

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **12.04.04 Биотехнические системы и технологии**  
 Отделение **электронной инженерии**

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка сенсорного блока управления для электрохирургического скальпеля</b>

УДК 004.354.3-047.74:615.472.3-026.661

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ0М	Лузгин Дмитрий Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШНКБ	Нам И.Ф.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Верховская М.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	А.Е. Кулагин	К.ф.-М.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дикман Е.Ю.	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
<b>УК(У)-2</b>	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
<b>УК(У)-3</b>	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
<b>УК(У)-4</b>	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
<b>УК(У)-5</b>	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
<b>УК(У)-6</b>	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом исследований, разработки и проектирования биотехнических систем и технологий
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен организовать проведение научного исследования и разработку, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами исследований в области биотехнических систем и технологий
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач

<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен анализировать состояние научно-технической проблемы, технического задания, ставить цели и задач проектирования биотехнических систем и медицинских изделий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников
<b>ПК(У)-2</b>	Способен разрабатывать математические модели биотехнических систем и медицинских изделий, выбирать метод их моделирования, оценивать степень их адекватности
<b>ПК(У)-3</b>	Способен выбирать метод и разрабатывать программу экспериментальных исследований, проводить медико-биологические исследования с использованием технических средств, выбирать метод обработки результатов исследований.
<b>ПК(У)-4</b>	Способен проектировать инновационные биотехнические системы и технологии.
<b>ПК(У)-5</b>	Способен организовывать процессы интеграции инновационных биотехнических систем и технологий
<b>ПК(У)-6</b>	Способен оценивать технологичность конструкторских решений, применять и разрабатывать технологические процессы внедрения и обслуживания биотехнических систем и медицинских изделий
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДПК(У)-1</b>	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **12.04.04 Биотехнические системы и технологии**  
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Е.Ю. Дикман  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ0М	Лузгину Дмитрию Андреевичу

Тема работы:

“Разработка сенсорного блока управления для электрохирургического скальпеля”	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 21.12.2021 № 355-44/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработать устройство позволяющая отображать и настраивать выходную мощность с помощью сенсорного экрана.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Количество отображаемых режимов – 4;</li> <li>2. Количество экранов – 2;</li> <li>3. Основной контроллера - Atmega 32;</li> <li>4. Разрешение одного дисплея 420x380;</li> <li>5. Диагональ 3,5 дюйма;</li> <li>6. Тип сенсорного экрана – резистивный;</li> <li>7. Условия эксплуатации – операционная комната;</li> </ol>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналитический обзор литературы.</li> <li>2. Написание программы для микроконтроллера.</li> <li>3. Создание печатной платы для отладки изображения.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема электрическая принципиальная</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Верховская Марина Витальевна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Сечин Александр Иванович</p>
<p>Иностранный язык</p>	<p>Кобзева Надежда Александровна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Введение</p>	
<p>Обзор литературы</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>14.02.2022</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Нам И.Ф.</p>	<p>к.т.н.</p>		<p>14.02.2022</p>

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1ДМ0М</p>	<p>Лузгин Дмитрий Андреевич</p>		<p>14.02.2022</p>

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1ДМ0М	Лузгину Дмитрию Андреевичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	12.04.04 Биотехнические системы и технологии

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей в соответствии со штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Коэффициенты для расчета заработной платы.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 1,3.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	1. <i>Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i> 2. <i>SWOT – анализ.</i> 3. <i>Оценка готовности проекта к коммерциализации</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	1. <i>План проекта.</i> 2. <i>График проведения НТИ</i> 3. <i>Бюджет научно-технического исследования (НТИ).</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки сравнительной эффективности проекта.</i>
4. <b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>График проведения и бюджет НТИ</i> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1ДМ0М	Лузгин Дмитрий Андреевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1ДМ0М		Лузгин Дмитрий Андреевич	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Отделение электронной инженерии (ОЭИ)
Уровень образования	магистратура	Направление/ специальность	<i>Биотехнические системы и технологии (12.04.04)</i>

Тема ВКР:

Разработка сенсорного блока управления для электрохирургического скальпеля	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения;</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации;</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> Сенсорный дисплей для Радиочастотного скальпеля  <i>Область применения:</i> Медицина, Больницы  <i>Рабочая зона:</i> лаборатория  <i>Размеры помещения:</i> 10*5 м.  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> Операционный стол, бестеневая потолочная лампа, наркозный аппарат, электроотсос инструментальный стол, негатоскоп;  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> Регулировка параметров выходной мощности коагулятора, переключение режимов работы</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны;</li> </ul>	<p>Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 18.12.20 года N 928н, “Об утверждении Правил по охране труда в медицинских организациях”;          Федеральный закон от 28.12.2013. N 426 – ФЗ “О специальной оценки условий труда.”;          ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ;          Федеральный закон от 28.12.2013. N 400-ФЗ” О страховых пенсиях”;          ГОСТ 12.2.033-78;          ГОСТ 22269—76;</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов;</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора;</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повешенный уровень статического электричества;</li> <li>2. Опасные факторы, связанные с электрическим током, вызванные разницей электрических потенциалов, под действием которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги;</li> </ol> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие электромагнитных полей радиочастотного диапазона;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> </ol>

	<p>3. Высокий уровень напряжённости и тяжести труда;</p> <p>4. Высокий уровень напряжения органов зрения;</p> <p>5. Высокое умственное напряжение;</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты:</b> рациональное размещение установок в помещениях с капитальными стенами и перекрытиями покрытыми радиопоглощающими материалами, экранирование источников излучения и рабочих мест с использованием отражающих заземлённых экранов, заземление корпуса прибора, усиления изоляции для защиты от электрического пробоя, гальваническая развязка прибора от сети и от пациента, применение специальной одежды из токопроводящей резины;</p> <p><b>Расчёт:</b> расчёт освещения;</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b></p>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> отсутствует</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> истощение природных ресурсов;</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> попадание вредных веществ при механической, гальванической обработки;</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> загрязнение воздушной среды парами оксида свинца, олова, сурьмы и других элементов входящих в состав припоя;</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b> поражение электрическим током, авария на коммунальных системах;</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар;</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
<p><b>1.03.22</b></p>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ0М	Лузгин Д.А.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 108с., 17 рис., 21 табл., 25 источников, 3 прил.

Ключевые слова: резистивный сенсорный экран, электрохирургический скальпель, TFT дисплей, блок управления, ILI 9486, ХРТ 2046.

Объектом исследования является блок управления электрохирургического скальпеля с использованием сенсорного дисплея.

Цель работы – разработать программу для дисплея позволяющую отображать и изменять мощность и режимы электрохирургического скальпеля, а также разработать печатную плату для отладки программы.

В процессе исследования был проведён обзор имеющихся решений и технологий сенсорных тачскринов. После чего была разработана программа для контроллера Atmega 32, позволяющая отобразить выбранную мощность и режим на дисплеи, а также обрабатывать нажатия пользователя на сенсорный экран. Также была разработана принципиальная схема и печатная плата на основе принципиальной схемы, имитирующая блок управления скальпеля.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: тип сенсорного экрана – резистивный, матрица дисплея – TFT, разрешение экрана 480x320, диагональ 3,5 дюйма, количество экранов – 2, рабочая частота контроллера 16 МГц.

Степень внедрения: блок управления планируется для приборов эксплуатирующихся в операционных блоках больниц.

Область применения: медицинская техника.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты Национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

2. ГОСТ Р 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

3. ГОСТ Р 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.

4. ГОСТ Р 2.316 – 2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

5. ГОСТ Р 7.05 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь

ПЗУ – Постоянное запоминающее устройство

SPI – Serial Peripheral Interface

DC – Data or command

CS – Cheap Select

WR – Write

## Оглавление

Введение.....	13
1 Литературный обзор .....	14
1.1 Виды сенсорных экранов .....	14
1.2 Виды дисплеев.....	20
1.3 Способы общения с дисплеем .....	21
2. Создание графической библиотеки.....	25
2. 1 Функции отправки данных.....	25
2.2 Функция отрисовки точки, прямоугольника, окружности.....	28
2.3 Функция вывода изображения.....	32
3. Подключение сенсорного экрана .....	35
3.1 Работа с драйвером ХРТ 2046.....	35
3.2 Калибровка сенсорного экрана.....	37
4. Разработка печатной платы.....	40
4.1 Функциональная схема.....	40
4.2 Разработка принципиальной схемы .....	41
4.3 Трассировка печатной платы.....	44
5. Финансы и менеджмент.....	47
5.1 Потенциальные потребители .....	47
5.2 Анализ конкурентных технических решений.....	49
5.2.1 SWOT - анализ .....	51
5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	58

5.4 Структура работ в рамках научного исследования .....	60
5.4.1 План проекта .....	61
5.4.2 Бюджет научного исследования.....	63
5.4.3 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ ..	65
5.4.5 Основная заработная плата исполнителей темы .....	66
5.4.6 Дополнительная заработная плата .....	68
5.4.7 Отчисления во вне бюджетные фонды.....	69
5.4.8 Накладные расходы .....	70
5.5 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	71
6. Социальная ответственность.....	75
6.1. Введение.....	75
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	76
6.3 Производственная безопасность .....	78
6.3.1 Повышенный уровень статического напряжения .....	78
6.3.2 Риск поражения электрическим током, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги .....	79
6.3.3 Освещённость.....	80
6.4 Экологическая безопасность.....	83
6.5 Безопасность при чрезвычайных ситуациях .....	87
7. Заключение .....	89
Список используемых источников.....	90
Приложение А .....	93
Приложение Б.....	106
Приложение В.....	107

## **Введение**

Целью данной разработки является создание сенсорного блока управления для электрохирургического скальпеля. Сенсорный экран – устройство ввода/вывода, состоящее из дисплея, отображающего информацию на экране и прозрачного сенсорного стекла наклеенного поверх дисплея регистрирующего касания на экран.

Задача блока управления с сенсорным экраном упростить пользователю управление электрохирургическим скальпелем. Это особенно актуально сейчас, когда количество режимов у современных электрохирургических скальпелей растёт и позволяет осуществлять тонкую настройку. Поэтому все современные аппараты оснащены сенсорным дисплеем. В связи с модернизацией оборудования для электрохирургии и проведением промышленного дизайна потребовалось создание линейки аппаратов с сенсорным дисплеем.

Целью данной работы было разработать сенсорный блок управления электрохирургическим скальпелем, позволяющий осуществлять регулировку мощности.

В процессе выполнения данной работы был проведён обзор существующих на рынке решений сенсорных экранов и выбор подходящего решения. Кроме того, была написана библиотека, отображающая простые геометрические примитивы и готовые изображения, загруженные в память контроллера. Помимо этого, была спроектирована печатная плата, позволяющая отлаживать написанный код.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Виды сенсорных экранов

В данном разделе будет проведён анализ существующих технологий сенсорных экранов на соответствие техническим требованиям, поставленных к разрабатываемому устройству.

Можно выделить следующие технологии сенсорных экранов, применяемых на современном рынке:

1. Резистивные
2. Ёмкостные
3. Проекционно-ёмкостные
4. Сенсорные экраны на поверхностно-акустических волнах (ПАВ)
5. Инфракрасные сенсорные экраны

Резистивный экран – состоит из стеклянного или акрилового слоя покрытыми электропроводящим веществом и резистивного слоя, сделанным из оксида индий-олова. Оба слоя разделены между собой прозрачными прокладками. В момент простоя два слоя не имеют между собой электрического контакта, но как только на экран воздействуют нажатием, два слоя замыкаются между собой образуя делитель напряжения [1]. Такой экран называется четырёхпроводным, помимо него существует пятипроводная версия резистивного экрана. В отличии от четырёхпроводного в пятипроводном исполнении резистивное напыление на мембране заменяется на проводящее. На заднем стекле при этом всё также нанесено резистивное покрытие с четырьмя электродами по углам. Изначально все четыре электрода находятся под напряжением +5В, а мембрана заземлена. Уровень напряжения на мембране постоянно отслеживается аналогово-цифровым преобразователем (АЦП). Когда ничто не касается сенсорного экрана, напряжение равно нулю.

