Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство образования, науки и молодежи Республики Крым
Малая академия наук школьников Крыма «Искатель»
Отделение технических наук

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЮНЫЕ ТЕХНИКИ И ИЗОБРЕТАТЕЛИ»

в Государственной Думе Федерального Собрания
Российской Федерации

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА «МАГНИТНАЯ ЯМА» В ТЕХНИКЕ

Работу выполнил:
Кормилицын Артем,
учащийся 9-Б класса
МБОУ «СОШ» № 18 г. Симферополя.

Научный руководитель:
руководитель «Изобретательской лаборатории»
Малой Академии Наук Крыма «Искатель»
Савицкий Владимир Николаевич.

Симферополь – 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннотация …… 3

1. Введение……..4

2.Глава 1. Что может магнитное поле?.....5

1.1. «Всегда ли верны теоремы»……6

1.2. «Магнитная яма»…….....9

1.3. Мир в магнитном кольце…….…….12

3. Глава 2.Магнитные муфты, передачи, редукторы……..15

2.1.Магнитный редуктор……..……15

2.2.Магнитный подшипник……..……16

2.3.Устройство левитации в виде радиально-аксиального подшипника…..17

2.4. Магнитные муфты…….……18

2.5.Устройства для передачи движения…….…19

4. Глава 3. Применение магнитного поля в технологии …….……20

3.1.Мельник – магнитное поле…….……20

3.2.Технологический процесс изготовления деталей методом

магнитно-импульсной обработки металлов……...21

3.3 Магнитное поле – способ формообразования……..21

5. Глава 4. Практическая часть……22

4.1. Вступление в тему……22

4.2. Эксперименты с эффектом «магнитной ямы» в виде магнитной сцепки двух игрушечных машинок……23

4.3. Разработка лабораторного стенда для исследования «магнитной сцепки».....24

6. Выводы…….……25

7. Литературы…….....26

8. Приложения……27

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы практического использования магнитных эффектов и явлений в различных областях науки, техники и технологии.

Автор провел патентно-информационный поиск по тематике НИР и привел интересные примеры практического применения магнитного поля в современных устройствах и технологических процессах.

Практическая часть НИР посвящена изучению малоизвестного магнитного эффекта - «магнитной ямы» Г.В. Николаева. В этой части Автор придумал и изготовил простейший стенд, который позволил ему выполнить несложные исследования по этому эффекту. На основании своих исследований Автор изготовил наглядный действующий образец применения эффекта «магнитная яма» в качестве «магнитной сцепки» 2-х и 3-х тележек.

Научная работа: «Применение физического эффекта «магнитная яма» в технике», 30 стр., 20 рис., 2 приложения, 10 источников.

Введение

Магниты для нас до сих пор неизведанная до конца тема и нет такого человека, который бы не испытывал интерес к магнитам.

Мы встречаем магниты в жизни очень часто - это двери в подъезд с домофоном, это магнитики на холодильнике, магниты в компьютере и в разных электроприборах, даже в игрушках и сувенирах есть магниты, и даже наша планета Земля тоже обладает магнитным полем.

Поиск в Интернете информации о магнитах показал, что всё это не так просто. Магнит это не просто источник силы, которая возникает в виде магнитного поля. Эту силу можно преобразовывать в механическую, электрическую энергию и т.д. И наконец, я захотел узнать, что еще может магнит?

Цель работы:

- экспериментальное исследование одного из малоизвестных магнитных эффектов – «магнитной ямы».

Задачи работы:

- поиск и изучение информации по необычным магнитным эффектам и явлениям;
- проверка работы «магнитной ямы» в горизонтальной конфигурации расположения магнитов;
- разработка экспериментального стенда для исследования работы магнитных сил в горизонтальной конфигурации «магнитной ямы».

Глава 1. Что может магнитное поле??

В этом разделе рассмотрим несколько интересных нестандартных примеров использования магнитного поля в технике.

1.1. «Всегда ли верны теоремы»

Трение — древнейший враг машин. На его преодоление тратится половина мощности всех двигателей планеты, почти половина добываемого на земле топлива. Кроме того, трение приводит к износу деталей машин. Это значит, миллионы тонн металла теряются безвозвратно, превращаясь в тончайшую пыль.

Способов борьбы с трением придумано множество, но почти все они сводятся к тому, чтобы отделить трущиеся поверхности друг от друга. Для этого, например, подшипники автомобиля смазывают маслом, а некоторые подшипники морских судов делают из резины и смазывают... водой.

Еще первобытный человек, передвигая тяжелые камни,догадался подкладывать под них катки, ролики. Тем самым трущиеся поверхности разъединялись, и трение скольжения заменялось трением качения. На этом принципе основан шарикоподшипник. Придумал его еще Леонардо да Винчи, а делать научились сто лет назад. Шарикоподшипник по сравнению с масляной или водяной смазкой в десятки раз снижает трение и износ. Но для некоторых машин и этого мало.

Сегодня зубные врачи сверлят зубы при помощи пневматических бор машинок. Их вал вращается от воздушной турбины со скоростью до 100 000 оборотов в минуту. Все известные шариковые подшипники при таких скоростях мгновенно бы пришли в негодность. Поэтому здесь применяют подшипники, которые смазываются сжатым воздухом. Это не только снижает трение, но и почти совсем устраняет износ. Есть, однако, приборы, для которых и такие подшипники слишком грубы. Речь идет о гироскопических устройствах, которые применяются для точного вождения кораблей, самолетов и ракет. Основа их — волчок, который, благодаря быстрому вращению, способен сохранять в пространстве положение своей оси. Однако малейшее трение способно отклонить ось, и тогда самолет собьется с курса, а ракета пролетит мимо цели.

Лучший способ устранить трение гироскопа — магнитный подвес. Наденьте на карандаш пару кольцевых магнитов, расположив их одноименными полюсами навстречу. Между ними образуется зазор. Поместив их в вакуум, можно было бы полностью избавиться от трения между ними. Но без карандаша или какого-то вала система окажется не-

устойчива. Достаточно малейшего смещения одного из магнитов в сторону, как он тотчас же перевернется и прилипнет к другому.

Изобретатели полагали, что следует взять не два магнита, а пять, сто или тысячу, чтобы получилась устойчивая система, однако практическое решение найти очень долго никому не удавалось.

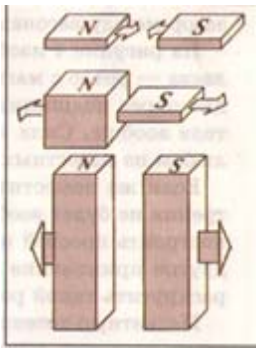
Причину, казалось бы, обнаружили. Еще в 1839 году английский физик С. Иршоу доказал, что **система тел, связанных силовым полем типа электрического или магнитного, но обязательно убывающего обратно пропорционально квадрату расстояния, не может находиться в устойчивом равновесии**. Многие восприняли это как запрет и перестали искать устойчивую систему из постоянных магнитов.

И все же магнитный подвес был создан, причем без нарушения теории Ирншоу.

В 60-е годы в Польше на одной из международных выставок появился большой глобус, бесшумно висящий в воздухе как бы ни на чем. Это была сенсация, но из нее никто не делал секрета. Глобус был сделан из легкого пластика, а сверху наклеена пластина мягкой стали. Под потолком укрепили электромагнит, лампочку и фотоэлемент. При включении тока электромагнит притягивал глобус, а он при этом пересекал луч фотоэлемента. Возникал сигнал, который тотчас отключал ток от магнита. Глобус начинал падать и переставал загораживать свет. Тогда от фотоэлемента поступал сигнал навключение магнита. Весь этот процесс проходил настолько быстро, что дрожание глобуса заметить было невозможно.

Устройство с бесшумно парящим в воздухе предметом — неплохое украшение для квартиры. Вы можете собрать его самостоятельно по схеме, которую опубликовано в приложении к «ЮТ» — журнале «Левша».

Магнитный подвес подобного типа применяется и для подвески роторов гироскопов. Вращающийся с огромной скоростью шарик, висящий в вакуумной камере на невидимых нитях магнитного поля, прекрасно сохраняет положение своей оси вращения, позволяет выводить ракету на цель с отклонением не более десятка метров на тысячу километров полета. Конечно, в гироскопах ракет магнитный подвес такого типа управляется гораздо более сложной электронной системой. Однако можно сделать его проще. Это стало возможным благодаря работам **физика из Томска Г. В. Николаева**.



