

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа ИШНПТ  
Направление подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка конструкции фото-видеослайдера</b>

УДК 004.42:621.397.6.001.66

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ71	Булгин Максим Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дронов В.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально- гуманитарных наук	Подопригора И.В	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Исаева Е.С.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Крауиньш П.Я.	Д.Т.Н.		

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<b>P1</b>	Применять <i>глубокие естественнонаучные и математические знания</i> для создания <i>нового технологического оборудования и машин.</i>	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК2, 3). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P2</b>	Применять <i>глубокие знания</i> в области <i>современного машиностроительного производства</i> для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P3</b>	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5-9). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P4</b>	<i>Разрабатывать</i> и использовать <i>новое оборудование и инструменты</i> для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-15-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P5</b>	Проводить теоретические и модельные исследования в области машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК16). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P6</b>	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ПК-9, ПК-11, 12, 13, 14). Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Универсальные компетенции		
<b>P7</b>	Использовать <i>глубокие знания</i> для <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ОПК-4, ПК2, ПК-3, ПК-13, ПК-14, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P8</b>	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3, ОПК-4, ПК-13, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<b>P9</b>	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК18). Критерий 5 АИОР (п. 2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P10</b>	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО (ОК-2). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P11</b>	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ  
Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств»  
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) Крауиньш П.Я.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ71	Булгину Максиму Алексеевичу

Тема работы:

Разработка конструкции фото-видеослайдера	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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>Объект проектирования: разработка конструкции поворотного и наклонного механизмов камеры фото-видеослайдера.</p> <p>Режимы работы: ручной, режим интервальной фотосъемки, автоматический режим видеосъемки с интерполяцией координат по трем заданным позициям.</p> <p>Требования к изделию: разрабатываемые механизмы должны иметь компактный размер, соизмеримый с размерами каретки фото-видеослайдера; механизмы должны быть моторизированы и оснащены электронным модулем для реализации программного управления, обеспечивать плавное вращение и наклон камеры; механизмы поворота и наклона должны</p>
---	--

	управляться дистанционно, с заданием режимов работы.
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>	<p>Провести комплексный анализ конкурентоспособности и анализ решений, имеющихся на рынке.</p> <p>Разработать 3D модели механизмов наклона и поворота камеры, описать их устройство и принцип работы.</p> <p>Провести анализ вибраций, возникающих при работе поворотного механизма с помощью математической модели.</p> <p>Сделать выводы на основе выполненного анализа.</p> <p>Подобрать комплектующие и обосновать их использование для последующей сборки и эксплуатации устройства.</p> <p>На основе аналитического обзора устройств подобного назначения разработать конструкцию, изготовить и собрать прототип изделия, реализующий различные режимы программного управления.</p> <p>Выполнить проверку работоспособности разработанных механизмов на изготовленном прототипе и провести отладку программного кода, управляющего режимами работы.</p> <p>Сделать выводы по проделанной работе.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Блок-схема алгоритма управления. Графики перемещения и скорости в зависимости от времени. Иллюстрации, демонстрирующие 3D модель изделия. Фотографии прототипа разработанного устройства.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Информационно-аналитический обзор	Дронов В.В.
Расчеты и аналитика	Дерюшева В.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора И.В.
Социальная ответственность	Исаева Е.С.

Иностранный язык	Устюжанина А.К.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Информационно-аналитический обзор	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Дронов В.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ71	Булгин Максим Алексеевич		

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ  
Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
Уровень образования магистр  
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения  
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

**Магистерская диссертация**

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Названия раздела (модуля) вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.2019	Основная часть	60
24.04.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	20
17.04.2019	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Дронов В.В.	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Крауиньш П.Я.	Д.Т.Н.		

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа выполнена в размере 153 с., 50 рис., 28 табл., 27 источников, 4 приложений.

Ключевые слова: слайдер, фотосъемка, фото-видеослайдер, видеосъемка, таймлапс, моделирование, 3D модель, драйвер, сервопривод, шаговый двигатель.

Объектом проектирования является устройство, с помощью которого достигаются различные эффекты фото и видео съемки.

Предметом проектирования являются механизмы наклона и поворота фото-видеокамеры, устанавливающиеся на каретку фото-видеослайдера.

Целью работы является разработка и моделирование конструкции механизмов наклона и поворота камеры фото-видеослайдера, описание их устройства и принципа работы, анализ математической модели поворотного механизма в движении, изготовление и сборка прототипов механизмов, разработка управляющего программного обеспечения, отвечающего за работу всех режимов работы устройства.

В процессе работы проведен аналитический обзор и анализ представленных на рынке аналогов, обоснована актуальность проектирования. Кроме того, изучены устройство и принцип работы проектируемых механизмов, произведены расчеты их параметров, рассмотрены режимы работы и способы управления движениями механизмов. В результате проведенного анализа и расчетов были изготовлены прототипы разработанных механизмов устройства, реализовано программное обеспечение, отвечающее за работу предусмотренных режимов и выполнена отладка программного кода на физических прототипах.

Изделие предназначено для эксплуатации внутри помещения и на открытом пространстве при нормальных погодных условиях.

Степень внедрения: проект в виде твердотельных 3D моделей в САПР и рабочий прототип изделия.



## **НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

В работе приняты следующие сокращения:

ШД – шаговый двигатель;

ЧПУ – числовое программное управление;

ШИМ – широтно-импульсная модуляция;

ПО – программное обеспечение;

СП – сервопривод;

КВ – КВ;

САПР - система автоматизированного проектирования.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ISO 26000:2010 «Руководство по социальной ответственности».

2. ГОСТ 12.2.032 – 78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя.

Общие эргономические требования».

3. ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

5. СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

6. ГОСТ 30494 – 2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

7. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

8. СНиП 23 – 05 – 95. «Естественное и искусственное освещение».

9. ГОСТ 12.0.002 – 2003. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».

10. ГОСТ 12.1.019 – 79 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

11. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопасность».

12. СНиП 21 – 01 – 97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

13. СНиП 2.01.02 – 85. «Строительные нормы и правила.

Противопожарные нормы».

14. ГОСТ 3395 – 89. «Подшипники качения. Типы и конструктивные исполнения».

15. ГОСТ 7872 - 89. «Подшипники упорные шариковые одинарные и двойные. Технические условия».

16. ГОСТ Р ИСО 5725 – 1 - 2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений».

17. ГОСТ 5378 - 88 «Угломеры с нониусом. Технические условия».

18. ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.

## Оглавление

Введение .....	14
1. Информационно-аналитический обзор .....	15
1.1. Описание устройства .....	15
1.2. Сравнительный анализ существующих на рынке решений .....	18
1.3. Устройство и принцип работы механизмов фото-видеослайдера.....	23
1.3.1 Описание работы устройства.....	23
1.3.2 Устройство и принцип работы поворотного механизма .....	25
1.3.3 Устройство и принцип работы наклонного механизма .....	31
1.4 Описание работы и устройство сервопривода .....	35
1.4.1. Описание работы сервопривода .....	35
1.4.2. Устройство сервопривода .....	36
1.4.3. Управление сервоприводом.....	37
1.4.4. Подключение сервопривода к контроллеру .....	38
1.4.5. Характеристики сервопривода .....	39
1.5 Описание работы шагового двигателя .....	40
1.5.1. Конструкция и устройство .....	40
1.5.2. Применение шаговых двигателей.....	42
1.5.3. Преимущества и недостатки шаговых двигателей .....	43
1.5.4. Режимы управления шаговыми двигателями.....	44
1.5.5. Подключение обмоток биполярного шагового двигателя.....	48
1.5.6. Характеристики шагового двигателя .....	50
2. Объект проектирования и актуальность разработки .....	52
2.1 Цели проводимой работы .....	52
2.2 Обоснование для разработки .....	52
2.3 Основное содержание работы.....	52
3. Расчеты и программирование работы механизмов.....	53
3.1 Анализ динамики движения поворотного механизма .....	53
3.1.1. Расчетная схема устройства.....	53
3.1.2. Анализ параметров .....	53
3.1.3. Составление уравнения .....	54
3.1.4. Рассмотрение построенной модели .....	55
3.2 Профилирование и изготовление зубчатого шкива для поворотного механизма .....	59
3.3 Расчет передаточного отношения ременной передачи поворотного механизма.....	62

3.4	Определение точности и повторяемости позиционирования осей наклонного и поворотного механизмов .....	63
3.5	Программирование механизмов наклона и поворота камеры.....	66
3.5.1.	Контроллер для управления механизмами.....	66
3.5.2.	Описание среды разработки Arduino IDE .....	69
3.5.3.	Программирование шагового двигателя .....	70
3.5.4.	Программирование сервопривода .....	72
3.6	Беспроводное управление механизмами наклона и поворота камеры.....	73
3.7	Описание режимов работы механизмов наклона и поворота камеры .....	75
4.	Результаты проектирования .....	79
5.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	82
5.1	Введение .....	82
5.2	Анализ рынка .....	83
5.3	Целевая аудитория .....	84
5.4	Конкурентный анализ .....	84
5.5	Технология QuaD .....	86
5.6	SWOT-анализ .....	89
5.7	Планирование работы .....	92
5.8	Определение ресурсоэффективности проекта .....	100
5.9	Выводы по разделу.....	102
6.	Социальная ответственность .....	105
6.1	Введение .....	105
6.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	106
6.2.1.	Организационные мероприятия по компоновке рабочего места .....	106
6.3	Производственная безопасность.....	108
6.3.1.	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	108
6.3.2.	Отклонение показателей микроклимата.....	109
6.3.3.	Повышенный уровень шума .....	110
6.3.4.	Малая освещенность .....	112
6.3.5.	Риск травмирования о движущиеся части слайдера .....	113
6.3.6.	Возможность получения термического ожога .....	113
6.3.7.	Возможность получения удара электрическим током.....	114
6.4	Экологическая безопасность .....	115
6.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	116
6.6	Выводы по разделу.....	118

Заключение.....	119
Список используемых истоников.....	120
Приложение А. Аннотация на алглийском языке.....	124
Приложение Б. Блок-схема алгоритма устройства.....	143
Приложение В. Исходный код управляющей программы .....	145
Приложение Г. Распределение задач между участниками проекта.....	153

## **Введение**

В настоящее время большую популярность получили устройства, называемые «фото-видеослайдерами». Эти устройства помогают в достижении различных спецэффектов фото и видео съемки. Благодаря им можно снимать панорамные видео, получать видеоматериалы для презентации новых продуктов, снимать любительские и профессиональные видео [1].

Такие эффекты и возможности достигаются с помощью довольно простой конструкции устройства: оно представляет из себя рельсовую систему, по которой вдоль рельса с помощью приводов или вручную передвигается каретка, с установленной на ней камерой. Некоторые виды слайдеров предусматривают механизмы на каретке, способные вращать камеру вокруг своей оси и наклонять ее относительно поверхности, на которой располагается устройство. Работа этих механизмов позволяет достигать фокусировки на одном объекте, слежение за ним, эффект поворота относительно объекта или проезд мимо него во время съемки.

Исходя из проведенного в работе анализа моделей, представленных на рынке, в настоящее время большинство подобных устройств не являются автоматизированными (моторизированными), а управляются вручную. Автоматизированные устройства чаще всего выполнены на профессиональном уровне крупными корпорациями-изготовителями и имеют высокую цену в сравнении с бытовыми слайдерами, в среднем около 50000 руб. [2]. Исходя из этого, актуальным становится вопрос о разработке и создании устройства, оснащенного автоматизированным и простым управлением, имеющим низкую цену, и позволяющего потребителям получать эффектные и качественные видеоматериалы.

Исходя из вышесказанного, целью данной работы является рассмотрение принципа работы узлов слайдера для фото- и видеосъемки, анализ рынка с представленными моделями, разработка механизмов наклона и поворота камеры, подготовка для проектирования конструкции этих механизмов с учетом рассмотренных решений, а также изготовление и сборка механизмов.

# 1 Информационно-аналитический обзор

## 1.1 Описание устройства

Фото-видеослайдер - это устройство, предназначенное для съемки на фото или видео камеру материала с эффектами панорамной съемки, «Time lapse», «Bullet time», далее в работе эти эффекты будут описаны более подробно.

Изображение примера такого устройства представлено на рисунке 1.



Рис. 1 Изображение бытового фото-видеослайдера

Современные слайдеры представляют из себя систему направляющих, по которым передвигается каретка, с закрепленной на ней камерой. Движение каретки может осуществляться вручную или автоматически за счет приводов движения.

Слайдеры чаще всего применяются для горизонтального панорамирования, для этого выставляется ровный горизонт устройства, включается запись видео, либо последовательная череда снимков, после чего вручную или автоматически каретка плавно перемещается вдоль линии рельса или направляющих и получается эффект панорамной съемки. Вместе с движением каретки может быть добавлена функция поворота камеры вокруг своей оси, а также наклона относительно горизонта устройства. Таким образом достигаются различные эффекты при съемке [3].

Другим вариантом использования слайдера является плавное приближение или удаление от объекта. Часто в таком случае используется прием, в котором на начальном этапе объект не находится в фокусе объектива, а при приближении камера фокусируется на нем, попадая в зону резко изображаемого пространства для выбранного объекта.

Кроме описанных выше применений, слайдеры довольно часто используются в киноиндустрии для создания эффектов, называемых «Time lapse» и «Bullet time».

Эффект «Time lapse» в последнее время обрел большую популярность, хотя самой технике съемки десятки лет. Раньше таймлапс применялся в основном в научных целях, для изучения медленно протекающих процессов, тогда это называлось покадровой съемкой или съемкой с интервалом.

«Time lapse» - это ролик, который смонтирован из множества фотографий, сделанных с определенным интервалом. Интервал может колебаться в диапазоне от нескольких секунд до нескольких часов. Такой эффект часто применяется в сценах фильмов, когда необходимо показать быстрое течение времени [4]. Пример такого эффекта изображен на рисунке 2.



Рис. 2 Изображение эффекта «Time lapse»



Еще одной техникой, применяемой в киноиндустрии, является эффект, называемый «Bullet time».

Буллет-тайм (англ. Bullet time, буквально «время пули») — техника комбинированной съёмки, использующаяся для создания на экране иллюзии «заморозки» времени, то есть движения съёмочной камеры и зрителя вокруг застывшего объекта, в реальности быстро двигающегося, например в момент прыжка или падения. Такая техника применяется в кинематографе и компьютерных играх, а свою известность она получила благодаря фильму «Матрица», где использована во многих сценах. Этому фильму эффект обязан названием, поскольку фиксирует движение актёров с замедлением, характерным для высокоскоростной киносъёмки. По этой же причине приём иногда называют «эффект матрицы». Пример использования этой техники съёмки изображен на рисунке 3.



Рис. 3 Изображение эффекта «Bullet time».

Как видно из рисунка 3, камера перемещается влево относительно футбольных ворот на заднем плане, в это время каретка слайдера движется линейно по направляющим. Одновременно с этим, механизм поворота вращает камеру таким образом, чтобы объектив все время был направлен на объект съёмки, в данном случае на футбольный мяч. Таким образом достигается эффект

«Bullet time». Работа фото-видеослайдера во время съемки этого эффекта представлена на рисунке 4.

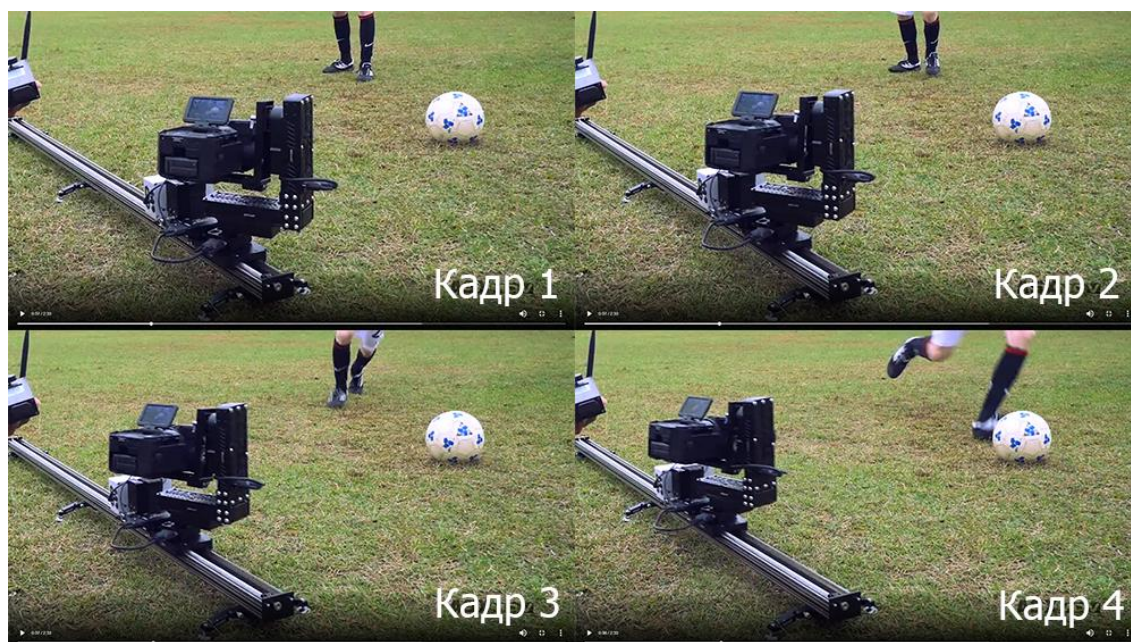


Рис. 4 Работа слайдера во время съемки эффекта «Bullet time».

## 1.2 Сравнительный анализ существующих на рынке решений

В настоящее время на рынке представлено большое количество различных решений слайдеров для фото- и видео съемки. Они отличаются разнообразием конструкций, прямой или радиальной формой направляющих, автоматизированным и ручным управлением, наличием механизмов наклона и поворота камеры, длиной рабочей зоны и так далее. В данном разделе необходимо провести сравнительный анализ и аналитику решений в плане механизмов наклона и поворота камеры. Это важный этап, определяющий актуальность разработки, который кроме того поможет спроектировать наиболее простые и эффективные механизмы для эффективного управления движениями камеры.

Проведем сравнительный анализ наиболее популярных устройств, представленных на рынке.

## **Моторизированный слайдер Lanparte ESV-01 E-Slider**

Этот слайдер является популярным решением для интервальной фотосъемки, он имеет возможность моторизированного управления кареткой: ей можно управлять программно с заданной скоростью. Для этого в конструкции слайдера применен шаговый двигатель с ременной передачей. Изображение слайдера Lanparte ESV-01 E-Slider представлено на рисунке 5.



Рис. 5 Изображение слайдера Lanparte ESV-01 E-Slider

Из недостатков данного слайдера можно выделить большой вес конструкции – 8,5 кг, высокую цену, составляющую 95000 руб., отсутствие моторизированных механизмов наклона и поворота камеры и небольшую рабочую длину направляющих – 1000 мм.

К преимуществам данного слайдера относятся: высокое качество исполнения, возможность выбора варианта питания: от аккумуляторной батареи или сетевого адаптера, алюминиевый корпус и высокая скорость движения каретки в ручном и автоматическом режимах – 4,5 м/с.

## **ASXMOV G3S**

Этот слайдер является профессиональным решением для съемки сложных спецэффектов, панорам, эффектов «Bullet time» и «Time lapse», он имеет жесткую конструкцию, за счет которой на камеру передаются

минимальные вибрации от работы механизмов. Изображение слайдера ASXMOV G3S представлено на рисунке 6.



Рис. 6 Изображение слайдера ASXMOV G3S

Кроме того, этот слайдер в отличие от ранее описанного Lanparte ESV-01 E-Slider, оснащен механизмами наклона и поворота камеры. В данном случае работа механизмов реализована на основе вращения металлических блоков вокруг оси встроенных шаговых двигателей. Они изменяют положение камеры по углу возвышения  $\alpha$  и азимуту  $Az$ . Принцип работы наклонного и поворотного механизмов данного слайдера представлен на рисунке 7.

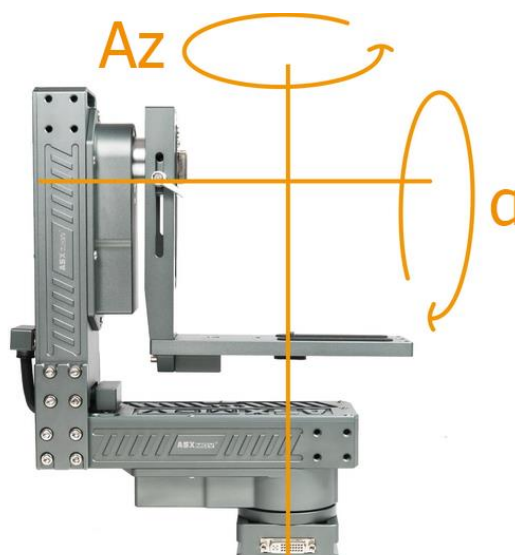


Рис. 7 Изображение принципа работы наклонного и поворотного механизмов слайдера ASXMOV G3S

Слайдер ASXMOV G3S имеет следующие преимущества:



- Наличие механизмов наклона и поворота камеры;
- высокая скорость работы механизмов;
- устройство контроля, позволяющее оператору одновременно

контролировать работу каретки и механизмов наклона и поворота, то есть управлять движением камеры по трем осям;

- жесткая и устойчивая конструкция;
- наличие контроллера, позволяющего задавать параметры движения,

переключаться между режимами съемки, регулировать скорость работы механизмов.

К недостаткам слайдера ASXMOV G3S относятся:

- Крупные габаритные размеры механизма поворота камеры: 240 x 240 x 60 мм (ширина x высота x длина);
- большой вес изделия, составляющий 11,58 кг;
- высокая цена, составляющая 128200 руб.;
- сложная сборка и разборка устройства;
- сложное управление режимами работы;
- сложная транспортировка.

### **Операторские краны**

Другой альтернативой, служащей для создания эффектов, описанных ранее в работе, служат профессиональные операторские краны, изображение примера которых представлено на рисунке 8.

Операторский кран — это специальное устройство для подъёма камеры с целью получения высокой точки съёмки и придания камере движения в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также для повышения выразительности изображения кинофильма или телепередачи. Операторские краны могут быть с дистанционно управляемой телекамерой или панорамной головкой, такие устройства часто используются на футбольных матчах и при съемках кинофильмов [5].

По своему устройству большие операторские краны практически не отличаются от обычных грузоподъемных кранов стрелового типа, за исключением особых требований к плавности движения стрелы и шуму механизмов.