Как только на экран нажимают, микропроцессор улавливает изменение напряжения мембраны и начинает вычислять координаты касания следующим образом:

1. На два правых электрода подается напряжение +5В, левые заземляются. Напряжение на экране соответствует X -координате.
2. Y - координата считывается подключением к +5 В обоих верхних электродов и к "земле" обоих нижних.

Главное преимущество пятипроводного исполнения над четырёхпроводным — это его большая надёжность. Пятипроводный сенсорный экран имеет большой ресурс работы и может работать даже с порезом на мембране. Для сравнения четырёхпроводные сенсорные экраны имеют ресурс работы в 1 миллион нажатий а пятипроводные уже 10 миллионов нажатий [2].

Преимуществами резистивных экранов является их дешевизна, а также возможность работы на нём с помощью любого тупого предмета. При этом они имеют очень высокое внешнее сопротивление и не допускают статического разряда. Однако резистивные экраны не могут регистрировать одновременное нажатие в нескольких точек, также они блокируют до 20% яркости экрана. Поэтому в современном мире они ушли на второй план уступив место проекционно-ёмкостным экранам, однако они по-прежнему используются в промышленных дисплеях.

Ёмкостные экраны основаны на способности предметов большой ёмкости проводить переменный ток. Ёмкостной сенсорный экран представляет собой стеклянную панель, покрытую проводящим материалом. Электроды, располагают по углам экрана, и при этом подают на проводящий слой небольшое переменное напряжение (одинаковое для всех углов). Когда человек касается экрана через палец начинает утекать ток на землю. При этом ток утечки будет зависеть от расстояния между пальцем и экраном [3].

Ёмкостные экраны имеют большой срок жизни, но при этом они реагируют на касания только проводящих предметов, также они способны накапливать статический заряд и требует протекания электрического тока через тело человека, поэтому их применение не допустимо в медицинской технике.

#### Проекционно-ёмкостной экран

Принцип действия такого экрана заключается в создание очень тонкой не заметной для глаз сетчатой структуры. Обычно используется координатная сетка с шагом 250 мкм и толщиной 10 мкм. Как только человек касается экрана он образует ёмкость. Контроллер измеряет эту ёмкость для каждой клетки и на основе этого определяет области касания [4].

Такие экраны имеет коэффициент пропускания не менее 85%, однако они могут регистрировать несколько одновременных нажатий и позволяют использовать защитные стёкла и плёнки и даже реагируют на касания в перчатках. Они имеют очень широкий диапазон рабочих температур что позволяет располагать их на улице. Однако они всё также требует прохождения тока через тело человека и способны накапливать статический заряд.

Помимо вышеперечисленных технологий существует целый ряд сенсорных экранов, использующих оптический способ регистрации нажатия. Одним из таких сенсорных экранов является инфракрасный сенсорный экран – это такие экраны, представляющие собой инфракрасные излучатели, расставленные по всей длине экрана. При нажатии на экран часть излучателей перекрывается и процессор определяет точку перекрытия и регистрируют нажатие [5].

Экраны, выполненные по такой технологии, имеют практически неограниченный ресурс работы, они обладают 100% цветопередачей и могут реагировать на любой непрозрачный предмет. Их основной недостаток — это

низкая точность и маленькое разрешение. Они нашли своё применение в военной технике из-за высокой ремонтпригодности, а также в устройствах, где недопустимо непосредственное касание

Похожий принцип лежит в основе инфракрасных панелей от NextWindow, в этих панелях с двух сторон на торцах пластины устанавливаются инфракрасные излучатели, а на ответных частях размещаются датчики, при касании изменяется интенсивность, измеряемая датчиком, и, исходя из этих данных, происходит расчёт координаты касания [6].

Такое решение также имеет высокую светопередачу и стабильную работу, не требующую калибровки, однако эти дисплеи более сложные в изготовлении.

Другой вид оптических датчиков — это датчики с использованием видеокамер, в нём изображение формируется методом обратной проекции [7] и в качестве оптического сенсора используется камера, работающая в ИК диапазоне. В момент простоя лучи проходят без препятствий через стекло а, в момент касания инфракрасные лучи отражаются обратно в камеру, и видеокамера фиксирует пятно. После чего алгоритм вычисляет координату касания.

Эти сенсоры имеют высокую ударопрочность, однако они способны работать только в помещении, где можно разместить внешнюю камеру.

Последний тип, который будет рассмотрен — это сенсорные панели на акустических волнах. Это сенсорная панель выполнена в виде стеклянной панели, в каждом углу которой располагаются пьезоэлектрические преобразователи и приёмники, а по бокам отражатели. Во время работы пьезоизлучатели генерируют ультразвуковой сигнал, эти волны благодаря отражателям равномерно распределяются по всей площади дисплея. В момент касания блокируется часть энергии и по изменению этой энергии контроллер вычисляет координату касания [8].

Эти дисплеи имеют высокое светопропускание и большой ресурс работы, они реагируют на любой предмет. Однако, у них низкая точность, они чувствительны к грязи и пыли, а также очень плохо работают в шумных помещениях.

Таблица 1 - Сравнение характеристик датчика

	Резистивные	Ёмкостные	Проекционно-ёмкостные	ПАВ	ИК	Оптические с использованием камеры
Рука в перчатке	+	-	-	+	+	+
Твёрдый не проводящий предмет	+	-	-	-	+	+
Предельная прозрачность (%)	85	90	90	100	100	100
Точность	Выс	Выс	Выс	Сред	Низ	Сред
Срок жизни (млн. нажатий)	10	200	$\infty$	50	$\infty$	$\infty$
Защита от грязи и жидкостей	+	+	+	-	-	+
Высоко прочные	-	-	+	-	-	+

Перед тем, как выбрать подходящий сенсорный экран, следует определиться с требованиями, необходимыми при выборе дисплея для электрохирургического скальпеля.

Поскольку данный экран будет работать в медицинском изделии то на него распространяются требования, указанные в ГОСТ Р МЭК 60601 1-1-2-2014. Ознакомившись с данным стандартом, можно выделить несколько требований, которым должен соответствовать блок управления. Во-первых,

прибор должен пройти испытание на помехоустойчивость. Это испытание предназначено для проверки функционирования аппарата под воздействием электромагнитных помех, при этом аппарат во время воздействия должен выполнять свои основные функции, связанные с безопасностью здоровья пациента. Во-вторых, прибор подвергают воздействию импульсным помехам высокой энергии, 0,5; 1 и 2 кВ при подаче помехи в цепь электропитания переменного тока по схеме “провод-земля” и 0,5 и 1 кВ при подаче по схеме “провод-провод”. Третий проблематичный тест для сенсорного дисплея, это испытания на электростатический разряд, в этом испытании к прибору прикладывают 6 кВ контактного разряда и 8 кВ воздушного разряда. При прохождении испытания не допустим:

- Отказ элемента системы;
- Изменение программируемых значений;
- Наличие неисправностей, установленных изготовителем в эксплуатационной документации;
- Изменение рабочего режима;
- Ложные тревоги;
- Прекращение или приостановка выполнения любой выполняемой функции, даже сопровождаемой сигналом тревоги;
- инициирование выполнения любой непредусмотренной функции, включая непредусмотренные и неконтролируемые перемещения, даже сопровождаемым сигналом тревоги;
- достаточно большое значение погрешности отображаемых числовых значений, которое может влиять на процесс диагностики или лечения;

Проанализировав вышеперечисленную информацию, было принято решение о выборе четырёхпроводного резистивного экрана. Во-первых, с резистивными экранами можно вести работы, используя не только перчатки,

но и любые твёрдые тела, это довольно важно в условиях работы в операционной, поскольку снимать перчатки во время операции является довольно проблематичным. Другим важным плюсом резистивного сенсора является устойчивость к различным жидкостям, при этом для резистивного экрана возможно разработать какую-либо защитную плёнку, которая позволит выдержать воздействие агрессивных сред, если сам по себе дисплей не будет на это способен. Это возможно благодаря тому, что резистивный экран способен работать даже через защитную плёнку. При этом, если учитывать, что резистивный экран не самый долговечный, запаса в 1 миллионов нажатий должно быть достаточно, так как работа с радиочастотным скальпелем не подразумевает большого количества нажатий за день. Другое важное преимущество — это его низкая цена, поэтому резистивные экраны остаются довольно распространены.

## **1.2 Виды дисплеев**

Вторая важная составляющая - сам экран дисплея, во-первых, он должен быть ярким, чтобы изображение хорошо считывалось при ярком свете операционной. Сейчас на рынке преобладает две технологии, на которых основываются современные дисплеи — это экраны на органических светодиодах (OLED) и экраны на основе жидких кристаллов (LCD). В настоящее время OLED дисплеи изготавливаются трёх типов [10]:

- схема с разделёнными цветными эмиттерами;
- схема WOLED+CF (цветные фильтры + белые эмиттеры);
- схема с конверсией коротковолнового излучения;

Первый вариант является наиболее энергоэффективным, однако он более сложный в изготовлении. Вторым вариантом проще в производстве, но при этом проигрывает в энергопотреблении. Третий вариант имеет однородное

старение излучателей, не требует отдельного формирования эмиттеров. Более того он требует стабильности голубого излучателя, связанной с тем, что голубое излучение затем преобразуется в красные и зелёные цвета.

Другим распространённым типом экранов являются LCD дисплеи и наибольшее распространение среди них получили TFT матрицы [11]. Принцип работы такого экрана построен на способности жидких-кристаллов изменять поляризацию света, таким образом изменяя интенсивность света что позволяет регулировать пропорцию цветов в изображении, изменяя при этом цвет картинки. TFT дисплеи имеют проблему с отображением картинки под углом, а также проигрывают в контрастности OLED дисплеям, однако они широко представлены на рынке и имеют низкую стоимость.

OLED дисплеи имеют более высокую яркость и контрастность, однако для разработки интерфейса они не подходят. При частом воспроизведении одной и той же картинки органические светодиоды начинают выгорать и, интерфейс большую часть работы будет отображать одно изображение, это приведёт к быстрому выходу из строя дисплея. Потому было решено остановиться на TFT дисплеях.

### **1.3 Способы общения с дисплеем**

Следующим этапом следует ознакомиться с существующими интерфейсами, по которым будет происходить общение микроконтроллера и встроенного в дисплей контроллера. Тип используемого интерфейса в первую очередь будет зависеть от встроенного в дисплей контроллера, в свою очередь дисплей контроллера зависит от разрешения дисплея.

Самый простой в реализации, однако имеющий самое низкое быстродействие является Serial Peripheral Interface (SPI) интерфейс. При использовании этой шины контроллер задействует минимальное количество выводов, всего 4 провода. Вывод SDA используются для передачи данных,

SCK генерирует тактовые импульсы, а CS позволяет выбрать контроллер для передачи данных. Сброс контроллера тачскрина в этом случае производится только отправкой специальной команды. SPI интерфейс, как правило, поддерживает только дисплей с низким разрешением [12].