К сожалению, из-за сложного математического аппарата кратко изложить его теорию невозможно. Однако эксперименты, положенные в ее основу, могут быть показаны в школе.

Вот один из них. Возьмите два небольших полосовых магнита, например от мебельных защелок, и положите их параллельно, так, чтобы они притягивались (рис. 1 - верхний).

Рис. 1

Ничего особенного в этом нет. Но если из них собирать магниты более длинные и также укладывать параллельно, то притяжение между ними по мере роста длины будет ослабевать и даже сменится на отталкивание.

Интересный результат получается, когда короткий магнит приближают к длинному (рис. 1 - средний). При этом возникает так называемая **магнитная потенциальная яма.**

На большом расстоянии эти два магнита притягиваются. На малом — отталкиваются, но есть такое место, где магниты друг с другом вовсе не взаимодействуют.

Получившаяся устойчивая система из магнитов не противоречит теореме Ирншоу.

Ведь здесь расстояния между магнитами малы по сравнению с их размерами. Поэтому силы взаимодействия ослабевают не обратно пропорционально квадрату расстояния, а гораздо медленнее.

Но почему сила притяжения одних и тех же магнитов то меняется на отталкивание, то пропадает вообще?

Как утверждает Г.В. Николаев, это явление в рамках обычной электродинамики необъяснимо. Оно связано с существованием двух магнитных полей. Одно из них — поле, охватывающее проводник с током, мы изучаем в школе.

Но **у каждого проводника с током,** как установил Ампер**, есть еще и слабое продольное магнитное поле**. Его современная электродинамика не учитывает, а зря. Оно является причиной многих явлений, в том числе и описанного. Однако это не мешает найти магнитной потенциальной яме техническое применение.

Вот, к примеру, забавная игрушка. Паровоз тянет за собою два-три вагона. Приглядевшись, вы замечаете, что между ними нет ни крючков, ни нитей, лишь маленький зазор. Если вагоны сблизить до упора и отпустить, то они разойдутся. Стоит их растащить, они сойдутся вновь. Во всех случаях зазор между вагонами остается.

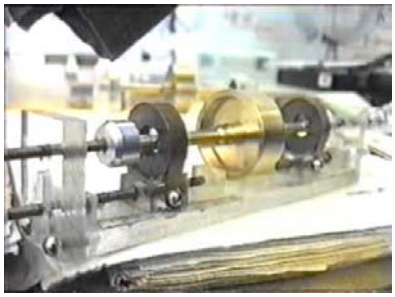


Рис.2

Г.В. Николаев создал демонстрационный прибор— ротор с магнитным подвесом (Рис.2). Его вал, хоть и проходит через подшипники, не касается ни их, ни какого-либо тела вообще. Сила трения здесь в тысячи раз слабее, чем в любом из известных подшипников.

Если же поместить ротор в сосуд, где откачан воздух, то трения не будет вообще. Очевидно, на этом принципе можно построить простой и очень надежный гироскоп. Возможно и другое применение прибора — накопление энергии. Стоит раскрутить такой ротор, и он будет вращаться годами.

Магнитную потенциальную яму, предложенную Г.В. Николаевым, вероятно, можно применить для создания поезда, парящего над рельсами практически без трения. Да мало ли для чего еще!

Если же вас интересуют парадоксы магнитного поля, то рекомендую книгу: Г.В. Николаев. Непротиворечивая электродинамика, теории, эксперименты, парадоксы. Томск, 1997.

1.2. Магнитная яма

Возьмем гвоздь. Прикрепим его к пружине. Приподнимем так, чтобы гвоздь повис в воздухе. Упругая сила пружины уравновесила его вес. А может ли повиснуть гвоздь в воздухе, уравновешенный магнитом? Опыт показывает, что нет — гвоздь либо прилипает к магниту, либо падает на землю. И сколько ни пытайся, не зависает.

В чем же принципиальная разница между удержанием гвоздя пружиной и магнитом? Подобный вопрос возникал еще в античные времена, когда с. помощью магнитов пытались подвесить в храмах железные статуи или, как теперь говорят, получить магнитную левитацию. Критикуя эту затею древних, английский естествоиспытатель Вильям Гильберт в 1600 году писал: «Фракасторо (итальянский ученый эпохи Возрождения, пытавшийся обосновать возможность магнитной левитации) говорит, что кусочек железа по-

висает в воздухе, так что не может двинуться ни вверх, ни вниз в том случае, когда наверху будет помещен магнит, который в состоянии... тянуть железо вверх на столько же, на сколько последнее наклоняет его вниз: железо как бы укрепляется в воздухе. Это нелепо, так как более близкая магнитная сила является всегда более мощной».

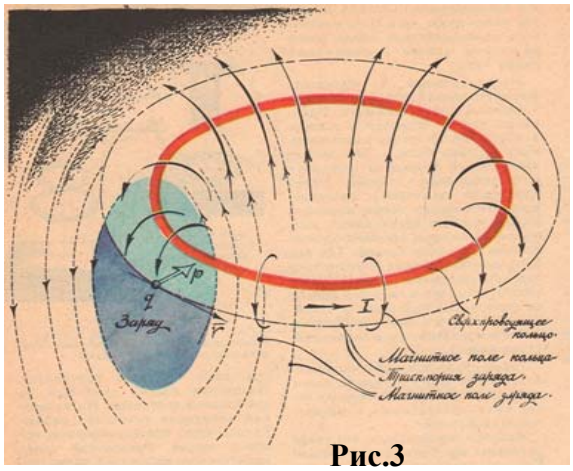


Рис.3

В этом выводе и содержится ответ на наш вопрос. Действительно, всякая сила притяжения, увеличивающаяся при уменьшении расстояния между двумя магнитными телами, в результате неизбежных случайных смещений от положения равновесия приведет либо к падению тела, либо к прилипанию к магниту. Пружина действует иначе: при отклонении предмета от положения равновесия ее упругие силы возвращают предмет обратно.

Говоря более современно, затронутый вопрос — частный случай весьма обширной проблемы устойчивости свободных магнитных объектов, будьто магнитное удержание плазмы или левитация железнодорожного вагона. Проблема имеет отношение не только собственно к физике, но не в меньшей мере и к кибернетике, точнее к ее разделу об устойчивости динамических систем. Как же она решалась?

В 1840 году англичанин Ирншоу, развивая утверждения Гильберта, обосновал принцип неустойчивости неуправляемой магнитной системы. Но ученый тогда не знал о таких материалах, как диамагнетики, которые намагничиваются в направлении, противоположном внешнему полю. Именно с их помощью спустя сто лет немецкий физик Браунбек осуществил магнитную левитацию и предсказал усиление этого эффекта для сверхпроводников. Прогноз основывался на том, что сплошной сверхпроводник проявляет свойства идеального магнитного зеркала — выталкивает из себя силовые линии магнитного поля (эффект Мейснера — Оксенфельда). Это аналогично тому, что реальный магнит симметрично поверхности сверхпроводника имеет своего двойника — магнит-изображение, который на рис. 3 показан пунктиром.

Подобная левитация по принципу Браунбека впервые на практике была осуществлена в 1945 году П. Капицей по схеме, предложенной В. Аркадьевым. С тех пор этот опыт, получивший название «гроб Магомета» (по преданию он свободно завис над землей) — часто используют как демонстрацию идеального диамагнетизма. Особенную по-

пулярность опыт приобрел в последнее время в связи с открытием высокотемпературных сверхпроводников — керамический образец, охлажденный в жидком азоте, может некоторое время (пока он сохраняет свойство сверхпроводимости) парить над постоянным магнитом.