Рис. 8 Операторский кран с камерой

Малые операторские краны и кран-тележки имеют облегчённую конструкцию и часто не обладают механическим приводом. Такие краны управляются вручную за счёт уравнивания груза специальным противовесом, облегчающим манипуляции. Операторским краном управляет человек, который монтирует его на съёмочной площадке, устанавливает киносъёмочный аппарат, а также отвечает за безопасность и в соответствии с замыслом оператора-постановщика осуществляет движение стрелы крана. Для повышения удобства работы и повторяемости движения крана в разных дублях, оси поворота стрелы часто снабжены лимбами и указателями.

В некоторых случаях операторский кран устанавливается на операторскую тележку для придания ещё большей подвижности камере. В современном кинематографе всё более широкое распространение получают роботизированные краны, позволяющие при помощи электроприводов многократно с высокой точностью повторять движение камеры для выполнения комбинированных съёмок в несколько экспозиций. Эти устройства

называются кран-роботами и являются составной частью сложной системы управления движением камеры.

Преимуществами операторских кранов является:

- Высокое значение плавности съемки;
- высокое качество получаемых фото- и видео материалов;
- большой диапазон рабочей длины: от 1 до 10 м и более;
- возможность выдерживания высоких нагрузок до нескольких десятков килограмм;

К недостаткам операторских кранов относятся:

- высокая стоимость, начинающаяся от 300000 руб.;
- громоздкая конструкция, составляющая до нескольких метров в длину, ширину и высоту;
- невозможность управления без специальных знаний;
- сложная сборка и настройка конструкции;
- значительный вес конструкции, составляющий в среднем 80 кг.

Из всех перечисленных аналогов, разрабатываемой конструкции больше всего соответствует слайдер ASXMOV G3S, который имеет механизмы наклона и поворота камеры, а также достаточно простое управление ими. Проектируемые в данной работе механизмы планируются практически не уступающими по техническим характеристикам аналогичным в слайдере ASXMOV G3S. При этом они будут иметь меньшую стоимость изготовления, значительно меньший вес и более простую конструкцию, при тех же возможностях управления камерой.

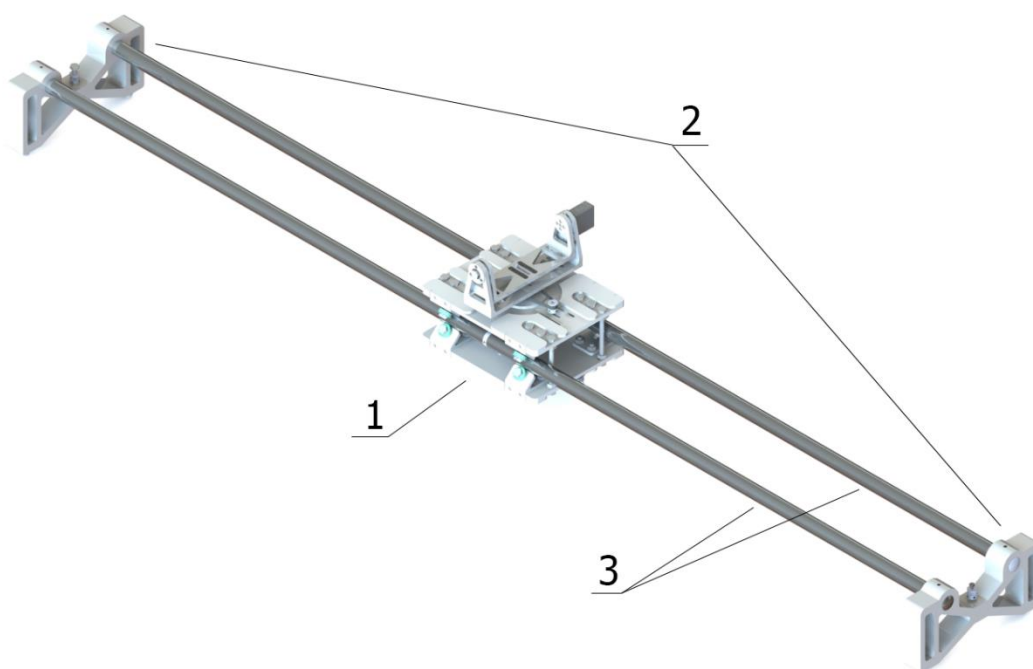
### **1.3 Устройство и принцип работы механизмов фото-видеослайдера**

#### **1.3.1 Описание работы устройства**

Конструкция слайдера включает в себя 3 основных узла: каретка с направляющими и ножками, механизмы вращения и наклона камеры. Изображение 3D модели разрабатываемого фото-видеослайдера представлено на рисунке 9. В данной работе будет подробно описано устройство и принцип

работы проектируемых механизмов, а именно механизмов наклона и поворота камеры.

Все механизмы физически связаны друг с другом, но могут работать раздельно. Например, каретка может перемещаться по направляющим при остающихся в тех же положениях механизмов наклона и поворота. Таким же образом наклонный механизм может работать независимо от поворотного: при подаче управляющего сигнала на сервопривод, он повернет наклонный механизм с камерой на заданный угол, а поворотный механизм останется на прежнем месте.



1 – Каретка; 2 – ножки; 3 - направляющие

Рис. 9 Изображение 3D модели фото-видеослайдера

Работа устройства происходит следующим образом: на каретке 1 установлены механизмы поворота и наклона, камера закреплена к механизму наклона винтом. При подаче сигналов с управляющего устройства, каретка 1 перемещается по направляющим 3, которые закреплены в ножках 2 с помощью четырех установочных винтов. Перемещение каретки 1 по направляющим 3 осуществляется с помощью ременной передачи следующим образом: ремень, натянутый между ножками 2 входит в зацепление с зубчатым шкивом,



установленном на валу шагового двигателя. При запуске шагового двигателя зубчатый шкив перемещается относительно зубчатого ремня, передвигая вместе с собой каретку, которая с помощью подшипников передвигается по направляющим 3.

Кроме того, на каретке установлены механизмы наклона и поворота камеры, изображение которых представлено на рисунке 10. При работе этих механизмов достигаются эффекты «Bullet time» и «Time lapse». Работа поворотного механизма осуществляется с помощью ременной передачи, а работа наклонного механизма реализована с помощью работы сервопривода. Подробное устройство и описание работы проектируемых механизмов приведено далее в работе.

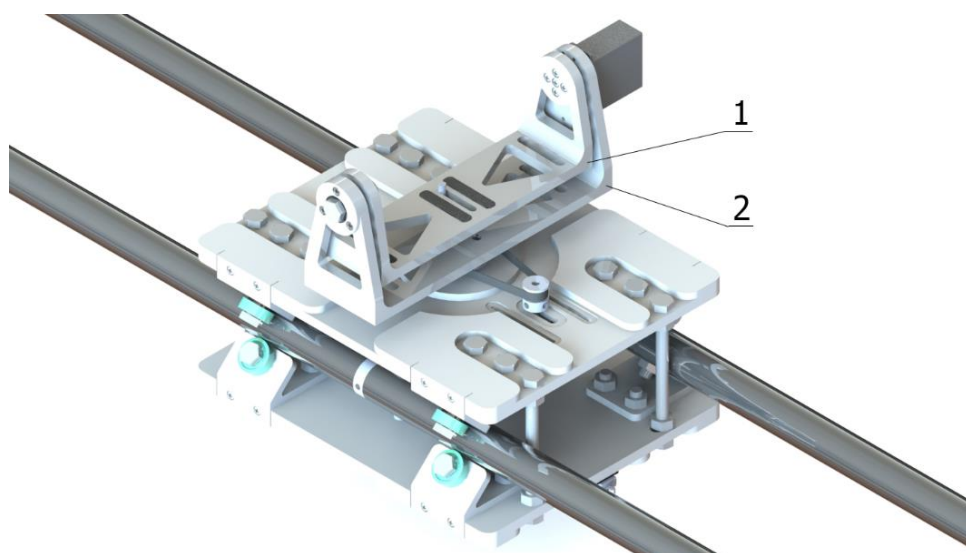


Рис. 10 Изображение каретки фото-видеослайдера:

1 – Механизм наклона камеры; 2 – механизм поворота камеры

### **1.3.2 Устройство и принцип работы поворотного механизма**

#### **Устройство механизма**

Механизм поворота камеры представляет собой прямоугольную платформу размером 7 x 60 x 200,5 мм (ширина x высота x длина), соединенную с боковыми пластинами высотой 83 мм и толщиной 7 мм, которые служат для работы наклонного механизма. Изображение поворотного механизма

представлено на рисунке 11. Поворотный механизм служит для плавного вращения камеры вокруг своей оси, это обеспечивает достижение эффектов, описанных ранее в работе.



Рис. 11 Изображение поворотного механизма

Для описания устройства поворотного механизма, на рисунке 12 представлен вид с разрезом всех его частей в сборе с верхней пластиной каретки и корпусом радиального подшипника.

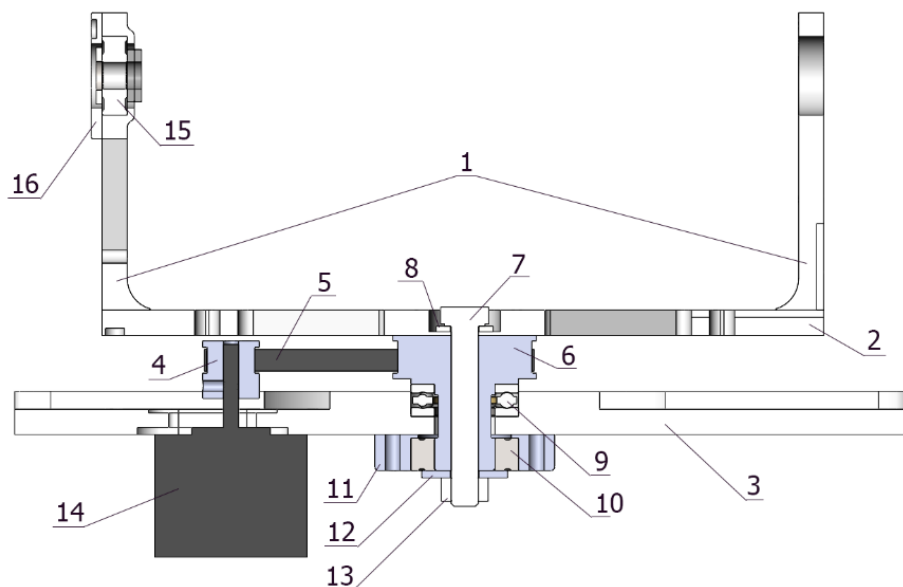


Рис. 12 Вид с разрезом поворотного механизма в сборе с верхней пластиной каретки и корпусом радиального подшипника:

1 – Боковые пластины; 2 – платформа; 3 – верхняя пластина каретки; 4 – зубчатый шкив 2GT; 5 – зубчатый ремень; 6 – зубчатый шкив; 7 – болт М8 длиной 55мм; 8 – шайба М8; 9 – упорный подшипник 51103; 10 – радиальный

подшипник 6903; 11 – корпус подшипника; 12 – шайба М8; 13 – гайка М8; 14 – шаговый двигатель NEMA 17; 15 – подшипник 608 2RS; 16 – крышка подшипника

Платформа 2 и боковые пластины 1 крепятся друг к другу пятью болтами М3х12 мм. Сама платформа 2 крепится тремя болтами М3 к зубчатому шкиву 6, который в свою очередь болтом 7 и гайкой 13 закрепляется на корпусе каретки 3. Вращение механизма осуществляется с помощью ременной передачи следующим образом: ремень 5 натянут между большим зубчатым шкивом 6 с количеством зубьев 50 и маленьким шкивом 4 с количеством зубьев 20.

Зубчатый шкив 4 закрепляется на валу шагового двигателя 14 двумя установочными винтами. Изображение зубчатого шкива 2GT представлено на рисунке 13.



Рис. 13 Изображение зубчатого шкива

Шкив 4 приводится в движение шаговым двигателем 14 NEMA 17 (42HS40-1704-13A), рассмотрение принципа работы которого описано в следующих разделах. Выбор шагового двигателя основан на подходящих характеристиках, приведенных в разделе 1.5.6 «Характеристики шагового двигателя».

Вращение большого шкива 6 в корпусе каретки 3 реализовано с помощью двух подшипников 9 и 10, которые были подобраны в соответствии с ГОСТ 3395 – 89 и ГОСТ 7872 – 89 по параметрам размеров, максимальной нагрузки и скорости вращения.

Радиальный шариковый однорядный подшипник 9 воспринимает радиальные нагрузки со стороны шкива 6 и закрепленных на нем других деталей, а упорный шариковый однорядный подшипник 10 воспринимает осевые нагрузки под действием массы шкива 6, пластин 1 и платформы 2, с закрепленной на ней камерой.

Технические характеристики и размеры подшипников 6903 и 51103 представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1. Технические характеристики и размеры подшипников 6903 и 51103

Характеристика	Подшипник		Единица измерения
	6903	51103	
	Значение		
Внутренний размер	17	17	мм
Наружный размер	30	30	мм
Ширина	7	9	мм
Грузовая нагрузка в статике	2,55	21,2	кН
Грузовая нагрузка в динамике	4,6	11,4	кН
Общая масса	20	25	г
Частота вращения номинальная	9000	8500	об/мин
Частота вращения предельная	13000	12000	об/мин

Цилиндрическая часть шкива 6 впрессована в подшипники 9 и 10, при этом подшипник 9 впрессован в корпус верхней пластины каретки 3 и прижат сверху выступом шкива 6. Подшипник 10 впрессован в специальный корпус 11 и его внутреннее кольцо прижато снизу шайбой 12 и гайкой 13. Таким образом оба подшипника надежно закреплены и обеспечивают свободное вращение шкива 6 вместе с закрепленными к нему деталями.

Кроме того, для работы наклонного механизма в одну из боковых пластин 1 впрессован подшипник 15, который одной стороной упирается в стенку пластины, а вторая его сторона прижата крышкой 16. Крышка 16 закреплена на боковой пластине 1 тремя болтами М3 длиной 5 мм. Подшипник 15 подобран в

соответствии с ГОСТ 3395 – 89. Технические характеристики подшипника 15 представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Технические характеристики и размеры подшипника 608

Характеристика	Значение	Единица измерения
Внутренний диаметр	8	мм
Наружный диаметр	22	мм
Ширина	7	мм
Грузовая нагрузка в статике	1,37	кН
Грузовая нагрузка в динамике	3,2	кН
Общая масса	12	г
Частота вращения номинальная	26000	об/мин
Частота вращения предельная	32 000	об/мин

Поворотный механизм технически способен поворачивать камеру на 360° вокруг своей оси, но программно поворот ограничен 180° из-за длины кабеля сервопривода, расположенного на корпусе поворотного механизма. Кроме того, объект съемки чаще всего находится в диапазоне от 0 до 180° относительно направляющих фото-видеослайдера и нет необходимости увеличивать значение угла поворота.

Как видно из рисунка 14, на корпусе одной из боковых пластин поворотного механизма предусмотрены четыре отверстия для крепления к ним сервопривода, необходимого для работы наклонного механизма. Также предусмотрены пазы для прокладки кабеля сервопривода и отверстия для закрепления наклонного механизма.

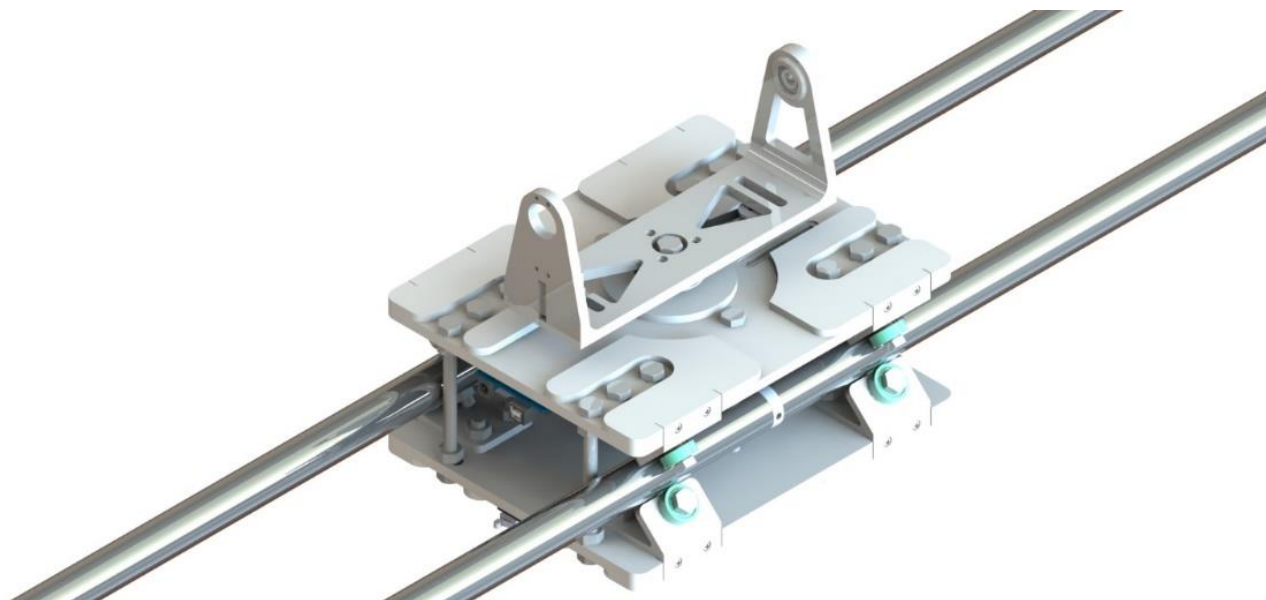


Рис. 14 Поворотных механизм в сборе с кареткой

На одной из боковых пластин и на платформе предусмотрены вырезы различной формы, они служат для экономии материала и снижения веса конструкции, таким образом масса боковой пластины была снижена на 31%, а масса платформы на 20% согласно исследованию массовых характеристик, проведенных в программном обеспечении Solid Works.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели поворотного механизма:

- габаритные размеры поворотного механизма: ширина – 60 мм; высота 120 мм; длина – 200 мм;
- максимальная скорость вращения камеры вокруг своей оси: 180 град./с;

### **Принцип работы механизма**

Работа механизма происходит следующим образом: шаговый двигатель, связанный с корпусом механизма посредством ременной передачи, подключается к управляющему устройству согласно схеме, представленной в разделе «1.5.5. Подключение обмоток биполярного шагового двигателя». В данном случае управляющим устройством является контроллер Arduino Mega 2560 в связке с драйвером ШД L289N [6]. Описание этих устройств описано далее в работе.

Запрограммированное управляющее устройство подает сигналы на драйвер, который в свою очередь управляет движениями ШД. Различные сигналы могут управлять скоростью и длительностью движения двигателя, а также направлением движения. Более подробно процесс программирования и способы управления ШД представлен в разделах «1.5.4 Режимы управления шаговыми двигателями» и «4.1.2 Программирование шаговых двигателей».

Чтобы понять принцип работы поворотного механизма, рассмотрим его движение на примере. Допустим, необходимо повернуть поворотный механизм на  $72^\circ$  от начального положения. Для этого с управляющего устройства необходимо подать сигнал, который через драйвер ШД повернет его вал на определенное количество шагов. Один шаг используемого двигателя согласно его характеристикам равен  $1,8^\circ$ , чтобы его вал повернулся на  $72^\circ$  необходимо совершить 40 шагов, но при этом сам поворотный механизм не повернется на этот же угол, т.к. шкивы связаны между собой ременной передачей. Передаточное отношение, рассчитанное в разделе «3.3 Расчет передаточного отношения ременной передачи поворотного механизма» составляет 2,5. Соответственно для того чтобы большой шкив вместе с корпусом поворотного механизма повернулся на  $72^\circ$ , необходимо повернуть маленький шкив на  $72^\circ \cdot 2,5 = 180^\circ$ . Для этого шаговый двигатель должен совершить 100 шагов. Таким образом происходит поворот механизма в пределах от 0 до  $180^\circ$ , при этом можно программно управлять скоростью движения, направлением и значением угла поворота.

### **1.3.3 Устройство и принцип работы наклонного механизма**

#### **Устройство механизма**

Наклонный механизм служит для наклона камеры вверх и вниз относительно поверхности каретки и поворотного механизма. Наклон механизма лежит в пределах от минус 20 до плюс  $90^\circ$ . Таким образом объектив камеры может захватывать все пространство перед и над собой для различных съемок.

Изображение наклонного механизма в сборе с поворотным механизмом представлено на рисунке 15.

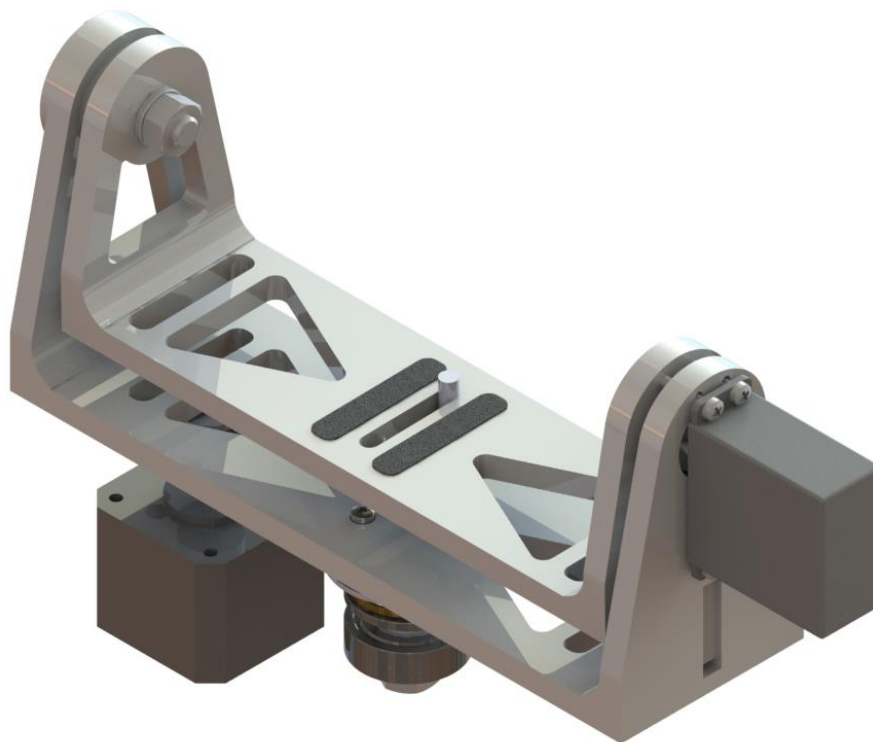


Рис. 15 Наклонный механизм в сборе с поворотным механизмом

Как видно из рисунка 15, механизм наклона конструктивно похож на поворотный механизм, описанный ранее. Основные части наклонного механизма составляют: платформа с размерами 7 x 50 x 178,5 мм (ширина x высота x длина), две боковые пластины высотой 70 мм и толщиной 7 мм, сервопривод, болт М8х30 мм, гайка М8, четыре шайбы М8, втулка на вал сервопривода и проставка для втулки.