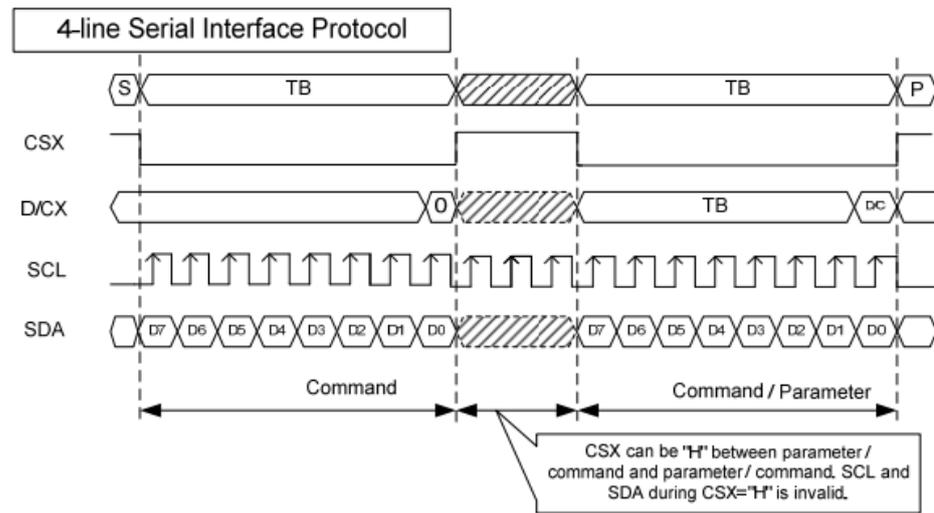


Рисунок – 1 Передача данных по SPI шине

MCU – интерфейс, обычно бывает четырёх версий 8,9,16,18 бит [13]. Рассмотрим работу с MCU интерфейсом на примере контроллера ILI9486. Данный интерфейс значительно быстрее SPI шины данных, однако он задействует 21 вывод контроллера. Как и в случае с SPI, работа с MCU интерфейсом начинается с установки низкого уровня на выводе CSx. Затем указывается с помощью вывода D/Cx что будет отправлено, команда или данные. Сразу стоит отметить, что все команды для драйвера ILI9486 8 битные, поэтому при отправке команды используются только младшие 8 бит, старшие остаются не тронутыми, а вот данные такие как цвет пикселя уже 16 битные и здесь задействуются оба порта микроконтроллера. После того, как драйверу был указан тип данных, который будет отправлен, следует

установить низкий уровень на либо на RDX, либо на WRX, в зависимости от этого данные либо считываются, либо запишутся в контроллер.

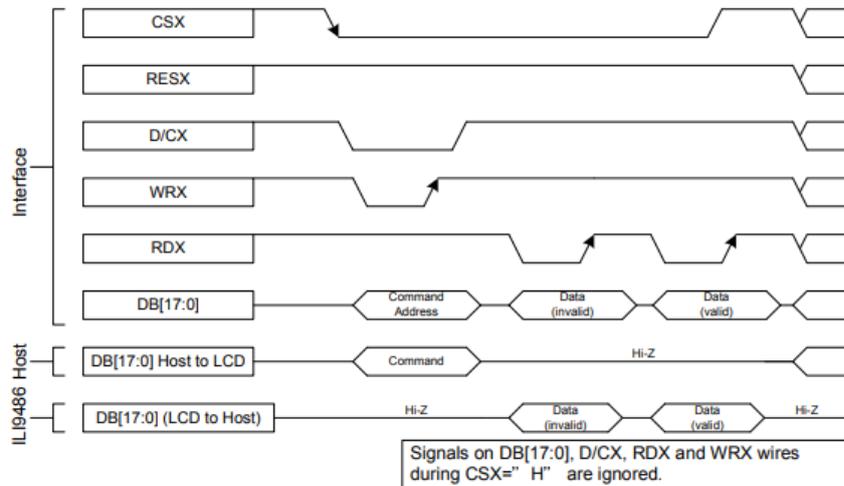


Рисунок – 2 Передача данных по MCU интерфейсу

RGB интерфейс один из самых распространённых интерфейсов для дисплеев с высоким разрешением. Для подобных интерфейсов нет единого стандарта, поэтому количество задействованных выводов будет сильно зависеть от встроенного контроллера и варьироваться от 33 до 60 выводов. Во время запуска дисплея происходит переключение строки с помощью Hsync вывода. При этом сигнал DCLK постоянно генерирует сигнал, по переднему фронту этого сигнала индикатор считывает данные по цвету точки с линий R0–R5, G0–G5 и B0–B5. Данные при этом будут считываться только при условии, что вывод DEN находится в состоянии «лог. 1». Момент появления и длительность сигнала DEN, как и Hsync, стандартизован (должно пройти определенное число импульсов DCLK). Для прорисовки строки из 320 точек требуется 408 тактов DCLK. Кадр начинает прорисовываться при падении сигнала на Vsync с 1 в 0. Для начала прорисовки сигнала требуется 18 – 26 пустых строк [14].

Для текущей работы был выбран дисплей с разрешением 320x480 точек диагональю 3.5 дюйма. Дисплей имеет встроенный контроллер ILI 9488, данный контроллер позволяет работать с RGB и MCU интерфейсом, однако используя дополнительно два сдвиговых регистра можно запустить дисплей с помощью SPI шины. Несмотря на это, было решено использовать MCU интерфейс, так как он имеет достаточно высокую скорость для такого разрешения, при этом задействует значительно меньше выводов, чем RGB интерфейс.

## 5. Финансы и менеджмент

### 5.1 Потенциальные потребители

Электрохирургические скальпели сейчас являются незаменимой частью любого операционного блока. Аппарат позволяет коагулировать участки ткани предотвращая кровотечения. Также разрезать и коагулировать ткань одновременно – это позволяет резать ткань и параллельно останавливать кровотечение. Современные аппараты имеют множество режимов, позволяющих врачам настраивать работу аппарата под каждую конкретную задачу.

Использование сенсорных дисплеев в радиочастотных скальпелях, повышает эргономичность и надежность. Это в свою очередь делает прибор более привлекательным и конкурентоспособным на рынке. Помимо этого, приборы с дисплеем воспринимаются потребителем технологичнее, чем приборы использующие более старые способы индикации такие как светодиоды, семисегментные индикаторы или чёрно-белые жидкокристаллические – дисплеи – это являются важным преимуществом с точки зрения маркетинга.

Таблица 2 - Карта сегментирования рынка по виду применения продукта

Аппараты				
Область применения	Ветеринарные коагуляторы	Ветеринарные скальпели	Медицинские коагуляторы	Медицинские скальпели
Мелкие ветеринарные клиники				

Продолжение таблицы 2

Большие сети ветеринарных клиник				
Государственные клиники				
Мелкие частные клиники				
Крупные сети клиник				

Из таблицы 2, можно сделать вывод что рынок разделён на две части, это ветеринарные и медицинские скальпели. Производители как правило изготавливают и то и другое, но под разными брендами. Приборы для ветеринаров как правило стоят дешевле чем для медицинских клиник, что без условно является недостатком, однако при этом рынок ветеринарного оборудования меньше зарегулирован, что в свою очередь удешевляет разработку и уменьшает время внедрение инноваций. Поэтому для исследования новых возможностей, ветеринарные аппараты подходят куда лучше. При этом каких-то сильных конструктивных отличий между медицинскими и ветеринарными аппаратами нет, что позволяет без проблем перенести полученный опыт для изготовления медицинских аппаратов. Поэтому было решено тестировать дисплей именно для ветеринарных аппаратов.

## 5.2 Анализ конкурентных технических решений

Для того что бы эффективно вести разработку нового устройства следует ознакомиться с решениями конкурентов. Оценить достоинства и недостатки существующих решений на рынке и после оценить целесообразность создаваемого продукта.

В Томске находится действующая НПО “Никор” которая занимается выпуском линейки ветеринарных коагуляторов “Панда”. Компания представляет большую линейку аппаратов Панда, состоящих из 7 аппаратов: ПАНДА 50, ПАНДА 81, ПАНДА 82, ПАНДА 100, ПАНДА 105, ПАНДА 400. Все они в качестве устройства отображения используют семисегментные индикаторы. А в качестве устройства ввода используются кнопки. Коагуляторы от этой фирмы являются одними из самых дешёвых на рынке.

Другим конкурентом для сравнения будет компания “Фотек”, компания специализируется в основном на выпуске оборудования для медицинских клиник, однако у них также есть ветеринарный скальпель “ЭХВЧ-350-03”, предназначенный для крупных животных. Фотек является самым крупным производителем Электрохирургического оборудования в России. Аппараты, производимые ими выше по стоимости чем у других конкурентов, однако среди покупателей они считаются одними из самых надежных производителей, существующих на рынке уже более 20 лет. В качестве средства отображения они также используют семисегментные индикаторы с кнопками.

Таблица 3. – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	5	6	7	8	9
Показатели оценки качества разработки							
Универсальность	0,1	4	2	2	0,4	0,2	0,2
Ремонтопригодность	0,05	2	2	2	0,1	0,1	0,1
Энергопотребление	0,05	2	1	1	0,1	0,05	0,05
Яркость	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
Удароустойчивость	0,1	2	3	5	0,2	0,3	0,5
Пыле и влага защищённость	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Компактность	0,05	3	5	2	0,15	0,25	0,1
Эргономика	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки							
Цена конечного продукта	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Срок выхода на рынок	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Простота производства	0,1	2	2	2	0,2	0,2	0,2
Итого	1	39	33	31	3,8	2,95	2,9

Из проведённого анализа видно, что разработанное решение вполне конкурентоспособное. Основным преимуществом сенсорных дисплеев является их эргономичность, особенно это заметно в конструктивно сложных аппаратах, имеющих большое количество режимов работы, в современных аппаратах это число может достигать до 20 и выше. Сенсорный дисплей позволяет разбить все функции на меню и под меню, что позволяет разместить управление всеми режимами на одном экране. В свою очередь размещение

отдельной кнопки под каждый режим, очень быстро загружает лицевую панель прибора делая её менее удобной с каждым новым режимом. Другим преимуществом является универсальность платы блока управления, поскольку при изменении генераторной части аппарата изменять плату блока индикации не нужно, достаточно внести изменения в программное обеспечение. Это позволяет использовать прошлую плату блока индикации при создании нового аппарата.

Оценим коэффициент конкурентоспособности разработки относительно обоих конкурентов:

$$\frac{K_{\Phi}}{K_{\text{КК1}}} = 1,288,$$
$$\frac{K_{\Phi}}{K_{\text{КК2}}} = 1,3.$$

Коэффициент выше единицы, говорит нам о том, что разработка является конкурентоспособной на рынке труда.

### **5.2.1 SWOT - анализ**

SWOT – анализ – это анализ научно-исследовательского проекта, он нужен для оценки внутренней и внешней среды проекта. В первую очередь стоит оценить сильные и слабые стороны проекта, которые появятся или могут появиться.

К сильным сторонами проекту можно отнести следующие пункты:

C1 – Высокая яркость экрана, позволяющая хорошо различать изображение на дисплея не смотря на высокую яркость освещения в операционном блоке.

C2 – Использование резистивного сенсорного экрана позволяет сделать экран более защищённым от пыли и грязи.

C3 – Устройство позволяет проводить более тонкую настройку мощности, не ограничивая в количестве создаваемых режимов.

C4 – Высокая универсальность решения позволяющая вносить изменения только в программе, не изменяя аппаратную часть.

C5 – Простота использования, достигается благодаря лучшей эргономики устройства.

К слабым же сторонам проекта относится:

Сл1 – Более высокая стоимость относительно других решения на рынке, это связано с тем, что сам по себе дисплей стоит дороже чем несколько семисегментные индикаторов из-за более сложной технологии изготовления.

Сл2 – Зависимость от зарубежных комплектующих. На данный момент в России очень мало фирм способных выпускать дисплеи собственного производства, а производителей контроллеров для дисплеев и вовсе отсутствуют.

Сл3 – Более низкая ударопрочность.

Сл4 – Создание более сложного программного обеспечения, дисплей требует опыта работы с графическими библиотеками, а также рационального использования памяти контроллера.

Сл5 – Требовательно к быстродействию используемого контроллера.

