**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет | И | Заведующий кафедрой | | | | |  | И8 | |
|  | индекс факультета |  |  |  |  |  | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | И8 |  | Стажков С.М. | |  |  |  |  |  |
|  | индекс кафедры |  | Фамилия ИО | | | |  | подпись | |
| Группа | И8М41 | «\_\_\_\_\_» | |  |  |  |  | 2018 г. | |
|  | индекс группы |  |  |  |  |  |  |  |  |

**ОТЧЕТ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | |  |  | *учебной* | | | | | | | |  | **практики** | | | | |
|  |  |  | наименование практики | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *Ким Виолетта Сергеевна* | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **обучающегося по** | | |  |  |  | |  |  |  |  | *Мехатроника и* | | | |  |  |  |  |
| **направлению/специальности** | | |  | *15.04.06* | | | |  |  | *робототехника* | | | | |  |  |  |  |
|  | нужное подчеркнуть | |  |  | код | | | | |  | полное наименование направления | | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | специальности | | | |  |  |  |  |
|  |  | |  |  |  |  | | | | |  |  | | |  |  |  |  |
|  | **Руководитель практики:** | |  |  |  | *Яковенко Н.Г., к.т.н, доцент* | | | | | | | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | |  |  |  |  |
|  | **Срок прохождения практики:** | | с |  | 10.12.2018 | | | |  |  | г. по |  | 15.12.2018 | | г. | | | |
|  | **Должность обучающегося на практике:** | | | | | |  | | | магистрант | | | |  |  |  |  |  |

**Руководитель практики:**

Яковенко Н.Г.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Подпись |  |  | Фамилия ИО |
| «\_\_\_» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | 2018 г. |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[1. Введение 3](#_Toc532780814)

[2. Разнообразие пьезоэлектрических двигателей 4](#_Toc532780815)

[3. Преимущества пьезодвигателей 7](#_Toc532780816)

# **Введение**

В связи с развитием нанотехнологий, возникла необходимость перемещать микро- и наноструктуры с точностью порядка нескольких нанометров и менее. В современном технологическом и исследовательском оборудовании широкое распространение получили пьезодвигатели. Пьезодвигателями называют устройства, в которых механическое перемещение достигается за счёт обратного пьезоэлектрического эффекта. Материалы, составляющие основу таких приводов, называют пьезоэлектриками. Обратный пьезоэлектрический эффект заключается в изменении линейных размеров пьезоэлектрика при приложении электрического поля.

В настоящий момент сфера применения пьезодвигателей охватывает многие отрасли: микроскопия, робототехника, фототехника, нанометрология, нанолитография, нанопечать, микродозирование и др. Пьезоприводы могут использоваться для вакуумного и криогенного оборудования.

# **Разнообразие пьезоэлектрических двигателей**

В настоящее время на практике применяется большое разнообразие пьезоэлектрических двигателей, отличающихся по характеру создаваемых перемещений, конструкции, диапазонам перемещений и т.д. Основным элементом пьезодвигателя всегда остается пьезоактюатор, работающий на обратном пьезоэффекте. Все остальные дополнительные конструктивные элементы выполняют вспомогательные функции. Они обеспечивают жесткость конструкции, ее износоустойчивость, преобразование линейного перемещения в угловое, компенсацию теплового расширения, гистерезиса и последействия и т.д.

Представляется возможным подразделить их на три основные группы:

1. Резонансные (ультразвуковые) двигатели линейных и угловых перемещений (ударного действия)
2. Силовые двигатели с ограниченным диапазоном угловых и линейных перемещений.
3. Шаговые двигатели микроманипуляторы.
   1. Резонансный (ультразвуковой) пьезоэлектрический двигатель

(РПД) – новый тип нанодвигателя, который может быть использован в различных областях науки - медицине, клеточных технологиях, космической технике и многих других. РПД предназначен для формирования непрерывного, шагового или сканирующего режимов, а также точного углового или линейного позиционирования различных объектов. Важным положительным качеством РПД является то, что при снятии напряжения управления фиксируется положение ротора. По сравнению с традиционными электродвигателями, РПД имеет низкую скорость (30…300 об/мин), высокий момент (0.1…100Н\*м), высокое угловое разрешение (0.1…1.0 угл.сек).

