

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЦЕНТР ДЕТСКОГО  
(ЮНОШЕСКОГО) ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

## **ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

### **СЕНСОРНЫЙ МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ АЗБУКИ МОРЗЕ**

Авторы проекта:  
Белоусов Виталий, 16 лет  
Махно Артём, 12 лет  
Дегтярёв Алексей, 11 лет

Руководитель проекта:  
Стрибный Олег Юрьевич,  
педагог дополнительного образования,  
руководитель объединения «Радиосвязь»

Санкт-Петербург  
2012 год

## Оглавление

Введение .....	3
Цель проекта .....	3
Идея проекта .....	3
Задачи проекта.....	3
Обзор существующих типов телеграфных ключей .....	4
Исследование существующих принципов работы сенсорных устройств.....	6
Поиск существующих аналогов устройства.....	10
Принцип работы нашего устройства.....	11
Конструктивные особенности.....	11
Расчетная стоимость .....	12
Практические испытания устройства.....	14
Новизна и преимущества устройства.....	14
Вывод.....	16
Используемые источники информации .....	16

## **Введение**

Манипулятор для передачи азбуки Морзе иногда называют телеграфным ключом – это обобщающий термин для любого устройства, используемого в основном для передачи телеграфной азбуки. Автоматические телеграфные ключи можно разделить на две составляющие: манипулятор и сама схема электронного ключа. В своей работе мы решили создать современный манипулятор для удобной и качественной передачи азбуки Морзе человеческой рукой.

В настоящее время все промышленно выпускаемые трансиверы (радиостанции) уже содержат встроенную схему электронного ключа, так что для передачи азбуки Морзе рукой к ним достаточно лишь подключить подходящий манипулятор (который как правило, не входит в стандартный комплект поставки).

## **Цель проекта**

Разработать сенсорный манипулятор, сочетающий в себе удобство использования и недорогую стоимость.

## **Идея проекта**

Сенсорный манипулятор можно сконструировать используя эффект электрической проводимости человеческого тела.

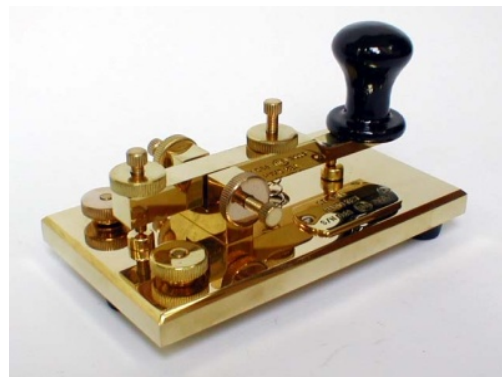
## **Задачи проекта**

- Произвести обзор существующих типов телеграфных ключей и выявить преимущества и недостатки каждого типа.
- Произвести исследование существующих принципов работы сенсорных устройств.
- Выбрать наиболее подходящий принцип работы для применения в нашей разработке.
- Произвести поиск существующих аналогов изготавливаемого устройства.
- Спроектировать и изготовить сенсорный манипулятор, который сочетает в себе удобство использования и недорогую стоимость.
- Произвести расчет общей стоимости деталей и материалов, необходимых для изготовления одного сенсорного манипулятора.
- Произвести практические испытания устройства.

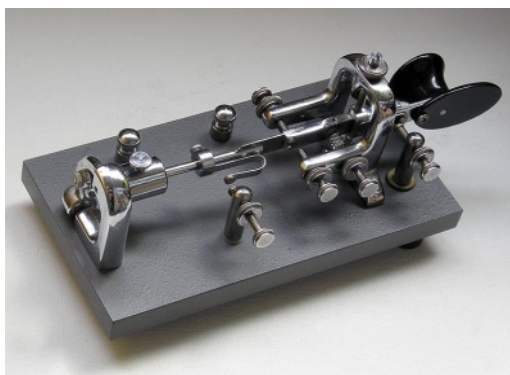
## Обзор существующих типов телеграфных ключей

В настоящее время существуют следующие типы телеграфных ключей для передачи азбуки Морзе:

**Механические ключи.** Были изобретены самые первые и считаются традиционными. Механический ключ представляет собой подпружиненное коромысло, качающееся в вертикальной плоскости. Нажимая на конец коромысла, оператор замыкает единственный электрический контакт. Натяжение пружины и ход коромысла (зазор контактной группы) регулируются.