Оценка возможностей разработанного решения:

V1 – Возможность привлечения дополнительных инвестиций на разработку более современных и конкурентных решений.

V2 – Выход на зарубежный рынок.

V3 – Возможность создание новых аппаратов с меньшими затратами на разработку.

К угрозам для разработанного решения можно отнести:

У1. Отсутствие спроса со стороны клиентов.

У2. Появление более совершенных решений на рынке.

У3. Остановка производства из-за недостатка комплектующих.

Далее предстоит провести анализ слабых и сильных сторон проекта внешним условиям окружающей среды это поможет определиться в надобности стратегических изменений.

Проанализированные данные будут представлены в виде таблицы. Знаком «+» помечаются факторы с сильным соответствием сильных сторон с возможностями. Знаком «-» помечаются факторы со слабым соответствием. Знаком «0» помечается фактор со спорным значением.

После составления интерактивной матрицы проекта, необходимо провести анализ результатов и, если получится выявить свойства с общей природой.

В таблице 4 приведено соответствие сильных сторон проекта с его возможностями.

Таблица 4 – интерактивная матрица проекта

	C1	C2	C3	C4	C5
B1	0	0	+	-	+
B2	-	+	+	-	+
B3	-	-	-	+	-

Были выявлены следующие корреляции:

V1C3C5 – Создание сложных эргономичных много функциональных аппаратов с большим количеством режимов делают аппараты более уникальными и конкурентными на рынке, это делает проект более привлекательным для инвесторов, так как это повышает шанс отбить инвестиции.

V2C2C3C5 – Поскольку западные стандарты более требовательные к безопасности, способ повышения безопасности работы прибора позволит зарегистрировать его для западного потребителя. Также западные производители больше ресурсов уделяют внешнему виду и эргономики своих аппаратов. Поэтому повышения качества при производстве по каждому из этих показателей, делает аппараты с сенсорным дисплеем более привлекательными и конкурентоспособными.

V3C4 – Дисплей позволяет создать одну плату на множество аппаратов, и при необходимости внести изменения в блок управления, достаточно будет изменить программу добавив в неё новые возможности и изменив внешний вид интерфейса. Это позволяет экономить деньги на разработке новых аппаратов при разработке блока управления.

В таблице 5 приведены соответствие слабых сторон проекта и его возможностей.

Таблица 5 - Интерактивная матрица проекта

	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
V1	+	+	-	-	-
V2	+	-	+	-	-
V3	-	+	-	+	-

V1Сл1Сл2 – Более высокая стоимость аппарата уменьшает спрос на него. Также среди инвесторов существует тренд на проекты с большим процентом отечественных комплектующих выпуск которой не прекратится несмотря на ограничения.

V2Сл1Сл3 – Низкая цена при выходе на зарубежный рынок является конкурентным преимуществом и чем ближе цена аппарата к цене аналогичных зарубежных аппаратов, тем ниже спрос на решение.

В3Сл2Сл4Сл5 – Большое количество зарубежных комплектующих которые требует доставки из-за рубежа и имеют более высокую цену, растягивают время разработки что сказывается на цене разработки. Сложная программа также требует более грамотных специалистов и большего времени разработки.

В таблице 6 приведены соответствие уязвимостей и сильных сторон проекта.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта

	С1	С2	С3	С4	С5
У1	+	+	+	-	+
У2	-	-	-	+	+
У3	-	-	-	+	-

У1С1С2С3С5 – Многофункциональный прибор, при этом простой в использовании может стать более привлекательным не смотря на более высокую стоимость.

У2С4С5 – Решение более простое и привычное в использование может оставаться более конкурентным просто за счёт своей простоты.

У3С4 – При нехватки зарубежных микросхем возможно потребуется замена на отечественный аналог. При универсальной плате замену можно будет быстро провести для всей аппаратов. Это значительно упрощает процесс.

В таблице 7 приведены соответствие слабых сторон проекта и угроз:

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
У1	+	-	+	-	-
У2	+	-	-	+	-
У3	-	+	-	-	-

У1Сл1Сл3 – Более высокая стоимость относительно более простых решений может оттолкнуть покупателей и вызвать у них сомнения в целесообразности приобретения. Также более низкая ударопрочность делает аппарат менее универсальным что тоже может сказаться на спросе.

У2Сл1Сл4 – Более совершенные устройства, имеющие низкую стоимость и решения более простые в разработке, могут составить хорошую конкуренцию на рынке.

У3Сл2 – Большое количество зарубежных микросхем могут вызвать остановку производства в случае их дефицита.

Итоговая матрица SWOT – анализа указана в таблицу 8.

Таблица 8 – Итоговая матрица SWOT - анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1 – Высокая яркость С2 – Повышенная защищённость от пыли и влаги С3 – Тонкая настройка выходной мощности С4 – Универсальность используемой платы С5 – Простота использования	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1 – Более высокая стоимость относительно других решения на рынке Сл2 – Зависимость от зарубежных комплектующих Сл3 – Более низкая ударопрочность Сл4 – Требуется более сложного программного обеспечения Сл5 – Требовательно к быстродействию используемого контроллера.

Продолжение таблицы 8

<p><b>Возможности:</b>          В1 – Возможность привлечения дополнительных инвестиций          В2 – Выход на зарубежный рынок          В3 – Возможность создание новых аппаратов с меньшими затратами на разработку.</p>	<p>По результату анализа интерактивной матрицы проекта можно сделать вывод, что для реализации возможностей проекта основной упор нужно делать на С1, С2 и С3</p>	<p>Основными ограничениями при реализации возможностей проекта являются такие слабые стороны как Сл1 и Сл4.</p>
<p><b>Угрозы:</b>          У1. Отсутствие спроса со стороны клиентов          У2. Появление более совершенных решений на рынке          У3. Остановка производства из-за недостатка комплектующих</p>	<p>Для борьбы с основными угрозами следует делать упор на сильные стороны: С1, С3 и С5</p>	<p>Чтобы минимизировать угрозы, необходимо сделать упор на уменьшение или устранение влияния слабых сторон: Сл1, Сл2 и Сл5</p>

По проделанному SWAT анализу можно сделать вывод, что сенсорный дисплей может привлечь клиентов своим удобством и простотой, но при этом следует провести работу над удешевлением решения и локализацией производства. Для этого следует переходить на отечественные комплектующие.

### 5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки степени готовности проекта составим таблицу 8. В данной таблице оценивается степень проработанности проекта, а также то, на сколько знания разработчика удовлетворяются требованиям проекта.

Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 9 – Оценка готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5

Продолжение таблицы 9

3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2

Продолжение таблицы 9

13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	Итого баллов	57	50

При оценке проекта равной 57 проект обладает перспективой выше среднего, поэтому стоит привлечь сторонних специалистов в области коммерциализации проекта.

#### 5.4 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе в таблице представлен перечень этапов и работ, которые предстоит выполнить в рамках научного исследования, и определяет их исполнителя.

Таблица 10 – контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (Подтверждающий документ)
1	Составление и утверждение научного проекта	1.02.2022	Индивидуальное задание
2	Поиск информации и консультация по теме проекта	15.02.2022	Литературный обзор

Продолжение таблицы 10

3	Календарные планирование работы по проекту	20.02.2022	Календарный план
4	Составление структурной схемы	23.02.2022	Структурная схема
5	Написание программного обеспечения	20.03.2022	Код программы
6	Разработка печатной платы	5.04.2022	Гербер файл
7	Сборка и тестирование	15.04.2022	Отчёт
8	Модификация программного обеспечения	20.04.2022	Код программы
9	Модификация печатной платы	10.05.2022	Гербер файл
10	Составление пояснительной записки и её оформление	30.05.2022	Пояснительная записка

### 5.4.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты.

Таблица 11 – календарный план проекта

№	Название	Длительность, дни	Дата начало работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление и утверждение научного проекта	1	1.02.2022	1.02.2022	Научный руководитель, инженер

Продолжение таблицы 11

2	Поиск информации и консультация по теме проекта	13	2.02.2022	15.02.2022	Инженер
3	Календарные планирование работы по проекту	4	16.02.2022	20.02.2022	Научный руководитель, инженер
4	Составление структурной схемы	2	21.02.2022	23.02.2022	Научный руководитель, Инженер
5	Написание программного обеспечения	26	24.02.2022	20.03.2022	Инженер
6	Разработка печатной платы	14	21.03.2022	5.04.2022	Инженер
7	Сборка и тестирование	9	6.04.2022	15.04.2022	Инженер
8	Модификация программного обеспечения	4	16.04.2022	20.04.2022	Инженер
9	Модификация печатной платы	19	21.04.2022	10.05.2022	Инженер
10	Составление пояснительной записки и её оформление	19	11.05.2022	30.05.2022	Инженер
Итого		111	1.02.2022	30.05.2022	

Всего получаем 7 рабочих дней у научного руководителя и 111 у инженера.

На основе таблицы календарного плана составим диаграмму Ганта. Синим цветом на ней будут выделено время работы Инженера и научного руководителя вместе, а оранжевым время работы инженера в днях.

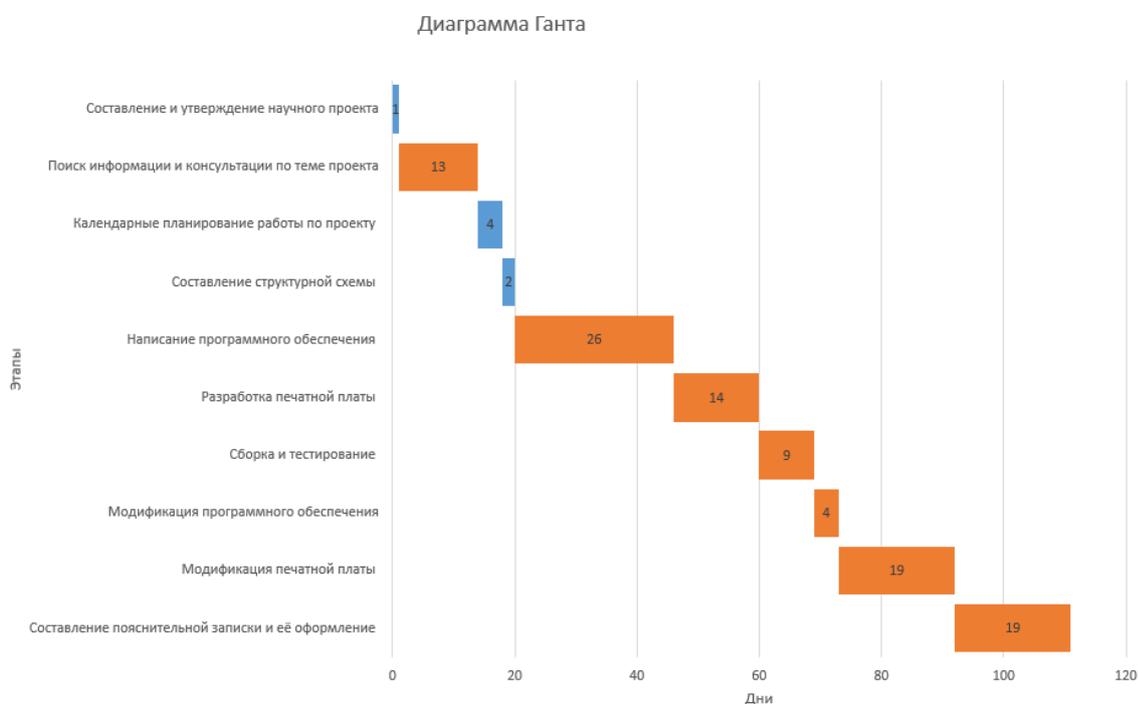


Рис 16 – Диаграмма Ганта

#### 5.4.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования важно разделить бюджет на ряд основных доходов. Для этого составим таблицу с перечислениями основных материалов и расходами на их закупку.