Помимо эффекта Браунбека существует еще один принцип, позволяющий осуществить магнитную левитацию. Впервые он был обнаружен теоретически в 1975 году, а затем экспериментально подтвержден И. Колодеевым, М. Крюковым, Г. Караваевым и О. Чебориным. Этот эффект, получивший название «магнитная потенциальная яма» (МПЯ), состоит в том, что только за счет сближения двух неизменно ориентированных магнитов сила их притягивания не увеличивается, как это должно быть в соответствии с известными представлениями, а уменьшается! При дальнейшем же сближении вместо притяжения между ними возникает отталкивание! Такое поведение магнитной силы аналогично работе обычной пружины или рессоры. То есть магнитное тело попадает во взвешенное, устойчивое положение — в «яму», из которой не вывалишься! Оказывается, гвоздь, с которого начался наш рассказ, все-таки может зависнуть в воздухе?

Естественно, эффект МПЯ возникает лишь при определенных условиях.

Что касается практического использования магнитной ямы, то здесь существует очень много новых возможностей. Прежде всего МПЯ — это магнитный упругий элемент, действующий через пространство и способный воспринимать очень большие усилия, которые не под силу конструкциям на основе эффекта Браунбека («гроб Магомета»). Обусловлено это тем, что МПЯ может работать в магнитных полях порядка сотен тысяч гаусс. Эффект Браунбека, как известно, требует проявления идеального диамагнетизма, что не позволяет для современных материалов поднять уровень поля выше 1 тыс. гаусс, то есть возможные рабочие давления оцениваются примерно 0,05 кг/см^2. В случае же МПЯ будем иметь 500 кг/см^2. Вот почему будущее магнитной ямы — это бесконтактные подшипники и турбины, принципиально новые приборы и тяжеловесные левитирующие поезда, прорыв в криогенной технике, удержании плазмы и даже в освоении космоса.

1.3. Мир в магнитном кольце

Кандидат технических наук Михаил Федорович Остриков сделал научное открытие, можно сказать, на ходу, а если точнее — в поезде, возвращаясь из Москвы в Ленинград. В столице он был по делу — пытался получить авторское свидетельство на свое очередное изобретение. Но после ожесточенной перепалки с экспертами ВНИИГПЭ зарегистрировать новшество не удалось.

И вот, сидя в купе, он вертел в руках обычный металлический шарик от подшипника и ферритовое кольцо — детали отвергнутого изобретения.

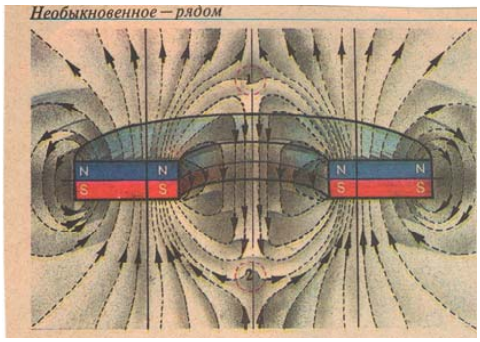


Рис. 4

После очередного толчка поезда шарик закатился в кольцо, да и остался в нем. Михаил Федорович собирался уж было вынуть шарик, но вдруг ощутил, как надежно тот обосновался внутри. При его выталкивании в ту или иную сторону ощущалось противодействие, возвращающее шарик обратно.

Вроде бы все понятно: ферритовое кольцо — магнит, притягивающий металл. Остриков машинально представил себе **общепринятую картину силовых линий кольцевого магнита** и... с этого момента лишился покоя.

Действительно, а какова картина магнитных силовых линий ферритового кольца с прямоугольным поперечным сечением, если одна его сторона представляет собой северный полюс, а другая — южный?

Оказывается, в учебниках и справочной литературе по магнетизму она не приводится. Специалисты, к которым Остриков обращался со своим «наивным» вопросом, обычно отвечали: «Все очень просто. Структура линий будет примерно такой же, как у кольцевого проводника с постоянным током». «Но тогда,— говорил Михаил Федорович, — непонятно, почему шарик так прочно обосновывается внутри кольца, попадая будто в мешок».

Наконец, он поставил простой опыт. Повернул ферритовое кольцо на ребро, продел сквозь картонку и насыпал на нее мельчайших металлических опилок. Встряхнул, чтобы они распределились в соответствии с магнитным полем, и увидел, что происходит все... далеко не так. В области, прилегающей к отверстию кольца, с линиями происходило что-то непонятное. Вместо того, чтобы непрерывно пронизывать его, они расходились, очерчивая фигуру, напоминающую туго набитый мешок. Он имел, как бы две завязки — вверху и внизу.Эта область, по сути, и есть открытие Острикова. Он назвал ее **магнитным «балдж»** (bulge—выпуклость в переводе с английского).

Оказалось, что в точках 1 и 2 (рис. 4) происходят «чудеса» — магнитное поле в них меняет направление. Одно из доказательств этого Михаил Федорович продемонстрировал прямо в редакции «ТМ».

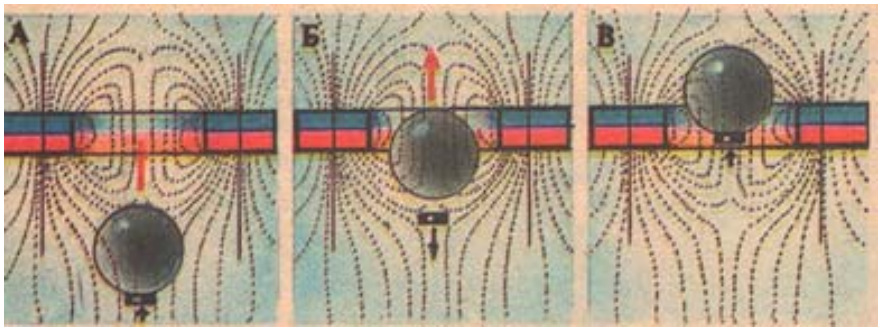


Рис. 5

Он поднес снизу к ферритовому кольцу стальной шарик, а к его нижней части металлическую гайку. Она тут же притянулась к нему (рис. 5 А). Здесь все понятно — шарик, попав в магнитное поле кольца, стал магнитом. Далее исследователь стал вносить шарик снизу вверх в кольцо. И вдруг —гайка отвалилась и упала на стол (рис. 5Б). Вот она, нижняя особая точка! В ней изменилось направление поля, шарик стал перемагничиваться и оттолкнул от себя гайку. Подняв шарик выше особой точки, гайку вновь можно примагнитить к нему (рис. 5В).

Вообще у Острикова поставлен с десяток опытов, подтверждающих наличие магнитного bulge. А что проку в нем? —возникает естественный вопрос. Остриков зажал как-то ферритовое кольцо в патрон токарного станка и поместил в магнитный bulge три маленьких металлических шарика. Когда патрон завращался, они отделились от внутренней части кольца (к которой прилеплялись в покое) и закружились каждый по своей орбите, не вываливаясь из магнитной ловушки. Михаил Федорович не спешит с прогнозами, но и не отвергает того, что bulge может оказаться идеальной «посудиной» для высокотемпературной плазмы. А ее, как известно, пытаются удержать в устройствах типа Токамак, дабы осуществить термоядерный синтез. Зная о bulge, можно создать и более прозаические конструкции — бесконтактные подшипники, центрифуги, амортизаторы и многое другое.

Но самым глобальным следствием обнаруженного явления может оказаться пересмотр модели мироздания. Кружащие по своим орбитам шарики натолкнули Острикова на мысль, что и наша Земля движется под действием магнитных сил внутри вращающегося звездного кольца — Млечного Пути. Кто знает, возможно, открыв магнитную картину Вселенной, мы создадим новые способы перемещения в ней, и тогда bulge будет преподаваться в школьном курсе физики заодно с конструкцией МЛО — магнитных летающих объектов?

Мы привели всего ТРИ ЯРКИХ примера необычных возможностей обыкновенных магнитов, а сколько новых необыкновенных магнитных явлений ждут своих исследователей.

Глава 2. Магнитные муфты, передачи, редукторы.

В этом разделе рассмотрим несколько интересных примеров использования магнитного поля в технике.

2.1 Магнитный редуктор.

Современные многоступенчатые редукторы применяются повсеместно во многих видах техники от автотранспорта до кухонного комбайна. Пока это достаточно сложные и дорогие механические устройства. Однако, сейчас им появилась серьезная и недорогая альтернатива.

Известный ученый и изобретатель Валерий Дмитриевич Дудышев предлагает создать совершенно новый энергосберегающий тип бесконтактного редуктора нового поколения – магнитный редуктор (МР). Для этого можно и нужно использовать современные сильные постоянные магниты и их известные свойства силового взаимодействия между собой.