**Полуавтоматические механические ключи.** В этих ключах коромысло манипулятора качается в горизонтальной плоскости в обе стороны. Нажимая коромысло влево, оператор вручную формирует тире. При нажатии вправо запускается маятниковый механизм, который автоматически формирует последовательность точек. Скорость формирования точек регулируется перемещением грузика на маятнике. Такие ключи, известны под названием «виброплекс» (по наименованию первой фирмы, выпустившей их на рынок).



**Автоматические ключи.** Их еще называют электронными. Они управляются двумя контактами. При замыкании одного из них электронная схема формирует серию точек, при замыкании другого - серию тире. Электронный ключ позволяет регулировать скорость формирования точек и тире, а также соотношение длительности посылок и пауз. В последнее время приобрели популярность так называемые «ямбические» ключи. Если одновременно замкнуть оба управляющих контакта такого ключа, он начинает формировать последовательность «точка-тире-точка-тире...».



**Таблица №1. Преимущества и недостатки типов телеграфных ключей**

<b>Типы ключей</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
Механические ключи		1. Оператор самостоятельно вручную формирует точки и тире. 2. Замыкание контактов сопровождается громким стуком. 3. Основание ключа необходимо зафиксировать, чтобы он не передвигался во время передачи. 4. Необходима регулировка зазора между контактов. 5. Подвижные части ключа изнашиваются.
Полуавтоматические механические ключи	Ключ способен автоматически формировать точки	1. Оператор самостоятельно вручную формирует тире. 2. Замыкание контактов сопровождается громким стуком. 3. Основание ключа необходимо зафиксировать, чтобы он не передвигался во время передачи. 4. Необходима регулировка зазора между контактов. 5. Подвижные части ключа изнашиваются.
Автоматические ключи	Ключ способен автоматически формировать точки и тире	1. Замыкание контактов сопровождается громким стуком. 2. Основание ключа необходимо зафиксировать, чтобы он не передвигался во время передачи. 3. Необходима регулировка зазора между контактов. 4. Подвижные части ключа изнашиваются.

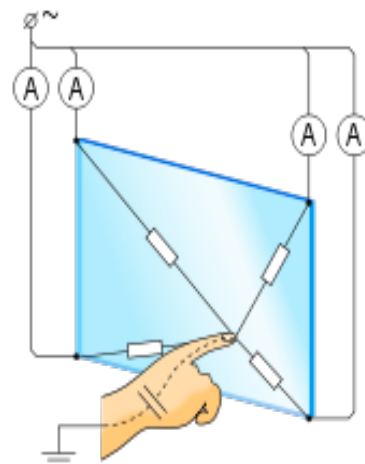
**Вывод:** существуют четыре основных недостатка, которые присутствуют в каждом типе ключей:

1. Замыкание контактов сопровождается громким стуком.
2. Чтобы ключ не передвигался во время передачи его основание необходимо зафиксировать.
3. Необходима регулировка зазора между контактов.
4. Подвижные части ключа изнашиваются.

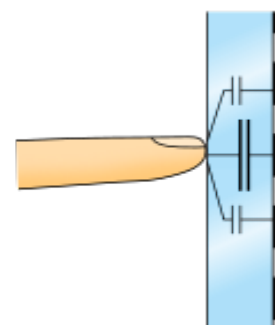
## Исследование существующих принципов работы сенсорных устройств

Существует множество сенсорных устройств, которые работают на разных физических принципах. Мы исследуем все принципы работы, чтобы убедиться в правильности нашего выбора. После краткого обзора всех принципов мы приводим сравнительную таблицу.

**Ёмкостный принцип.** Ёмкостный (или поверхностно-ёмкостный) принцип использует тот факт, что предмет большой ёмкости проводит переменный ток. Рабочая поверхность покрыта прозрачным резистивным материалом. Электроды, расположенные по углам сенсорной поверхности, подают на проводящий слой небольшое переменное напряжение. При прикосновении к рабочей поверхности пальцем или другим проводящим предметом появляется утечка тока. Ток во всех четырёх углах регистрируется датчиками и передаётся в контроллер. **Особенности:** Ёмкостные сенсорные устройства надёжны, не пропускают жидкости и отлично терпят загрязнения. Впрочем, проводящее покрытие всё ещё уязвимо. Поэтому ёмкостные экраны широко применяются в автоматах, установленных в охраняемом помещении. Не реагируют на руку в перчатке.