Таблица 12 – Материалы и затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.

Продолжение таблицы 12

Микроконтроллер Atmega 32	шт.	1	2010	2010
Печатная плата	шт.	1	2500	2500
Дисплей с сенсорным стеклом	шт.	2	406	812
Буфер SN74LVC541A	шт.	3	97	291
Буфер TXS0108EPWR	шт.	1	300	300
Стабилизатор напряжения 3.3 V LM1117GS-3.3	шт.	1	78	78
Стабилизатор напряжения 5 V NCP1117ST50T3G	шт.	1	69	69
Дополнительная память SST25VF010A-33- 4C-SAE	шт.	1	220	220
Контроллер Сенсорного стекла ХРТ 2046	шт.	2	118	236
Прочие расходы	-	-	100	100
Итого	6616			

Примем транспортно-заготовительные работы за 5% от стоимости материалов, получим следующую сумму:

$$З_m = 6616 \cdot 1,05 = 6946 \text{ руб.}$$

### 5.4.3 Расчёт амортизации оборудования для экспериментальных работ

К этой статье расходов входят затраты, связанные с приобретением специального оборудования таких как: средства контроля и измерения, стендов, средств обработки информации.

Оборудование, использованное при реализации проекта представлено таблице 13.

Таблица – 13 Использованное оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок		Цены единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.	Норма амортизации, $N_A$	Количество дней использования, дн.	Амортизация, А
			полезного	использования, лет					
1	Осциллограф UNI-T UTD2025CL	1	7		41000	41000	0,143	58	1355
2	Персональный компьютер	1	5		43000	43000	0,2	58	1987
					Итого	84000			3342

Таким образом затраты на амортизацию составят 3342 рубля.

#### 5.4.5 Основная заработная плата исполнителей темы

В этой статье учитываются расходы на заработную плату участников, занятых в работе. Рассчитывается она по следующей формуле:

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (6)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (7)$$

где  $З_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $М = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $М = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатель рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	58	118
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Теперь вычислим месячный оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{окл}} \cdot k_p. \quad (8)$$

Районный коэффициент  $k_p$  для города Томск равен 1,3.

Научный руководитель является Доцентом отделением ОЭИ и кандидатом технических наук, следовательно его оклад составляет 37700 рублей. Минимальный оклад инженера составляет 13 900 рублей. Отсюда месячный оклад научного руководителя равен:

$$Z_m = 37700 \cdot 1,3 = 49010 \text{ рублей.}$$

Месячный оклад инженера составит:

$$Z_m = 13900 \cdot 1,3 = 18070 \text{ рублей.}$$

Зная эти значения, мы можем вычислить среднюю заработную плату:

Для научного руководителя:

$$Z_{д} = \frac{49010 \cdot 10,4}{251} = 2030,7 \text{ рублей.}$$

Для инженера:

$$Z_{д} = \frac{18\,070 \cdot 10,4}{223} = 944,36 \text{ рублей.}$$

Таблица 15 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б}$ , руб.	$k_p$	$Z_{м}$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	37700	1,3	49010	2030,7	7	14 214,9
Исполнитель	13900	1,3	18070	944,36	111	104 823,96
Итого:						119 038,86

#### 5.4.6 Дополнительная заработная плата

В этой статье расходов учитываются отчисления в различные фонды, предусмотренными трудовым кодексом. Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя от 10% до 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (9)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты, равен около 15%;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Таблица 16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	14 214,9	104 823,96
Дополнительная зарплата	2132,2	15723,5
Зарплата исполнителя	16 347,135	120547,5
Итого по статье С <sub>зп</sub>	120563,9	

#### 5.4.7 Отчисления во вне бюджетные фонды

Эта статья расходов включает в себя отчисления в фонды ПФ, ФСС, ФФОМС) и рассчитываются по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (10)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетный фонд.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	14 214,9	104 823,96
Дополнительная заработная плата, руб.	2132,2	15723,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений	4904,13	36164,238
Итого	41068,368	

#### 5.4.8 Накладные расходы

Включает в себя прочие расходы организации, определяются по формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (11)$$

где  $k_{\text{накл}}$  - коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$C_{\text{накл}} = 0,16 * (119\,038,86 + 17\,855,7) = 21\,903,1.$$

Таблица - 18 Материальные затраты НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	6616
Затраты на амортизацию оборудования.	3342
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	119 038,86
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17855,7
Отчисления во внебюджетные фонды	41068,368
Накладные расходы	21903,1
Бюджет затрат НТИ	209 824

## 5.5 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определения эффективности НТИ происходит на основе расчёта его интегральной показателя эффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета нескольких вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполённый показатель разработки рассчитывается по формуле:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (12)$$

где  $I_{\Phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель эффективности разработки:

$$I_{\Phi}^p = \frac{209824}{209824} = 1.$$

Интегральный показатель эффективности первого аналога:

$$I_{\Phi}^p = \frac{250000}{209824} = 1,19.$$

Интегральный показатель эффективности второго аналога:

$$I_{\Phi}^p = \frac{200000}{209824} = 0,95.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования рассчитывается по формуле:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (13)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется показан в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,16	3	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	2	4
3. Помехоустойчивость	0,2	4	4	2
4. Внешний вид	0,06	5	2	4
5. Надежность	0,2	4	5	3
6. Универсальность	0,28	5	2	3
ИТОГО	1	26	19	21

$$I_{\text{ТП}} = 3 \cdot 0,16 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,06 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,28 = 4,28,$$

$$I_{\text{аналог 1}} = 4 \cdot 0,16 + 2 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,06 + 5 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,28 = 3,5,$$

$$I_{\text{аналог 2}} = 5 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,06 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,28 = 3,28.$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{\text{фин.р.}}^p$  и аналога  $I_{\text{фин.р.}}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 10.

$$I_{\text{фин.р.}}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, I_{\text{фин.р.}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}, \quad (14)$$

$$I_{\text{фин.р.}}^p = \frac{4,28}{1} = 4,28,$$

$$I_{\text{фин.р.}}^{a1} = \frac{3,5}{1,19} = 2,94,$$

$$I_{\text{фин.р.}}^{a2} = \frac{3,28}{0,95} = 3,45.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по формуле 11, результаты приведены в таблице 20.

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{фин.р.}}^p}{I_{\text{фин.р.}}^a}, \quad (15)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{фин.р.}}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{фин.р.}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,19	0,95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,28	3,5	3,28
3	Интегральный показатель эффективности	4,28	2,94	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,45	1,2

Из проведённых расчётов можно сделать вывод, что разработанное устройство является конкурентоспособным.

## **6. Социальная ответственность**

### **6.1. Введение**

Электрохирургические скальпели в современной медицине являются не заменимой частью операционного блока. Очень тяжело представить себе операцию, где бы не потребовались коагуляторы для остановки крови. Использование сенсорных дисплеев позволяет сделать более комфортным эксплуатацию прибора. В отличии от семисегментных индикаторов, которые обычно применяются в аппаратах низкой ценовой категории, LCD – дисплее значительно более яркие, они позволяют получить лучшую читаемость в помещениях с высокой освещённостью – это позволяет снизить нагрузку на зрение врачей. Наличие резистивного сенсорного экрана, позволяет сделать лицевую панель более защищённой и изолированной от попадания различных жидкостей и грязи, которая может вывести аппарат из строя. Это увеличивает надёжность приборов что позволяет предотвращать ЧП при эксплуатации аппарата. Также такие дисплеи отличаются более низким энергопотреблением что позволяет экономить природные ресурсы.

В отличии от ёмкостных сенсорных экранов, которые реагируют на касание только от проводящих материалов, резистивные экраны устроены так, что реагируют на любые касания сила которых достаточна что бы прогнуть мембрану. Это позволяет хирургом управлять аппаратом не снимая перчаток, или используя подручные инструменты. Такое решение улучшает эргономику панели управления в условия операционного блока.

## **6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Трудовой процесс врача хирурга связан с выполнением операционных вмешательств, большая часть этого процесса проходит в рабочей позе” стоя”. Хирургом постоянно приходится наклонять шею для контроля процесса, что определяет длительные статические нагрузки. Также Хирурги вынуждены делать большое количество однотипных движений за время операции. Кроме этого, работа врача характеризуется постоянным воздействием вредных факторов, таких как мощное электромагнитного излучения на высоких частотах, повышенный уровень статического напряжение. Источником этого излучения является электрохирургические скальпели, выходная мощность которых может достигать до 400 Вт.

Поэтому работа хирурга по степени тяжести можно отнести к классу 3.2. Это условия труда, при которых у работника под воздействием вредных производственных факторов могут быть вызваны профессиональные заболевания. Для хирургов таким заболеванием является варикозное расширение вен. Также хирурги часто подвержены острым респираторным заболеваниям. Для работников 3.2 класса тяжести предусмотрены:

- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск [18, Статья 117]. Минимальная длительность такого отпуска для подклассов 3.2 – 3.4 должна составлять 7 дней.

- Повышение оплаты труда [18, Статья 147]. Повышение заработной платы должна составлять 4 % от номинальной заработной платы. Конкретные размеры повышения оплаты труда работодатель устанавливает с учетом мнения профсоюза. Эта льгота положена всем, кто

трудится на работах с вредными и опасными условиями труда, независимо от подкласса.

- Досрочный выход на пенсию.
- Бесплатное питание и молоко за вредность [18, Статья 222].

Поскольку основные работы выполняются стоя, то требования к эргономике управляющей панели скальпеля описаны в ГОСТе 12.2.033-78. Согласно ГОСТу, средняя высота расположенных средств отображения информации должна быть равна 1365 мм. Высота обычного коагулятора составляет 150-300 мм, поэтому что бы соответствовать требованию аппараты должны быть установлены на подвижные инструментальные столы. Обычно количество использований будет сильно зависеть от сложности операции и от сложности самого коагулятора, но за счёт того что кнопки подачи энергии вынесены на ручку, количество использований сенсорным блоком будет относиться к редко используемым, поэтому допустимо располагать её в вертикальной плоскости под углом  $\pm 60^\circ$  от сагиттальной плоскости. При расположении стоит учитывать взаиморасположение элементов рабочего места, так что бы способствовать оптимальному режиму труда и отдыха, это должно уменьшить утомляемость оператора. Органы управления должны располагаться следующим образом:

- Органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля;
- Часто используемые или важные органы управления должны быть в легкой доступности для пользователя;
- Органы управления, которые задействуются с определенной последовательностью, должны располагаться таким образом что бы действия выполнялись слева направо и сверху вниз;
- Расположение функционально идентичных органов управления должны быть единообразны для всех панелей рабочего места;

- Расположение органов управления должно обеспечивать равномерность нагрузки обеих рук и ног;

### **6.3 Производственная безопасность**

#### **6.3.1 Повышенный уровень статического напряжения**

Статическое электричество появляется на теле человека из-за трибоэлектрического эффекта. Само по себе статическое электричество опасности для человека не несёт. Однако человек может ощущать статический разряд как укол или судорогу. При внезапном уколе и вследствие рефлекторных движений может создаться опасная ситуация, в которой человек может совершить непроизвольное движение. Так, например хирург может задеть жизненно важный орган при разрезе, повредить сосуд или задеть нерв. Электростатический разряд также очень опасен для некоторых электронных компонентов. Статический разряд пусть и на короткое время, но может создать ток большой величины способный разрушить полупроводниковые приборы, что в последствии может привести к выходу из строя электрооборудования во время работы.

