

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ старшеклассников по политехническим, естественным, математическим дисциплинам для учащихся 9-11 классов

физика

Создание наручной части экзоскелета

Кадочиков Илья Владиславович,

11, Лицей 1, Пермь

Анферов Сергей Дмитриевич,

Пермь. 2018

Оглавление.

Введение	4
Основная часть	5
Цель и задачи	5
Принцип действия, чертеж модели и его описание	5
Проблемы, встреченные при создании чертежа и их решение	6
Концептуальная постановка	7
Математическая постановка	7
Результаты	9

Вводная часть.

Тема работы - часть экзоскелета работающая за счет электромагнита. Цель работы - создание бюджетного наручного устройства, позволяющего увеличить силу мышц предплечья. Экзоскелет - устройство, позволяющее усилить часть тела или все тело, так же в некоторых случаях так же выступает в роли защиты тела. Человеческое тело слабо и незащищено, поэтому с давних времен люди старались укрепить внешней защитой, в наше же время благодаря развитию технологий стало возможным увеличение силы человека с помощью внешних устройств. Эта тема довольно актуальна в наше время так как экзоскелеты полезны и порой необходимы для помощи людям с нарушением опорно-двигательных функций, спасательных операций, военных нужд. Однако, как правило, такие устройства стоят довольно дорого. Ниже приведены два примера существующих экзоскелетов.

1) DM (Dream machine). Это полностью автоматический гидравлический экзоскелет, который управляется голосом своего оператора. Пока что используется для реабилитации пациентов, которые не могут ходить вследствие заболеваний центральной нервной системы или иных нейромышечных болезней. Само устройство весит около 21 килограмм, оно способен выдержать пользователя массой до 100 килограмм.

2) REX. Это устройство для инвалидов, неспособных ходить самостоятельно, управляется джойстиком, способно функционировать без подзарядки весь день. Для перемещения REX не требует костылей или иных средств стабилизации. Этот экзоскелет также позволяет присесть, встать, подниматься или спускаться по лестнице. Масса устройства составляет 38 килограмм, максимально допустимая масса пользователя - 100 килограммов.

Основная часть.

Цель:

- Создать бюджетную рабочую модель наручной части экзоскелета.

Задачи:

- Придумать принцип действия и примерную конструкцию устройства.
- Создать чертеж устройства.
- Провести необходимые расчеты.
- Собрать рабочую модель пользуясь окончательным чертежом.