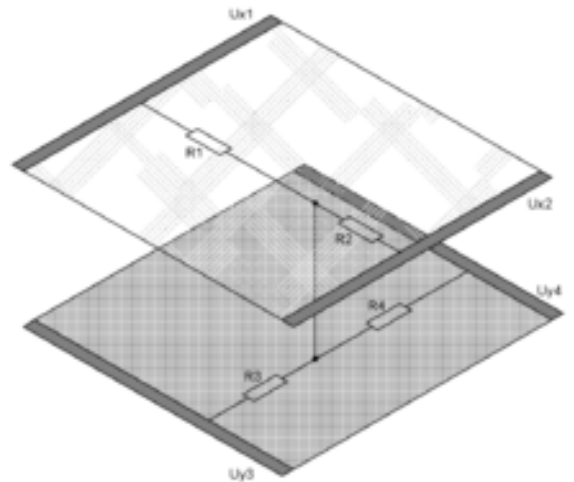


**Проекционно-ёмкостный принцип.** На внутренней стороне рабочей поверхности нанесена сетка электродов. Электрод вместе с телом человека образует конденсатор; а контроллер измеряет ёмкость этого конденсатора (подаёт импульс тока и измеряет напряжение). Сенсоры реагируют даже на приближение руки - порог срабатывания устанавливается программно. **Особенности:** Температурный диапазон чрезвычайно широк. Очень долговечны (узкое место - сложная электроника, обрабатывающая нажатия). На проекционно-ёмкостных устройствах может применяться стекло толщиной вплоть до 18 мм, что приводит к крайней вандалоустойчивости. На непроводящие загрязнения не реагируют, проводящие легко подавляются программными методами. Поэтому проекционно-ёмкостные сенсорные устройства применяются в автоматах, устанавливаемых на улице. Многие модели реагируют на руку в перчатке.



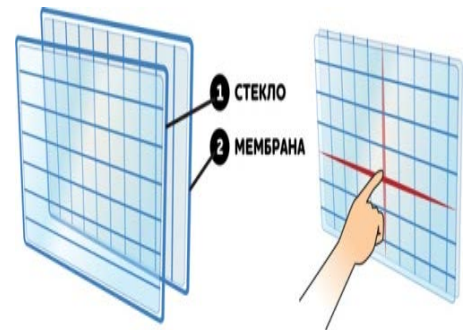
**Резистивный принцип.** При нажатии на рабочую поверхность, мембрана сенсора замыкается с контактным полем, контроллер с помощью аналогово-цифрового преобразователя регистрирует изменение сопротивления и преобразует его в координаты прикосновения.

**Особенности:** Резистивные сенсорные устройства дешёвые и обладают максимальной стойкостью к загрязнению. Резистивные устройства реагируют на прикосновение любым гладким твёрдым предметом: рукой (голой или в перчатке), пером, кредитной картой, тупым концом скальпеля. Их используют везде, где вандализм и низкие температуры полностью исключены: для автоматизации промышленных процессов, в медицине, в сфере обслуживания (POS-терминалы), в персональной электронике (КПК).

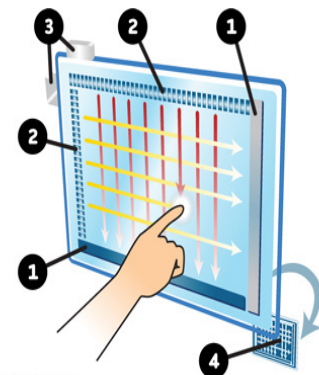


**Матричный принцип.** Принцип аналогичен резистивному, но упрощен до предела. На контактное поле нанесены горизонтальные проводники, на мембрану — вертикальные. При прикосновении к рабочей поверхности проводники соприкасаются. Контроллер определяет, какие проводники замкнулись, и передаёт в микропроцессор соответствующие координаты.

**Особенности.** Имеют очень низкую точность. Элементы интерфейса приходится специально располагать с учётом клеток матричного устройства. Единственное достоинство — простота, дешевизна и неприхотливость.