Для борьбы с этой проблемой согласно приказу Минтруда РФ от 18.12.20 года N 928н, “Об утверждении Правил по охране труда в медицинских организациях:

- Врачам запрещается носить одежду из шерсти, шелка, нейлона, капрона, и других синтетических материалов во избежание накопления статического заряда;

- Обувь медработников в операционной должна быть на кожаной подошве или из электропроводящей резины, поверх этой обуви персонал должен одеть бахилы из хлопчатобумажной ткани. Ношение обуви с подошвой из пластика, резины или других диэлектриков;

- В случае возникновения статического разряда работник должен покинуть операционную до момента пока не будет установлена и устранена причина возникновения электростатического заряда.

### **6.3.2 Риск поражение электрическим током, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги**

Причин поражения электрическим зарядом пользователя аппаратом может послужить неправильная эксплуатация прибора или неисправность прибора. Самый опасный случай — это поражение сетевым напряжением частотой 50 Гц. В отличии от высокочастотного сигнала коагулятора, на который мышцы не реагируют, частота 50 Гц способна вызвать судороги при прохождении, а при контакте с сердцем может вызвать его остановку. Для того что бы обезопасить пациента и врача применяют целый ряд защитных мер:

- заземление корпусов приборов;
- прибор гальванически развязывают от сети с помощью разделительного трансформатора. В электроскальпелях, помимо этого, с помощью второго разделительного трансформатора развязывают цепь генератора от цепи пациента.
- использование щитов также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.
- При электромонтаже помещения должны быть установлены УДО.

Помимо этого, согласно ГОСТу Р МЭК 601-1-88, каждый прибор подлежит проверки на соответствие допустимым токам утечки в цепи пациента, а также на электрическую прочность изоляции.

Если же поражение током произошло, то сотрудники должны знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

В первую очередь человека следует освободить от токоведущих частей прибора. Для этого следует использовать приборы из диэлектрического материала. Если у человека наблюдаются проблемы с дыханием следует:

- Обеспечить доступ свежего воздуха;
- Очистить дыхательные пути;
- Приступить к искусственной вентиляции легких;
- При необходимости следует приступать к непрямому массажу сердца;

### 6.3.3 Освещённость

Хорошее освещение очень важно при работе особенно в операционном блоке, где хирурги выполняют очень тонкую работу. Поэтому хорошее освещение предотвращает ошибки, уменьшает нагрузку на зрительный нерв. Освещение при этом должно быть равномерно распределено по всей рабочей плоскости. Помимо этого, хорошее освещение может снимать психологическое напряжение с пациента, создавая атмосферу спокойствия и доверия, благодаря элементам светового дизайна и декоративного освещения.

Согласно СП 2.1.3678-20 минимальный уровень освещённости в операционном блоке должен составлять не менее 500 лк. Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Площадь помещения, которое будет использоваться в расчётах равно  $S = 50\text{м}^2$ , это комната шириной  $A = 5$  м и длиной  $B = 10$  м, минимальная допустимая высота комнаты должна быть не менее  $H = 3,5\text{м}$ . Высота рабочей зоны равна  $h_{\text{раб}} = 1,4\text{м}$ .

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_c=50\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{\text{п}}=70\%$ . Коэффициент запаса,

учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $KЗ = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Для расчётов возьмём лампу тёплого белого света (ЛТБ) световой поток этой лампы равен  $\Phi_{ЛТБ} = 8150$  лм. Выберем светильник с лампой ОД 2 - 125, в ней находится 2 лампы по 125 Вт каждая длина лампы 1528 мм, ширина 265 мм высота 190 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является  $\lambda = \frac{L}{h}$ , эта величина характеризует самое выгодное относительное расстояние между светильниками, для ОД светильников оно равно  $\lambda = 1,4$ . Расстояние от перекрытия обычно лежит в диапазоне 0,5-0,7 м. Примем  $h_c = 0,5$ .

Высота светильника над полом определяется как разность высоты комнаты и высоты перекрытия:

$$h_{\text{п}} = H - h_c = 3,5 - 0,5 = 3 \text{ м.}$$

Тогда расчётная высота светильника над рабочей поверхностью будет равняться:

$$h = h_{\text{п}} - h_{\text{рп}} = 3 - 1,4 = 1,6 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda * h = 1,4 * 1,6 \approx 2,2.$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{10}{2,2} \approx 4.$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{5}{2} = 2,5 \approx 2.$$

Общее число светильников:

$$N = N_b * N_a = 4 * 2 = 8.$$

Размещаем светильники в 4 рядов по 2 светильника в каждом ряду. На рисунке изображен план размещения светильников с люминесцентными лампами.

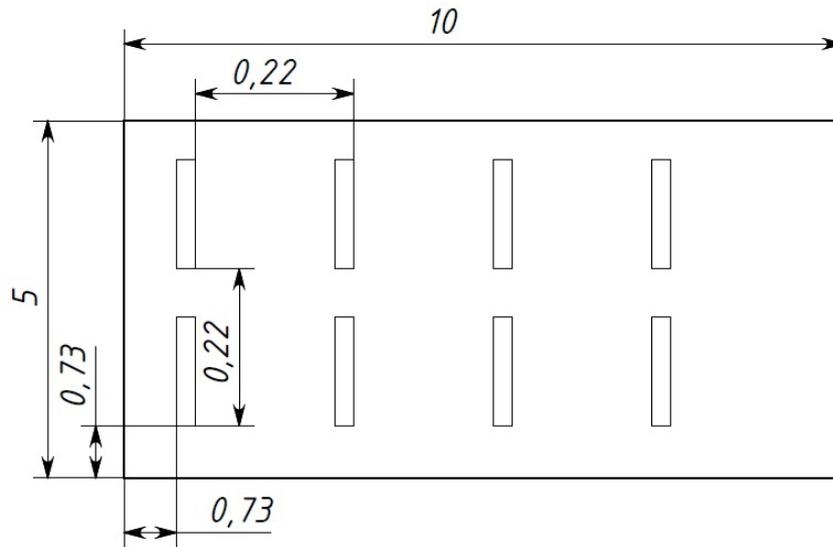


Рисунок – 17 План размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{10 * 5}{1,6 * (10 + 5)} = 2,08.$$

Коэффициент использования светового потока, определяет эффективность распределения света по поверхности рабочей зоны. Для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{п}}=70\%$ ,  $\rho_{\text{с}}=50\%$  и индексе помещения  $i = 2,08$  равен  $\eta = 60\%$ .

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} * S * K * Z}{N_{\text{л}} * \eta} = \frac{500 * 50 * 1,5 * 1,1}{8 * 0,6} = 8594.$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} * 100\% \leq 20\%,$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{8150 - 8594}{8150} * 100 = -5\%.$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

$$P = 125 * 8 = 1000 \text{ Вт.}$$

#### **6.4 Экологическая безопасность**

*Атмосфера.* При разработке основным источником загрязнения атмосферы является пары оксида свинца, олова, сурьмы и других веществ, содержащихся в припое. Выделяются они при пайке печатных плат. Согласно требованиям СанПин 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания” допустимая среднегодовая концентрация для свинца 0.00015 мг/м<sup>3</sup>, сурьмы 0,01 мг/м<sup>3</sup>, олово 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Для борьбы с вредными веществами, применяют дымоуловитель. В отличие от обычных вытяжек которые перекачивают воздух из рабочей зоны в окружающую среду, дымоуловитель пропускает воздух рабочей зоны через фильтр очищая его от мелких частиц и газов, после чего воздух попадает обратно в рабочую зону. Про своевременной замене фильтров это позволяет избавиться от попадания вредных веществ в атмосферу.

*Гидросфера.* Вредные вещества в гидросферу попадают при гальваническом нанесении металлизации, при промывке печатных плат после механической обработки (сверлении и фрезеровки). Для гальванического омеднения используют: борфтористую медь (1 мг/л), борфтористоводородная кислота, борная кислота (1 мг/л). При промывке плат используют растворы содержащие тринатрий фосфат (3,5 мг/л), хромовый ангидрид (0,03 мг/л), соляную и серную кислоту. ПДК

определяет также СанПин 1.2.3685-21. Для защиты сточных вод можно применить ряд мер:

- Процеживание и отстаивание сливаемых вод;
- Фильтрование;
- Флотация;
- Адсорбционная очистка;
- Ионообменная очистка;
- Жидкостная экстракция;
- Обратный осмос и ультрафильтрация;
- Десорбция;
- Коагуляция и флокуляция;
- Окислительно – восстановительная очистка;

*Литосфера.* Само по себе производство печатной платы для литосферы большого вреда не наносит. Однако для изготовления печатных плат требуется большое количество цветных металлов, добыча которых наносит вред литосфере. Добыча меди вызывает снижения плодородия почвы, образует эрозионные земли, вызывает мутацию растений. Вред можно уменьшить, снижая объёмы добычи, путём повышения переработки утилизированных отходов и их повторного использования. Поэтому требуется правильно утилизировать отходы. Порядок определения класса, вида мусора, его сортировки, последующей переработки, утилизации закреплён в Федеральном законе от 26 июня 1998 года №89-ФЗ.

Согласно этому документу, все отходы можно разделить на несколько групп:

Промышленные – это готовый, однородный продукт, который не требует предварительной сортировки;

Бытовые – это смесь различных материалов, отличающихся по размеру, физическим и механическим характеристикам.

Правила приёмки и утилизации лома и цветных металлов описаны в ГОСТ Р 54564-2011. Лом и отходы цветных металлов и сплавов подразделяют по металлам, их физическим свойствам и химическому составу на группы в соответствии с таблицей 20.

Таблица 21 – Разделение отходов металлов

Наименование лома и отходов цветных металлов	Группа
Алюминий и алюминиевый сплав	А1-А38
Вольфрам, вольфрамсодержащие химические соединения, сплавы вольфрама	В1-В17
Кадмий и кадмиевые сплавы	Кд1-Кд2
Кобальт, его соединения и сплава	Ко1-Ко3
Магний и магниевые сплавы	Мг1-Мг7
Медь	М1-М13
Латунь	Л1-Л22
Бронза	Бр1-Бр14
Молибден, молибденсодержащие химические соединения и сплавы	Мо1-Мо9
Никель и никелевые сплавы	Н1-Н10
Олово и оловянно-свинцовые сплавы	О1-О10
Ртуть и её соединения	Р1-Р6
Свинец и свинцовые сплавы	С1-С17
Титан и титановые сплавы	Т1-Т7
Цинк и цинковые сплавы	Ц1-Ц12
Лом сложный	Сл1-Сл7
Биметаллы	БМ1-БМ6

Переработка лома состоит из 4 этапов: приём и сортировка, резка сырья, очистка от примесей, переплавка металла.

Сортировка нужна для того, чтобы отделить цветной металл от черного. Также разделение металла по габаритам, отделение металлов по химическому составу, удаление примесей и мусора.

При работе с большими кусками металла его разрезают, для этого используют ножницы и аппараты пламенной резки. Для переработки мелких деталей используют пресс. После этого обработанный металл в брикетах отправляют на очистку.

Очистка металла нужна для того, чтобы избавиться от пыли, грязи и неметаллических элементов. Для этого сырьё отправляется в специальную камеру дробления. После этого определяют степень загрязнения и начинают очистку с помощью метода сепарации. С поверхности бруска выдувают все посторонние примеси большой воздушной струёй. Чтобы избавиться от неметаллических отходов используют магнитный сепаратор. Они притягиваются магнитом, а внизу остаются неметаллические частицы. Сепараторы могут быть барабанными или конвейерными. Аппарат может иметь разную мощность магнита.

Последний этап — это переплавка очищенный и нарезанный металл отправляется на переплавку в плавильные печи. Переплавка состоит из нескольких этапов. В стальной ковш со специальным покрытием насыпают металлолом. Сверху заливают расплавленный чугун и продувают кислородом. На этой стадии важно избавиться от серы, кремния и фосфора в составе стали. Они ухудшают ее свойства и увеличивают ломкость. Для их выжигания используются специальные присадки. Для придания стали прочности и износостойкости в состав добавляют: кобальт, хром, ванадий и никель.