Чтобы рассмотреть устройство работы наклонного механизма, необходимо изобразить его в разрезе. Изображение разреза наклонного механизма в сборе с поворотным механизмом представлено на рисунке 16.

Исходя из рисунка 16, к платформе 1 шестью болтами М3 длиной 12 мм крепятся боковые пластины 2. Левая пластина 2 связана с пластиной поворотного механизма болтом 5, который проходит через подшипник 6 и шайбы 7, 11, которые обеспечивают зазор между поворотным и наклонным механизмами. Пластина прижимается к внутреннему кольцу подшипника гайкой 8. Таким образом наклонный механизм может вращаться вокруг оси болта 5.



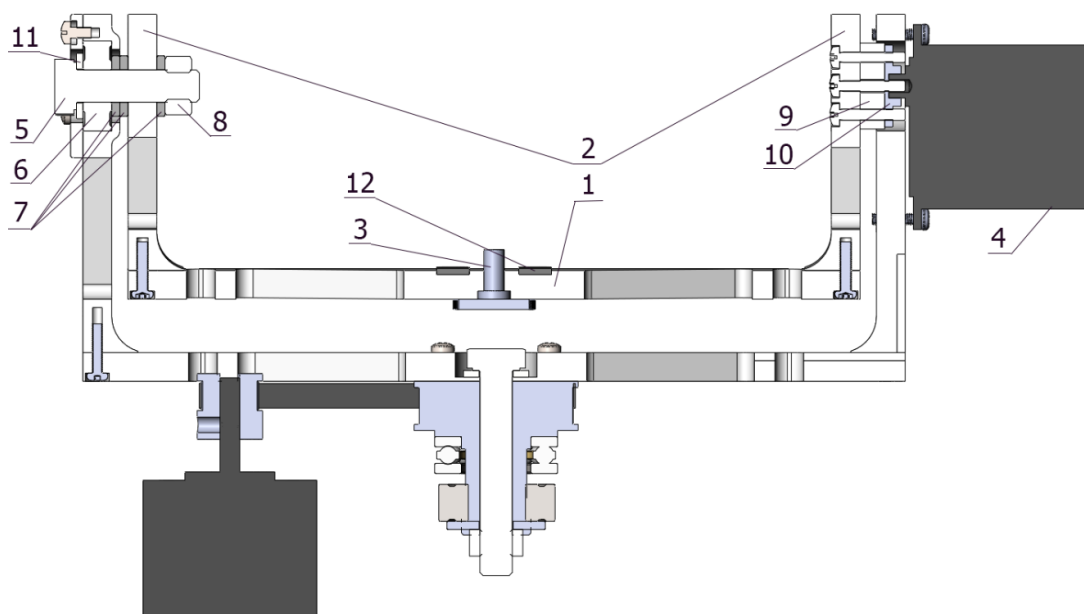


Рис. 16 Изображение разреза наклонного механизма в сборе с поворотным механизмом:

1 – Платформа; 2 – боковые пластины; 3 – винт крепления камеры; 4 – сервопривод TowerPro MG996R; 5 – болт M8 длиной 30 мм; 6 – подшипник 608 2RS; 7 – шайбы M8; 8 – гайка M8; 9 – проставка; 10 – втулка на вал сервопривода; 11 – шайба M8; 12 – резиновая накладка;

Правая пластина 2 через проставку 9 крепится к втулке 10 пятью болтами M3 длиной 16 мм. Проставка 9 обеспечивает зазор между механизмами поворота и наклона. Зубчатый вал сервопривода 4 соединен с втулкой 10, которая имеет отверстие с зубчатым профилем внутри. Изображение втулки представлено на рисунке 17. Таким образом, вал сервопривода 4 жестко связан с боковой пластиной 2, и при повороте вала весь наклонный механизм поворачивается вместе с ним вокруг оси вала.



Рис. 17 Втулка на вал сервопривода

Камера закрепляется на платформе наклонного механизма с помощью винта 3, который прижимает ее к резиновым накладкам 12. Они необходимы для надежного фиксирования камеры в одном положении и избежания ослабления винта 3.

Изображение наклонного механизма в сборе с кареткой и поворотным механизмом с установленной камерой представлено на рисунке 18.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели наклонного механизма:

- габаритные размеры наклонного механизма: ширина – 50 мм; высота 70 мм; длина – 180 мм;
- диапазон угла наклона камеры: от минус 20 до плюс 90°;
- диапазон угла вращения камеры от 0 до плюс 180 °.
- максимальный вес установленной камеры: 1,5 кг;
- максимальная скорость наклона камеры: 353 град./с;



Рис. 18 Изображение наклонного механизма с установленной камерой в сборе с кареткой и поворотным механизмом

## **Принцип работы механизма**

Наклон механизма происходит с помощью сервопривода Tower Pro MG996R, управляемого программно с помощью контроллера Arduino Mega 2560. Сервопривод подобран согласно подходящим для конструкции характеристикам, описанным в разделе 1.4.5. «Характеристики сервопривода».

При подаче управляющего сигнала, сервопривод вращает свой вал на заданный угол по часовой стрелке или против нее, поворачивая при этом боковые пластины и платформу с камерой. После поворота на заданный угол, сервопривод удерживает это положение и ожидает следующей команды.

Подробное описание и принцип работы сервопривода описан в следующем разделе.

## **1.4 Описание работы и устройство сервопривода**

### **1.4.1 Описание работы сервопривода**

Сервопривод или следящий привод - это механический привод с автоматической коррекцией состояния через внутреннюю отрицательную обратную связь, в соответствии с параметрами, заданными извне.

Сервоприводом может являться любой тип механического привода (устройства или рабочего органа), имеющий в своем составе датчик положения, скорости, усилия или другие. Кроме этого в состав сервопривода входит блок управления, обычно это электронная схема, которая автоматически поддерживает заданные параметры согласно заданным внешним значениям.

Иными словами, сервопривод является «автоматическим точным исполнителем» — при получении на вход сервопривода значения управляющего параметра, например, угла поворота, он, основываясь на показаниях встроенного датчика, создает и поддерживает значение на выходе исполнительного элемента: поворачивает вал, ускоряет его или замедляет так, чтобы значения с внутреннего датчика было как можно ближе к значению внешнего управляющего параметра.

Сервоприводы в настоящее время применяются во многих отраслях машиностроения, в полиграфии, деревообработке, пищевой промышленности,

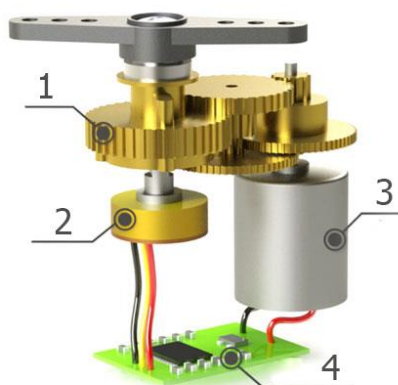
автоматических линиях производства и многих других. Изображение сервопривода, примененного в разработке наклонного механизма приведено на рисунке 19.



Рис. 19 Изображение сервопривода TowerPro MG996R

#### 1.4.2 Устройство сервопривода

Большинство современных сервоприводов построены на основе одного и того же принципа, и состоят из следующих основных частей: выходной вал, двигатель постоянного тока, печатная плата, потенциометр, шестерни редуктора, управляющая электроника. Внутреннее устройство сервопривода изображено на рисунке 20.



1 – Шестерни редуктора; 2 – потенциометр; 3 – двигатель постоянного тока; 4 –  
плата управления

Рис. 20 Внутренне устройство сервопривода

Для того чтобы вал сервопривода сделал оборот, необходим двигатель 3, который преобразует поступающее электрическое напряжение в механическое

движение. Шестерни редуктора 1 вместе с двигателем постоянного тока 3 образуют привод. Редуктор – это конструкция из шестерен, которые преобразуют крутящий момент и снижают слишком высокую скорость вращения двигателя. Для контроля движения валом сервопривода в его конструкции предусмотрено специальное устройство, называемое энкодером. Энкодер - это устройство, которое преобразует угловые положения или линейные перемещения в аналоговый или цифровой сигнал. Чаще всего в качестве энкодера в сервоприводах применяются потенциометры, они преобразуют угол поворота обратно в электрический сигнал. При повороте бегунка потенциометра, связанного с выходным валом, его сопротивление изменяется пропорционально углу поворота. Таким образом плата управления 4 сравнивает принимаемые внешние параметры со значениями потенциометра и регулирует включение двигателя для поворота выходного вала в строго определенное положение.

Сервопривод имеет три вывода: два из них отвечают за питание двигателя и платы управления, а третий принимает управляющий сигнал, который используется для управления двигателем.

### 1.4.3 Управление сервоприводом

Как было описано ранее, для поворота выходного вала, необходимо подать на плату управления управляющий сигнал. Управляющим сигналом являются импульсы переменной частоты и ширины. Пример импульсов, подаваемых на управляющую плату изображен на рисунке 21.

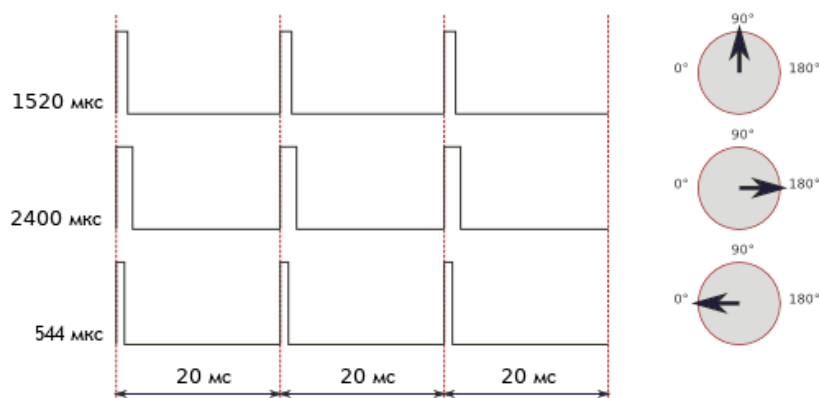


Рис. 21 Примеры импульсов, подаваемых на управляющую плату

Положение, занимаемое валом сервопривода, напрямую зависит от длины принимаемых импульсов. При поступлении сигнала в управляющую плату, встроенный в нее генератор производит свой импульс, длина которого определяется положением потенциометра, после чего происходит сравнение длительности двух импульсов. При разности длительности импульсов включается двигатель, направление вращения которого зависит от того, какой из импульсов короче. Если они равны, двигатель выключается.

Зачастую в сервоприводах импульсы производятся с частотой 50 Гц, это значит, что импульс принимается раз в 20 мс. При этом длина импульса в 1520 мкс, как на рисунке 21, ставит вал сервопривода в среднее положение, уменьшение или увеличение этого значения влияет на то, в какую сторону повернется вал, по часовой стрелке или против нее. При этом существуют пределы длительности импульса. Для разрабатываемого устройства эти пределы соответствуют 544 мкс. для положения вала сервопривода  $0^\circ$  и 2400 мкс. для положения вала  $180^\circ$ .

#### **1.4.4 Подключение сервопривода к контроллеру**

Схема подключения сервопривода к управляющему контроллеру представлена на рисунке 22.

В данном случае используется контроллер Arduino UNO. Выходы GND и 5V подключены к макетной плате, таким образом к этим выходам можно подключить несколько устройств, например, сервопривод и потенциометр как на рисунке 22. Выводы сервопривода подключены следующим образом: контакт земля (GND) подключен через макетную плату к выходу GND на Arduino, контакт 5V также через макетную плату подключен к выходу 5V на Arduino, а контакт сигнала подключен к цифровому выходу 7 на контроллере.

Крайние выводы потенциометра, отвечающие за питание, подключены к выходам GND и 5V на макетной плате, а вывод сигнала подключен в аналоговый вход A0 на контроллере.

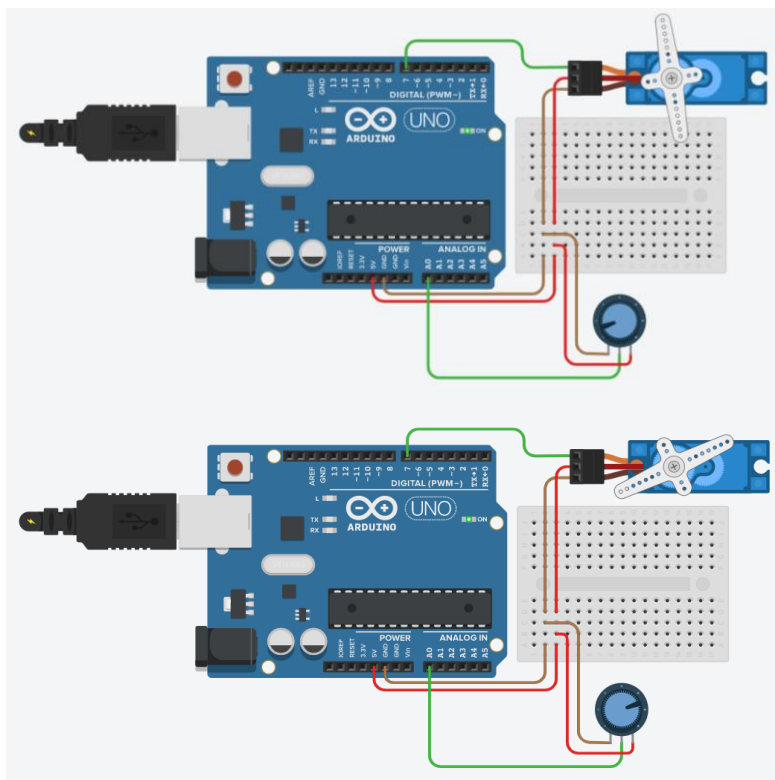


Рис. 22 Схема подключения сервопривода к управляющему контроллеру

Таким образом, написав программу управления, можно управлять поворотом вала сервопривода вращая ручку потенциометра. Управляющая программа считывает значения аналогового сигнала со входа A0, происходит преобразование в цифровой сигнал, который подается на сервопривод с цифрового выхода 7 и сервопривод поворачивается на заданный потенциометром угол, как на рисунке 22. Программирование сервопривода для проектирования фото-видеослайдера представлено в разделе «4.1.3 Программирование сервопривода».

#### 1.4.5 Характеристики сервопривода

В конструкции разрабатываемого наклонного механизма применяется сервопривод TowerPro MG996R, изображение которого представлено на рисунке 19. Для выбора данного устройства и его правильного использования необходимо знать тактико-технические характеристики этого устройства, которые представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3. Характеристики сервопривода TowerPro MG996R

Характеристика	Единица измерения	Значение
Максимальный угол поворота	град.	180
Диапазон рабочих температур	°С	от 0 до 55
Крутящий момент	кг/см	12
Рабочая скорость	сек/60 градусов	0,17
Рабочее напряжение	В	от 4,8 до 7,2
Максимальный потребляемый ток	мА	1000
Габаритные размеры	мм	40,7 x 19,7 x 42,9
Масса	кг	0,055

## **1.5 Описание работы шагового двигателя**

### **1.5.1 Конструкция и устройство**

В разрабатываемой конструкции механизма поворота камеры, а также в конструкции каретки применяются гибридные биполярные шаговые двигатели марки Nema 17. Один из них служит для перемещения каретки относительно направляющих, а второй для поворота камеры вокруг своей оси. Для применения шаговых двигателей в конструкции, их подключения и правильной эксплуатации, необходимо понимание устройство и принцип их работы.

Шаговый двигатель - это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора. Активация обмоток происходит в результате подачи на них импульсного сигнала, который формируется управляющим устройством. Каждый импульсный сигнал преобразуется в градус, на который происходит вращение ротора. Например, как в случае с используемыми в разработке двигателями с шагом  $1.8^\circ$ , они



поворачивают свой вал на  $1.8^\circ$  при каждом поступающем импульсе. Часто, из-за этой характеристики, шаговые двигатели называют цифровыми.

Впервые появление шаговых двигателей датируется тридцатыми годами XIX века, тогда они представляли собой электромагнит, который приводил в движение храповое колесо. Храповое колесо перемещалось на величину зубцового шага за одно включение электромагнита. Даже сейчас двигатели такого устройства находят широкое применение в современном мире.

Конструктивно шаговые двигатели состоят из ротора, выполненного из магнитомягкого или магнитотвердого материала и статора, который размещает на себе обмотки возбуждения. Шаговые двигатели с магнитным ротором обеспечивают большой крутящий момент и фиксацию ротора в заданном положении при обесточивании обмоток.

Основное отличие между шаговых двигателей от остальных типов двигателей заключается в способе вращения ротора, благодаря которому происходит вращение вала двигателя. В шаговых двигателях ротор вращается не непрерывно, а шагами, отсюда и их название. Каждый шаг — это часть полного оборота. В основном эта часть зависит от устройства двигателя и от выбранного способа управления им. Конструкция биполярного шагового двигателя представлена на рисунке 23.

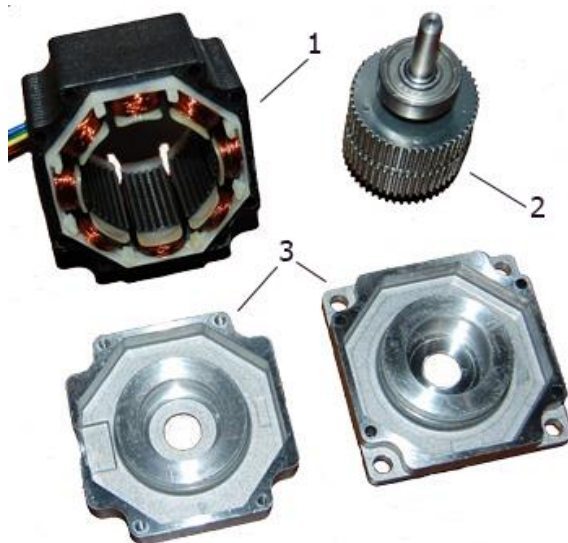


Рис. 23 Конструкция гибридного биполярного шагового двигателя:

1 – Статор с обмотками возбуждения; 2 – ротор; 3 – крышки статора

По конструкции ротора выделяют следующие разновидности шагового двигателя:

- с постоянными магнитами (ротор из магнитотвердого материала);
- реактивный (ротор из магнитомягкого материала);
- гибридный.

Гибридные двигатели сочетают в себе лучшие характеристики двигателей с постоянными магнитами и двигателей с переменным магнитным сопротивлением. Статор гибридного двигателя так же, как и ротор имеет зубцы на своем корпусе, в результате этого обеспечивается большое количество эквивалентных полюсов, в отличие от основных полюсов, на которых располагаются обмотки. Обычно используются четыре основных полюса для двигателей с шагом  $3,6^\circ$  и восемь основных полюсов для двигателей с шагом от  $0,9$  до  $1,8^\circ$ , как в случае с используемыми двигателями.

Зубцы ротора обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи в определённых положениях ротора, это улучшает статический и динамический момент. Это обеспечивается соответствующим расположением зубцов, в тот момент, когда часть зубцов ротора находится строго напротив зубцов статора, а другая часть - между ними.

На роторе гибридных двигателей зубцы располагаются в осевом направлении. Ротор разделен на две части, между которых располагается цилиндрический постоянный магнит, таким образом зубцы нижней половины ротора являются южным полюсом, а зубцы верхней половины – северным. Нижняя и верхняя половина ротора располагаются так, что повернуты относительно друг друга на половину угла шага зубцов. Количество зубцов на одной из половин всегда равняется числу пар полюсов ротора. Для уменьшения потерь на вихревые токи, зубчатые полюсные наконечники ротора и статора набраны из отдельных пластин.

### **1.5.2. Применение шаговых двигателей**

Шаговые двигатели получили большое распространение в машиностроении, особенно популярны двухфазные гибридные двигатели с большим значением крутящего момента. Угол одного шага у таких двигателей обычно составляет  $1,8^\circ$ , или 200 шагов на полный оборот, реже применяются двигатели с шагом в  $0,9^\circ$  или 400 шагов на полный оборот.

Точность шага определяется качеством исполнения ротора и статора, большинство производителей шаговых двигателей гарантирует точность шага без нагрузки до 5% от величины шага. Дискретность шага вызывает вибрации, которые приводят к снижению крутящего момента, а также возбуждение механических резонансов в системе. Уровень вибраций удастся снизить благодаря использованию режимов деления шага или при увеличении количества фаз. Режимы деления шага описаны далее в работе.

Шаговые двигатели часто применяются в приводах механизмов и машин, работающих в режиме старт-стоп, или в приводах непрерывного движения, где управляющее воздействие задаётся последовательностью электрических импульсов, например, в станках с ЧПУ. В отличие от сервоприводов, шаговые двигатели позволяют получать точное позиционирование без использования обратной связи от датчиков углового положения. Кроме того, шаговые двигатели находят свое применение в устройствах компьютерной памяти, таких как жесткие диски, устройства чтения и записи оптических дисков, в печатающих устройствах принтеров и многих других.

### **1.5.3. Преимущества и недостатки шаговых двигателей**

Как и все технические устройства, шаговые двигатели имеют ряд достоинств и недостатков.

К преимуществам шаговых двигателей можно отнести:

- точность позиционирования: при подаче потенциала на обмотку, шаговый двигатель повернётся на строго определенный угол с небольшой погрешностью в 5%;

- низкую стоимость: в среднем шаговые двигатели в 1,5-2 раза дешевле сервоприводов;
- длительный срок службы, сравнимый со временем выработки ресурса всего устройства, например, станка с ЧПУ;
- низкие требования к техническому обслуживанию: шаговые двигатели практически не требуют обслуживания в силу особенностей своей конструкции;
- высокое значение крутящего момента на низких оборотах;

К недостаткам шаговых двигателей относятся:

- возможность «проскальзывания» ротора: эффект, при котором ротор пропускает шаги, это может происходить под действием слишком большой нагрузки на валу или неправильной настройке управляющей программы;
- низкая эффективность: шаговые двигатели потребляют большое количество энергии даже при небольших нагрузках;
- склонность к резонансу, во избежание которого применяется микрошаговый режим;
- сильный нагрев двигателя в процессе работы;
- невозможность быстрого старта после перегрузки на валу;
- высокий уровень шума при работе на высоких скоростях.