Фундаментальным свойством и условием силового взаимодействия одного или более намагниченных тел (например, постоянных магнитов) между собой является их известное всем еще со школьной скамьи стремление притянуться противоположными полюсами и в связи с этим одновременное стремление к взаимонеподвижности их магнитных полей в пространстве.

Следствием этого явления является редукция скорости двух разнополюсных магнитов, один из которых является ведущим, а второй – соответственно, ведомым. В качестве доказательства данного факта достаточно собрать простейшую магнитомеханическую установку (рис. 6). При вращении элементарного полосового магнита 1 угловая скорость вращения составного магнита 2, 3 будет в два раза меньше скорости вращения магнита 1. Это происходит, потому что только при данном условии так взаимодействуют магнитные поля этих не связанных механически взаимонеподвижных магнитов в пространстве.

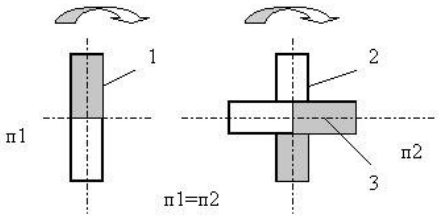


Рис. 6

Принцип магнитной редукции скорости

Данное устройство уже является простейшим магнитным редуктором скорости.

2.2. Магнитный подшипник.

Полезная модель РФ № 61483 относится к магнитным подшипникам. Технический результат при использовании этого устройства - упрощение конструкции и повышение надежности и долговечности подшипника.

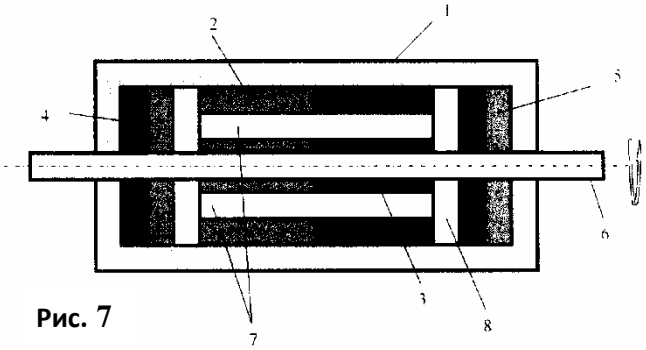


Рис. 7

Подшипник с магнитным подвесом ротора (рис. 7) включает корпус 1, статор 2, выполненный в виде постоянного магнита, по форме полого цилиндра с осевой намагниченностью, а ротор 3 выполнен в виде постоянного магнита цилиндрической формы с той же осевой намагниченностью и установлен с воздушным зазором 7 вовнутрь статора 2 одноименным полюсами, что и статор 2, слева от ротора 3 с рабочим воздушным зазором 7 установлен опорный левый кольцевой дисковый постоянный магнит 4, а справа от ротора 3 с рабочим воздушным зазором установлен опорный правый кольцевой дисковый постоянный магнит 5, торцы левого и правого кольцевых магнитов 4, 5 расположены к статору 2 и ротору 3 одноименной полярностью, с зазором 8, при этом ротор 3 жестко соединен с валом 6.

Устройство работает следующим образом.

При возникновении радиальной нагрузки на вал 6 подшипника с магнитным подвесом ротора 3, уменьшатся радиальный рабочий зазор 7 между магнитами статора 2 и ротора 3, установленных внутри корпуса 1. Вследствие этого нелинейно и практически мгновенно возрастает сила магнитного отталкивания их поверхностей одноименной магнитной полярности. В результате автоматически компенсируется радиальная статическая и динамическая нагрузка. При возникновении осевой динамической нагрузки на вал 6 уменьшатся рабочий зазор 8 между магнитами статора 2, ротора 3 и торцевыми кольцевыми магнитами 4, 5. Вследствие этого нелинейно и практически мгновенно возрастает сила магнитного отталкивания их поверхностей одноименной магнитной полярности. В

результате автоматически компенсируется осевая динамическая нагрузка на вал 6 магнитного подшипника.

Таким образом, подшипник с магнитным подвесом ротора 3 обеспечивает эффективную компенсацию радиальных динамических и статических нагрузок на валу 6 благодаря нелинейному повышению сил магнитного отталкивания одноименных полюсов магнитов статора 2 и ротора 3. Подшипник также обеспечивает эффективную компенсацию и осевых нагрузок и перемещений вала 6 благодаря нелинейному повышению сил магнитного отталкивания одноименных полюсов магнитов статора 2 и ротора 3 от торцевых магнитов 4, 5. Магнитные материалы, их размеры и рабочие зазоры подшипника выбирают по условию превышения магнитных сил отталкивания предельно допустимых динамических нагрузок на вал подшипника.

2.3. Устройство левитации в виде радиально-аксиального подшипника.

Изобретение по патенту РФ № 2176039 (рис. 8) относится к приборостроению - к магнитным системам фиксации подвижных узлов измерительных устройств.

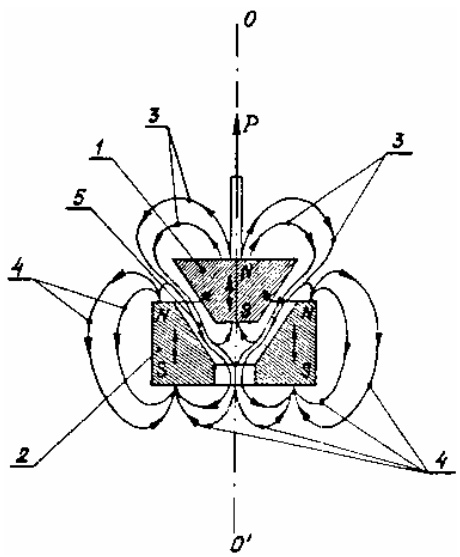


Рис. 8

Конусный ротор 1 подшипника его цилиндрический с конусной выемкой статор 2 намагничены однонаправленно – в общем для элементов 1 и 2 направлении, вдоль продольной оси 0-0' подшипника.

При этом линиями 3 и 4 магнитной индукции, исходящими соответственно из ротора 1 и статора 2, в рабочем диамагнитном (воздушном) зазоре 5 подшипника создается повышенная объемная плотность магнитного потока, обусловленная сложением в пределах воздушного зазора магнитных си. ний, принадлежащих обоим магнитным контурам – 3 и 4.

Сгущение указанных линий магнитной индукции в рабочем диамагнитном зазоре 5 по мере сближения центров ротора 1 и статора 2 создает возрастающее выталкивающее усилие P, воздействующее на ротор 1 в осевом направлении 0-0'.

Благодаря наклонно-конусному расположению уплотненных магнитных силовых линий, образуемых совпадающими по направлению в рабочем зазоре 5 и суммирующимися в этом зазоре линиями магнитной индукции 3 и 4, излучаемыми соответственно рото-

ром 1 и статором 2 подшипника, возрастающая осевая жесткость заявляемой системы, сопутствующая сближению ротора и статора, сочетается также с соответственно возрастающей радиальной устойчивостью подшипника.

Таким образом, данное устройство является левитирующим, т.е. частично преодолевается сила земного притяжения за счет магнитных сил статора и ротора.

2.4. Магнитные муфты.

Магнитная муфта по авт.св. СССР № 1666826 (Рис.9) содержит магнитный диск 1, установленный на валу 2 и закрепленный пластиной 3. Пластина 3 закреплена на валу 2 винтами 4.