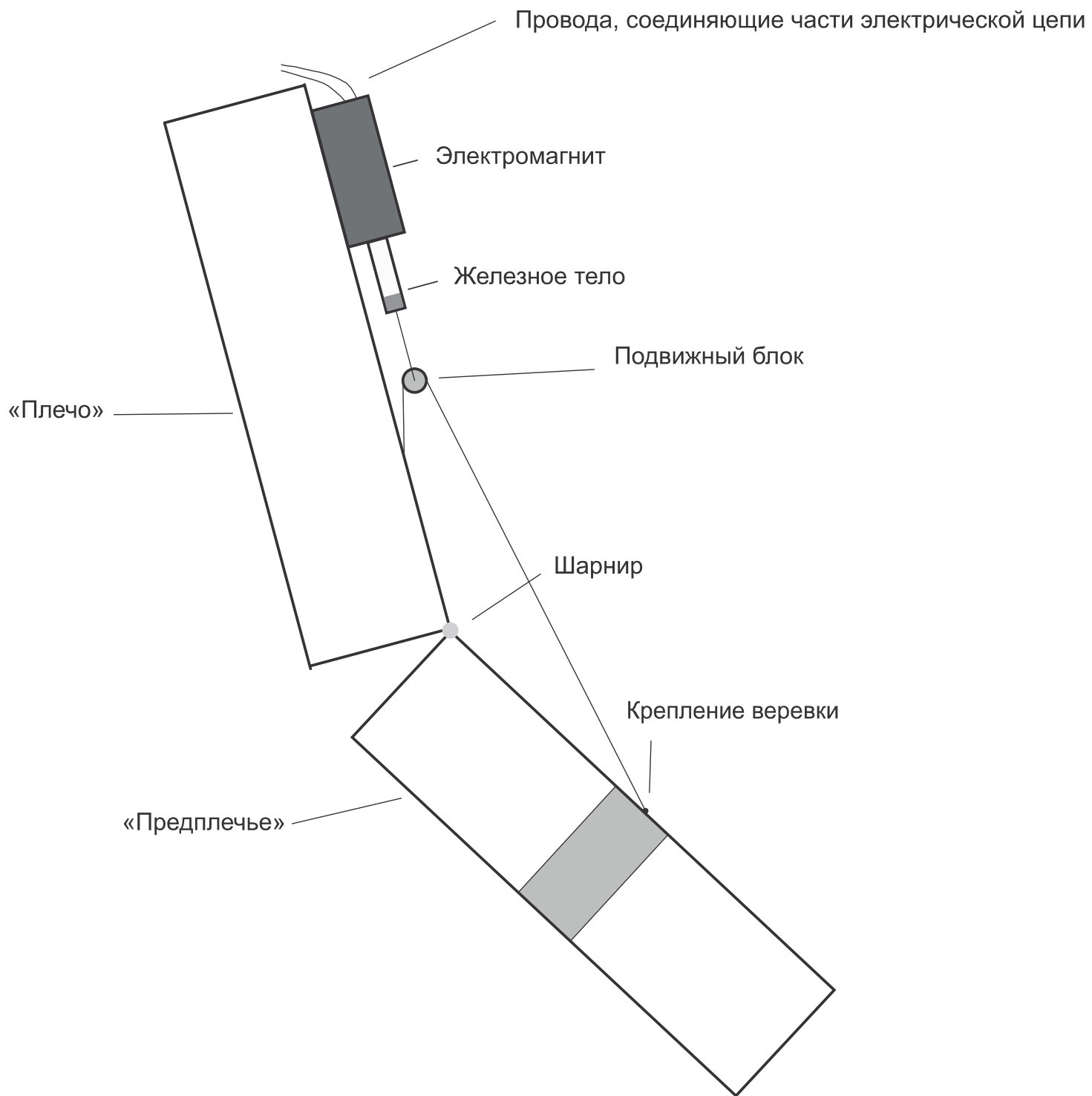
Принцип действия, чертеж и его описание:

При создании чертежа устройства были определены основные детали устройства: электрическая цепь постоянного тока включающая в себя аккумулятор, реостат, ключ, электромагнит, ферромагнитное тело, притягиваемое магнитом и нить/трос/веревка, соединяющая предплечье и ферромагнитное тело.

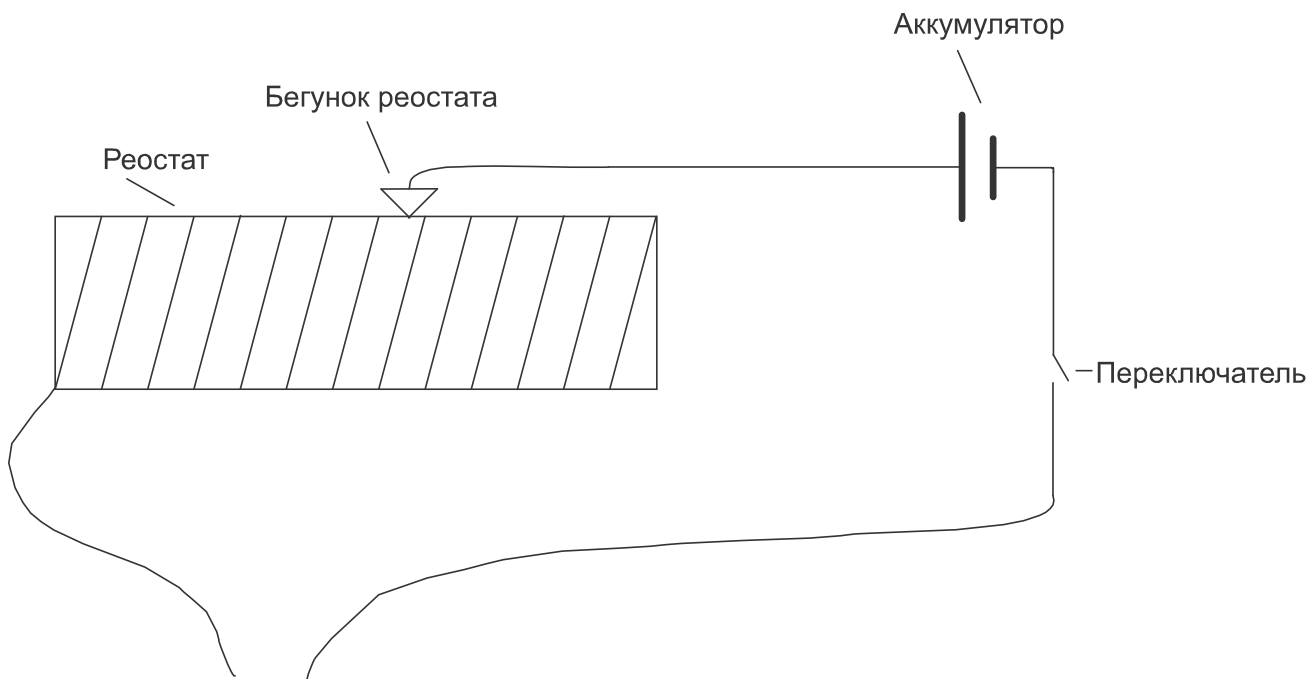
При замыкании электрической цепи ток протекает по обмотке электромагнита, электромагнит притягивает железное тело, вслед за ним поднимается предплечье.