Таким образом, шаговые двигатели имеют множество недостатков, но благодаря своим преимуществам они находят применение во многих отраслях машиностроения.

#### **1.5.4. Режимы управления шаговыми двигателями**

Как было описано ранее, шаговые двигатели могут работать при различных режимах, это достигается различными способами подачи тока на обмотки. Рассмотрим режимы управления шаговым двигателем.

## Волновое управление или полношаговое управление одной обмоткой

Данный способ управления используется редко, и означает, что электрический ток протекает только через одну обмотку. Такой способ управления применяется в целях снижения энергопотребления, он позволяет снизить значение вращающего момента вдвое, следовательно, нагрузка на двигатель будет минимальна, как и потребление энергии. Работа режима представлена на рисунке 24.

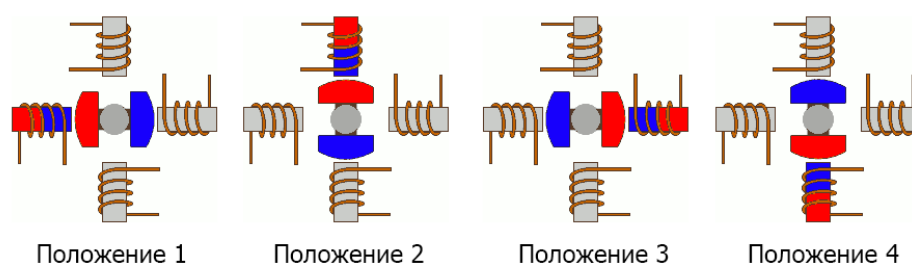


Рис. 24 Положение ротора при волновом управлении

## Полношаговый режим управления

Наиболее часто используемым режимом работы является полношаговый режим, в котором напряжение на обмотки подается попарно. В зависимости от способа подключения обмоток (параллельно или последовательно), двигателю требуется вдвое большее напряжение для работы по сравнению с волновым управлением. В таком режиме работы двигатель обеспечивает максимальный крутящий момент. Работа полношагового режима представлена на рисунке 25.

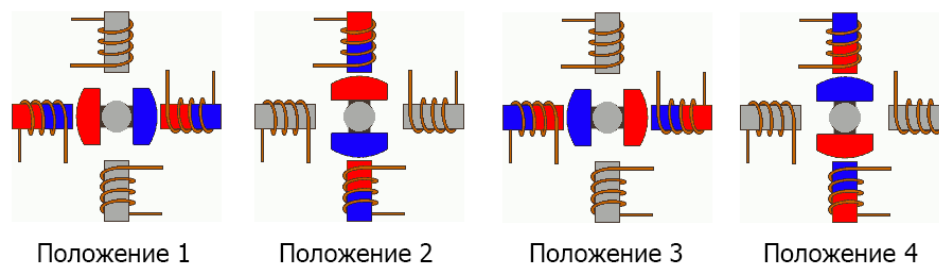


Рис. 25 Положение ротора при полношаговом режиме управления

## Полушаговый режим управления

При работе в этом режиме двигатель получает увеличенную вдвое точность позиционирования без изменений в конструкции. Для реализации этого режима все пары обмоток могут работать одновременно, в результате чего ротор поворачивается на половину величины полного шага. Реализация этого режима также может быть осуществлена с использованием одной или двух обмоток. Работа полушагового режима представлена на рисунке 26.

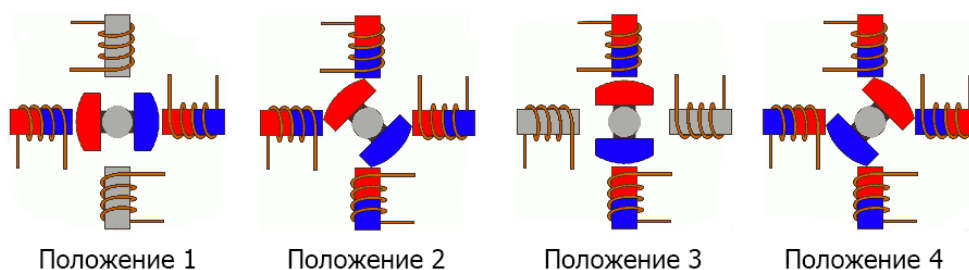


Рис. 26 Положение ротора при полушаговом режиме управления

## Микрошаговый режим управления

Микрошаговый режим очень часто используется в настоящее время благодаря своим особенностям. Работа этого режима заключается в питании обмоток не импульсами, а сигналом, которым принимает форму синусоиды или форму цифровых сигналов. Примеры сигналов изображены на рисунке 27. Микрошаговый режим управления осуществлен в работе поворотного механизма разрабатываемого устройства, он помогает снизить вибрации и силы инерции при повороте, а также поворачивать камеру на точно заданный угол.

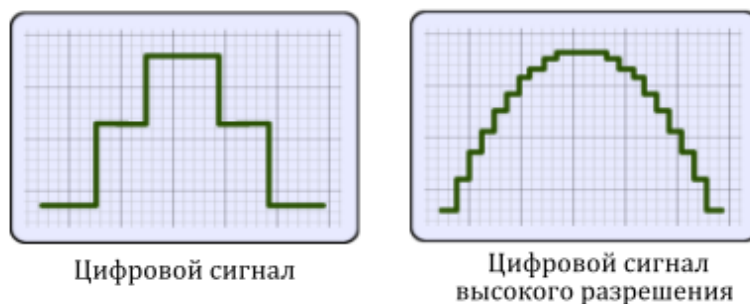


Рис. 27 Примеры сигналов, подаваемых на обмотки шагового двигателя

Режим деления шага (микрошаговый режим) реализуется при независимом управлении током обмоток шагового двигателя. Благодаря вариативности значений токов в обмотках, появляется возможность зафиксировать ротор в промежуточном положении между шагами. Таким образом повышается плавность работы и точность позиционирования. Работа микрошагового режима представлена на рисунке 28.

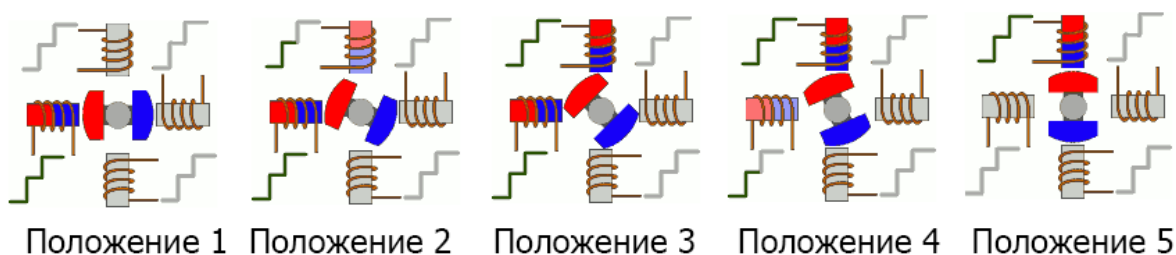


Рис. 28 Положение ротора при микрошаговом режиме управления

Современные шаговые двигатели имеют довольно высокий крутящий момент при низких скоростях вращения, но при увеличении скорости вращения ротора крутящий момент снижается, однако при использовании драйвера двигателя со стабилизацией тока на основе широтно-импульсной модуляции, динамические характеристики могут заметно возрастать. На рисунке 29 изображен график зависимости крутящего момента от скорости вращения ротора при разных режимах деления шага, от 1 до 128. График построен на основе исследования используемого в разработке шагового двигателя марки Nema 17.

Исходя из показаний графика можно сделать вывод о том, что при значении полного шага достигается наибольший крутящий момент, а при делении шага значение момента становится меньше с каждым новым делением. Также деление шага благоприятно влияет на равномерность работы двигателя, особенно это заметно в режиме деления шага  $1/128$ , но при этом значительно сокращается значение максимальной скорости вращения ротора.

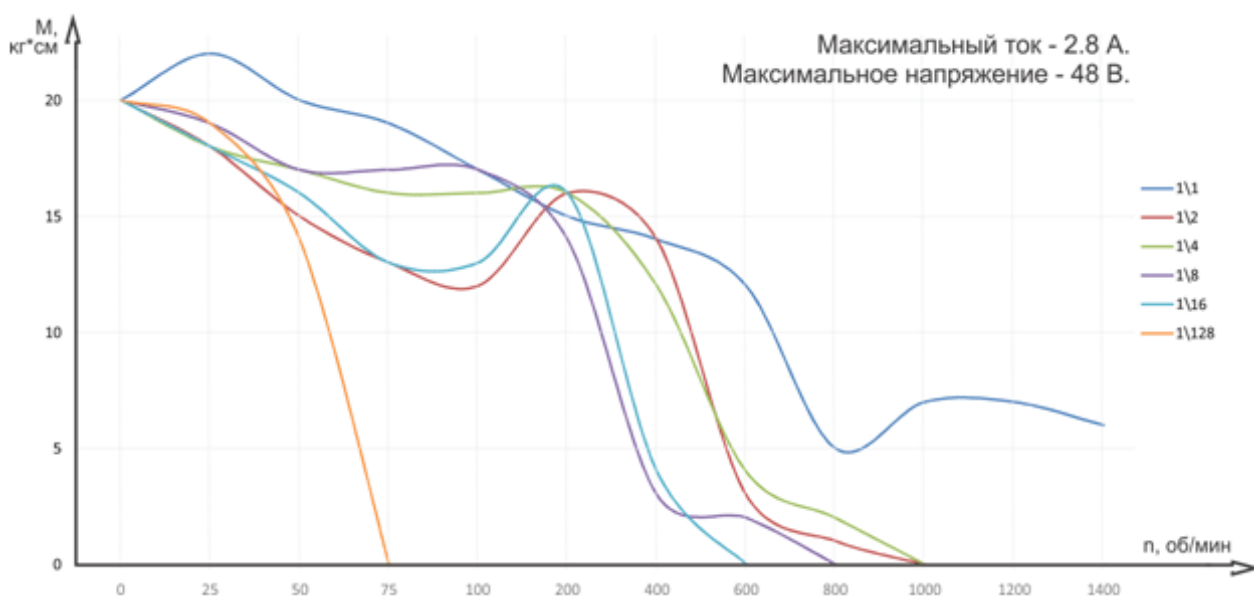


Рис. 29 График зависимости крутящего момента от скорости вращения ротора при разных режимах деления шага

Кроме того, при увеличении скорости вращения значение момента снижается, однако в зависимости от режима, при достижении определенного значения скорости вращения момент кратковременно возрастает, и затем снова уменьшается.

### 1.5.5. Подключение обмоток биполярного шагового двигателя

Так как в разрабатываемом устройстве применяются гибридные биполярные шаговые двигатели Nema 17, рассмотрим, как подключаются обмотки ротора.

Шаговые двигатели относят к многофазным моторам. С увеличением числа обмоток увеличивается и количество фаз, а значит обеспечивается более стабильная работа двигателя. Наиболее распространёнными являются двухфазные двигатели, это минимальное количество фаз, необходимое для работы шагового двигателя. Необходимо понимать, что количество фаз не всегда определяет количество обмоток, например, если фаза имеет 2 пары обмоток, и мотор двухфазный, то количество обмоток равняется 8. Количество обмоток определяется механическими характеристиками двигателя.



Для подключения двухфазного шагового двигателя используется 4 провода, которые связывают контроллер с обмотками. Изображение обмоток с выводами представлено на рисунке 30.

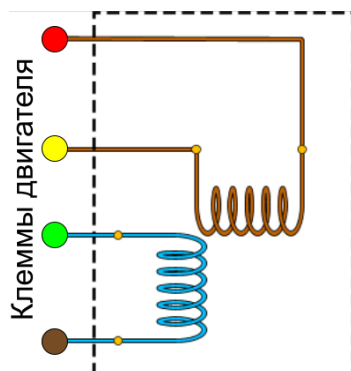


Рис. 30 Подключения двухфазного шагового двигателя

В такой конфигурации двигателя обмотки соединяются внутри последовательно или параллельно, а их выводы подключаются в соответствующие входы на драйвере шагового двигателя. Пример подключения шагового двигателя к драйверу A4988 изображен на рисунке 31.

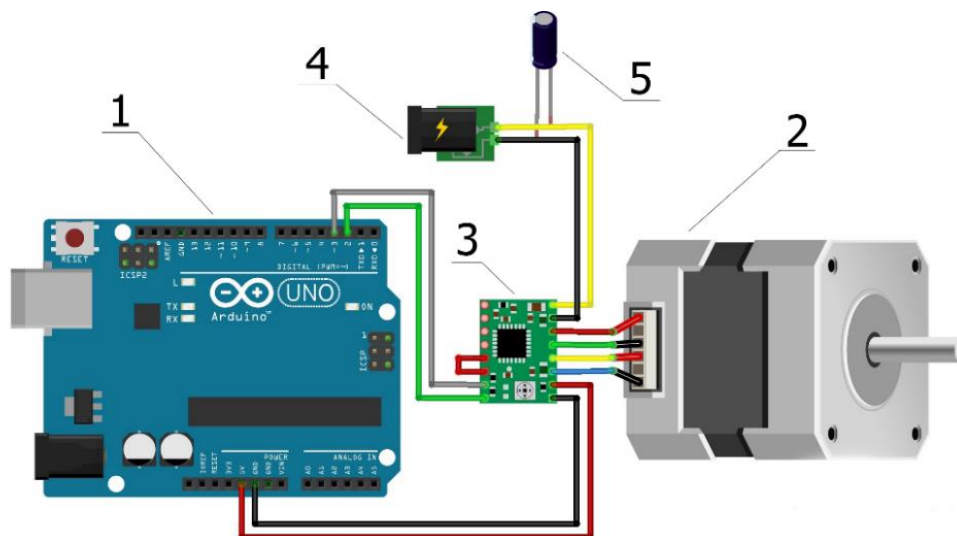


Рис. 31 Подключение двухфазного шагового двигателя Nema 17 к драйверу A4988:

1 – Плата управления Arduino UNO; 2 – биполярный шаговый двигатель Nema 17; 3 – драйвер шагового двигателя A4988; 4 – коннектор для подключения питания; 5 – конденсатор, защищающий от скачков напряжения

### 1.5.6. Характеристики шаговых двигателей

Для целесообразного выбора и применения шаговых двигателей в разработке необходимо знать их характеристики. В разрабатываемом устройстве используются два шаговых двигателя марки Nema 17 разной мощности, характеристики которых представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 Характеристики шаговых двигателей

		Название шагового двигателя	
Характеристика	Единица измерения	Nema 17 42HS40-1704-13A	Nema 17HS2408
Угловой шаг	град.	$1.8 \pm 5\%$	$1.8 \pm 5\%$
Диапазон рабочих температур	°C	от минус-20 до плюс 85	от минус-20 до плюс 85
Число фаз		2	2
Номинальный ток	А	1,7	0,6
Соппротивление фазы	Ом	1,65	8
Индуктивность фазы	мГн	3,2	10
Крутящий момент	кг·см	4,2	1,2
Момент инерции	г·см <sup>2</sup>	54	34
Диаметр вала	мм	5	5
Габаритные размеры	мм (ширина x длина x высота)	42 x 42 x 40	42 x 42 x 28
Масса	кг	0,28	0,15

Таким образом, исходя из значений таблицы можно сделать вывод о том, что шаговый двигатель Nema 17 42HS40-1704-13A обладает большим крутящим моментом, и в целом имеет лучшие технические характеристики по сравнению со вторым двигателем. Этот двигатель служит для перемещения каретки относительно направляющих, для этого он должен иметь большое значение

крутящего момента, так как передвигает массу около 3,5 кг с помощью зубатого ремня. При таких характеристиках двигатель имеет большие габаритные размеры и массу по сравнению с шаговым двигателем Nema 17HS2408, который используется для работы поворотного механизма камеры.

Механизмы наклона и поворота вместе с камерой имеет вес около 1,2 кг, соответственно применяется двигатель который имеет не такой большой крутящий момент и меньшие габаритные размеры.

## **2 Объект проектирования и актуальность разработки**

### **2.1 Цели проводимой работы**

Проектирование и создание 3D модели, проведение анализов и расчетов на ее основе для определения параметров и характеристик проектируемых механизмов наклона и поворота камеры. Обоснование выбора компонентов для работы механизмов. Описание устройства и работы проектируемых механизмов, а также их взаимодействие при работе управляющей программы. Изготовление и сборка механизмов, программирование и настройка их работы.

### **2.2. Обоснование для разработки**

Актуальность работы обусловлена отсутствием альтернативных устройств с функциями поворота и наклона камеры со стоимостью до 25000 рублей, а также наличия простого управления с помощью смартфона, в отличии от представленных ранее в работе аналогов.

Разрабатываемые механизмы фото-видеослайдера позволяют реализовать создание различных спецэффектов фото- и видеосъемки, а также могут конкурировать с аналогами, представленными на рынке. Кроме того, разрабатываемые механизмы просты в изготовлении, имеют небольшой вес и большой срок службы, а также не требуют специального технического обслуживания.

### **2.3. Основное содержание работы**

Создание и анализ твердотельной 3D модели в программном обеспечении САПР Solid Works, построение математической и экспериментальной модели с целью анализа работы механизмов наклона и поворота камеры, и выявление оптимальных параметров их работы. Разработка и описание управляющих программ в программной среде Arduino IDE, описание и принцип работы компонентов разрабатываемых механизмов, описание режимов работы и способах управления механизмами.

### 3 Расчеты и программирование работы механизмов

#### 3.1. Анализ динамики движения поворотного механизма

Для большей устойчивости системы необходимо правильно подобрать ее параметры, которые зависят от материала исполнения зубчатого ремня, используемого в механизме. Для оптимизации параметров необходимо построить математическую модель системы с телом, и изменением параметров добиться максимальной устойчивости системы.

##### 3.1.1 Расчетная схема устройства

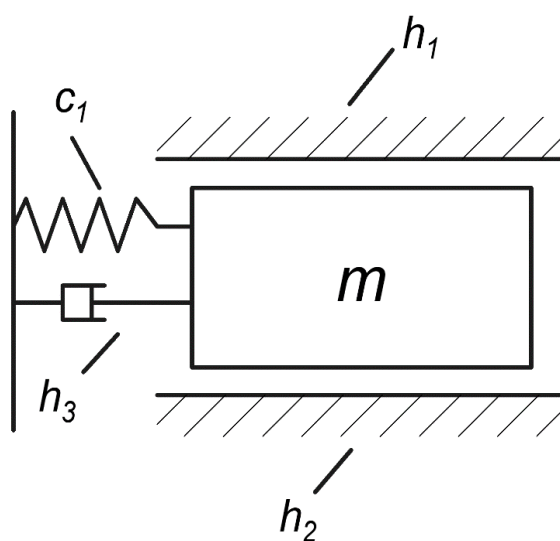


Рис. 32 Расчетная схема анализируемой системы

Коэффициент  $h_1$  отвечает за реакцию шкивов и ремня. Так как длина ремня может изменяться в следствии натяга, он будет действовать по принципу демпфера. Коэффициент  $h_2$  отвечает за трение в подшипниках шагового двигателя и подшипниках поворотного механизма. Коэффициент  $c_1$  отвечает за реакцию ремня слайдера.

##### 3.1.2 Анализ параметров

Для дальнейшей работы необходимо определиться со значениями параметров. Масса объекта  $m$  равняется сумме масс камеры с объективом и массы наклонного и поворотного механизма. Общий вес конструкции с камерой,

исходя из данных программы САПР Solid Works и технического паспорта камеры составляет 2,38 кг.

Значения параметров  $h_1$  и  $h_3$  зависят от материалов комплектующих. При рассмотрении пары трения резина-пластик (большой шкив-ремень) коэффициент трения колеблется от 0,1 до 0,3 в зависимости от материалов. В паре трения резина-сталь (маленький шкив-ремень) коэффициент трения составляет 0,05-0,2.

Значение параметра  $h_2$  составляет 0,15 и не изменяется в следствие уже подобранного материала.

Значение параметра  $c_1$  характеризуется модулем упругости резины, зависящем от вида используемого материала. Модуль упругости составляет 20-120 кг/см<sup>2</sup> в зависимости от материала.

Таким образом система будет проанализирована с использованием параметров:

$$m = 2,38 \text{ кг}; h_1 = 0,1-0,3; h_3 = 0,05-0,2; c_1 = 20-120 \text{ кг/см}^2.$$

### 3.1.3 Составление уравнения

Расставим силы на нашей расчетной схеме:

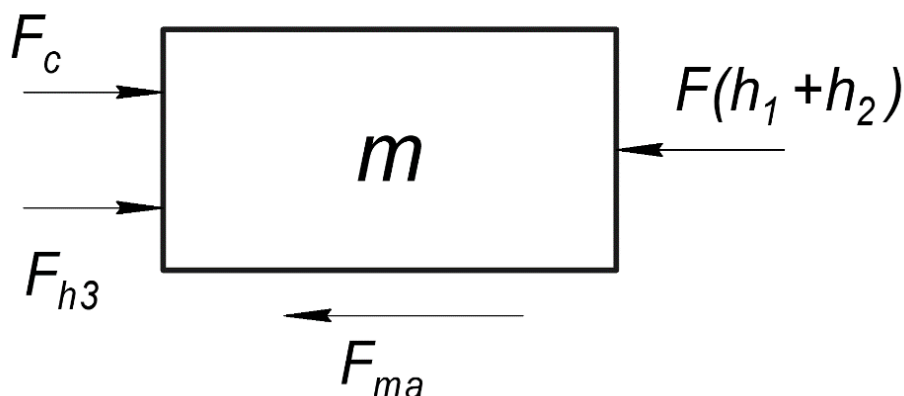


Рис. 33 Силы, действующие на тело  $m$

Составим уравнение баланса сил:

$$F_{ma} + F(h_1 + h_2) = F_{c1} + F_{h3};$$

$$F_{ma} = F_{c1} + F_{h3} - F(h_1 + h_2);$$

$$ma = (x_0 - x_1) \cdot c_1 + h_3 \cdot (V_0 - V_1) - (h_1 + h_2) \cdot V_1;$$

Составим структурную схему математической модели:

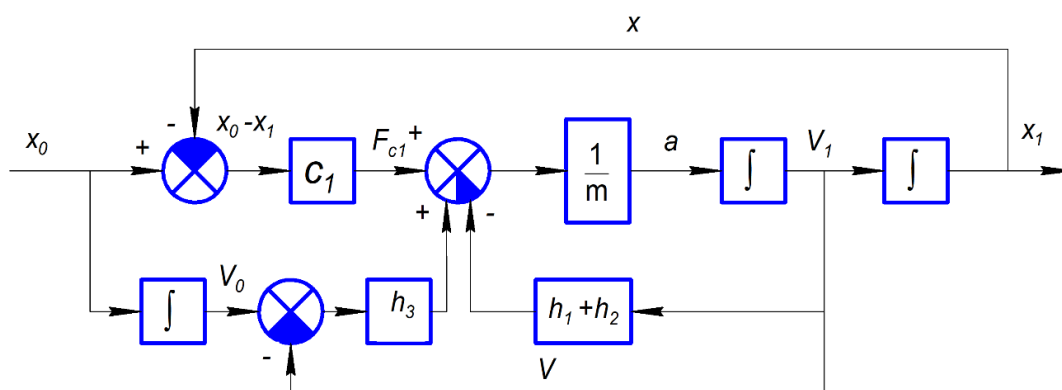


Рис. 34 Структурная схема математической модели

### 3.1.4 Рассмотрение построенной модели

Составив математическую модель и подобрав параметры, исходя из характеристик выбранных комплектующих, смоделируем динамические процессы разрабатываемого оборудования. Анализ будет проводиться применительно к оси, вдоль которой движется каретка с камерой.