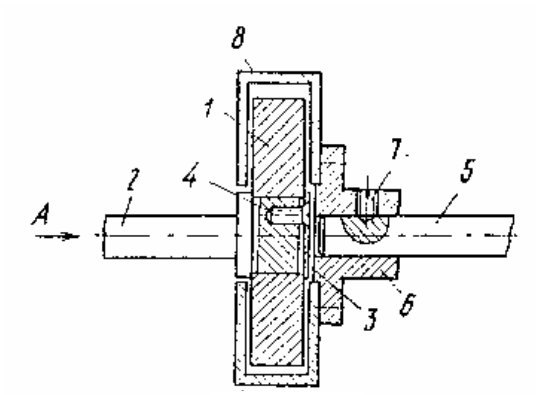


Рис. 9-1

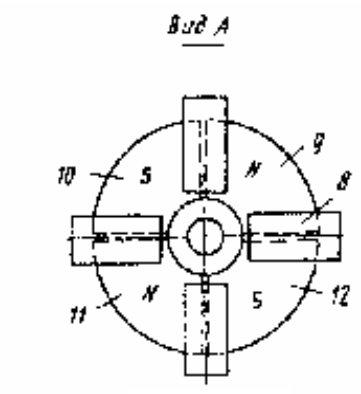


Рис. 9-2

На валу 5 установлена ступица 6, закрепленная стопорным винтом 7. На ступице 6 закреплены скобы 8, охватывающие магнитную систему с одинаковым зазором в осевом направлении. Скобы 8 выполнены из магнитомягкого материала.

Магнитный диск 1 представляет собой диск, на торцевых поверхностях которого находятся поочередно противоположно намагниченные секторные участки (или зоны) 9 – 12, при этом направление осей магнитного потока – параллельно оси вращения муфты.

При включении муфты вращение от вала 2 вследствие магнитного взаимодействия между магнитным диском 1 и скобами 8 через ступицу 6 передается на вал 5. Для увеличения магнитного взаимодействия служит концентрация магнитного потока путем стыковки разнополюсных магнитов или зон 9 – 12. При этом скобы располагаются на границе разноименных полюсов, т.е. в положении максимального потока сцепления. При этом магнитное взаимодействие скоб и магнитной системы значительно зависит от зазора между ними и геометрии скоб. Для компенсации осевых усилий скобы охватывают магнит-

ную систему с одинаковым зазором. Это позволяет разгрузить опоры муфты в осевом направлении и тем самым увеличить их долговечность.

2.5.Устройства для передачи движения

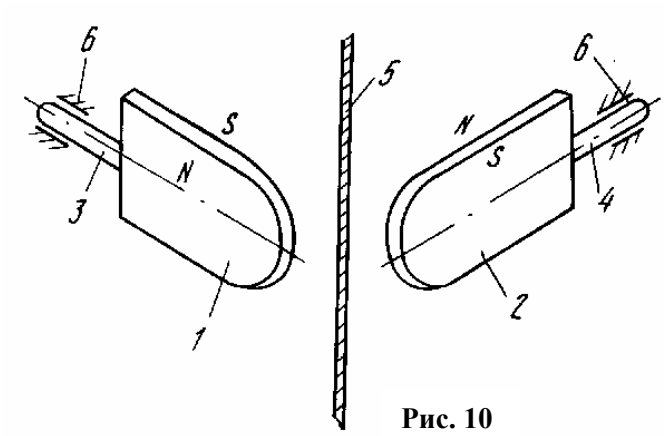


Рис. 10

Изобретение (Патент РФ № 2088818) относится к области передаточных механизмов, в частности, к устройствам для передачи движения и может быть использовано в устройствах для передачи вращательного движения от двигателя к исполнительному механизму (Рис.10).

Устройство для передачи движения состоит из двух полумуфт, выполненных в виде сплошных магнитов 1, 2, например, плоской (пластинчатой) или другой объемной формы и валов 3, 4, на которых жестко закреплены магниты 1, 2. Между магнитами расположен экран 5. Магниты размещены в корпусе 6, из которого через соответствующие отверстия выведены валы 3, 4.

При включении двигателя начинает вращаться один из валов 3 и 4, а с ним и магниты 1 или 2.

Магнитные силовые линии вращающегося магнита 1 воздействуют на магнит 2 и заставляют его вращаться в соответствующую сторону, отчего вращается вал 4 исполнительного элемента, скрепленный с этим магнитом. Таким образом происходит передача вращательного движения от двигателя к исполнительному механизму.

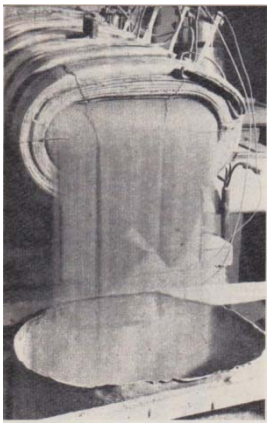
При этом оси вращения упомянутых валов 3 и 4 могут иметь практически различные углы пересечения, т.е. быть несоосными, параллельными, пересекающимися под любым углом.

Глава 3. Применение магнитного поля в технологии.

3.1. Мельник – магнитное поле.

Ежегодно во всем мире размалывают свыше десяти миллиардов тонн руды, цемента, угля, красок, абразивов и т. д. Казалось бы, все изучено вдоль и поперек и машины для измельчения — лучше некуда. Однако специалисты недовольны. Еще бы! Даже образец расточительства, паровоз, эффективней, скажем, шаровой мельницы в десять раз. КПД большинства измельчителей меньше одного процента, поэтому затраты на размол многих материалов составляют больше половины их стоимости. Всех, кто имеет дело с мельницами, огорчает их поразительно низкая эффективность, а также огромные размеры, грохот... Вибрационные малоемки, струйные чрезмерно дороги... КПД у них низок потому, что энергия многократно преобразовывается из одной формы в другую — потери неизбежны. Вот бы сделать так, чтоб энергия прямо переходила в работу измельчения!

В последнее время начали применять размольные аппараты с вращающимся электромагнитным полем, создаваемым генератором, по конструкции аналогичным статору асинхронного двигателя. В поле помещают трубу из немагнитного материала и засыпают туда ферромагнитные частицы. Под действием поля частицы приходят в сложное движение, перемешивая и размельчая материал. Однако такими аппаратами много не намелешь. Диаметр их от силы двести миллиметров. Больше нельзя, так как частицы отбрасываются центробежными силами к стенкам камеры и выбывают из игры. Впервые пульсирующее магнитное поле применяли для перемешивания растворов. Сегодня выгоднее использовать данный эффект для переработки различных материалов.



Заняться этим методом решили советские учёные Кузнецов и Абросимов потому, что на существующих аппаратах крайне трудно измельчать пигменты, из которых делают краску. Сажа, милорь, кро-

на до определенной степени размалываются, а потом начинают слипаться, укрупняясь.

Изобретатели набросали горсть металлических шариков в стеклянную банку с пигментом и стали вводить ее в соленоид с пульсирующим магнитным полем. Чем больше вдвигали банку в соленоид, тем веселей прыгали шарики, пока, наконец, не началось черт знает что. Вытащили, банку из соленоида — оказалось, пигмент размолот великолепно. Аппарат получился замечательным (авт.св. СССР № 480447, 624903, 669416).

Добавляя секцию за секцией, емкость его можно увеличивать как угодно и устанавливать можно в любом положении: вертикально или горизонтально. Работает почти бесшумно, помол тончайший (до 15—20 микрон).

Рис. 11

Скорость измельчения в пять-шесть раз выше, чем в вибрационной мельнице. Например, сухое измельчение кварцевого песка проводят в электромагнитных измельчителях (ЭМИ) (Рис.11) за пятнадцать минут, а вибромельнице нужно полтора часа. Уменьшив шары до двух-трех миллиметров можно ускорить тонкий помол на 15—30 %. Прямое преобразование электроэнергии в работу делает аппарат очень экономичным. На размол тонны цемента в нем расходуется пятнадцать киловатт-часов, в шесть раз меньше, чем на вибромельницах. Сами шары дешевле по сравнению с шарами для вибромельниц.

Шары постепенно теряют магнитные свойства, но постоянное поле напряженностью пять-восемь тысяч эрстед намагничивает их за доли секунды. КПД измельчителей может достигать 0,95. Габариты оборудования по сравнению с обычным меньше в десять раз. Чтобы дать ту же производительность, что и четырехлитровый ЭМИ (сорок килограммов в час), нужна шаровая мельница емкостью четыре кубометра. Еще значительней преимущества ЭМИ большей производительности. ЭМИ, размалывающую десять тысяч тонн глинозема, обслуживают три человека, струйную мельницу — пятнадцать. Расход электроэнергии ЭМИ в двадцать, а места он занимает в двести раз меньше мельницы. Чтобы изготовить ЭМИ, требуется в восемь-десять раз меньше капиталовложений, чем при сооружении струйных мельниц, а затрат энергетических, на ремонт и т. д., в 8—25 раз меньше. Устройства нового типа пригодны для множества технологий: в них можно эмульгировать, смешивать, выщелачивать, измельчать, проводить тепло- и массообменные процессы, обрабатывать мелкие детали или вести несколько перечисленных процессов сразу — периодических или непрерывных. Принцип ЭМИ годится и для изготовления питателей и дозирующих устройств сыпучих материалов и жидкостей — без механических передач, рычагов, исполнительных механизмов.