**Принцип поверхностно-акустических волн (ПАВ).** Рабочая поверхность оснащена пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП), находящимися по углам. По краям рабочей поверхности находятся отражающие и принимающие датчики. Специальный контроллер формирует сигнал и посылает его на ПЭП. ПЭП преобразует этот сигнал в ПАВ, а отражающие датчики его соответственно отражают. Эти отражённые волны принимаются соответствующими датчиками и посылаются на



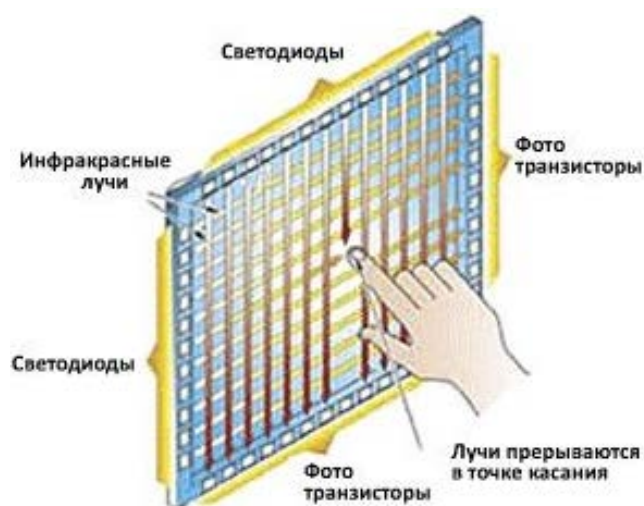
1. СЕНСОРЫ
2. ОТРАЖАТЕЛИ ЗВУКА
3. ТРАНЗИСТОРЫ, ПОДАЮЩИЕ ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ
4. ПРОЦЕССОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ КООРДИНАТЫ



ПЭП. ПЭП, в свою очередь принимают отражённые волны и преобразовывают их в электрический сигнал, который затем анализируется с помощью контроллера. При касании рабочей поверхности пальцем часть энергии акустических волн поглощается. Приёмники фиксируют это изменение, а микроконтроллер вычисляет положение точки касания. Сенсор реагирует на касание предметом, способным поглотить волну. **Особенности:** Главным достоинством устройств на ПАВ является возможность отслеживать не только координаты точки, но и точно определять радиус или область нажатия. Данное устройство имеет очень высокую прозрачность, так как свет от отображающего прибора проходит через стекло, не содержащее резистивных или проводящих покрытий. Несмотря на сложность конструкции, эти экраны довольно долговечны.

**Инфракрасный принцип.** На рабочей поверхности сетка, сформированная горизонтальными и вертикальными инфракрасными лучами. Сетка прерывается при касании рабочей поверхности любым предметом. Контроллер определяет место, в котором луч был прерван.

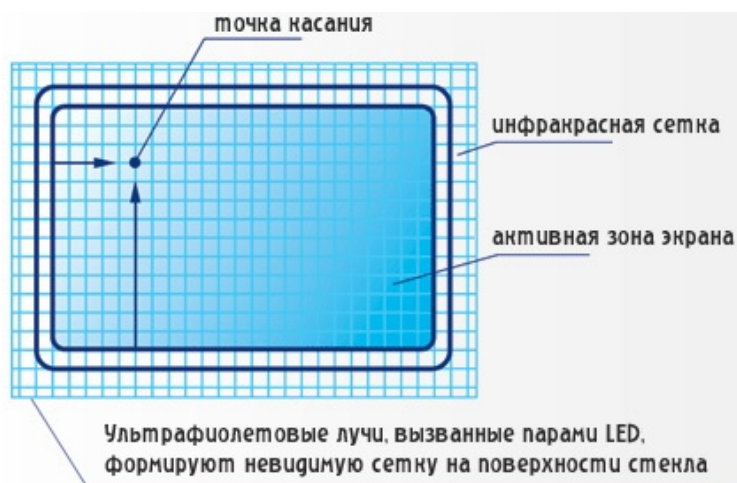
**Особенности:** Инфракрасные сенсорные устройства боятся загрязнений и поэтому применяются там, где важно качество изображения. Из-за простоты и ремонтпригодности схема популярна у военных.



**Оптический принцип.** Стеклона рабочая поверхность снабжена инфракрасной подсветкой. На границе «стекло - воздух» получается полное внутреннее отражение, на границе «стекло - посторонний предмет» свет рассеивается. **Особенности.**

Позволяют отличить нажатия рукой от нажатий какими-либо предметами, есть мультитач.

Возможны большие сенсорные поверхности, вплоть до классной доски.

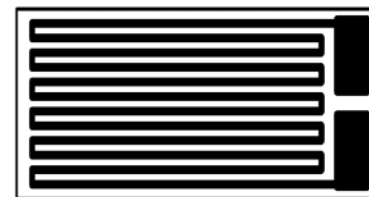




**Тензометрический принцип.** Он заключается в изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников при их механической деформации.