Для решения математической модели системы составим программу в среде MatLab. Программа с уравнением и подобранными параметрами представлена ниже.

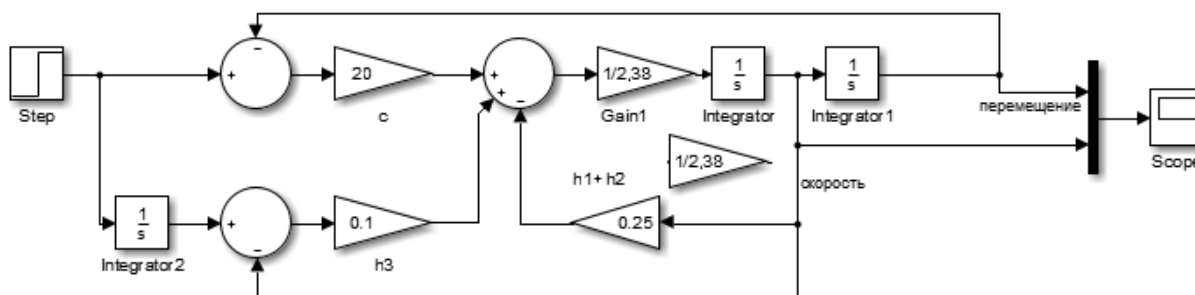


Рис. 35 Симуляционная программа в среде MatLab.

При анализировании системы будут изменяться параметры  $h_1$ ,  $h_3$  и  $c$ . В следующих диапазонах:

$$m = 2,38 \text{ кг}; h_1 = 0,1-0,3; h_3 = 0,05-0,02; c_1 = 20 - 120 \text{ кг/см}^2.$$

Значение  $h_2$  не изменяется, т.к. материал элемента уже выбран, и его коэффициент трения равен 0,15

Каждое значение  $h_1$  и  $h_3$  соответствует определенному материалу. Например, зубчатый ремень может быть выполнен из резины разных марок, из-за этого будут изменяться коэффициенты трения между направляющей и роликом. По такому же принципу изменяется коэффициент трения при использовании разных типов пластика изготавливаемого шкива. Меняя эти параметры при симуляции, можно определить наилучший показатель и в будущем использовать в разработке конструкции.

Для анализа было выбрано 3 марки резины, у каждого из которых своя жесткость.

Будем изменять параметр  $h_1$  в зависимости от вида резины (каучука) и построим графики, на которых будет видно, как ведет себя система с течением времени. Значение коэффициентов  $h_1$  приведены в таблице 3.1. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.1 Значение коэффициентов  $h_1$

Вид каучука в резине	Натуральный	Бутадиеновый синтетический	Изопреновый синтетический
Значение $h_1$	0,1	0,2	0,3

Как видно из графиков, параметры в 3 эксперименте делают систему более устойчивой, это видно по величине амплитуды и времени затухания колебаний.



Таблица 3.2 Результаты экспериментов

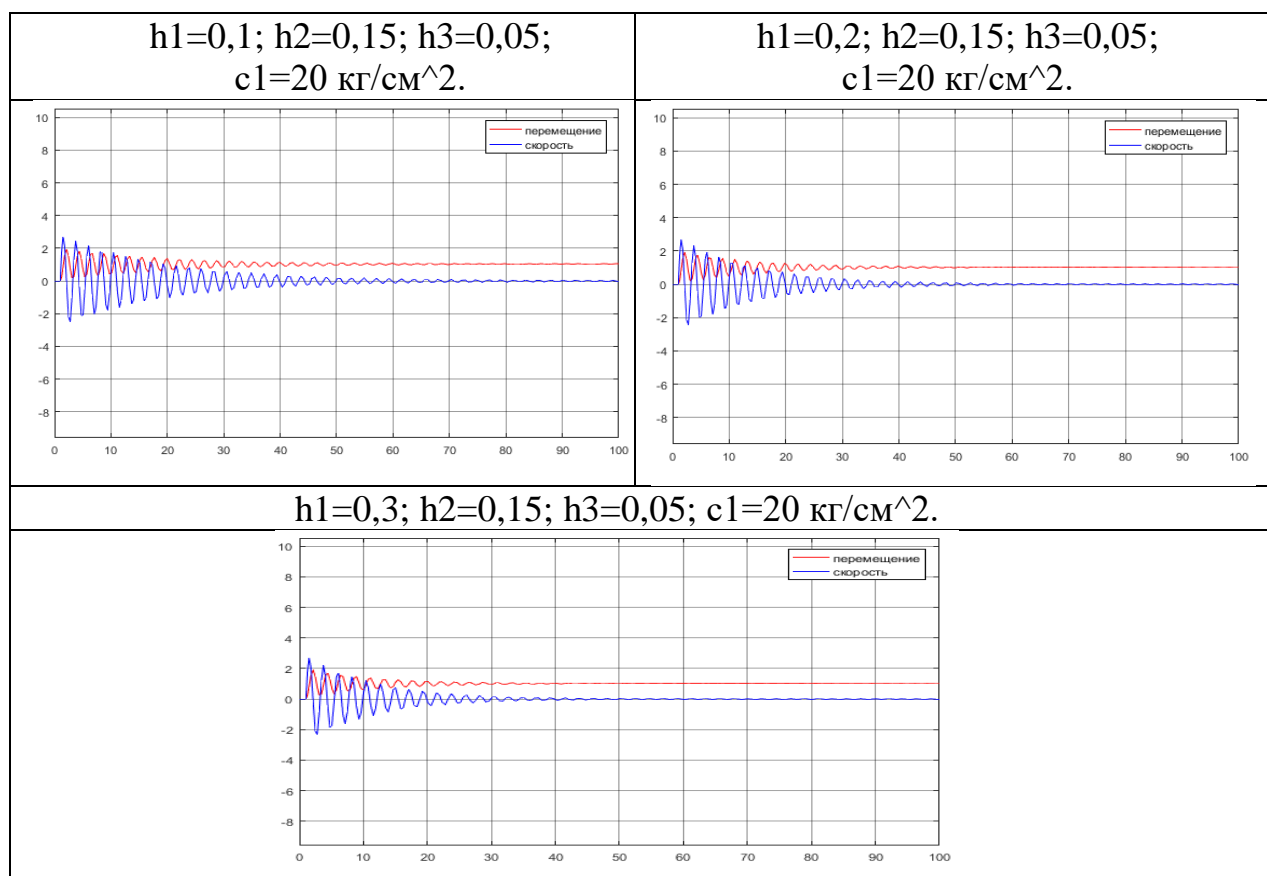
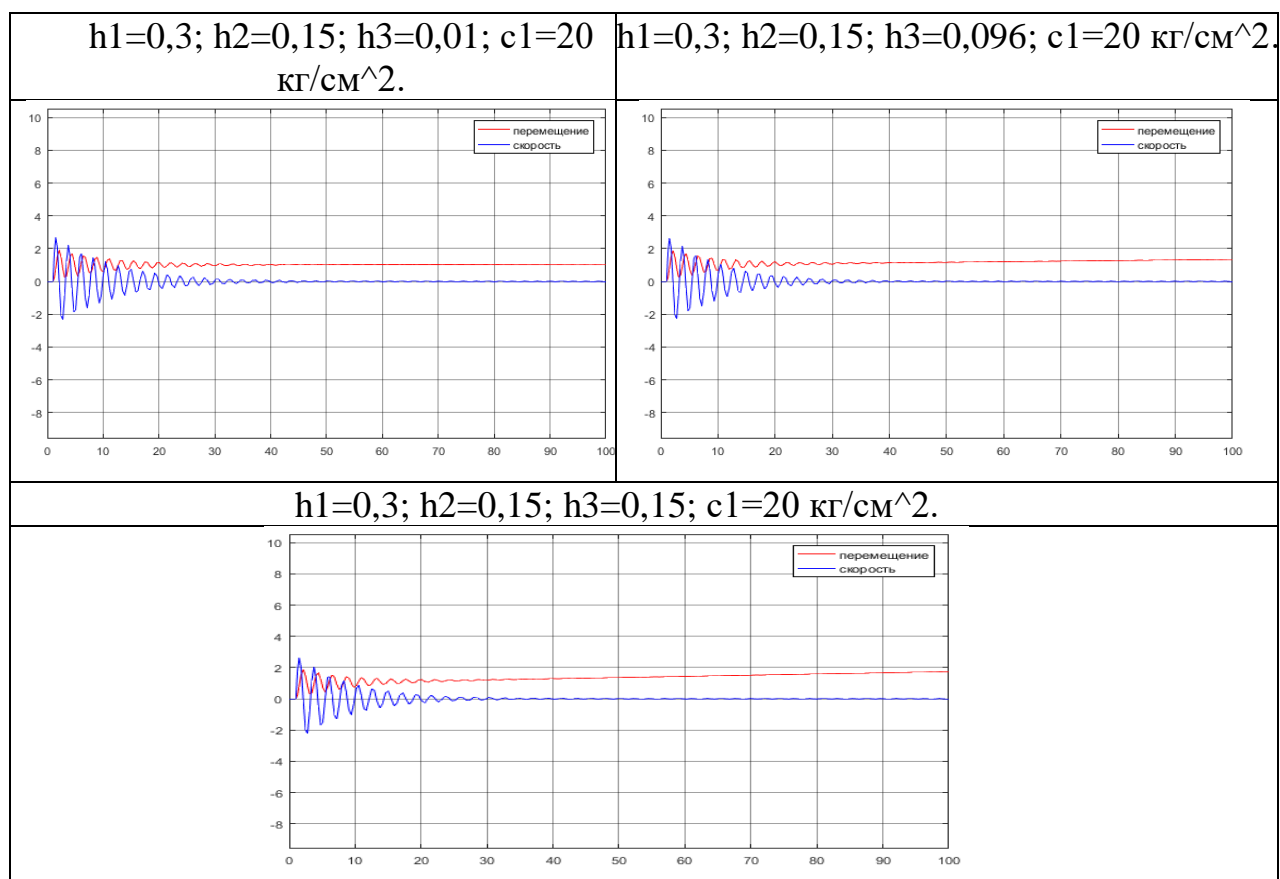


Таблица 3.3 Результаты экспериментов

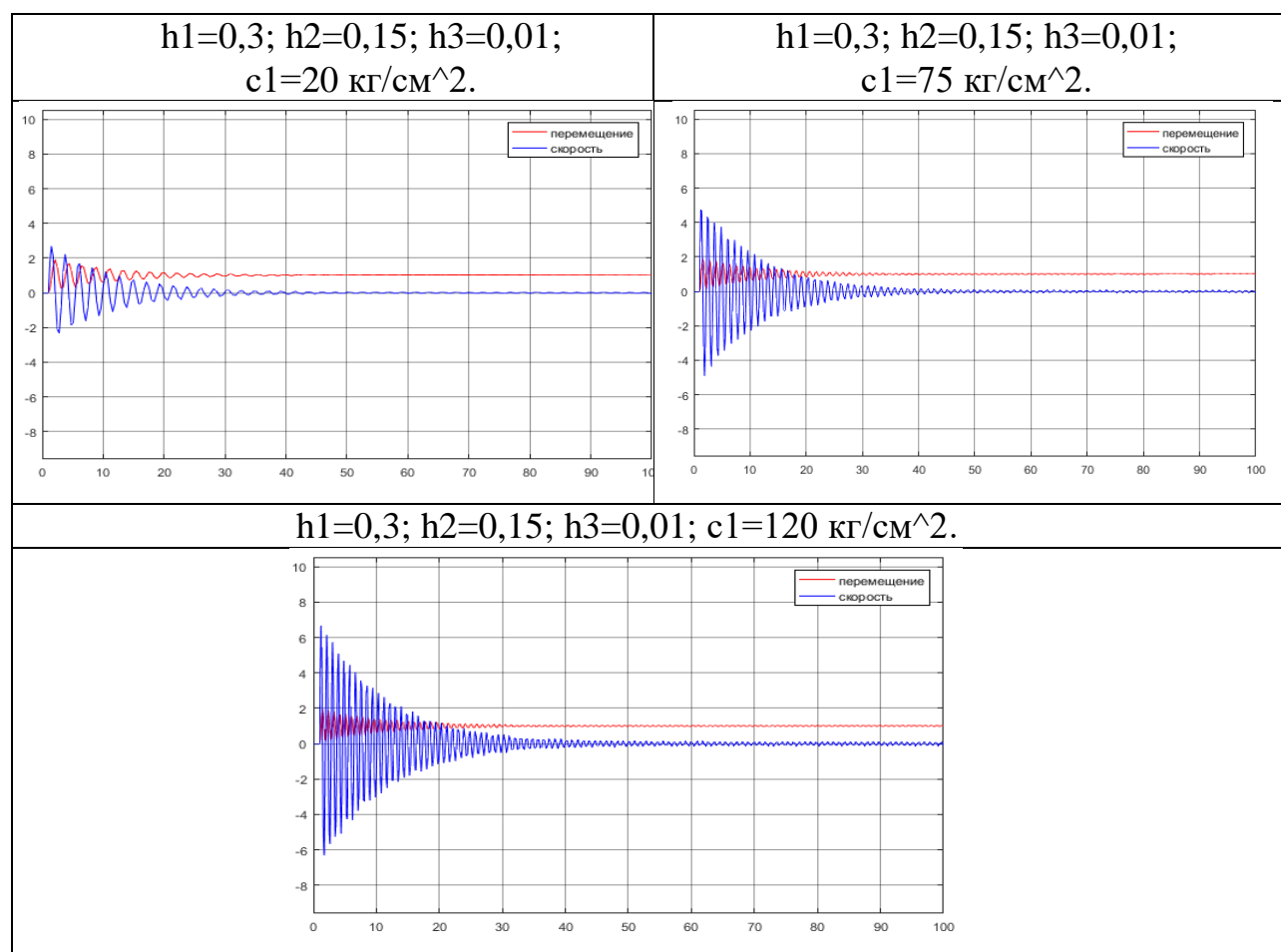


Делая выводы по экспериментам, можно с уверенностью сказать, что при применении полиэтилентерефталата система является более устойчивой. Это следует из первого графика, в котором амплитуда перемещения наименьшая из трех экспериментов. Примем значение параметра  $h_3$  равным 0,01 и проведем эксперименты с изменением параметра  $c_1$ . Изменение параметра  $c_1$  исходит из различных значений жесткости резины, из которой изготавливается ролик. Значение коэффициента  $c_1$  приведены в таблице 3.4. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.4 Значение коэффициентов  $h_1$

Вид каучука в резине	Изопреновый синтетический	Бутадиеновый синтетический	Натуральн ый
Значение $h_1$	20	75	120

Таблица 3.5 Результаты экспериментов



Исходя из данных графиков, можно сделать вывод о том, что при уменьшении жесткости резины, система становится более уравновешенной и стабильной, значение амплитуды в первом графике при значении  $c_1$  гораздо меньше чем во втором и третьем графиках. Поэтому выберем резину с изопреновым синтетическим каучуком. Этот эксперимент подтверждает данные из 1 эксперимента, в котором так же был выбран этот же вид каучука.

В ходе выполнения данного анализа была составлена принципиальная схема поворотного механизма слайдера для фото-видеосъемки. Проанализировав влияния компонентов друг на друга и выделив наиболее существенные, была составлена расчетная схема системы. Подобрал материалы исполнения деталей механизма, были определены параметры модели, а именно массовые характеристики, коэффициенты упругости и трения между соединениями компонентов.

Для анализа динамики была составлена модель в среде Simulink. Моделирование процессов реализовано в программном продукте MatLab. Проанализировав эксперименты было установлено, что в первом эксперименте при выборе изопренового синтетического каучука система более устойчива, это видно по величине амплитуды и времени затухания колебаний. С уменьшением параметра  $h_1$  время затухания возрастало.

Во втором эксперименте при применении полиэтилентерефталата система является более устойчивой, при применении других материалов увеличивается время затухания. И в третьем эксперименте при уменьшении жесткости резины, система становится более уравновешенной и стабильной, выбран изопреновый синтетический каучук, при увеличении жесткости значение амплитуды растет, что делает систему неустойчивой.

### **3.2 Профилирование и изготовление зубчатого шкива для поворотного механизма**

Как было описано ранее в работе, вращение камеры происходит при помощи ременной передачи, состоящей из двух зубчатых шкивов формата 2GT и зубчатого ремня, натянутого между ними. Для уменьшения скорости вращения

и увеличения крутящего момента применяются шкивы разных размеров. Передаточное отношение шкивов рассчитано в разделе 3.3 данной работы.

С целью экономии денежных средств и особенностей конструкции механизма, было принято решение о проектировании и изготовлении зубчатого шкива с заданными параметрами. Способом изготовления изделия была принята печать на 3D принтере FlyingBear Tornado.

Преимуществами печати детали на 3D принтере являются:

- Высокая скорость изготовления;
- низкая цена изготовления;
- производство за один установ;
- безотходность производства;
- доступность технологии;
- высокое качество изготовления.

Материалом для изготовления деталей механизмов принят пластик ABS из-за своих прочностных свойств, низкой стоимости и безопасности, исходя из характеристик, представленных в таблице 3.6.

ABS-пластик (акрилонитрилбутадиенстирол) – ударопрочный термопластик, который обладает высокой популярностью в промышленности и аддитивном производстве.

Механические и физические свойства пластика ABS делают возможным его применение в машиностроении, медицине, производстве и многих других отраслях.

Невысокая стоимость и простота этого вида пластика позволяет применять его в 3D-печати. Это один из самых популярных пластиков для печати методом послойного наплавления, который используется в производстве спроектированного шкива.

ABS-пластик является практически безопасным, он не представляет угрозы при использовании в нормальных температурных режимах. Тем не менее работа с ABS пластиком требует элементарных методов предосторожности, так как при нагревании он в небольших количествах выделяет опасные пары акрилонитрила.

Для обеспечения полностью безопасных условий требуется хорошая вентиляция помещения или вытяжка.

Технические характеристики ABS пластика приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.6 Технические характеристики ABS пластика

Характеристика	Значение
Температура стеклования	105°C
Прочность на изгиб	41 МПа
Предел прочности на разрыв	22 МПа
Модуль упругости при растяжении	1627 МПа
Относительное удлинение	6%
Усадка при охлаждении	До 0,8%
Плотность материала	Около 1,05 г/см <sup>3</sup>

Исходя из данных таблицы 3.6, пластик ABS имеет высокие прочностные характеристики, следовательно, может быть использован в изготовлении зубчатого шкива.

Для проектирования зубчатого шкива необходимо определиться с профилем зуба. Сделаем это на примере примененного зубчатого шкива 2GT, профиль зуба которого изображен на рисунке 36. Размеры для профиля зуба 2GT представлены в таблице 3.7.

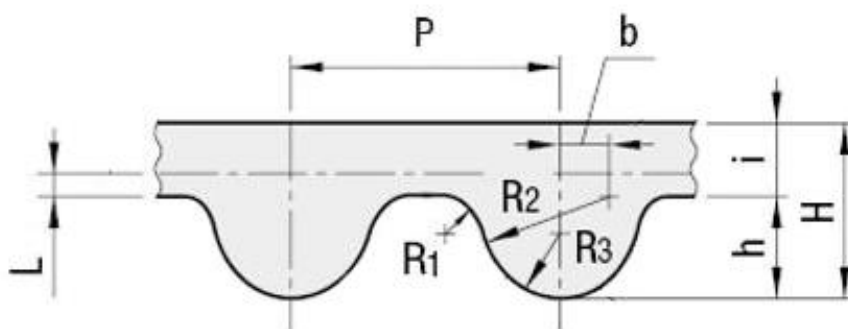


Рис. 36 Изображение профиля зуба 2GT

Таблица 3.7 Размеры профиля зуба 2GT

Тип профиля	P	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	b	H	h	i	L
2GT	2	0,15	1	0,555	0,4	1,38	0,75	0,63	0,254
Ед. изм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

Исходя из профиля зуба и его размеров, в программе САПР SolidWorks была построена модель зубчатого шкива, представленная на рисунке 37.

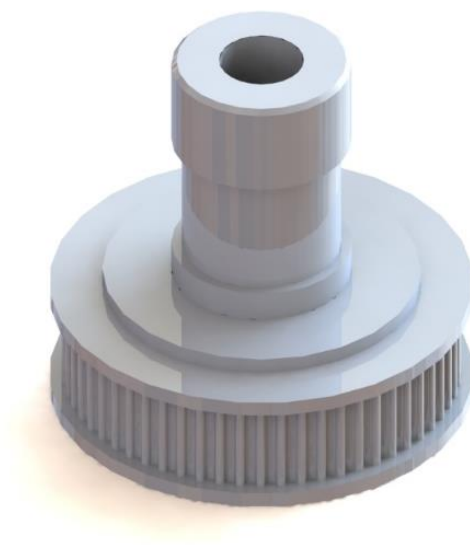


Рис. 37 Изображение модели зубчатого шкива

После создания 3D модели зубчатого шкива он был распечатан на указанном ранее 3D принтере в натуральную величину.