Для проверки работоспособности модели был использован макет руки, собранный из двух деревянных брусков и шарнира между ними.

На чертеже представлена примерная схема устройства

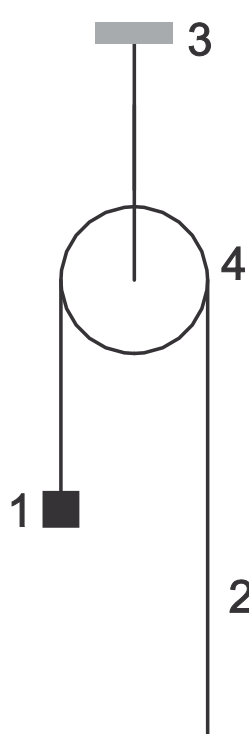


Сама электрическая цепи представлена ниже:



Проблемы, встреченные при создании чертежа, и их решение:

При разработке чертеж претерпевал некоторые изменения, связанные с недостатками предыдущих версий. Электромагнит, собранный в домашних условиях, обладал значительным недостатком: он способен притягивать объекты, находящиеся на расстоянии не превышающем 4 см. Поэтому



изначальный чертеж был дополнен подвижным блоком. Подвижный блок - простейший механизм, позволяющий получить двукратный выигрыш в расстоянии/силе (зависит от точки приложения силы: подвижный конец веревки - выигрыш в силе, сам блок - расстояние), однако вторая характеристика (соответственно сила и расстояние) получает проигрыш в 2 раза.

1. Неподвижный (зафиксированный) конец веревки
2. Закрепленный на "предплечье" конец веревки
3. Притягиваемое электромагнитом железное тело

4. Подвижный блок, через который перекинута веревка

Само устройство представляет собой указанную выше электрическую цепь постоянного тока, притягивающийся к электромагниту кусочек железа, подвижный блок, наручное крепление, а так же две веревки (соединяющая подвижный блок и железное тело, перекинутая через блок).

Концептуальная постановка:

1. Бруски, представляющие собой плечо и предплечье были приняты за стержни для удобства расчетов
2. Масса подвижного блока, а так же возникающее в нем трение равно 0
3. Центр масс подвижного стержня находится в его середине

Математическая постановка:

Известными приняты следующие величины:

$$m; m_1; \alpha_0; \beta_0; \gamma.$$

$$T_1 = 0,5T = -0,5F$$

Уравнение моментов сил:

$$mgl \sin \alpha + T_1 l \sin \beta = \varepsilon J$$

$$\sin \beta = \sin(360^\circ - \gamma - \alpha) = -\sin(\gamma + \alpha)$$

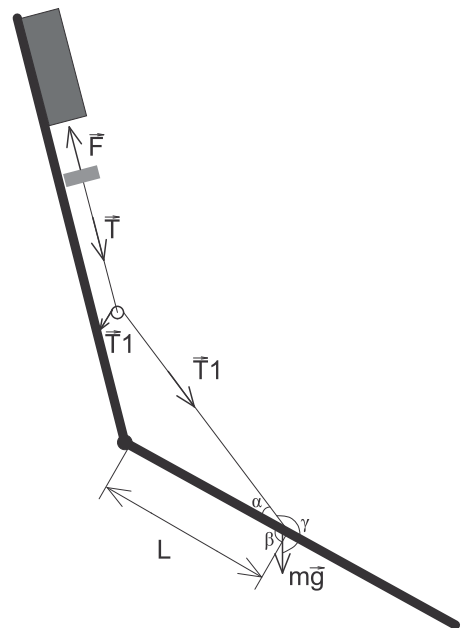
$$J = \frac{1}{12} m(2l)^2$$

$$mgl \sin \alpha + 0,5Fl \sin(\gamma + \alpha) = \varepsilon \frac{1}{12} m4l^2$$

$$\varepsilon = \omega' = (\Delta\alpha)''$$

$$v = \omega r \quad r = l$$

$$F = m_1 a = m_1 (v)' = m_1 l(\omega)'$$



$$6mg \sin \alpha + 3m_1 l (\omega)' \sin(\gamma + \alpha) = 2ml (\omega)'$$

$$(\Delta\alpha)'' = \frac{6mg \sin \alpha}{2ml - 3m_1 l \sin(\gamma + \alpha)}$$

где m - масса стержня, m_1 - масса железного тела, ε - угловое ускорение, J - момент инерции стержня.

Второй закон Ньютона (для подвижного стержня):

$$ma = mg + T_1$$

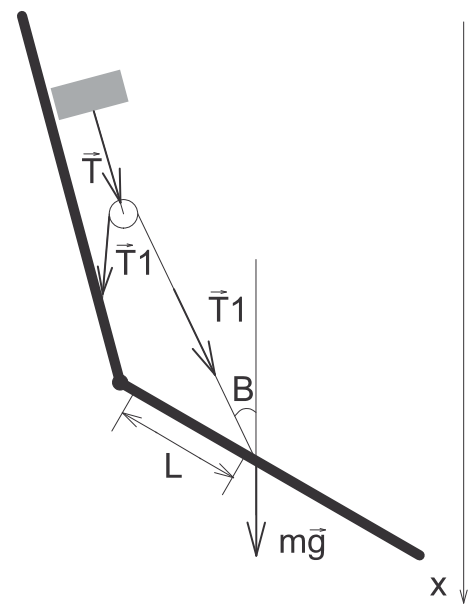
$$x: ma = mg - 0,5F \cos B$$

$$\cos B = \cos(180^\circ - \alpha - \beta) = -\cos(\alpha + \beta)$$

$$F = \frac{2m(g - l(\Delta\alpha)'')}{-\cos(\alpha + \beta)}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = -\cos(\gamma)$$

$$F = \frac{2m(g - l(\Delta\alpha)'')}{\cos(\gamma)}$$



Система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} F = \frac{2m(g - l(\Delta\alpha)'')}{-\cos(\alpha + \beta)} \\ (\Delta\alpha)'' = \frac{6mg \sin \alpha}{2ml - 3m_1 l \sin(\gamma + \alpha)} \end{array} \right.$$

Обозначения на рисунках:

L - плечо силы тяжести (mg) и силы натяжения нити (T_1).

α - угол между плечом силы тяжести (mg) и ее вектором

β - угол между плечом силы натяжения нити (T_1) и ее вектором

γ - постоянный угол (не меняется т.к. α и β изменяются на равное число радиан)

β - угол между осью X и вектором силы T_1

Результаты.

Модель устройства была собрана, но оказалась неработоспособной. Электромагнит оказался неспособен к поднятию груза тяжелее 40 грамм с расстояния 4 см. Если же уменьшить это расстояние, то разница между начальным и конечным положением предплечья упадет и смысл конструкции окажется под сомнением. Так же масса конструкции составляет примерно 5 кг, а при замене электромагнита на более мощный значительно возрастет. Устройство будет малоэффективным даже если будет установлен мощный электромагнит.

Цель была достигнута лишь частично, так как модель была построена, стоимость ее составляющих довольно низка, однако она неработоспособна.