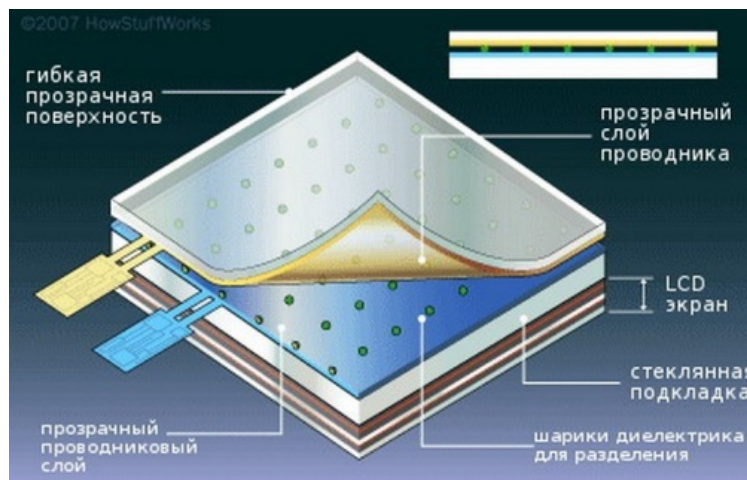
**Особенности:** Точность тензометрических устройств невелика, зато они отлично выдерживают вандализм. Их применение аналогично проекционно-ёмкостным: банкоматы, билетные автоматы и прочие устройства, расположенные на улице.

## Тензорезистор



**Индукционный принцип.** Рабочая поверхность реагирует только на специальное перо. Устройство индукционного принципа – это электромагнитное устройство с индукционными токами, которые возбуждаются в металле элемента с переменным магнитным полем.

**Особенности:** Применяются, когда требуется реакция именно на нажатия пером (а не рукой).



**Таблица №2. Сравнение характеристик различных типов сенсорных устройств.**

Характеристика	Ём кос	Пр- ёмк	Рези стив	Мат рич	ПАВ	ИК	Оп тич	Тензо	Инд укц
Твёрдый проводящий предмет	Да	Да	Да	Да		Да	Да	Да	
Рука в перчатке		Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Твёрдый непроводящий предмет			Да	Да		Да	Да	Да	
Срок жизни, млн. нажатий	200	$\infty$	35	35	50	$\infty$	$\infty$	10	$\infty$
Защита от грязи и жидкостей	Да	Да	Да	Да			Да	Да	Да
Устойчивость к вандализму	Да	Да					Да	Да	

**Результаты исследования:** Проведя исследование существующих принципов работы сенсорных устройств, мы установили, что наша идея проекта ближе всего к **ёмкостному принципу** (предмет большой ёмкости проводит переменный ток). Чтобы уменьшить стоимость изготовления модели, в нашем проекте будут сделаны некоторые изменения, относительно традиционного ёмкостного принципа, в конструкции сенсорного блока:

1. Вместо дорогостоящего прозрачного резистивного материала мы планируем использовать фальгированный текстолит.
2. На сенсоры будет подаваться не переменное, а небольшое постоянное напряжение, т.к. нам не нужно позиционировать точку касания.

## Поиск существующих аналогов устройства

Поиск аналогичных устройств в интернете и специализированных магазинах выявил, что в настоящее время аналогов в продаже **не существует!** На сайте [www.youtube.com](http://www.youtube.com) были найдены несколько видеозаписей работы операторов на сенсорных манипуляторах, но, к сожалению, они никак не были документированы (отсутствовали ссылки на описания и схемы).

В Российском сегменте интернета все ссылки ведут на разработку радиолюбителя из города Полесск, Калининградской области Александра Сизова (UA2FT). Он в своей работе также отмечает, что про идею сенсорного манипулятора он слышал, но практические схемы не попадались. Приводим принципиальную схему и конструкцию сенсорного устройства его разработки:

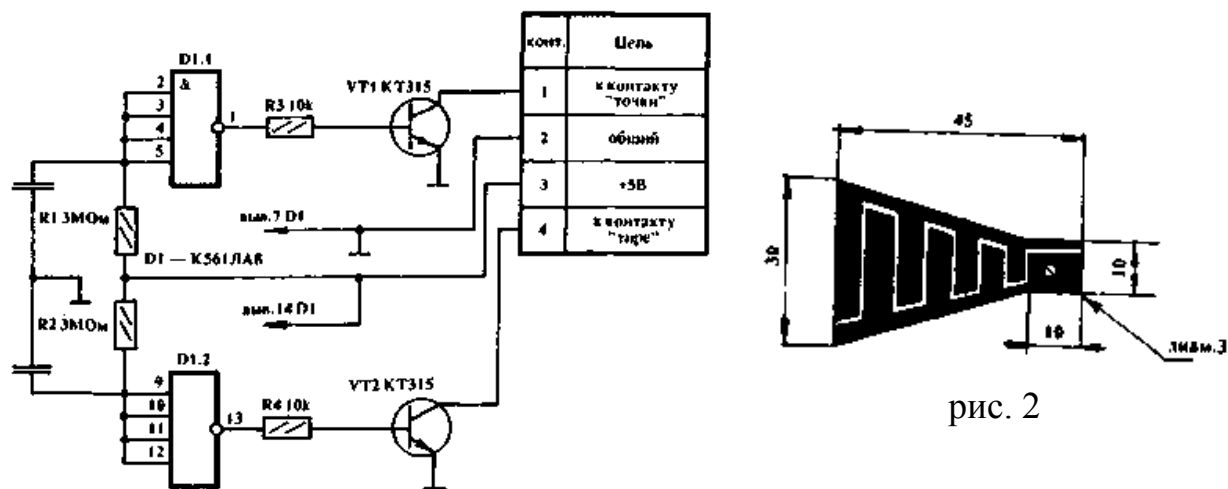


рис. 2

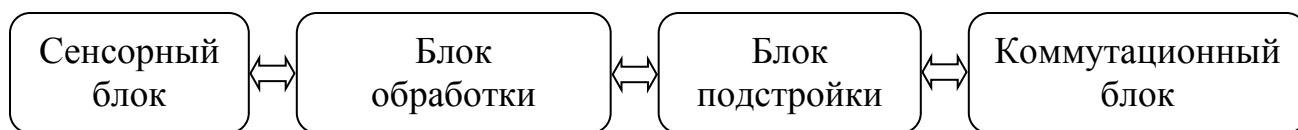
Сенсорные контакты его устройства выполнены также из текстолитовых пластин. На каждой из них чередуются дорожка, идущая к общему проводу, и дорожка, соединенная с входами соответствующего элемента (рис.2). При прикосновении пальца выход элемента меняет свое состояние, срабатывает транзисторный ключ и передается серия знаков.

Автор отмечает главный недостаток своей конструкции: Сделано слишком узкое расстояние между дорожками. Когда вспотевший палец оператора оставляет влажную плёночку, то ключ может передавать лишние знаки пока она не испарится.

1. Заметим, что на предложенной автором конструкции сенсора значительное увеличение расстояния (даже до 5 мм) между контактами сенсоров приведет к тому, что оператор не всегда будет попадать ровно на два контакта, и соответственно ключ не будет работать как надо.
2. Второй недостаток, который замечен нами: для питания контроллера устройства необходимо внешнее напряжение +5 вольт (как видно из схемы).

## **Принцип работы нашего устройства**

### **Блок-схема сенсорного манипулятора**



Прикосновения оператора к сенсорам фиксируется контроллером, который передаёт сигналы в коммутационный блок для управления внешними устройствами. Блок подстройки необходим для настройки чувствительности сенсоров, которая меняется в зависимости от типа трансивера или внешней схемы автоматического ключа подключенного к коммутационному блоку.

Устройство оборудовано тремя сенсорами. Базовый сенсор расположен на горизонтальной платформе корпуса. Сенсоры точек и тире расположены вертикально и укреплены с обеих сторон основной стойки. Для работы на манипуляторе оператор располагает своё запястье на базовом сенсоре, а подушечками большого и указательного пальцев касается сенсоров, которые отвечают за передачу точек и тире.

## **Конструктивные особенности**

Выбор материала для изготовления сенсорных элементов был сделан в пользу фальгированного текстолита. На этот материал нанесен тонкий медный слой, который, обладает необходимой электрической проводимостью. Материал отличается относительно недорогой стоимостью и удобен в обработке (по сравнению с мембранами распространенных сенсорных устройств).

В качестве каркаса устройства выбраны пиломатериалы на базе фанеры толщиной 3 мм и доски толщиной 35 мм. Выбор этих материалов был сделан на основе их небольшой стоимости и лёгкости в обработке.

Соединения каркаса устройства выполнены на шурупах 4,5х20 мм и 3,0х16 мм из нержавеющей стали с потайными шляпками. Для каждого шурупа в каркасе устройства произведена зенковка, которая позволяет полностью скрыть шляпки шурупов. Соединения пластин фальгированного текстолита с каркасом устройства выполнены с помощью эпоксидной смолы. Деревянные детали корпуса устройства после окончательной доводки наждачной бумагой обработаны деревозащитным декоративным средством Биотекс «Универсал» (цвет рябина), которое увеличивает срок службы, придает легкий блеск и подчеркивает естественную структуру древесины.