### 3.3 Расчет передаточного отношения ременной передачи поворотного механизма

Ременная передача используется в поворотном механизме с целью уменьшения скорости вращения камеры и увеличения крутящего момента на ведомом шкиву.

Передаточное отношение зубчатой ременной передачи определяется делением количества зубьев ведомого шкива на количество зубьев ведущего шкива по формуле, приведенной ниже:

$$U = \frac{Z_2}{Z_1};$$

Используя эту формулу, рассчитаем передаточное отношение ременной передачи, используемой в поворотном механизме. Количество зубьев ведомого шкива – 50, количество зубьев ведущего шкива – 20.

$$U = \frac{50}{20} = 2,5;$$

Исходя из расчета, приведенного выше передаточное отношение ременной передачи равняется 2,5.

### **3.4 Определение точности и повторяемости позиционирования осей наклонного и поворотного механизмов**

Работа сервопривода и шагового двигателя всегда сопровождается отклонениями от позиции, таким образом механизмы наклона и поворота камеры будут позиционироваться с определенной точностью. Чтобы рассчитать эту точность, а именно одностороннее среднеквадратическое отклонение от заданного положения, воспользуемся ГОСТ 27843-2006.

Используемый стандарт определяет методы проверки и оценки точности и повторяемости позиционирования осей с числовым программным управлением с помощью непосредственного измерения отдельных осей на станке. Описанные методы применяются одинаково к линейным осям и осям вращения. Настоящий стандарт может использоваться для типовых проверок, приемочных проверок, сравнительных проверок, периодических подтверждений точности, коррекции точности станка и т.д.

Данный стандарт наиболее применим к проектируемым механизмам, поэтому воспользуемся формулами, описанными в стандарте для расчетов.

Определим повторяемость позиционирования осей наклонного и поворотного механизма используя методы, описанные в стандарте.

Для измерения позиционирования использовался угломер с нониусом по ГОСТ 5378 – 88.

Для расчета отклонений используются следующие значения:

- заданная позиция  $P_i$  ( $i = 1$ ) - позиция, в которую запрограммировано движение подвижного компонента; Нижний индекс  $i$  указывает частную позицию среди других заданных позиций вдоль или вокруг данной оси;

- действительная позиция  $P_{ij}$  ( $i = 1; j = 1$ ) - измеренная позиция, достигнутая подвижным компонентом при  $j$ -м подходе к  $i$ -й заданной позиции;

- позиционное отклонение  $x_{ij}$  - действительная позиция, достигнутая подвижным компонентом минус заданная позиция. Позиционное отклонение рассчитывается по формуле:

$$x_{ij} = P_{ij} - P_i;$$

- размах отклонения  $W_i$  – разница между максимальным и минимальным значениями  $x_{ij}$ .

Для расчёта среднеквадратического отклонения от заданного положения воспользуемся формулой:

$$s_i = W_i \cdot a_n;$$

Коэффициент  $a_n$  зависит от числа  $n$  повторных измерений и берется из таблицы 3.8.

Таблица 3.8 Значения коэффициента  $a_n$  при разных количествах повторений  $n$

Число повторных измерений $n$	5	6	7	8	9	10
Коэффициент $a_n$	0,4299	0,3946	0,3698	0,3512	0,3367	0,3429

Результаты измерений отклонения позиций поворотного механизма запишем в таблицу 3.9, а результаты измерений отклонения позиций наклонного механизма запишем в таблицу 3.10.



Таблица 3.9 Результаты измерений отклонения позиций поворотного механизма

Номер заданной позиции i		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заданная позиция P <sub>i</sub> , град.		15	30	45	60	75	90	115	130	145	160
Позиционные отклонения, град.	J =1	0,08	0,09	0,07	0,06	0,09	0,09	0,08	0,06	0,07	0,07
	2	0,07	0,10	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08
	3	0,10	0,07	0,10	0,07	0,06	0,08	0,07	0,09	0,08	0,09
	4	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,07	0,10	0,10	0,10
	5	0,10	0,06	0,07	0,10	0,06	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10
Среднее одностороннее позиционное отклонение, x <sub>i</sub> , град		0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09

Таблица 3.10 Результаты измерений отклонения позиций наклонного механизма

Номер заданной позиции i		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заданная позиция P <sub>i</sub> , град.		2	4	45	60	75	90	115	130	145	160
Позиционные отклонения, град.	J =1	0,15	0,16	0,19	0,16	0,13	0,21	0,16	0,14	0,14	0,19
	2	0,23	0,19	0,19	0,19	0,18	0,21	0,12	0,16	0,23	0,15
	3	0,17	0,12	0,17	0,14	0,19	0,17	0,21	0,20	0,15	0,19
	4	0,13	0,18	0,22	0,22	0,21	0,13	0,22	0,23	0,14	0,15
	5	0,16	0,12	0,13	0,19	0,16	0,14	0,22	0,22	0,21	0,15
Среднее одностороннее позиционное отклонение, xi, град		0,17	0,15	0,18	0,18	0,17	0,17	0,19	0,19	0,17	0,17

Исходя их результатов, приведенный в таблицах 3.9 и 3.10 можно сделать вывод о том, что среднее значение отклонения поворотного механизма при шаге в 15 градусов равняется 0,08 градуса, а среднее значение отклонения наклонного механизма при шаге в 2 градуса равняется 0,17 градусов. Таким образом

шаговый двигатель является более точным устройством, и при его работе соблюдается лучшая повторяемость позиций чем в сервоприводе.

### **3.5 Программирование механизмов наклона и поворота камеры**

Программирование работы механизмов наклона и поворота камеры включает в себя построение блок-схемы управления при различных режимах работы и написание программного кода для управления шаговым двигателем и сервоприводом.

Блок-схема алгоритма управления фото-видеослайдером представлена в приложении Б.

#### **3.5.1 Контроллер для управления механизмами**

Для управления механизмов наклона и поворота камеры, а также для работы всего фото-видеослайдера используется контроллер Arduino Mega 2560, изображение которого представлено на рисунке 38.

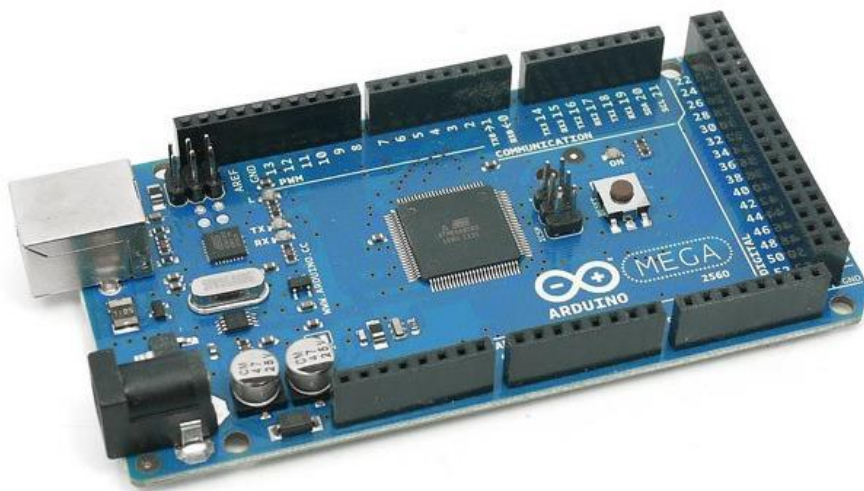


Рис. 38 Контроллер Arduino Mega 2560

Arduino Mega построена на микроконтроллере ATmega2560. Плата имеет 54 цифровых входа/выходов (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB коннектор, разъем питания, разъем ICSP и кнопку

перезагрузки. Для работы необходимо подключить контроллер к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC, или аккумуляторной батареей.

Выбор именно этого контроллера основан на анализе решаемых задач, необходимом количестве цифровых и аналоговых входов/выходов, а также доступности и простоты работы с ним. По всем этим критериям выбранный контроллер превосходит другие, представленные на рынке. Краткие тактико-технические характеристики используемого контроллера представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 Характеристики Arduino Mega 2560

Характеристика	Значение
Микроконтроллер	ATmega2560
Ядро	8-битный AVR
Тактовая частота	16 МГц
Объём Flash-памяти	256 КБ
Объём SRAM-памяти	32 КБ
Объём EEPROM-памяти	4 КБ
Портов ввода-вывода всего	54
Портов с ШИМ	15
Номинальное рабочее напряжение	5 В
Максимальный выходной ток пина 5V:	800 мА
Максимальный выходной ток пина 3V3	150 мА
Максимальный ток с пина или на пин	40 мА
Допустимое входное напряжение от внешнего источника	7–12 В
Габариты	101×53 мм

Arduino Mega программируется с помощью среды разработки Arduino IDE, которая распространяется бесплатно.

Исходя из характеристик платы Arduino, она имеет существенные ограничения по силе тока подведенной к ней нагрузки. Для Arduino Mega 2560 это 800 мА, а для каждого отдельного вывода всего 40 мА. Таким образом

невозможно подключить напрямую к Arduino даже самый маленький двигатель постоянного тока. Любой из этих двигателей в момент запуска или остановки создаст пиковые значения тока, превышающие этот предел.

Чтобы обеспечить одновременную работу шагового двигателя, применен драйвер ШД L289N. Этот модуль используется для управления шаговыми двигателями с напряжением от 5 до 35 В. Наибольшая нагрузка, которую обеспечивает микросхема, достигает 2 А. Изображение драйвера L289N представлено на рисунке 39.

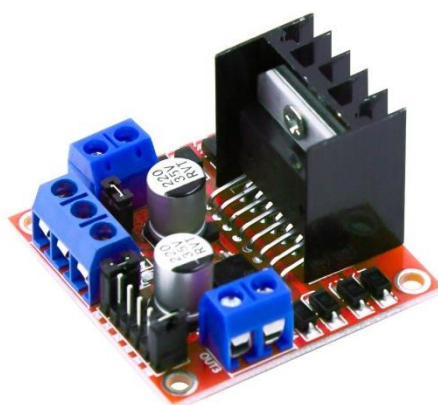


Рис. 39 Драйвера шагового двигателя L289N

Основной чип модуля это микросхема L298N, состоящая из двух Н-мост (H-Bridge), один для выхода А, второй для выхода В. Н-мост широко используется в электронике и служит для изменения вращения двигателем, схема Н-моста содержит четыре транзистора (ключа) с двигателем в центре, образуя Н-подобную компоновку. Принцип работы прост, при одновременном закрытие двух отдельных транзистора изменяется полярность напряжения, приложенного к двигателю. Это позволяет изменять направление вращения двигателя.

К драйверу ШД подводится отдельное питание, которое он распределяет по катушкам двигателя, управляя направлением движения, скоростью и режимами работы. Схема подключения драйвера L289N к Arduino и шаговому двигателю изображена на рисунке 40.

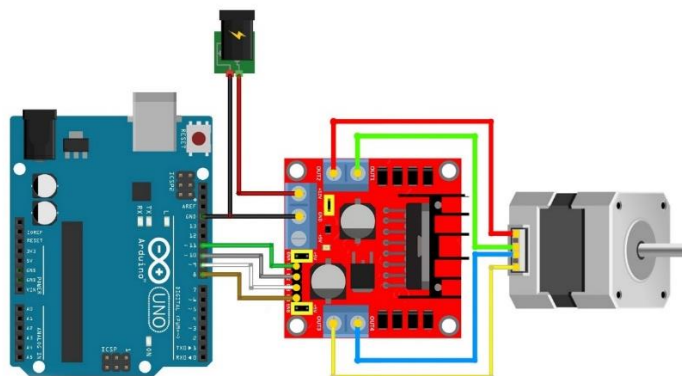


Рис. 40 Схема подключения драйвера L289N к Arduino и шаговому двигателю

### 3.5.2 Описание среды разработки Arduino IDE

Для программирования ШД необходимо написать программу в среде разработки Arduino IDE.

Arduino IDE — это программная среда разработки, которая предназначена для программирования одноимённой платы Arduino. На сегодняшний день с помощью Arduino программируют всевозможные модели и устройства. Интерфейс сравнительно прост в освоении, его основой является язык C++, поэтому освоить инструментарий программы могут даже неопытные пользователи. Интерфейс программы представлен на рисунке 41.

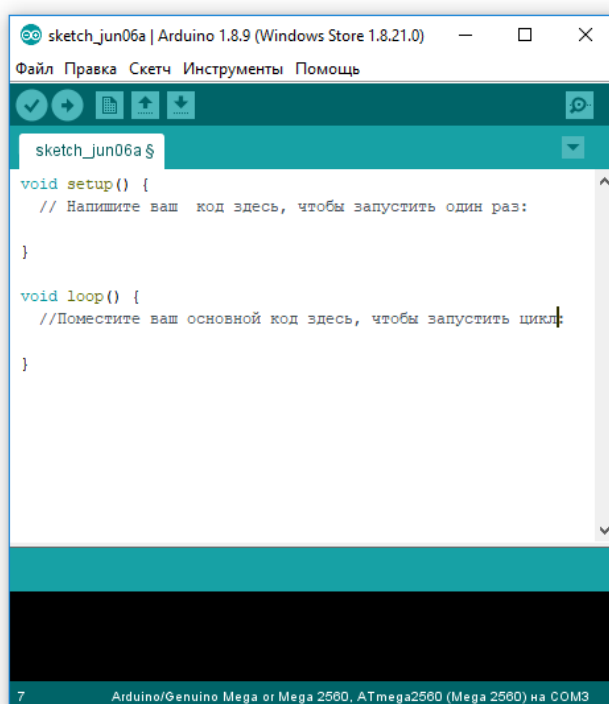


Рис. 41 Интерфейс среды разработки Arduino IDE

Arduino IDE обладает главным преимуществом, это простая структура программы, которая позволяет быстро освоиться в интерфейсе и перейти к разработке приложений для Arduino.

После запуска среды разработки, доступны четыре основных функциональных элемента: редактор для размещения кода программы; панель быстрого доступа к важным функциям (на рисунке 41 сверху); панель сообщений программы и статуса (на рисунке 41 снизу); меню программы.

С помощью меню программы осуществляется управление проектом, в нем можно создать новый проект, сохранить текущий, открыть уже созданный и так далее.

Для более удобной работы с программой, в ней предусмотрена панель быстрого доступа, на которой расположены наиболее используемые элементы управления, такие как загрузка скетча (кода программы) в контроллер.

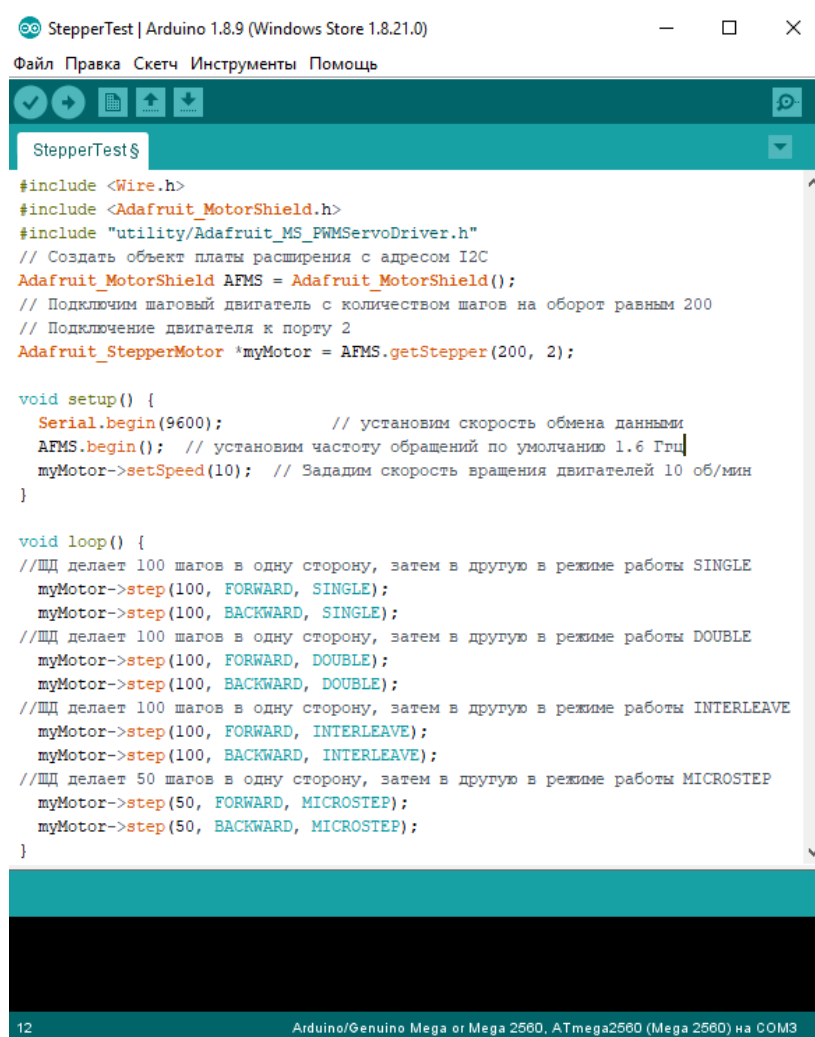
В средней части окна программы располагается редактор для написания кода программы, встроенные функции редактора подсвечивают ошибки в синтаксисе программы, этого достаточно для создания простых проектов. Редактор разделен на два основных блока: блок в котором код выполняется один раз и блок в котором код повторяется циклически.

Панель сообщений отображает информацию об ошибках в программном коде и сообщения об успешной компиляции и загрузке программы в контроллер.

Для расширения базовых функций, Arduino IDE позволяет добавлять наборы библиотек для управления различными устройствами, например, при управлении двигателями с помощью драйвера ШД, необходимо добавить в среду разработки некоторые библиотеки, как на рисунке 42.

### **3.5.3 Программирование шагового двигателя**

Для демонстрации процесса программирования, рассмотрим структуру простого кода для управления шаговым двигателем. Изображение программы с написанным кодом представлено на рисунке 42.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "StepperTest | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)". The menu bar includes "Файл", "Правка", "Скетч", "Инструменты", and "Помощь". The toolbar contains icons for opening, saving, and running. The main text area displays the code for "StepperTest\$". The code includes headers for Wire, Adafruit\_MotorShield, and a utility file. It creates an Adafruit\_MotorShield object (AFMS) and a stepper motor object (myMotor). The setup function initializes the serial port, AFMS, and sets the motor speed to 10 RPM. The loop function performs three sets of steps: 100 steps forward and backward in SINGLE mode, 100 steps forward and backward in DOUBLE mode, and 50 steps forward and backward in MICROSTEP mode. The status bar at the bottom indicates "12" and "Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) на COM3".

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MotorShield.h>
#include "utility/Adafruit_MS_PWMServoDriver.h"
// Создать объект платы расширения с адресом I2C
Adafruit_MotorShield AFMS = Adafruit_MotorShield();
// Подключим шаговый двигатель с количеством шагов на оборот равным 200
// Подключение двигателя к порту 2
Adafruit_StepperMotor *myMotor = AFMS.getStepper(200, 2);

void setup() {
  Serial.begin(9600);          // установим скорость обмена данными
  AFMS.begin(); // установим частоту обращений по умолчанию 1.6 ГГц
  myMotor->setSpeed(10); // Зададим скорость вращения двигателей 10 об/мин
}