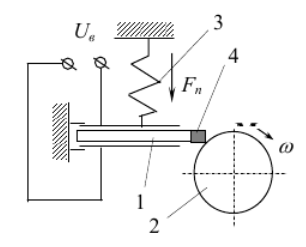


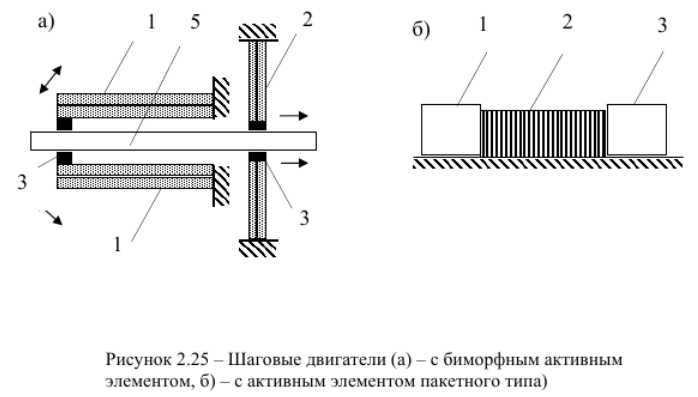
Рис. 1. Пьезодвигатель ударного типа

Конструктивно статор 1 (или ротор, или оба совместно) представляют собой пьезорезонатор, преобразующий электрическую энергию в механическую. Статор и ротор 2 прижаты друг к другу силой Fп, которая создается упругим предварительно напряженным элементом 3. На статоре в месте соприкосновения с ротором крепится опора из износостойкого материала 4 (например, алунда), акустически согласованная с пьезорезонатором. Геометрическая форма пьзорезонатора может быть разнообразной: пластины, стержни, спирали, диски, полые цилиндры. Пьезорезонаторы крепятся к опорам в точках колебательной скорости с помощью акустически изолирующего материала. Произведение толщины материала на модуль Юнга должно быть не менее, чем в 10 раз меньше соответствующего значения пьезорезонатора (например, фторопласт, резина, дерево). К электродам пьезорезонатора подводится переменное напряжение возбуждения Uв.

* 1. Силовые двигатели с ограниченным диапазоном угловых и линейных перемещений

Ко второй группе относятся пьезодвигатели линейных и угловых перемещений, работающие соответственно в субмикрометровом и микрометровом, секундном и минутном диапазонах. Причем, их частотный диапазон ограничен областью до первого электромеханического резонанса (обычно до 1000 Гц). Как правило, это устройства ограниченного диапазона, создающие значительные усилия (до 5000 - 10000 Н). Применяются для перемещения и стабилизации объектов значительной массы от десятков грамм до сотен килограмм. Линейные двигатели традиционно применяются для юстировки различных оптических приборов, где требуются сравнительно большие диапазоны перемещений (до 10−4 м) и высокая точность останова (10−8 −10−9м), двигатели угловых перемещений применяются в адаптивной оптике и сканирующих устройствах различного назначения. Рабочий диапазон частот обычно не превышает 100 Гц.

* 1. Шаговые двигатели

К третьей группе относятся шаговые двигатели манипуляторы, которые служат для перемещения объектов на плоскости или в пространстве. В основе их конструкций заложены те же принципы построения, что и во второй группе. Т.е. рабочий элемент может быть как биморфным (рисунок 2.25 а), так и пакетным (рисунок 2.25 б). Для обеспечения шагового режима в конструкции, как правило, имеются фиксирующие устройства, различного принципа действия от электромагнитных до электрореологических (изменение вязкости вещества под действием электрического поля).

Диапазон перемещений таких двигателей ограничен лишь размерами рабочей поверхности. Минимальный шаг перемещения определяется свойствами и размерами пьезоэлементов и величиной управляющего напряжения. Плавность хода зависит от минимального шага и частоты следования управляющих импульсов напряжения.

# **Преимущества пьезодвигателей**

Одним из самых важных преимуществ данных типов двигателей является то, что для любой скорости вращения возможен прямой привод. В конструктивном отношении значительно упрощается привод и в ряде случаев существенно возрастает КПД, который «съедает» редуктор. Именно это свойство позволило разрабатывать приводы шаровых кранов с любым проходным сечением и осуществить их серийное производство.

По быстродействию пьезоэлектрическим моторам нет равных. Это связано с тем, что их мощность не зависит от массы ротора, как это имеет место для электромагнитных моторов. За доли миллисекунды они набирают нужную скорость и могут конкурировать даже с дорогостоящими пьезоэлектрическими актюаторами, например, для топливных инжекторов.

Минимальный шаг пьезомоторов может составлять тысячные доли угловой секунды. На их основе создаются направляющие микроскопов, работающие в нанометровом диапазоне. Для бытовых низкооборотных приборов, из-за отсутствия редуктора, они бесшумны и не выделяют запаха от подгоревших обмоток, которых у них нет. Заторможенность ротора в отключённом состоянии, пластичность формы, способность интегрально вписываться в изделие также бывают полезными.

Пьезоэлектрические моторы могут полностью изготовляться из немагнитных материалов. Некоторые из них могут работать в условиях высоких температур (вплоть до 300 градусов Цельсия), в вакууме, в сильных магнитных полях, в условиях повышенной радиации, при погружении в воду или в масло.