## **Расчетная стоимость**

При создании нашего устройства мы старались обойтись как можно меньшими затратами и использовать подручные материалы. Пиломатериалы (обрезки доски и фанера), радиодетали и крепеж были найдены непосредственно на нашей радиостанции. Средство для обработки древесины Биотекс нашлось на даче руководителя нашего объединения. В магазине «Микроника» были приобретены листы фальгированного текстолита для изготовления сенсоров и разъёмы для блока коммутации.

Мы выражаем огромную благодарность объединению «Судомоделизм» в лице Дземишкевича Олега Павловича, за предоставление эпоксидной смолы для соединения пластин сенсоров с каркасом устройства. Также мы благодарим объединение «Авиамоделизм» в лице Афанасьева Василия Борисовича за предоставление во временное пользование некоторых инструментов для обработки пиломатериалов.

Итого на изготовление опытного образца нашего устройства было потрачено **162 рубля 00 копеек**.

При массовом производстве стоимость одного сенсорного манипулятора из партии можно рассчитать как сумму стоимостей деталей и материалов, необходимых для его изготовления.

Со стоимостью деталей всё понятно, т.к. они продаются поштучно, сложнее вычислить стоимость материалов, необходимых для изготовления **одного** манипулятора. Даже, если производить закупку в розничной продаже, то одной единицы некоторых материалов хватает на изготовление нескольких манипуляторов, поэтому для наглядности приводим расчет в виде таблицы.

**Таблица №3. Калькуляция стоимости материалов и деталей для изготовления одного устройства.**

<b>Наименование материала, деталей</b>	<b>стоимость материала, деталей</b>	<b>кол-во комплектов из материала</b>	<b>стоимость для одного комплекта</b>
Лист фанеры размерами 3х1525х1525 мм (для изготовления базовой платформы каркаса, задней и верхней стенки отсека блока обработки)	362,00р.	85	4,26р.
Доска размерами 40х300х1600 мм (для изготовления основной стойки и двух Г-образных стенок блока обработки)	428,00р.	72	5,94р.
Пластина фальгированного текстолита 100х270 мм (для изготовления комплекта из трёх сенсоров)	140,00р.	1	140,00р.
Комплект радиодеталей (для коммутационного блока, блока обработки и блока подстройки)	215,60р.	1	215,60р.
АМП5 МГШВ 1.0 монтажный провод 5 м (для электрического соединения радиодеталей внутри блоков и между блоками)	63,00р.	20	3,15р.
Припой ПОС 40 Тр d=2.0мм 1 м спираль (для пайки электрических соединений)	54,00р.	12	4,50р.
Упаковка шурупов 4,5х20 мм - 1000 штук (для крепления основной стойки и основных элементов каркаса используется 6 штук)	581,00р.	166	3,50р.
Упаковка шурупов 3,0х16 мм - 1000 штук (для крепления стенок каркаса используется 15 штук)	488,00р.	66	7,39р.
Клей Момент-1 30 мл (для крепления сенсорных элементов к каркасу изделия)	41,00р.	3	13,67р.
Бумага наждачная MIROX-150 115х5 мм (для обработки деревянных деталей корпуса устройства)	98,00р.	10	9,80р.
Декоративное средство Биотекс "Универсал" 0,8 л (для обработки деревянных деталей корпуса устройства)	141,00р.	50	2,82р.
<b>ИТОГО</b>			<b>410,63р.</b>

Данные о ценах на пиломатериалы и крепеж приведены по данным товарных цен строительного гипермаркета «Метрика» на 19.01.2012. Данные о ценах на радиодетали и материалы для изготовления сенсоров приведены из прайс-листа магазина электроники «Микроника» на 19.01.2012.

Нами был произведен социологический опрос радиолюбителей и спортсменов радиотелеграфистов, который показал, что они готовы покупать наш сенсорный манипулятор по цене от 2 до 5 тысяч рублей. Учитывая, что в свободной продаже аналогов нашего устройства нет, а стоимость других типов манипуляторов лежит в пределах от 3,5 до 15 тысяч рублей, мы считаем, что **при рыночной цене 2,5 тысячи рублей наше устройство будет пользоваться большим спросом** среди этого сегмента потребителей.