3.2. Технологический процесс изготовления деталей методом

магнитно-импульсной обработки металлов.

Прочность сталей все время растет. Еще лет 10 тому назад ее чаще всего характеризовали силой, разрывающей брусок сечением в один квадратный сантиметр. Для современной стали эта сила больше 10 тысяч килограммов. Теперь во всех справочниках в качестве предела прочности указывают усилие, которое разрывает образец сечением в квадратный миллиметр (это уже не брусок, а тоненькая проволочка).

Увеличение прочности стали дается нелегко. Борьба за него ведется во многих направлениях. Ищут новые присадки, пытаются создавать новые сорта легированной стали, упрямо «приводят в порядок» хаотичную кристаллическую структуру металлов, стремясь достичь того грандиозного максимума прочности, который, по-видимому, заложила в металлы природа. Направление этой борьбы – создание термомеханической и термомагнитной обработки стали.

Идея состоит в следующем: металл нужно подвергнуть такому воздействию, чтобы в результате термообработки, помимо обычных физико-химических превращений, получить металл тонкой равномерной структуры. Как это сделать? Оказывается, есть простой способ — перед закалкой нужно обжать металл между валками прокатного стана или проковать кузнечным молотом. Схема получения стальных изделий была такова: нагрев и обработка давлением, во время которой структура измельчается и становится более равномерной; затем медленное охлаждение или отпуск — структура снова становится крупнозернистой, неравномерной; закалка с сохранением грубой структуры.

Так вот, идея состоит в том, чтобы выбросить промежуточный этап между обработкой давлением и закалкой. Выбросить или сделать его таким, чтобы структура во время этого этапа «не портилась», не укрупнялась, не грубела. Это «небольшое» изменение традиционной технологии придает обычной стали прочность 260—300 кг/мм².

Однако просто выбросить промежуточные процессы между обработкой давлением и закалкой очень трудно.

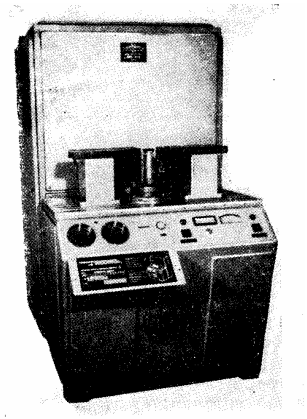
Однако, исследования, проведенные на кафедре термообработки Московского института стали и сплавов, показали, что эта трудность преодолима. Нужно так вести промежуточные процессы, а при надлежащем выборе режимов это оказалось возможным, чтобы «не растерять» полезные деформации структуры, которые произошли на предыдущем этапе, во время обработки давлением.

Тогда можно хранить стальные заготовки на складе, затем везти их, если нужно, по железной дороге, затем точить, фрезеровать и так далее. И все это время, как несет скрытое изображение фотопленка, металл будет нести в себе возможность к упрочнению. После обычной закалки эта скрытая возможность проявится: изделие обнаружит значительно — в 1,5-2 раза — повышенный предел прочности. Такие нововведения (в масштабах нашей страны) обещает миллионы сэкономленных средств.

«Вмешательство» магнитного поля.

Деформировать структуру чисто механически — очень просто, но это сравнительно грубый способ. Нельзя ли достичь той же цели более тонким методом? Если ферромагнитное тело (то ость тело с ярко выраженными магнитными свойствами) поместить в магнитное поле, то оно деформируется. Это явление называется магнитострикцией. Сталь, на первый взгляд монолитная, в действительности, как известно, состоит из мельчайших частиц различного химического строения, разной кристаллической структуры. Поэтому в стали, помещенной в магнитное поле, начинаются внутренние деформации структуры: каждая частица изменяет свои размеры вследствие магнитострикции и при этом сдвигает и дробит соседние частицы. Этот процесс протекает и в микрообъемах материала, равномерно во всей его массе. При достаточно сильных магнитных полях получается существенное измельчение структуры, причем происходит оно, повторяем, идеально равномерно: ведь магнитное поле воздействует на каждую частицу.

«Вмешательство» магнитного поля должно происходить, когда сталь нагрета и сопротивление деформации сравнительно небольшое. С другой стороны, при высокой температуре, которая требуется для закалки, сталь теряет магнитные свойства. Поэтому измельчение структуры может происходить какой-то период времени либо в процессе нагрева, либо в процессе охлаждения. Закаливая сталь в магнитном поле, ещё не удалось достичь такого же увеличения предела прочности, как при термомеханической обработке, (деформации от магнитострикции не так велики, как от прямого механического воздействия), но зато уже сейчас обнаружилось любопытное явление: закаленная таким способом



сталь в значительной мере сохраняет свою пластичность. Прочность же ее повышается на 10 % по сравнению со сталью, закаленной обычным способом. Это позволит штамповать из листовой пружинной стали пространственные детали. А это означает резкое уменьшение опасности поломок ответственных пружин, более вы-

сокую усталостную прочность, стойкость конструкции к вибрациям.

Первая установка для закалки в магнитном поле (Рис. 12) выглядит по размерам очень скромно, но самому методу, безусловно, уготовано большое будущее. Впрочем, электромагнит установки мал, да удал: обмотка сделана из медных трубок, по которым течет охлаждающая вода, поэтому есть возможность пропускать через обмотку очень большой ток, и напряженность магнитного поля между полюсами достигает многих тысяч эрстед.

Рис.12

Термомеханическая и термомагнитная обработка обеспечивают экономию металла, уменьшение габаритов и веса изделий, удлинение срока их службы, повышение надежности.

Этот метод упрочнения должен в ближайшее время получить самое широкое распространение, он стоит этого.

3.3 Магнитное поле – способ формообразования.

Гибкие поперечно-гофрированные металлические оболочки (сильфоны) — изобретение универсальных достоинств (Рис. 8). Они поглощают вибрацию, компенсируют температурные деформации.

Рис. 13

Это идеальные волноводы и проводники механической энергии, в них электромагнитные волны распространяются без потерь... И т. д. Увы, изготовлять их непросто. По мнению серьезных специалистов, лучшие в мире технологии сильфонов разработаны в Московском авиационном институте.

В лаборатории МАИ впервые были применены способы формования сильфонов жидкой и эластичной средами. Последние разработки изобретателей показывают, что лучшим инструментом для формования является магнитное поле.

Обрабатывая металлические оболочки толщиной от 0,01 до 5,0 мм, в лаборатории получают изделия практически любого поперечного сечения: круглые, овальные, прямоугольные, многогранные, щелевого типа и даже восьмеркообразные. Важно отметить, что «гармошки» получаются с равномерной высотой гофра и идеально чистой поверхностью.

В заключении можно отметить, что вышеприведенные примеры – это только малая часть известных в науке и технике технических решений с использованием постоянных магнитов.

Глава 4. Практическая часть.

4.1. Вступление в тему.

Общеизвестно, что магниты могут между собой притягиваться и отталкиваться. А могут ли они и притягиваться, и отталкиваться одновременно? В Интернете и в справочной литературе ответов на этот вопрос я не нашел, кроме демонстрации эффекта «магнитной сцепки», когда две тележки двигаются друг за другом, не имея механической связи между собой.

Оказалось, что магниты способны притягиваться и отталкиваться одновременно. Магниты, как мы все знаем,– это не просто тела, которые способны притягиваться и отталкиваться друг с другом и притягиваться к ферромагнитным телам. Магнит - это источник магнитного поля. И именно благодаря магнитному полю происходят эти необычные магнитные явления.

А теперь вопрос! А можно ли управлять этим магнитным полем? Оказывается, возможно: при взаимодействии постоянных магнитов определённой конструкции образуется совсем другое магнитное поле, и, если какой-то магнит убрать или добавить, то магнитное поле изменится.