void loop() {
  //Шаг делает 100 шагов в одну сторону, затем в другую в режиме работы SINGLE
  myMotor->step(100, FORWARD, SINGLE);
  myMotor->step(100, BACKWARD, SINGLE);
  //Шаг делает 100 шагов в одну сторону, затем в другую в режиме работы DOUBLE
  myMotor->step(100, FORWARD, DOUBLE);
  myMotor->step(100, BACKWARD, DOUBLE);
  //Шаг делает 100 шагов в одну сторону, затем в другую в режиме работы INTERLEAVE
  myMotor->step(100, FORWARD, INTERLEAVE);
  myMotor->step(100, BACKWARD, INTERLEAVE);
  //Шаг делает 50 шагов в одну сторону, затем в другую в режиме работы MICROSTEP
  myMotor->step(50, FORWARD, MICROSTEP);
  myMotor->step(50, BACKWARD, MICROSTEP);
}
```

Рис. 42 Изображение программы с кодом

В самом начале кода подключаются библиотеки, необходимые для работы расширительной платы Motor Shield и шаговых двигателей. После этого в коде программы создаются два объекта: расширительная плата и шаговый двигатель, таким образом они определяются в программе для дальнейшей работы с ними.

Далее в блоке «setup» задаются параметры которые будут применены один раз, в нем задается скорость обмена данными, в данном случае платы расширения и платы Arduino, частота обращений и скорость вращения шагового двигателя в оборотах в минуту.

В блоке «loop» задаются параметры которые будут работать циклически, повторяясь каждый раз. В коде программы задано вращение шагового двигателя с указанием количества совершаемых шагов, направлением и режимом движения. После того как программа отработает весь код, она запустится заново.

При загрузке данного кода в контроллер, шаговый двигатель подключенный к нему через плату расширения, повернет свой вал на 100 шагов в одну сторону, затем на 100 шагов в другую сторону. Он повторит это четыре раза в разных режимах работы, а затем цикл запустится заново.

Код программы, примененный для управления поворотным и наклонным механизмами и самого фото-видеослайдера в целом, приведен в приложении В.

### 3.5.4 Программирование сервопривода

Программирование сервопривода еще проще чем ШД, так как для него не обязательна плата расширения и он может подключаться к питанию с помощью самой платы Arduino Mega.

Для описания процесса программирования рассмотрим простой пример кода для управления углом поворота сервопривода с помощью потенциометра. Изображение программы с кодом представлено на рисунке 43, схема подключения и результат работы программы представлен на рисунке 23.

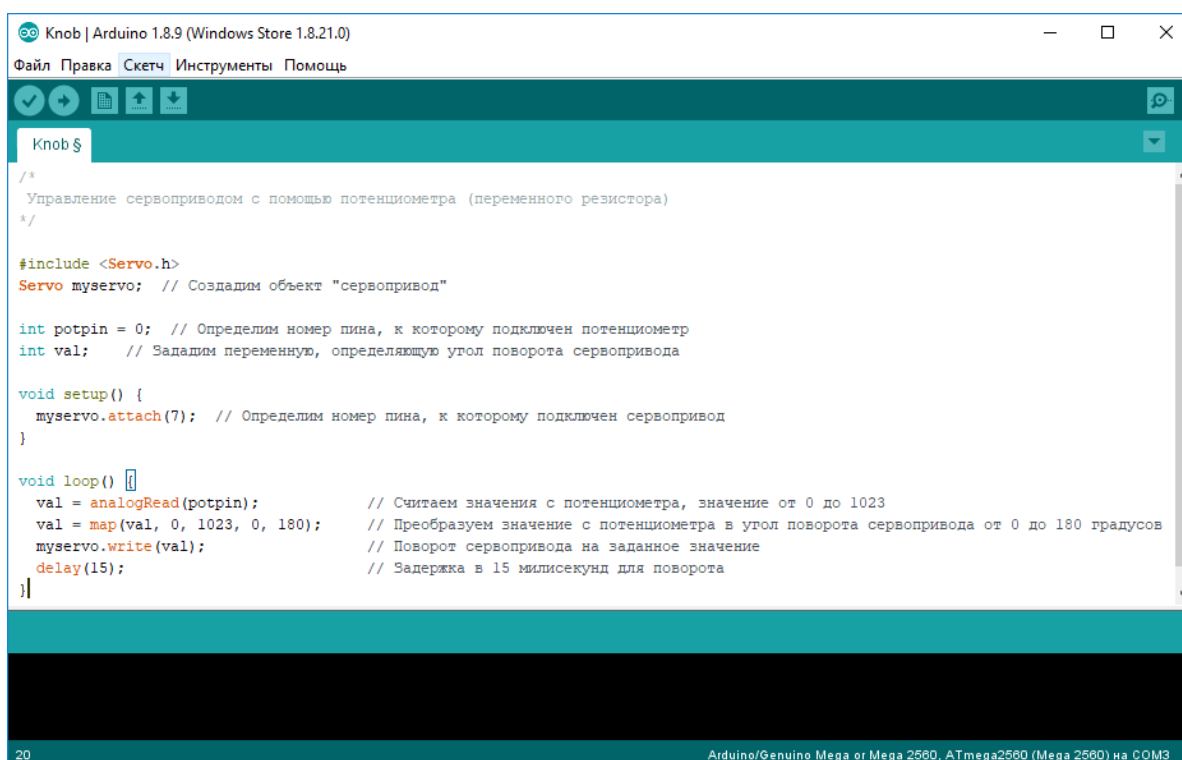


Рис. 43 Изображение программы с написанным кодом

В самом начале кода программы подключается библиотека для работы сервопривода, затем создается объект «сервопривод» с присвоением ему имени,



в данном случае «myservo». Далее определяется номер пина (входа) к которому подключен потенциометр и задается переменная, она будет определять угол, на который должен будет повернуться сервопривод.

В блоке «setup» определяется пин (выход) к которому подключен провод сигнала сервопривода.

В блоке «loop» считывается аналоговый сигнал с потенциометра, это будет значением от 0 до 1023. Затем значение с потенциометра преобразуется в значение угла поворота сервопривода, а после этого на СП поступает сигнал с этим значением и СП повернется в соответствии с заданным значением. После отправки сигнала устанавливается задержка в 15 миллисекунд для того, чтобы вал СП успел повернуться до поступления следующего значения. После выполненных действий цикл повторяется, и, если потенциометр повернуть, вал СП тоже повернется на заданный угол.

### 3.6 Беспроводное управление механизмами наклона и поворота камеры

Для управления механизмами наклона и поворота камеры, как и всеми системами фото-видеослайдера, используется мобильное приложение «RemoteXY». Для настройки мобильного приложения используется одноименный онлайн-сервис «RemoteXY», интерфейс которого представлен на рисунке 44.



Рис. 44 Интерфейс онлайн-сервиса «RemoteXY»

С помощью этого сервиса возможно добавлять в мобильное приложение различные элементы управления и индикаторы. После задания всех параметров и настройки, сервис позволяет получить исходный код, который вставляется в окно редактора Arduino IDE дополнительно к основному коду, а после он загружается в плату Arduino. Исходный код содержит в себе конфигурации интерфейса и значения переменных, которые передаются на мобильное устройство посредством технологии Bluetooth.

Технология Bluetooth используется для беспроводной передачи данных между двумя устройствами, которые находятся в непосредственной близости друг с другом. Технология Bluetooth обеспечивает хорошую устойчивость к широкополосным помехам, это позволяет множеству устройств, находящихся в одном месте, одновременно обмениваться данными между собой, не мешая друг другу. Очень широкое применение эта технология получила в смартфонах, планшетах, ноутбуках.

Само подключение по Bluetooth реализовано с помощью модуля HC-05, который подключается к плате Arduino Mega. Схема подключения представлена на рисунке 46. Все контакты 5V, GND, TX, RX подключаются к соответствующим выходам на плате Arduino.

Модуль HC-05 устанавливает связь между Arduino и другим устройством, например, смартфоном или джойстиком, таким образом, что с помощью подключенного устройства можно управлять работой программы, загруженной в контроллер. Изображение модуля HC-05 представлено на рисунке 45.

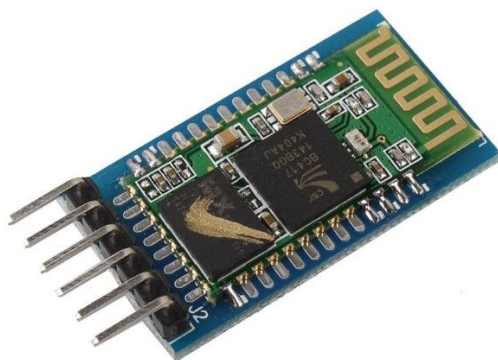


Рис. 45 Изображение модуля HC-05

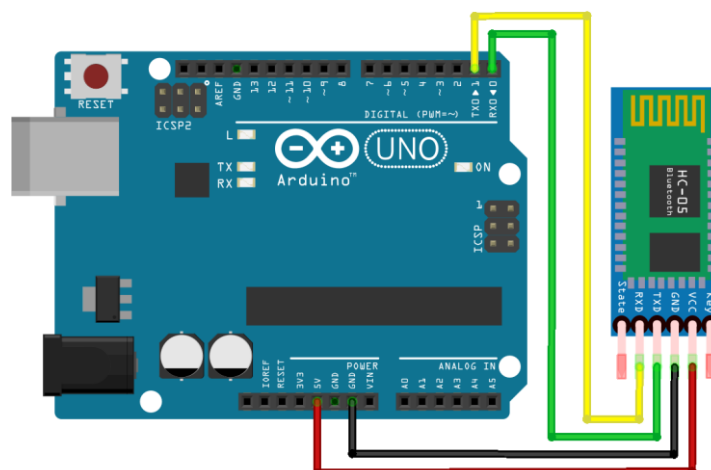


Рис. 46 Схема подключения модуля HC-05 к Arduino

Таким образом, при подключении смартфона к HC-05 через приложение RemoteXY, на него передается тот же графический интерфейс, который был настроен в онлайн-сервисе. С помощью элементов, изображенных на экране можно управлять устройствами, подключёнными к Arduino, например, сервоприводом.

### 3.7 Описание режимов работы механизмов наклона и поворота камеры

Как говорилось ранее, для управления механизмами применяется приложение RemoteXY. Для управления было разработано три режима работы: ручной, «Time lapse» и «Bullet Time».

#### Ручной режим

В ручном режиме, интерфейс которого представлен на рисунке 44, возможно управление шаговым двигателем, приводящим в движение поворотный механизм и каретку, а также управление сервоприводом наклонного механизма. Выбор режима осуществляется посредством нажатия одноименной кнопки внизу экрана и подтверждением его выбора, переключателем в верхнем левом углу.

С помощью элементов управления можно выбирать направление движения механизмов, управлять скоростью вращения и отслеживать ее текущее значение. При нажатии кнопок вверх и вниз наклонный механизм будет

наклонять камеру в соответствующем направлении, а при нажатии кнопок поворот влево и поворот вправо механизм поворота будет поворачивать камеру в ту или другую сторону с заданной скоростью. Кроме того, в интерфейсе имеются индикаторы, которые сигнализируют о замыкании концевых выключателей и кнопка, отвечающая за срабатывание затвора, при ее нажатии камера делает снимок.

### **Режим интервальной фотосъемки (Time lapse)**

Режим «Time lapse» позволяет достигнуть эффектов съемки, описанных ранее в работе. В этом режиме, интерфейс которого представлен на рисунке 47, задаются различные параметры съемки, такие как длина шага каретки, поворот камеры за шаг, наклон камеры за шаг, время одного кадра. Для того чтобы включить режим, необходимо нажать кнопку Time lapse внизу экрана, а затем подтвердить выбор режима переключателем в углу экрана.

После выбора режима задается начальное положения каретки, которое осуществляется кнопками крайних положений, либо с помощью ручного режима, затем в ручном режиме задаются начальные положения наклонного и поворотного механизмов.

После этого настраиваются параметры поворота и наклона камеры. Это значения углов в градусах, на которые повернутся механизмы за один шаг каретки. После задания всех параметров и нажатия кнопки «Старт» устройство начнет свою работу. Каретка будет перемещаться на указанную длину шага, механизмы наклона и поворота повернутся на заданные значения углов, а камера сделает фото с заданной выдержкой. После этого цикл будет повторяться до тех пор, пока не будет замкнут один из концевых выключателей или не будет нажата кнопка «Стоп».

Кроме вышеописанного, в интерфейсе предусмотрена индикация замыкания концевых выключателей, а также отображается рассчитанное общее время работы режима.



Рис. 47 Интерфейс режима Time lapse

### Автоматический режим видеосъемки с интерполяцией координат по трем заданным позициям (Bullet time)

В этом режиме достигается реализация одноименного эффекта съемки, который был описан ранее в работе. Интерфейс режима представлен на рисунке 48.

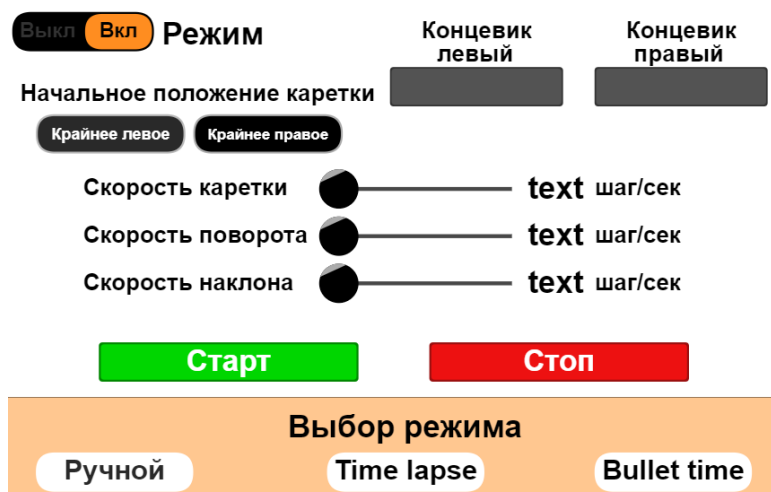


Рис. 48 Интерфейс режима Bullet time

Для выбора режима необходимо нажать кнопку Bullet time внизу экрана и подтвердить выбор в левом верхнем углу экрана. После этого задаются параметры начального положения каретки, механизмов поворота и наклона. Начальное положение каретки можно задать кнопками крайних положений или с помощью ручного режима. Начальные положения механизмов поворота и наклона задаются с помощью ручного режима. После этого задаются параметры

скорости каждого механизма, появляются значения текущих скоростей в шагах в секунду.

Для запуска режима необходимо нажать кнопку «Старт», после этого механизмы наклона и поворота с заданной скоростью выполняют поворот, а каретка с ускорением и заданной скоростью проедет от начального положения до места взаимодействия с одним из концевых выключателей. При замыкании концевого выключателя движение всех механизмов прекращается, а индикаторы, расположенные в интерфейсе приложения сигнализируют об этом. Также остановку всех механизмов можно выполнить нажатием кнопки «Стоп».

#### **4 Результаты проектирования**

В результате проектной работы, с помощью ПО SolidWorks была построена 3D модель разрабатываемого устройства и проектируемых механизмов наклона и поворота камеры фото-видеослайдера. Кроме того, с помощью программной среды Arduino IDE было разработано программное обеспечение для дистанционного управления механизмами. Была разработана и реализована работа трех режимов управления: ручной, режим интервальной фотосъемки (Time lapse) и автоматический режим видеосъемки с интерполяцией координат по трем заданным позициям (Bullet time). Работа этих режимов описана ранее в работе.

Проведен анализ динамики движения поворотного механизма, в результате которого были выбраны наиболее подходящие материалы для изготовления механизма.

На основании построенной 3D модели и проведенных расчетов, изготовлены и подобраны все элементы конструкции слайдера, а также спроектированных механизмов. Произведена сборка, настройка и отладка работы механизмов.

Был изготовлен и собран прототип фото-видеослайдера, способный выполнять все свои функции, за исключением режима видеосъемки с интерполяцией координат, работа которого требует более мощного аппаратного оснащения, чем предполагалось. Режим видеосъемки с интерполяцией координат требует высокой скорости работы ШД и СП, в следствии этого необходим драйвер ШД, рассчитанный на большую нагрузку. Кроме этого необходимо обеспечить питанием логику устройств управления и сами двигатели, для этого требуется дорогостоящий блок питания с подходящим напряжением и силой тока. В следствии вышеперечисленных проблем в целях экономии денежных средств было принято временное решение использовать только два оставшихся режима работы. При дальнейшем усовершенствовании устройства планируется доработка конструкции механизмов и возможность использования всех режимов работы.

Изображение прототипа фото-видеослайдера представлено на рисунках 49 и 50.

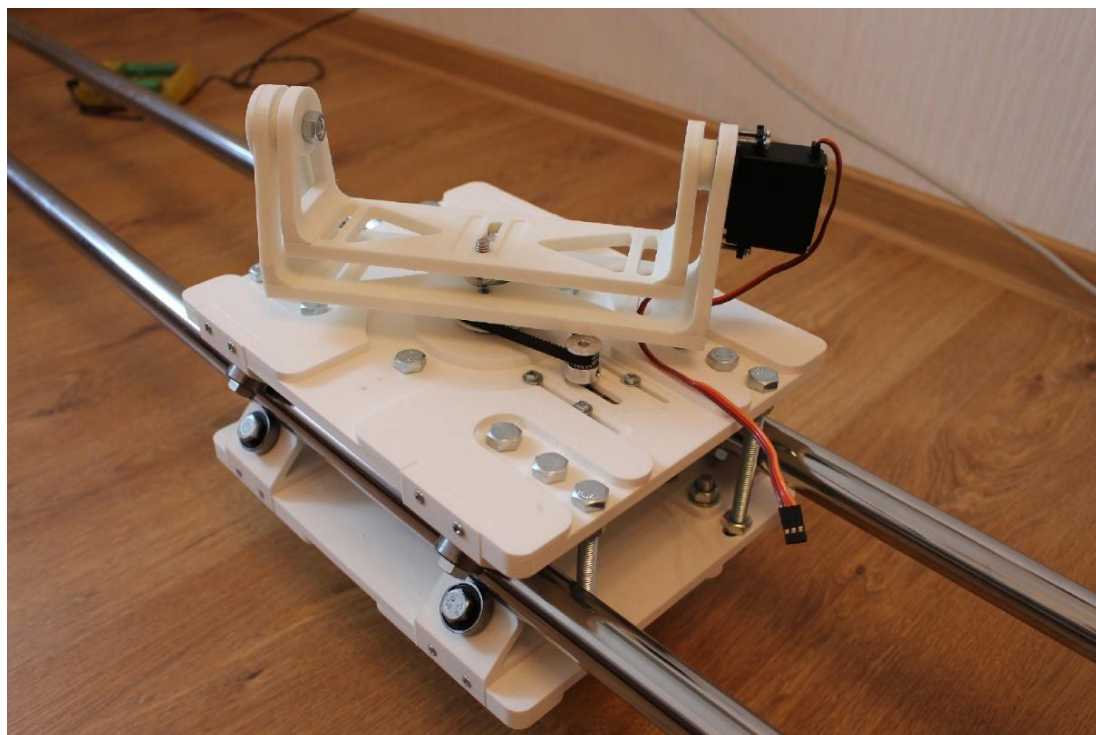


Рис. 49 Изображение прототипа фото-видеослайдера

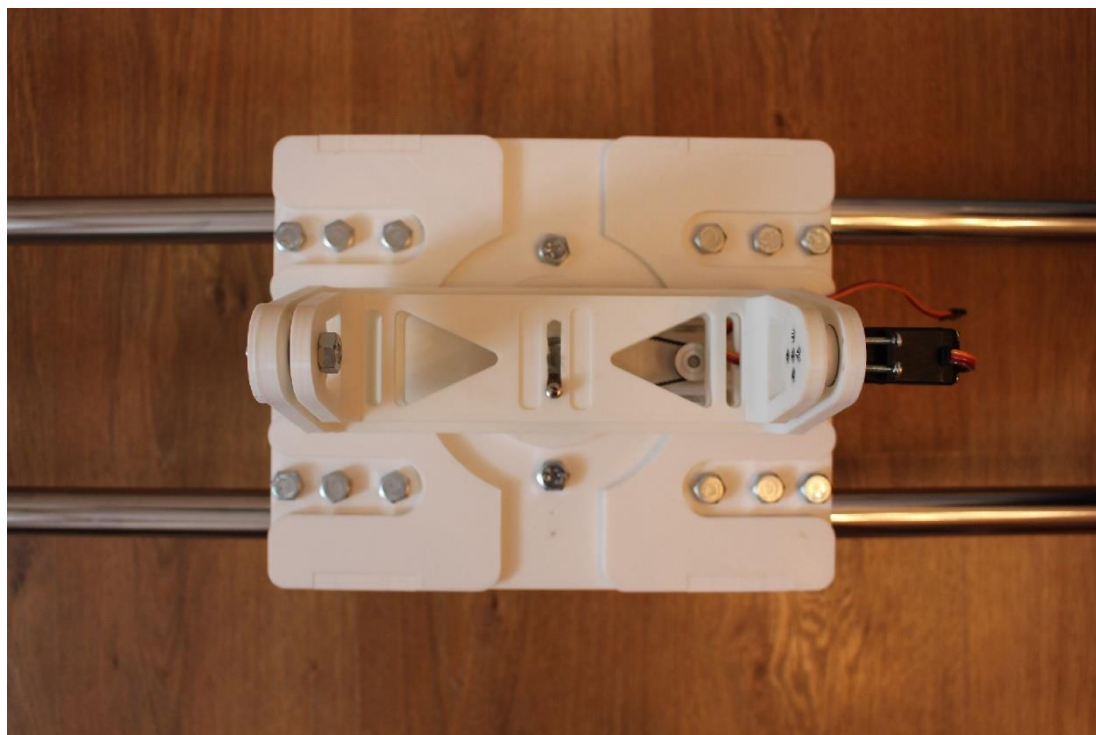


Рис. 50 Изображение прототипа фото-видеослайдера



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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8НМ71	Булгин Максим Алексеевич

<b>Институт</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Отделение материаловедения</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистр</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>15.04.05 «Конструкторско- технологическое обеспечение машиностроительных производств»</b>

**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>Проведение комплексного SWOT-анализа слайдера для фото- и видеосъемки. Материальные затраты для сборки слайдера.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. <i>Сравнение разработки с конкурентными аналогами.</i> 2. <i>Выявление и описание сильных и слабых сторон изделия, а также возможностей и угроз.</i> 3. <i>Выявление соответствия сильных и слабых сторон изделия внешним условиям окружающей среды.</i> 4. <i>Анализ результатов.</i>
---	--

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>Матрица SWOT</i> 2. <i>Карта сегментирования</i> 3. <i>Оценочная карта</i> 4. <i>Диаграмма Ганта</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	Подопригора И.В.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8НМ71	Булгин Максим Алексеевич		

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **5.1 Введение**

При разработке новых сложных технических устройств перед инженерами-конструкторами и технологами стоит несколько важных задач: производственных, эксплуатационных и конструкторско-технологических. Разработка новых устройств и изделий связана с определенной производственной необходимостью и определенными требованиями быта. Подготовка производства, изготовление, эксплуатация изделия происходят в конкретных эксплуатационных и производственных условиях. Это накладывает некоторые ограничения на работу конструктора, с которыми он должен считаться в процессе разработки. В ином случае коррективы, вносимые в конструкцию в процессе производства и эксплуатации изделия, могут повлечь за собой дополнительные затраты труда и материалов. Кроме того, к новым устройствам возникает ряд требований, включающих в себя высокую технологичность, надежность, производительность, ремонтпригодность и соответствие своему назначению.

В условиях постоянно растущей конкуренции на рынке товаров и услуг руководители предприятий стоят перед актуальной проблемой повышения эффективности производства, в том числе и на этапе проектирования изделий.

Исходя из этого, целью данного раздела является оценка конкурентоспособности проекта и востребованности его на рынке, именно эти параметры определяют перспективность разработки.

Объектом экономической части дипломной работы является моторизованный трехосевой слайдер для фото-видеосъемки.

Цель работы:

1. Анализ рынка;
2. Определение целевой аудитории;
3. Конкурентный анализ;

4. Выявление и описание сильных и слабых сторон проекта, а также возможностей и угроз для определения стратегии развития проекта.

Задачи работы:

1. Сравнение конкретных технических решений;
2. SWOT-анализ.

## **5.2 Анализ рынка.**

В настоящее время большую популярность получили устройства, называемые «фото-видеослайдерами». Фото-видеослайдер - это устройство, предназначенное для съемки на фото или видео камеру материала с эффектами панорамной съемки, «Time Lapse», «Bullet time». Такие эффекты достигаются с помощью довольно простой конструкции устройства: оно представляет из себя рельсовую систему, по которой вдоль рельса с помощью приводов передвигается каретка, с установленной на ней камерой. Некоторые виды слайдеров предусматривают механизмы на каретке, способные вращать камеру вокруг своей оси и наклонять ее вверх или вниз, таким образом достигается фокусировка на одном объекте.

Еще одним очень полезным эффектом, который используется при работе со слайдером, является плавное или резкое приближение, или удаление от объекта съемки, такой эффект очень часто используется в киноиндустрии. В зависимости от конструкции, слайдеры могут быть с прямой формой рельса и с радиальной (иногда замкнутой круговой); раздвижные и цельные; ручные и автоматизированные (моторизированные); с поворотным механизмом камеры и без него; с различными видами приводов движения.

В настоящее время большинство подобных устройств, представленных на рынке не имеют приводы для движения и не являются моторизированными, кроме того они имеют высокую цену и низкое качество исполнения и сборки. Таким образом, при правильном подходе и хорошем планировании, разрабатываемое изделие будет востребовано на рынке в сфере фото- и видеосъемки.

### 5.3 Целевая аудитория.

Производство данного устройства рассчитано на рынок B2C (business to consumer). Это значит, что устройство планируется продавать частным лицам, которые будут являться «конечным» потребителем, посредством использования данного устройства.

Предполагаемую целевую аудиторию будут составлять:

1. Частные лица и обычные потребители (любительская съемка);
2. Videоблоггеры;
3. Частные компании, специализирующиеся на профессиональной фото-видеосъемке.

Проведем сегментирование предполагаемого рынка. Результаты отразим в сводной таблице 5.1.

Таблица 5.1. Карта сегментирования рынка реализации оборудования.

		Параметры оборудования		
		Наличие системы автоматического перемещения	Взаимозаменяемость деталей и узлов.	Высокая производительность
Размер производства	Единичное			
	Серийное			
	Массовое			

Из приведённой карты видно, что использование оборудования выгодно реализовывать в единичном и серийном производстве.

### 5.4 Конкурентный анализ.

Конкурентный анализ – это совокупность инструментов, помогающих изучить и понять цели конкурирующих фирм и выявить свои слабые и сильные места относительно них. Анализ конкурентной среды позволяет построить

стратегию компании таким образом, чтобы максимально использовать свои сильные стороны и существующие возможности и в то же время снизить риски и ослабить существующие угрозы со стороны конкурентов.

Анализ начинается с определения актуальных и потенциальных конкурентов. Рынок предоставляет большое количество различных вариантов слайдеров стоимостью от 3000 руб. до 150000 руб. и выше. Они различаются конструкцией, материалами исполнения, вариантами технического оснащения и комплектацией. Большинство из них уступают разрабатываемому слайдеру по критериям, описанным выше. Далее в работе будут представлены самые распространенные среди пользователей модели.

#### Конкуренты на рынке:

1. Ashanks S2 Track Camera Slider – слайдер, управляющийся вручную, совмещающий в себе небольшой вес и невысокую цену, при этом не имеет функции автоматического перемещения камеры и возможности увеличить рабочую длину направляющих. Стоимость составляет около 25000 руб.

2. Andoer 1m Motorized Track Slider Dolly Rail – моторизированный слайдер, имеющий функцию перемещения каретки вдоль направляющих, но не имеющий функции наклона и вращения камеры вокруг своей оси. Слайдер имеет достаточно большой вес (4,5 кг) и высокую цену.

3. Slider ES80 - данный тип слайдера является модульным: его рабочую длину можно увеличить до необходимых размеров. Движение в данном слайдере осуществляется вручную за счет ременной передачи. Модульность конструкции позволяет настраивать различную длину, что увеличивает панораму съемки. Производитель заявляет, что сборка и разборка слайдера происходит быстро. Трубки и другие детали сделаны из углеродного волокна.

Разрабатываемый слайдер отличается от уже существующего оборудования тем, что совмещает в себе модульность конструкции, взаимозаменяемостью деталей и узлов, а также автоматически перемещает

каретку и поворачивает камеру. При этом его стоимость ниже, чем у конкурентов на рынке.

Для определения конкурентоспособности разработанного оборудования, необходимо сравнить наиболее важные технические и экономические характеристики оборудования с аналогами конкурентных производителей. Сравнительный анализ произведен в таблице 4.2.

Таблица 5.2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>р</sub>	Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	К <sub>р</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки							
Производительность	0,15	3	1	2	0,45	0,15	0,3
Энергоэкономичность	0,05	4	3	2	0,2	0,15	0,1
Габариты	0,05	4	1	2	0,2	0,05	0,1
Безопасность	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
Уровень шума	0,13	3	5	4	0,39	0,65	0,52
Взаимозаменяемость	0,06	4	2	3	0,24	0,12	0,18
Модульность конструкции	0,1	3	1	3	0,3	0,1	0,3
Простота в эксплуатации	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
Экономические критерии							
Востребованность оборудования	0,05	4	2	2	0,2	0,1	0,1
Уровень проникновения на рынок	0,06	1	3	4	0,06	0,18	0,24
Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Послепродажная гарантия	0,1	3	3	4	0,3	0,3	0,4
Срок эксплуатации	0,06	5	5	5	0,3	0,3	0,3