## **Практические испытания устройства**

После практических испытаний на удобство использования все члены нашей команды однозначно отметили, что пользоваться устройством удобно. Наш манипулятор подходит как для повседневной работы в эфире азбукой Морзе, так и для участия в соревнованиях по скоростной радиотелеграфии.

Испытания по подключению к разным типам трансиверов также прошло успешно. Мы поочередно подключаем манипулятор ко всем имеющимся в нашем объединении трансиверам разных марок и производителей (Yaesu FT-817, Yaesu FT-950, Yaesu FT-990, Yaesu FT-2000 и Icom-718) и он везде отлично работал, благодаря блоку подстройки чувствительности сенсоров.

Технические замеры показали, что контроллер нашего сенсорного манипулятора, благодаря блоку подстройки, может быть запитан напряжением в диапазоне от 3 до 12 вольт.

Испытания на прочность производились в виде имитации падений манипулятора с высоты 750 мм (стандартная высота стола) на различные поверхности. Испытания показали, что наша разработка обладает значительным запасом прочности относительно других манипуляторов имеющихся у нас в наличии.

## **Новизна и преимущества устройства**

Из-за сложности изготовления сенсорных манипуляторов они не сильно популярны среди спортсменов радиотелеграфистов и радиолюбителей. На настоящий момент не существует ни одного производителя выпускающего такие манипуляторы серийно. Наше устройство выгодно отличается от аналогов, т.к. при его создании были учтены все плюсы и минусы других разработок.

В процессе практических испытаний были выявлены следующие преимущества нашего устройства:

1. **Безопасность.** Наш сенсорный манипулятор абсолютно безопасен для человека, т.к. напряжение питания контроллера лежит в диапазоне 3-12 Вольт.
2. **Прочность.** Испытания на прочность показали, что наша разработка обладает значительным запасом прочности относительно других манипуляторов.
3. **Бесшумность.** В нашем устройстве отсутствуют подвижные механические контакты, при замыкании которых создаётся шум.
4. **Низкая стоимость.** Устройство спроектировано так, что для его изготовления не требуется дорогостоящих деталей и материалов.
5. **Универсальность.** Наш сенсорный манипулятор, благодаря блоку подстройки уровней, можно подключить к любой типу трансиверов разных производителей. Кроме этого при подключении нашего устройства к трансиверу в коммутационном блоке можно выбрать полярность контактов точек и тире.
6. **Эстетичный вид.** Устройство имеет эстетичный вид и его не стыдно поставить на рабочий стол рядом с дорогостоящим импортным оборудованием.
7. **Устойчивость к загрязнению.** Благодаря обработке устройства деревозащитным декоративным средством Биотекс «Универсал» в деревянные части устройства не будет впитываться грязь.
8. **Не требует фиксации.** Конструктивное исполнение исключает необходимость дополнительного фиксирования основания устройства во время работы. При работе на нашем манипуляторе оператор располагает запястье рабочей руки на платформе, тем самым, фиксируя манипулятор весом своей руки.
9. **Не требует дополнительного электропитания.** Питание контроллера устройства осуществляется непосредственно от подключенного трансивера по тому же кабелю, что и манипуляция. Также для работы устройства не требуется никаких аккумуляторных батарей.
10. **Поддержка ямбического режима.** Наш манипулятор поддерживает ямбический режим работы, про который описано в обзоре типов телеграфных ключей.



## **Вывод**

В ходе проделанной проектно-исследовательской работы мы достигли изначально поставленную перед собой цель. А также помимо этого, выполнили все нижеперечисленные задачи проекта:

- Произвели обзор существующих типов телеграфных ключей и выявили преимущества и недостатки каждого типа.
- Произвели исследование существующих принципов работы сенсорных устройств.
- Выбрали наиболее подходящий принцип работы для применения в нашей разработке.
- Произвели поиск существующих аналогов изготавливаемого устройства.
- Спроектировали и изготовили сенсорный манипулятор, который сочетает в себе удобство использования и недорогую стоимость.
- Произвели расчет общей стоимости деталей и материалов, необходимых для изготовления одного сенсорного манипулятора.
- Произвели практические испытания устройства.

## **Используемые источники информации**

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%E5%EB%E5%E3%F0%E0%F4%ED%FB%E9\\_%EA%EB%FE%F7](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%E5%EB%E5%E3%F0%E0%F4%ED%FB%E9_%EA%EB%FE%F7)
2. [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D1%8D%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%BD](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%BD)