## 6.5 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Пожаром называют неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб. Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов.

Основной причиной пожаров при эксплуатации электроприборов является короткое замыкание. При коротком замыкании сопротивление нагрузки стремится к нулю и ток, протекающий в проводах, значительно превышает номинальное значения. Это вызывает перегрев проводов и воспламенение изоляции, это может вызвать воспламенение горючих веществ если они будут расположенные рядом с источником воспламенения.

Другими опасными факторами возникновения пожара являются:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- обрушение и повреждение зданий, сооружений установок;

Мероприятия по пожарной профилактике можно разделить на 4 группы:

- технические мероприятия: соблюдение пожарных норм при проектировке зданий при обустройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляция, освещения, правильное размещения оборудования;
- эксплуатационные – профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования;
- организационные – мероприятия по обучению персонала правилами правильной эксплуатации оборудования, противопожарный инструктаж, проверки пожарно-технических комиссии;

- мероприятия режимного характера – запрещение курение в неустановленных местах, производство сварочных и других огневых работ в пожароопасных местах;

Помимо вышеописанных методов также мощным инструментом по борьбе с пожарами может послужить наличие в помещении пожарной сигнализации. Это средства автоматического выявления возгорания, которое позволяет известить дежурный персонал о пожаре и месте его возгорания. По способу действия они могут быть ручными предназначенным для вызова пожарной бригады после нажатия кнопки и приборы автоматического действия, которые срабатывают при превышение порогового значения физического параметра (углекислого газа, температуру и т.д.).

Но если пожар всё-таки произошёл следует организовать правильную эвакуацию людей. Пути эвакуации как правило предусматриваются при проектировке здания, требования к плану эвакуации предъявлены в СП 1.13130.2020 “Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.”:

Высота горизонтальных участков путей эвакуации в свету должна быть не менее 2 м, ширина горизонтальных участков путей эвакуации и пандусов должна быть не менее:

- 0.7 м – для проходов к одиночным рабочим местам;
- 1,0 м – во всех остальных случаях;

Число эвакуационных выходов из зданий, помещений и с каждого этажа определяется специальным расчётом, но в любом случае количество выходов должно быть не менее двух. Эвакуационные выходы должны располагаться во всех частях здания и во всех корпусах.

## 7. Заключение

В процессе разработки блока управления электрохирургического скальпеля была создана графическая библиотека позволяющая отображать на дисплеи геометрические примитивы такие, как прямые линии, прямоугольники, окружности, а также была написана функция позволяющая изображать предварительно загруженные в память контроллера изображения. На базе написанной библиотеки был создан упрощённый вариант интерфейса.

К дисплею был подключён резистивный сенсорный экран, являющийся устройством ввода. Была изучена методика и написана функция для калибровки резистивных экранов.

Результатом описанных выше действий стала разработанная плата, позволяющая управлять сразу двумя дисплеями, с помощью данной платы был отлажен код и создан прототип интерфейса.

Дальнейшими шагами будут улучшение внешнего вида интерфейса с целью повышения эргономики устройства, доработка системы команд для взаимодействия с платой генератора, увеличение количества режимов, добавление новых меню и появление более глубокой настройки электрохирургического скальпеля.

## Список используемых источников

1. Downs R. Using resistive touch screens for human/machine interface/ R. Downs //Analog Applications Journal Q. – 2005. – Vol. 3. – P. 5-10.
2. Bhalla M. R. Comparative study of various touchscreen technologies/ M. R. Bhalla, A. V. Bhalla//International Journal of Computer Applications. – 2010. – Vol. 6. – №. 8. – P. 12-18.
3. Мухин И.А. Сенсорные экраны – решение проблем/ И.А. Мухин // BROADCASTING Телевидение и радиовещание. – 2006. – №3. - с 40 – 41.
4. Белых С. Zypos-проеекционно-емкостные сенсорные экраны для вандалоустойчивых платежных терминалов/ С. Белых //Компоненты и Технологии. – 2011. – №. 8 (121). – С. 17-19.
5. Wei Z. The design of infrared touch screen based on MCU/ Z. Wei //2011 IEEE International Conference on Information and Automation. – 2011. – P. 485-489.
6. Maxwell I. An overview of optical-touch technologies/ I. Maxwell //Information Display. – 2007. – Vol. 23. – №. 12. – P. 26.
7. Долматова А. Ускорение метода свертки и обратной проекции по схеме Брейди / А. Долматова, Д. Николаев. //Информационные технологии и системы. – 2019. – С. 487-493.
8. Терентьев Д. С. Проекционно-ёмкостной сенсорный экран для встраиваемых мобильных систем/ Д.С. Терентьев, А.И. Власов, В.С. Токарев //Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – №. 1. – С. 016-026.
9. ГОСТ Р МЭК 60601-1-2-2014 Изделия медицинские электрические. Часть 1-2. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик. Параллельный стандарт. Электромагнитная совместимость. Требования и испытания. – М.: Стандартинформ, 2014. – 110 с.

10. Самарин А. OLED дисплеи: от мифов к реальности. Технологии и схемотехника OLED дисплеев, микросхемы драйверов для OLED дисплеев/ А. Самарин //Компоненты и технологии. – 2007. – №. 67. – С. 113-124.
11. Белов С. Как выбрать TFT-дисплей/ С. Белов //Компоненты и Технологии. – 2011. – №. 8 (121). – С. 12-14.
12. Anand N. Design and implementation of a high-speed Serial Peripheral Interface/ N. Anand //2014 International Conference on Advances in Electrical Engineering. –2014. – P. 1-3.
13. ILITEK Specification a-Si TFT LCD Single Chip Driver 320RGB x 480 Resolution and 262K-color [Электронный ресурс]/ Datasheetpdf; 2014/ URL: <https://datasheetpdf.com/pdf-down/I/L/I/ILI9486-ILITEK.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. англ. Дата обращения 07.03.2020 г.
14. Ягов Д. И. Невозможное станет возможным. RGB-интерфейс, реализованный на микроконтроллере за \$1. / Д.И. Ягов //Компоненты и Технологии. – 2012. – №. 2 (127). – С. 49-54.
15. Порев В. Н. Компьютерная графика/ В.Н. Порев //СПб.: БХВ-Петербург. – 2002. – Т. 432. – С. 3.
16. ХРТ2046 Data Sheet [Электронный ресурс]/ Chipdip; 2007. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/184/DOC001184535.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. англ. Дата обращения 08.03.2020 г.
17. Fang W. Calibration in touch-screen systems/ Fang W., Chang T. //Texas Instruments Incorporated. – 2007. – Vol. 10. – P. 6.
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 07.01.2002. - N 1 (Ч. 1). - Ст. 3.
19. ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – с 9.

20. Приказ Минтруда РФ от 18.12.20 года N 928н, об утверждении Правил по охране труда в медицинских организациях [Электронный ресурс] \ Официальный интернет портал правовой информации, 2020. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?searchres=&bpas=cd00000&intelsearch=%CF%F0%E8%EA%E0%E7+%CC%E8%ED%F2%F0%F3%E4%E0+%D0%D4+%EE%F2+18.12.20+%E3%EE%E4%E0+N+928%ED&sort=-1>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения 8.05.2022 г.

21. ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1-88) Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности. – М.: Стандратинформ, 2009. – с 142.

22. СП 2.1.3678-20 Санитарно-эпидемиологических требования к эксплуатации помещений, зданий сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказания услуг [Электронный ресурс] \ Официальный интернет портал правовой информации, 2020. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012310005>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. Рус. Дата обращения 9.05.2022 г.

23. СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2012. - 990с.

24. ГОСТ Р 54564-2011 Лом и отходы цветных металлов и сплавов. – М.: Стандартиформ, 2013. – с 62.

25. СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. – М.: Стандартиформ, 2020. – с 65.

## Приложение А

(справочное)

### Introduction.

### Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ0М	Лузгин Дмитрий Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШНКБ	Нам Ирина Феликсовна	Кандидат технических наук		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Кобзева Надежда Александровна	Кандидат педагогических наук		

## **Introduction**

The purpose of this development is to create a sensor control unit for an electro-surgical scalpel. Touch screen is an input/output device consisting of a display displaying information on the screen and a transparent touch glass pasted on top of the display registering touch on the screen.

The mask of the control unit with a touch screen is to simplify the user's control of an electro-surgical scalpel. This is especially true now, when the number of modes in modern electro-surgical scalpels is growing and allows fine-tuning. Therefore, all modern devices are equipped with a touch screen, as it becomes a necessity. Due to the modernization of equipment for electro-surgery and industrial design, it was necessary to create a line of devices with a touch screen.

In this final qualifying work, the goal was to develop a sensor control unit for an electro-surgical scalpel that allows for power adjustment.

In the process of performing this work, a review of existing touch screen solutions on the market and the selection of a suitable solution were carried out. In addition, a library was written that displays simple geometric primitives and finished images loaded into the controller's memory. In addition, a printed circuit board was designed that allows debugging the written code.

## **1.Literary review**

### **1.1 Types of touch screens**

This section will analyze existing touch screen technologies for compliance with the technical requirements set for the device under development.

It is possible to distinguish the following technologies of touch screens used in the modern market:

1. resistive
2. capacitive
3. projection-capacitive
4. touch screen on surface acoustic waves (surfactants)
5. infrared touch screen

Resistive screen consists of a glass or acrylic coated with an electrically conductive substance and a resistive layer made of Indium tin oxide. Both layers are separated by transparent pads. At the moment of downtime, the two layers do not have electrical contact with each other, but as soon as the screen is pressed, the two layers close together forming a voltage divider [1]. Such a screen is called a four-wire screen, in addition to it there is a five-wire version of a resistive screen. In contrast to the four-wire, in the five-wire version, the resistive coating on the membrane is replaced by a conductive one. At the same time, a resistive coating with four electrodes at the corners is also applied to the rear window. Initially, all four electrodes are under voltage +5V, and the membrane is grounded. The voltage level on the membrane is constantly monitored by an analog-to-digital converter (ADC). When nothing touches the touch screen, the voltage is zero.

As soon as the screen is pressed, the microprocessor detects a change in the membrane voltage and begins to calculate the touch coordinates as follows:

1. A voltage of +5V is applied to the two right electrodes, the last ones are grounded. The voltage on the screen corresponds to the X-coordinate.

2. The Y-coordinate is read by connecting to +5 in both upper electrodes and to the "ground" of both lower one's.

The main advantage of a five—wire version over a four-wire one is its greater reliability. The five-wire touch screen has a long service life and can work even with a cut on the membrane. For comparison, four-wire touch screens have a working life of 1 million taps, and five-wire touchscreens have already 10 million taps [2].

The advantages of resistive screen are their cheapness, as well as the ability to work on it with any blunt object. At the same time, they have a very high external resistance and do not allow static discharge. However, resistive screen cannot register simultaneous pressing at several points, and they also block up to 20% of the screen brightness. Therefore, in the modern world, they have faded into the background, giving way to a projection capacitive screen, but they are still used in industrial displays.

Capacitive screen is based on the ability of large-capacity objects to conduct alternating current. The capacitive touch screen is a glass panel covered with a conductive material. The electrodes are placed at the corners of the screen, and at the same time a small alternating voltage is applied to the conductive layer (the same for all angles). When a person touches the screen through his finger, current begins to flow to the ground. In this case, the leakage current will depend on the distance between the finger and the screen [3].

Capacitive screens have a longer life span, but at the same time they react only to the touch of conductive objects, they are also able to accumulate static charge and require the flow of electric current through the human body, so their use is not permissible in medical technology.

Projection-capacitive screen

The principle of operation of such a screen is to create a very thin crash structure that is invisible to the eyes. A coordinate grid with a step of 250 microns and a thickness of 10 microns is usually used. As soon as a person touches the screen, it forms a container. The controller measures the capacity for each cell and based on this determines the touch areas [4].