Мне захотелось поэкспериментировать, как в лабораторных условиях, в стенах МАН, можно изменить магнитное поле, сделать его послушным и т.д. И на что способно такое магнитное поле?

Один из опытов показал, что магниты могут, как притягиваться, так и отталкивать одновременно. Работу таких устройств в видеороликах, которые были в интернете по этой теме, мы смогли подтвердить!

Такое явление называется «Магнитная яма». Некоторые ученые называют такое явление «Магнитная яма Николаева», по фамилии Г.В. Николаева (учёного-физика из Томска). Так как он ушел из жизни в 2008 году, то все исследования по «магнитной яме» были прекращены.

Я захотел узнать, как же всё-таки работает эта «магнитная яма», какие практические возможности можно извлечь из этого физического эффекта.

4.2. Эксперименты с эффектом «магнитной ямы» в виде магнитной сцепки двух игрушечных машинок.

Впервые такое явление мы заметили, когда установили на одной игрушечной машинке два магнита вертикально, а третий магнит - на второй игрушечной машинке, причем по высоте этот одиночный магнит располагался посередине между двумя магнитами первой машинки.

Подбор нужного расположения этих трех магнитов на двух машинках оказался очень трудоемким – многое зависело не только от взаимного расположения трех магнитов, но и от формы и размеров самих магнитов, от их полярности и намагничивающей силы, а также и от других параметров, например, наличия расположенных рядом деталей из ферромагнетика.

В связи с этим возник вопрос – как сделать поиск взаимного положения магнитов в НОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ более простым и менее трудоемким?

4.3. Разработка лабораторного стенда для исследования «магнитной сцепки».

Учитывая вышеописанные трудности, мы решили сделать лабораторный стенд, где можно регулировать взаимное положение трех магнитов с целью устойчивого получения эффекта «магнитной ямы» в данной конкретной конструкции.

Выяснилось, что регулировка взаимного положения ТРЕХ магнитов для получения эффекта «магнитной ямы» в известных конструкциях, потребует возможности независимого регулирования по высоте всех этих ТРЕХ магнитов.

Таким образом, стенд должен иметь три устройства для микроперемещений этих ТРЕХ магнитов в вертикальной плоскости, что весьма затруднительно исполнить из-за ограниченной пространственной области взаимодействия этих трех магнитов, в которой

присутствие любых ферромагнитных тел искажает физическую картину «магнитной ямы».

А почему надо искать эффект «магнитной ямы» для трех магнитов именно в ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ?

Не проще ли расположить два магнита первой машинки в ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ, тогда и третий магнит второй машинки также будет располагаться в этой же горизонтальной плоскости!

Сразу же «исчезает» одна регулировка – по высоте магнита, расположенного на второй машинке, и стенд становится значительно проще.

Мой стенд изготовлен из оргстекла. Основа стенда - это подставка из оргстекла, в которой сделан продольный паз (Приложение 1).

В паз вставляются имитаторы движущихся моделей, выполненные двух в виде прямоугольников из оргстекла, к нижней поверхности которых приклеены опоры, которые по ширине немного меньше ширины паза подставки – поэтому имитаторы свободно перемещаются по поверхности подставки строго вдоль паза. Это позволяет зафиксировать взаимное положение имитаторов точно посередине друг относительно друга.

Теперь нужно было найти простые регуляторы положения двух магнитов. Естественно, это должны были быть миниатюрные механические регуляторы – редукторы, простые и дешевые.

Стали вспоминать, где, в каких устройствах используются механические редукторы. Оказалось, в радиотехнике и электронике используют подстроечные одинарные многооборотные резисторы типа СП3-24 с прямолинейным перемещением подвижной системы для навесного монтажа. У этих резисторов внутри корпуса имеется червячный редуктор с малым шагом – менее 0,5 мм/оборот.

Переделка такого резистора заключалась в удалении шильдика, закрывающего корпус сверху, и удалении верхней части стенок корпуса вдоль длинной стороны резистора. Потом к движку подвижной системы червячного редуктора приклеивалась небольшая площадка из оргстекла, к которой затем прикреплялся постоянный неодимовый магнит.

Два таких редуктора крепились на одном из имитаторов, при этом оба магнита были расположены на определенной высоте, относительно подставки с пазом, а третий магнит крепился на такой же высоте на втором имитаторе.

После чего имитаторы устанавливались на подставку с пазом и регулировкой взаимного положения двух магнитов относительно друг друга и третьего магнита добивались получения эффекта «магнитной ямы».

Наш «Лабораторный стенд изучения «магнитной ямы» готов! (Приложение 1).

Такой стенд позволил провести успешные эксперименты с различными магнитами и ответить на некоторые интересующие меня вопросы.

После проверки работоспособности «магнитной ямы» в вертикальной и горизонтальной плоскостях, я решил усовершенствовать модель магнитной сцепки, которая основана на принципе «магнитной ямы».

Сначала я взял 2 тележки и установил на них магниты в такой конфигурации магнитных силовых линий, чтобы образовалась «магнитная яма». Данный эксперимент показал возможности применения «магнитной ямы» в различных сцеплениях между движущимися объектами (Приложение 2).

После этого эксперимента, я добавил к двум тележкам третью тележку, таким образом, чтобы у меня образовалась магнитная сцепка из трёх объектов, следовательно, «магнитных ям» в такой сцепки стало две.

После проверки работоспособности такой сцепки и настроек сил «магнитных ям» я увидел очень интересную закономерность: с каждой добавленной тележкой в магнитной сцепке и увеличением количества «магнитных ям» должна увеличивается и сила этих «магнитных ям».

Это означает, что между ведомой и ведущими тележками должна быть «магнитная яма» такой силы, которая будет превышать все силы предыдущих «магнитных ям» в этой магнитной сцепке.

ВЫВОДЫ

1. Выполнение данной НИР позволило мне узнать много интересного о необычных свойствах обычных постоянных магнитов.

2. Я проверил работу «магнитной ямы» в других конфигурациях расположения магнитов - в горизонтальной конфигурации сил «магнитной ямы».

3. Для выполнения данной НИР я разработал и изготовил простой экспериментальный стенд для проверкиработы эффекта «магнитной ямы» в горизонтальной конфигурации сил.

4. Я изготовил, а в дальнейшем усовершенствовал магнитную сцепку, основанную на принципах «магнитной ямы».

5. Выполняя данную НИР, я получил не только практические навыки работы с постоянными магнитами, но и приобрел опыт исследовательской работы по изготовлению и использованию простейшего оборудования для проведения экспериментов.

6. Я провел патентный поиск в открытой базе данных Роспатента и изучил описания изобретений по теме НИР.

7. Я ознакомился с новыми малоизвестными применениями магнитных эффектов в технике и технологии.

Литература

1. Резисторы. Справочник, М., изд-во «Радио и связь», 1987 г., с. 167.

2. Г.В. Николаев. Непротиворечивая электродинамика, теории, эксперименты, парадоксы. Томск, 1997.

3. «Техника молодёжи», № 11,1989. Магнитная яма.Василий Козорез. Киев.

4. «Техника – молодежи», №6, 1991 г. Мир в магнитном кольце. Михаил Петрович Остриков.

5. Белов К.П., Бочкарёв П.Г. Магнетизм на земле и в Космос. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 192 с.

6. «Юный Техник» — журнал «Левша»

7. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. Белый И. В., Фертик С. М., ХименкоЛ. Т. Харьков, издательское объединение «Вища школа» 1977. 168 с.

8. wikipedia.org

9. www.youtube.com

10. www.fips.ru

Приложения

Приложение 1

Оргстекло.

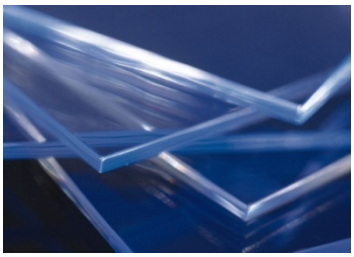


Рис. 14

Детали из конструктора «ЛЕГО».

Рис. 15

Подстроечный многооборотный резистор типа СП3-24.

Рис. 16

Лабораторный стенд. Вид спереди.

