., Савельев А.О. Технология разработки информационной системы поддержки принятия решений для управления проектными работами при обустройстве месторождений // Научно-технический вестник ОАО «НК Роснефть». – 2012. – Вып. 29. – № 4. – С. 38–42.

УДК 004

### ЗВУКОВАЯ ЛЕВИТАЦИЯ

*О.С. Камышникова*

*Научный руководитель: И.А. Тутов, ассистент кафедры ИКСУ ИК ТПУ  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

*E-mail: kamyshnikova.1995@mail.ru*

*This article presents acoustic levitation, principle of operation and possibility of movement levitating substances from a theoretical point of view.*

**Keywords:** levitation, acoustic wave.

**Ключевые слова:** левитация, акустическая волна.

Левитацией называется такое состояние тела, при котором оно «парит» в воздухе без каких-либо механических воздействий. Акустическая левитация использует свойства звука вызывать колебания в веществах и жидкостях. Акустическую левитацию придумали в NASA в 1980-х годах, тогда ученым удалось добиться того что таким образом можно было удерживать деревянные шарики и капли глицерина. В 2013 году ученые из Швейцарской высшей технической школы под руководством Даниеля Форести разработали способ перемещения объектов и удержания более одного предмета в воздухе одновременно. Японские ученые Токийского университета и Технологического института Нагои научились приводить в движение небольшие объекты при помощи сложной системы акустической левитации. Небольшие частицы можно было перемещать в трехмерном пространстве размерами от 0,6 до 2 мм. До этого предметы перемещались только в двумерном пространстве.

Левитировать в узлах стоячих волн могут только очень легкие объекты, например, частички пыли. Но на самом деле, многим удается удерживать парящими в воздухе и крупные части.

В настоящее время на звуковую левитацию налагаются огромные надежды, особенно в сфере биохимии. Ученые считают, что если добиться переноса вещества с помощью левитации, то можно навсегда забыть об опасности переноса опасных веществ и вероятности заражения людей. Также существует возможность манипулирования различными жидкостями.

Звуковой волной называется механическое колебание, которое передается во времени. Благодаря источнику звуковой волны и стоящему отражателю (любая поверхность, отражающая волны), образуется стоячая звуковая волна за счет интерференции отраженной и бегущей волны, на границе отражения возникает либо узел, либо пучность звуковой волны. Пучностью является точка максимальной амплитуды, а узлом-точка с амплитудой равной нулю.

Левитацию создает распространение звуковых волн параллельно направлению силы тяжести. Силы давления действуют либо постоянно вниз, либо постоянно вверх, либо уравновешивают друг друга в узлах. Тело, помещенное в такое силовое поле, смещается к ближайшему узлу по инерции. На Земле также действует еще и гравитационная сила, поэтому объекты проседают чуть ниже узлов, где давление акустического излучения уравновешивается силой тяжести.

Образование узла или пучности волны зависит от отражающей поверхности. Отражаясь, от плотной среды волна может поменять фазу образовывается пучность.

Источником звука может являться любое тело, которое колеблется в упругой среде со звуковой частотой (например, струна музыкального инструмента или динамики). Совершая колебания, тело вызывает колебания частиц среды, колебательное движение постепенно передается все дальше. Можно сказать, что в среде образуются те же колебания, которые производятся источником звука.

В образованных узлах звуковых волн существует фокус. Вещество, попадающее в фокус, способно левитировать (то есть вещество попадает в потенциальную яму, тем самым «зависая» в воздухе). Но для образования фокуса существуют некоторые условия. В расстояние между источником звука и его отражателем укладывается натуральное число полуволн, объект должен иметь диаметр не больше половины длины волны. У такого способа левитации также имеются свои минусы.

Разместив вещество в фокус и выполнив все условия, возможно наблюдать левитацию. Но просто зависание в воздухе частиц не решает всю проблему, поставленную биохимиками. Как уже известно, за счет интерференции волн, двигающихся в противофазе мы можем наблюдать, как частицы парят. Для перемещения веществ и жидкостей существует более сложная теория, которую пытаются решить долгое время.

С теоретической точки зрения для перемещения вещества, следует перемещать узел звуковых волн во времени (т. е. фокус). Проведены исследования уравнений, при изменении фазы звуковой волны, изменяется фокус с течением времени. С теоретической точки зрения и в воспроизведении среде MATLAB: MuPAD данной конструкции (рис. 1), можно утверждать, что фокус может перемещаться и управлять движением левитирующих веществ в пространстве.

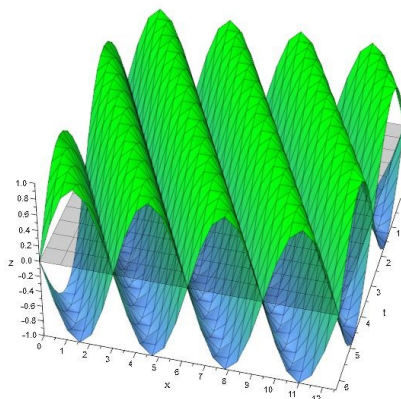


Рис. 1. Движение фокуса с течением времени

### Список литературы

1. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова – 17-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 560 с.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М.: Курс физики (в трех томах): Учебное пособие. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высшая школа, 1979, т.3: Волновые процессы. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 511 с.
3. Акустическая левитация [Электронный ресурс] // Техническая левитация: методология: [сайт]. – 2008–2015. Режим доступа: <http://www.metodolog.ru/01346/01346.html>, свободный (10.03.2015).
4. Левитация [Электронный ресурс] // Проблемы левитации: [сайт]. – 2015. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-levitatsii-diamagnitnyh-tel-i-ee-primenenie>, свободный (12.03.2015).