Such screens have a transmittance of at least 85%, but it allows you to register several simultaneous clicks and allow you to use protective glasses and films and even react to touches in gloves. They have a very wide range of operating temperatures, which allows them to be placed outdoors. However, they still require the passage of current through the human body and are able to accumulate static charge.

In addition to the above technologies, there are a number of touch screen using an optical methods of recording clicks. One of these touchscreens is an infrared touch screen – these are such screens representing infrared emitters placed along the entire length of the screen. When you click on the screen, part of the emitters overlaps and the processor determines the overlap point by determining the pressing [5].

Screens made using this technology have an almost unlimited service life, they have 100% color reproduction and can respond to any non-transparent object. Their big disadvantage is low accuracy and small resolution. They have found their application in military equipment because of their simple maintainability, as well as in devices where direct touch is unacceptable.

A similar principle underlies the infrared panels from NextWindow, in these panels, infrared emitters are installed on both sides at the ends of the plate, and sensors are installed on the mating parts, when touching, the intensity measured by the sensor changes and based on these data, the touch coordinate is calculated [6].

This solution also has high color reproduction and stable operation, which does not require calibration, but they are more difficult to manufacture.

Another type of optical sensors are sensors using video cameras, in which the image is formed by the method of reverse projection [7] and a camera operating in the IR range is used as an optical sensor. In idle moments, the rays pass through glass without obstacles, at the moment of contact, the infrared rays are reflected back into the camera, and the video camera captures the spot. After that, the algorithm calculates the coordinates of the touch.

These sensors have high impact resistance, but they are only able to work in a room where an external camera can be placed.

The last type to be considered is acoustic wave touch panels. This touch panel is made in the form of a glass panel, in each corner of the panel there are piezoelectric converters and receivers, and reflectors on the sides. During the operation of the piezoelectric emitter, an ultrasonic signal is generated, these waves are evenly distributed over all areas of the display thanks to the reflectors. At the moment of touch, part of the energy is blocked and by changing this energy, the controller calculates the coordinate of the touch [8].

These controllers have high light transmission and service life, they react to any object. However, they have low accuracy, they are sensitive to dirt and dust, and also work very poorly in rooms with high noise.

Table 1. Comparison of sensor characteristics

	Resistive	Capacitive	Projection-capacitive	APR	Infrared	Optical screen based on camera
Gloved hand	+	-	-	+	+	+
Solid non-conductive object	+	-	-	-	+	+
Maximum transparency (%)	85	90	90	100	100	100
Accuracy	High	High	High	Average	Low	Average
Lifetime (million clicks)	10	200	$\infty$	50	$\infty$	$\infty$
Protection from dirt and liquids	+	+	+	-	-	+
High strength	-	-	+	-	-	+

Before choosing a suitable touch screen, you should determine the requirements necessary when choosing a display for an electrosurgical scalpel. Since this screen will work in a medical device, it is subject to the requirements specified in IEC 60601 1-1-2-2014. Having familiarized with this standard, it is possible to identify several requirements that the control unit must meet. First, the device must pass a noise immunity test. This test is intended to test the functionality of the device

under the influence of electromagnetic interference, while the device must perform its main functions related to the safety of the patient's health during exposure. Secondly, the device is subjected to microsecond pulse interference of high energy, 0.5; 1 and 2 kV when interference is applied to the AC power supply circuit according to the “wire-ground” scheme and 0.5 and 1 kV when applied according to the “wire-wire” scheme. The third problematic test for the touch screen is the electrostatic discharge test. In this test, 6 kV of conduct discharge and 8 kV of air discharge are applied to the device. When passing the test, we are not allowed:

- System element failure;
- Change of programmable values;
- The presence of malfunctions established by the manufacturer in the operational documentation;
- Changing the operating mode;
- False alarms;
- Termination or suspension of any function performed, even accompanied by an alarm;
- initiating the execution of any unintended function, including unintended and uncontrolled movements, even accompanied by an alarm;
- a sufficiently large error value of the displayed numerical values, which may affect the process of diagnosis or treatment;

After analyzing the above information, it was decided to choose a five-wire resistive screen. Firstly, it is possible to work with resistive screens using not only gloves, but also any solid bodies, this is quite important in operating conditions, since removing gloves during surgery is quite problematic. Another important advantage of a resistive sensor is its resistance to various liquids, while it is possible to develop some kind of protective film for a resistive screen that can protect the

screen from aggressive environments, if the display itself is not capable of this, this is possible due to the fact that the resistive display working even through a protective film. At the same time, even if we take into account that the resistive screen is not the most durable, a margin of 10 million clicks should be enough, since working with a radiofrequency scalpel does not imply a large number of clicks even in a day. Another important advantage is its low price, so resistive screens remain quite common.

## **1.2 Types of displays**

The second important component is the display screen itself, firstly, it must be bright so that the image is well read in the bright light of the operating room. Currently, the market is dominated by two technologies on which modern displays are based: organic light-emitting diodes (OLED) screens and liquid crystal screens (LCD). Currently, OLED displays are manufactured in three types [10]:

- scheme with separated color emitters;
- WOLED+CF scheme (color filters + white emitters);
- scheme with short-wave radiation conversion;

The first option is the most energy efficient, but it is more difficult to manufacture. The second option is easier to produce, but at the same time losses in energy consumption. The third option has a homogeneous aging of the emitters, does not require separate formation of emitters. But at the same time, it requires the stability of the blue emitter, this is due to the fact that the blue radiation is then converted into red and green colors.

Another common type of screens is LCD displays and the most common among them are TFT matrices [11]. The principle of operation of such a screen is

based on the ability to change the polarization of light, thus changing the intensity of light, this allows you to adjust the proportion of colors in the image while changing the color of the picture. TFT displays have a problem with displaying images at an angle, and also lose in contrast to OLED displays, but they are more represented on the market and have a lower cost.

OLED displays have higher brightness and contrast, but they are not suitable for interface development. With frequent reproduction of the same picture, organic LEDs begin to burn out and since the interface will display a single image for most of the work, this will lead to a rapid failure of the display. Therefore, it was decided to focus on TFT displays.

### **1.3 Ways to communicate with the display**

The next step is to familiarize oneself with the existing interfaces through which the microcontroller and the controller built into the display will communicate. The type of interface used will primarily depend on the controller built into the display, in turn, the controller display depends on the display resolution.

The simplest to implement, but having the lowest performance is the Serial Peripheral Interface (SPI) interface. When using this bus, the controller uses a minimum number of pins, the bus uses only 4 wires. The SDA pin is used for data transmission, SCK generated clock pulses, and CS allows you to select a controller for data transmission. Resetting the touch screen controller in this case is done only by sending a special command. The SPI interface is usually supported only by a low-resolution display [12].

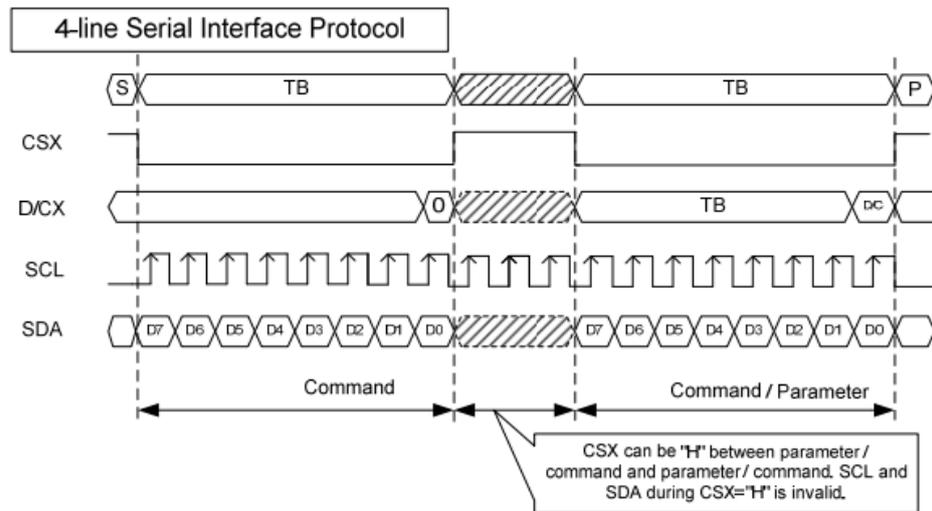


Fig – 1 Data transmission over the SPI bus

MCU interface, there are usually have four versions of 8,9,16,18 bits [13]. Let's consider working with the MCU interface using the example of the ILI9486 controller. This interface is much faster than the SPI data bus, but it uses 21 controller pins. As in the case of SPI, working with the MCU interface begins with setting a low level on the CS output. Then it is indicated using the D/C output that a command or data will be sent. It should be noted right away that all commands for the ILI9486 driver are 8-bit. Therefore, when sending a command, only the lower 8 bits are used, the older ones remain untouched, but data such as pixel color is already 16-bit, so both ports of the microcontroller are involved here. After the data type to be sent has been specified to the driver, a low level should be set to either RDX or WRX, depending on which data is either read or written to the controller.

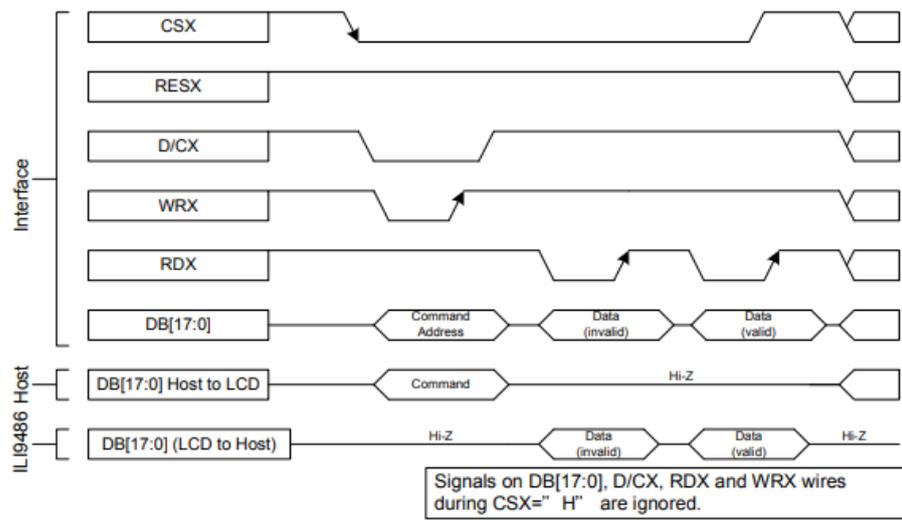


Fig – 2 Data transmission via the MCU interface

RGB interface is one of the most common interfaces for high-resolution displays. There is no single standard for such interfaces, so the number of pins involved will greatly depend on the built-in controller and vary from 33 to 60 pins. During the start of the display, the line is switched using Hsync output. At the same time, the DCLK signal constantly generates a signal, along the leading edge of this signal, the indicator reads data on the point color from the lines R0–R5, G0–G5 and B0–B5. In this case, the data will be read only if the DEN output have high logic level. The moment of occurrence and duration of the DEN signal, like Hsync, is standardized (a certain number of DCLK pulses must pass). It takes 408 DCLK cycles to draw a line of 320 points. The frame begins to be drawn when the signal drops to Sync from 1 to 0. 18-26 empty lines are required to start drawing the signal [14].

For the current work, a display with a resolution of 320x480 pixels with a diagonal of 3.5 inches was selected. The display has a built-in ILI 9488 controller. This controller allows you to work with the RGB and MCU interface, however, using an additional two shift registers, you can start the display using the SPI bus. Despite this, it was decided to use the MCU interface, since it has a sufficiently high

speed for such a resolution, while using significantly fewer pins than the RGB interface.