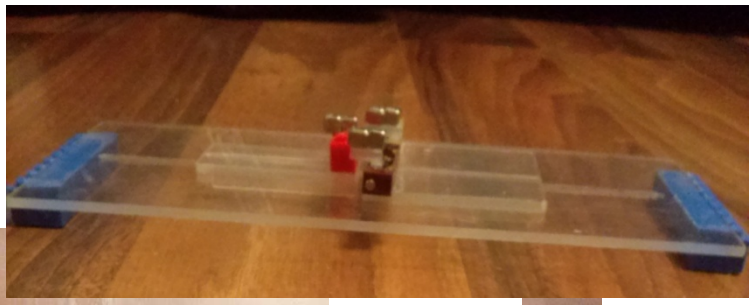
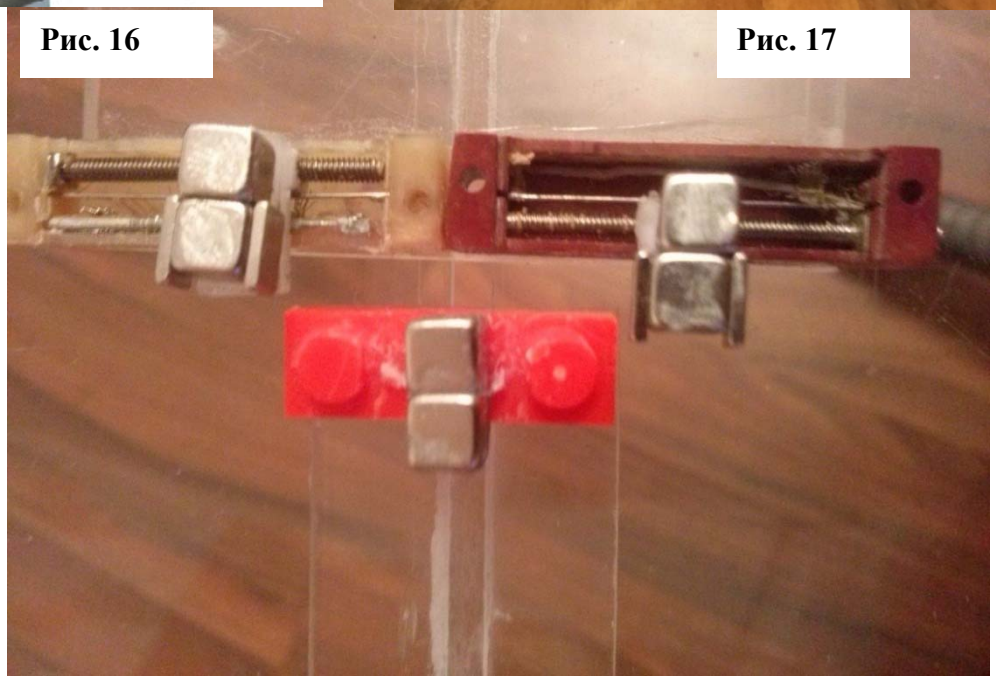


Рис. 17



Лабораторный стенд. Вид сверху.

Приложение 2

Магнитная сцепка. 2 тележки.

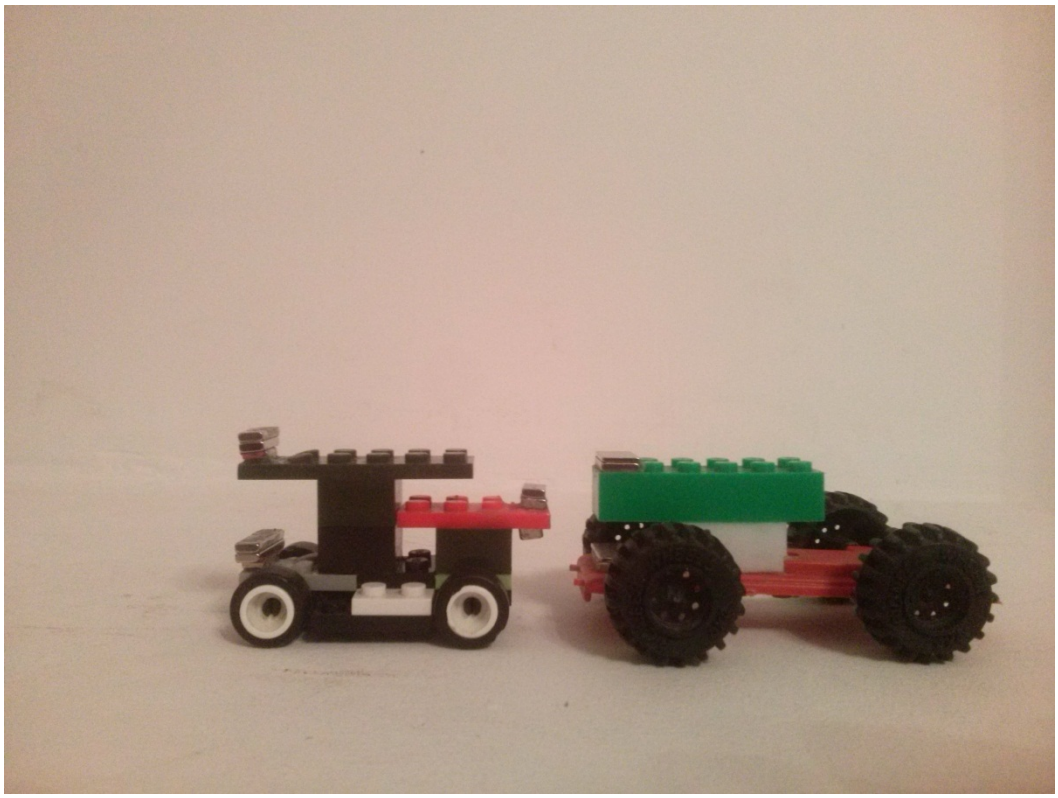


Рис. 19

Магнитная сцепка. 3 тележки.

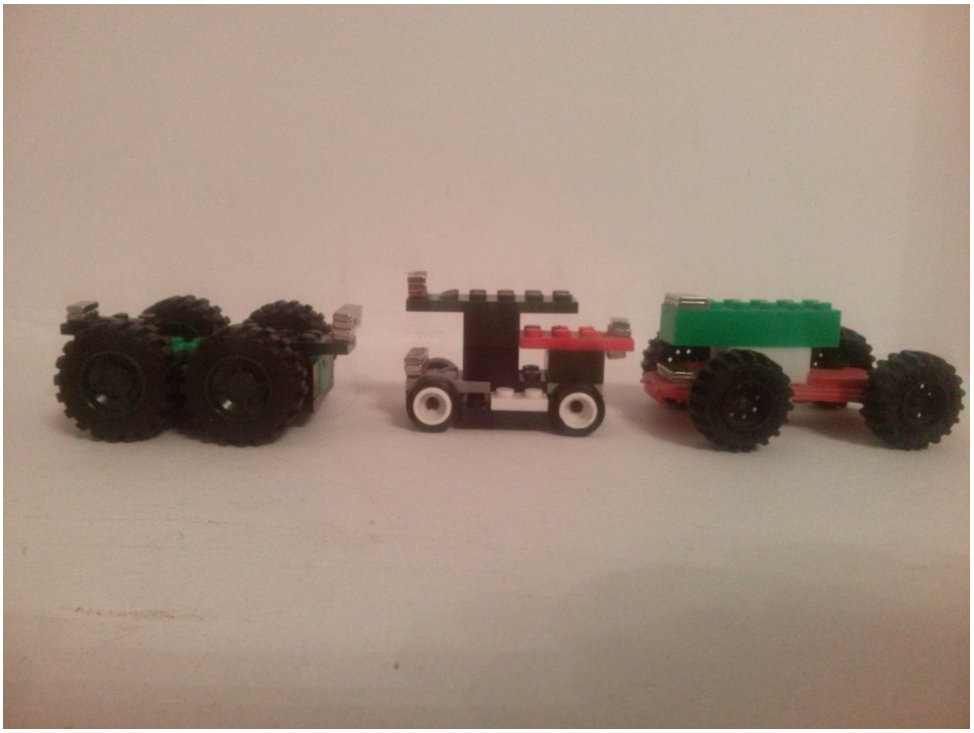


Рис. 20