<b>Итого</b>	1	47	39	41	3,44	2,85	3,15

Коэффициенты Б<sub>р</sub> и К<sub>р</sub> соответствуют разрабатываемому оборудованию. Коэффициенты Б<sub>1</sub> и К<sub>2</sub> соответствуют слайдеру «Andoer 1m Motorized Track Slider Dolly Rail»; коэффициенты Б<sub>2</sub> и К<sub>2</sub> соответствуют слайдеру «ES80».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, (1)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Из сводной таблицы полученных результатов можно увидеть, что разработанное оборудование не уступает аналогам на рынке в конкурентоспособности по экономическим и техническим критериям, это можно объяснить тем, что разрабатываемый слайдер имеет низкую цену относительно представленных слайдеров. При этом он полностью автоматизирован, в отличие от слайдеров Andoer 1m Motorized Track Slider Dolly Rail и ES80.

Из этого можно сделать вывод о том, что разрабатываемое оборудование сможет найти своих потребителей на рынке.

## 5.5 Технология QuaD.

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно- исследовательский проект. Анализ по системе QuaD приведен в таблице 4.3.

Таблица 5.3. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Технические критерии оценки					
Производительность	0,10	90	100	0,9	0,090
Энергоэкономичность	0,05	80	100	0,8	0,040

Взаимозаменяемость	0,11	70	100	0,7	0,077
Габариты	0,01	60	100	0,6	0,006
Безопасность	0,08	90	100	0,9	0,072
Уровень шума	0,03	50	100	0,5	0,015
Простота в эксплуатации	0,05	90	100	0,9	0,045
Модульность конструкции	0,10	80	100	0,8	0,080
Экономические критерии					
Востребованность оборудования	0,15	90	100	0,9	0,135
Уровень проникновения на рынок	0,06	50	100	0,5	0,030
Цена	0,15	80	100	0,8	0,120
Послепродажная гарантия	0,05	80	100	0,8	0,040
Срок эксплуатации	0,06	80	100	0,8	0,048
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>0,798</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, (2)$$

где  $П_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $П_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $П_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Средневзвешенное значение находится в диапазоне от 0 до 1. Значение для разрабатываем конструкции получилось 0,798. Разрабатываемая конструкция слайдера считается перспективной.



## 5.6 SWOT-анализ.

SWOT-анализ – это метод стратегического планирования, который позволяет комплексно проанализировать проект и выявить факторы внешней и внутренней среды, влияющие на него.

SWOT – это аббревиатура 4 слов: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Внутренними факторами являются сильные и слабые стороны проекта, а возможности и угрозы являются внешними факторами.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие способность проекта к конкурентной борьбе. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть особые ресурсы, являющиеся полезными с точки зрения конкуренции.

Слабые стороны – это факторы, негативно влияющие на способность проекта вести конкурентную борьбу на рынке.

Возможности – это любые возможные ситуации, складывающиеся в условиях окружающей среды, которые, позитивно сказались или скажутся в будущем на конкурентоспособности проекта.

Угроза – это любая возможная нежелательная ситуация, которая негативно скажется на конкурентоспособности проекта.

Первый этап анализа представляет собой перечисление всех возможных факторов внешней и внутренней среды. Для удобства результаты первого этапа анализа рекомендуется заносить в таблицу.

Таблица 5.4. SWOT-анализ.

<b>Сильные стороны (С):</b>	<b>Слабые стороны (Сл):</b>
1. Низкая стоимость производства; 2. Использование стандартных изделий; 3. Составная – модульная конструкция;	1. Не виброустойчивая конструкция; 2. Незащищенность от пыли и т.д.

4. Высокая производительность; 5. Востребованность рынка; 6. Простая и понятная технология; 7. Простота в обслуживании и использовании.	
<b>Возможности (В):</b>	<b>Угрозы (У):</b>
1. Широкий спектр применения; 2. Возможен приток частного капитала.	1. Отсутствие спроса; 2. Нестабильное финансирование; 3. Ограничение на экспорт оборудования;

Второй этап анализа состоит в выявлении сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Выявленные соответствия или несоответствия должны помочь определить стратегию пути развития. Для удобства результаты второго этапа анализа рекомендуется заносить в таблицу.

Таблица 5.5. Соответствие сильных сторон возможностям

Сильные стороны проекта								
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	B1	+	+	+	+	+	+	+
	B2	+	0	-	+	+	-	-

Таблица 5.6. Соответствие слабых сторон возможностям

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	+
	B2	-	-

Таблица 5.7 Соответствие сильных сторон угрозам

Сильные стороны проекта								
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	У1	-	-	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	0	-	-
	У3	-	+	-	-	-	-	-

Таблица 5.8. Соответствие слабых сторон угрозам

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	-	-
	У3	-	0

Таблица 5.9 Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны:</b>	<b>Слабые стороны:</b>
<b>Возможности:</b>	<b>В1С1С2С3С4С5С6С7:</b> В виду широкого спектра применения разработки, все сильные стороны будут положительными факторами.	<b>В1Сл1Сл2:</b> Отрицательным фактором для широты применения будет являться не защищённость от пыли и грязи.
<b>Угрозы:</b>	<b>У3С2:</b> Использование импортных стандартных изделий может быть запрещено законодательством.	<b>У3Сл2:</b> Незащищённость от грязи может пагубно влиять на экспорт оборудования. Это может повлечь поломку оборудования.

## 5.7 Планирование работы.

### Структура работ в рамках научного исследования.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В данном разделе составляется перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводится распределение исполнителей по видам работ.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.10.

Таблица 5.10. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность руководителя
Разработка технического задания.	1	Составление и утверждение технического задания.	Руководитель.
Выбор направления разработки.	2	Литературный обзор существующих аналогов.	Студент.
	3	Выбор направления разработки	Студент, руководитель.
	4	Календарное планирование.	Студент.

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований.	Студент.
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов.	Студент, руководитель.
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями.	Студент, руководитель.
Проведение ОКР.			
Разработка технической документации и проектирование	8	Разработка принципиальной схемы, создание модели.	Студент, руководитель.
	9	Расчет конструкции.	Студент.
	10	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия.	Студент.
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент.

### **Составление диаграммы Ганта**

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Календарный план-график проведения работ (Диаграмма Ганта) представлен в таблице 4.11.

Таблица 5.11. Календарный план-график проведения работ.

№ работ	Вид работ	Исп-ли	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление ТЗ.	Р	3	■												
2	Лит. обзор.	С	12	■	■	■										
3	Выбор напр-я	Р, С	2			■										
4	Календарное планирование	С	2			■										
5	Теор. расчеты	С	12				■	■								
6	Создание модели	Р,С	12				■	■	■							
7	Анализ результатов	Р,С	6						■	■						
8	Разработка принципиальной схемы	Р,С	10							■	■	■				
9	Расчет конструкции	С	12								■	■	■			
10	Оценка эффективности	С	8										■	■		
11	Составление отчета	С	12												■	■

### Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские

принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблице 4.12.

Таблица 5.12 Материальные затраты.

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Подшипник упорный	51103	1	80	80
Подшипник радиальный	608 2RS, 8x22x7	1	40	40
Болт	M8*45 DIN 933	2	8,46	16,92
Болт	M8*25 DIN 933	4	7,2	28,8
Болт	M3*12 DIN 933	30	0,72	21,6
Гайка	M8 DIN 934	10	3,68	36,8
Шайба	M8	20	2	40
Болт	M3*16 DIN 7985	30	0,6	18
Шаговый двигатель	NEMA 17 (42HS40-1704-13A)	1	690	690
Сервопривод	TowerPro MG996R	1	620	620
КВ	GPL v3	2	82	164
Плата расширения для шаговых двигателей	TB6612 Motor Shield V2.0	1	590	590
Модуль питания макетной платы	MB-102	1	80	80
Макетная плата	SYB-170	1	50	50
Шлейфы для подключения		3	40	120
Винт крепления камеры		1	150	150
Зубчатый шкив	GT2-6 D5 мм; 20 зуб.	1	100	100
Зубчатый ремень	(200-2GT)	1	70	70

Печать	Печать на 3D принтере	230	6	1380
<b>Сумма:</b>				4216,12
<b>Транспортно-заготовительные расходы (3-5 %):</b>				244,8
<b>Итог:</b>				4460,92

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- основная заработная плата инженера и руководителя НТИ;
- дополнительная заработная плата инженера и руководителя;
- отчисления, поступающие во внебюджетные фонды;
- накладные расходы;
- амортизационные отчисления.

### **Зарботная плата исполнителей НТИ**

Полная заработная плата руководителя и инженера НТИ состоит из двух слагаемых: основной и дополнительной заработной платы.

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Полная заработная плата определяется как:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где  $Z_{\text{осн}}$  –основная заработная плата,  $Z_{\text{доп}}$  –дополнительная заработная плата, составляет 15% от  $Z_{\text{осн}}$ .

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}};$$



где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата;  $T_p$  – суммарная длительность работ, выполняемая работником.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный оклад научно-технического работника;  $M$  – количество месяцев работы без учёта отпуска (для пятидневной рабочей недели и отпуске в 24 рабочих дня  $M=11,2$ ; для шестидневной рабочей недели и отпуске в 48 рабочих дней  $M=10,4$ ;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд персонала (определяется за вычетом выходных, праздничных и отпусковых дней).

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где  $Z_{\text{ТС}}$  – заработная плата по тарифной ставке;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, 0,3;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, 0,33;  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, усредненный 1,3.

Размер заработной платы по тарифной ставке определяется по формуле:

$$Z_{\text{ТС}} = T_{\text{сi}} \cdot k_{\text{т}},$$

где  $T_{\text{сi}}$  – тарифная ставка работника;  $k_{\text{т}}$  – тарифный коэффициент в зависимости от ставки.

С помощью представленных выше формул находим основную заработную плату инженера проектировщика (студент):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 36465 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{36465 \cdot 11,2}{365 - 118 - 24} = 1831,43 \text{ руб},$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1831,43 \cdot 46 = 84245,78 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} + 0,15 \cdot Z_{\text{осн}} = 84245,78 + 0,15 \cdot 84245,78 = 96882,68 \text{ руб}.$$

Исходя из выше упомянутых формул, основная заработная плата руководителя НТИ:

$$\begin{aligned}
Z_M &= Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 56413,5 \text{ руб}; \\
Z_{дн} &= \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{56413,5 \cdot 10,4}{365 - 118 - 48} = 2948,24 \text{ руб}, \\
Z_{осн} &= Z_{дн} \cdot T_p = 2948,24 \cdot 15 = 44223,6 \text{ руб}; \\
Z_{п} &= Z_{осн} + Z_{доп} = Z_{осн} + 0,15 \cdot Z_{осн} = 44223,6 + 0,15 \cdot 44223,6 = 50857,14 \text{ руб}.
\end{aligned}$$

### Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Данная статья расходов бюджета НТИ формируется за счёт обязательных отчислений, пенсионному фонду (ПФ), фонду обязательного медстрахования (ФФОМС) и фонду социального страхования (ФСС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \text{ где}$$

$k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Для образовательных учреждений в 2019 году водится пониженная ставка – 28%, на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ.

Она складывается из трёх видов взносов:

- отчисления в Пенсионный фонд, которые составляют 20%;
- отчисления в Страховой фонд, которые составляют 2,9%;
- отчисления в Фонд медицинского страхования, которые составляют 5,1%.

Отчисления во ВБФ представим в виде таблицы 4.13.

Таблица 5.13 отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная зар. плата, руб.	Доп-ая зар. плата, руб.	Итого
Инженер	84245,78	12636,87	27127,14
Руководитель	44223,6	6633,54	14240,00
Коэфф. отчисления	0,28		41367,14

Сумма внебюджетных отчислений равна 41367,14рублей.

### **Амортизационные отчисления**

Учет компьютера, первоначальная стоимость которого составляет более 40 000 руб., ведется в составе основных средств.

При расчете налога на прибыль его стоимость списывают через амортизацию. Согласно Классификации, утвержденной постановлением Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1, компьютеры относятся ко второй амортизационной группе. Поэтому по данным объектам основных средств срок полезного использования может быть установлен в пределах от 25 до 36 месяцев включительно.

$$H_A = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33\%$$
$$A = 50000 \cdot \frac{H_A}{100} \cdot \frac{T_{\text{кал.дн}}}{365} = 50000 \cdot \frac{33,33}{100} \cdot \frac{67}{365} = 3059 \text{ руб.}$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации по компьютеру, %;  $n$  – срок полезного использования компьютера в бухгалтерском учете, равный 3 месяца;  $T_{\text{кал.дн.}}$  – количество календарных дней использования компьютера.

Таким образом амортизационные отчисления составили 3059 руб.

### **Накладные расходы**

В статье накладные расходы следует учитывать прочие затраты организации, которые не включены в предыдущие статьи: оплата электроэнергии, мобильной связи, сети интернет, печать и ксерокопирование материалов исследования.

Их значение определяется как:

$$З_{\text{накл}} = \sum_1^5 З_i \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Величина накладных доходов составит:

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{накл}} &= (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + A) * k_{\text{нр}} = \\
 &= (4460,92 + 128469,38 + 19270,40 + 41367,14 + 3059) * 0,16 = \\
 &= 31460,29 \text{ руб.}
 \end{aligned}$$

### **Формирование сметы технического проекта**

Рассчитанные значения затрат НТИ – являются основой для формирования бюджета проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку проекта.

Бюджет НТИ приведён в таблице 4.14.

Таблица 5.14 Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Доля, %
Материальные затраты	4460,92	1,96
Затраты по заработной плате инженера	96882,68	42,48
Затраты по заработной плате руководителя	50857,14	22,3
Взносы во внебюджетные фонды	41367,14	18,14
Амортизационные отчисления	3059,00	1,34
Накладные расходы	31460,29	13,79
<b>Итого</b>	<b>228087,17</b>	<b>100</b>

Таким образом, бюджет затрат ТП составит 228087,17 рублей, почти половину составляет заработная плата инженера.

### **5.8 Определение ресурсоэффективности проекта**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) 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 исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{pi}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{\text{max}}$  - максимальная стоимость исполнения научноисследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный финансовый показатель разработки:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{228087,17}{260780} = 0,87;$$

Интегральный финансовый показатель аналога:

$$I_{\text{финр}}^{a_1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{260780}{260780} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{a_2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{242845}{260780} = 0,93;$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

## **5.9 Выводы по разделу**

В результате проведенной работы, установлено, что разработка устройства «Фото-видеослайдер» экономична, энергоэффективна, характеризуется низкой себестоимостью, высокой производительностью труда, в связи с чем, считаю, данный научно-исследовательский проект конкурентоспособным. Также можно сказать, что задачи, поставленные в данном разделе выпускной квалификационной работы, решены в полном объеме, а именно:

1. Согласно анализу конкуренции научной разработки, коэффициент составил 3,44, что больше чем у конкурентов, для которых он составил 2,85 и 3,15.

2. Был проведен SWOT анализ, который показал, что при соблюдении выполненных условий, внедрение разработки устройства позволит укрепиться и конкурировать на внутреннем рынке, и выйти на внешний рынок.

3. Был проведен расчет всех затрат, суммарные затраты составили 228087,17 руб.

4. Рассчитан бюджет НТР (на основную заработную плату – 128469,38 руб., на дополнительную – 19270,41 руб., отчисления во ВБФ - 41367,14 руб., амортизационные отчисления 3059 руб., материальные затраты 4460,92 руб., накладные расходы 31460,29 руб.).

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

## «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ71	Булгин Максим Алексеевич

Школа	ИШНПТ	Кафедра	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.05 «Конструкторско- технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Тема ВКР:

<b>Разработка конструкции фото-видеослайдера.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект данного проектирования – конструкция поворотного и наклонного механизма фото-видеослайдера. Эксплуатация предусматривает использование внутри либо снаружи помещения.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <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>	Ст. 99 ТК РФ Ст. 112 ТК РФ ГОСТ 12.2.032-78 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: повышенный шум, повышенная температура, нехватка естественного света, малая освещенность.  Опасные факторы: возможность поражения электрическим током и получение травмы от подвижных частей устройства, а также термических ожогов.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Влияние оборудования на гидросферу. Методы утилизации. Меры для защиты окружающей среды.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС - возгорание оборудования, пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Исаева Елизавета Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ71	Булгин Максим Алексеевич		



## **6. Социальная ответственность**

### **6.1 Введение**

Каждый человек, участвующий в процессе трудовой деятельности подвергается воздействию многих производственных факторов, которые оказывают влияние на здоровье человека. Совокупность этих факторов называется условиями труда, которые можно охарактеризовать двумя видами факторов: опасные и вредные.

Во избежание вреда здоровью и несчастных случаев, необходимо обеспечить рабочее место соблюдением всех правил, ГОСТов, СНИПов, законодательных норм, Федеральных законов.

В процессе работы была разработана конструкция слайдера для фото-видеосъемки. Для управления и контроля данного устройства необходимо непосредственное участие человека, который в свою очередь может столкнуться с рядом опасных и вредных факторов. Рабочим местом является пространство в непосредственной близости к работающему устройству. Кроме того, применяется работа за персональным компьютером при разработке устройства и программировании его работы.

Цель раздела: выявление возможных опасных и вредных факторов при процессе разработки устройства и работы с ним, а также определение комплекса мер по предотвращению негативного воздействия на здоровье человека, работающего с устройством, а также изучение вопроса охраны окружающей среды, создание комфортных условий труда и перечисление организационных и технических мер, предусмотренных для ЧС.

Организация рабочего места должна соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности. А для рационализации производственного процесса необходимо учитывать предписанные нормы труда: соблюдать распорядок работы и отдыха.

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

Охрана труда и ее составные части (производственная санитария, техника безопасности и др.) отражены в нормативно-правовых источниках, которыми руководствуются все ведомства страны и организации всех организационно-правовых форм. Непосредственное участие работников в трудовой деятельности регулируется совокупностью норм, составляющих трудовое право. В правовые отношения вступают работники, с одной стороны, и предприятия (организации) в лице работодателей - с другой.

Нормой продолжительности рабочего времени является работа по 40 часов в неделю. Для работающих по календарю пятидневной рабочей недели с двумя выходными днями, нормальная продолжительность ежедневной работы не может превышать 8 часов, а для работающих по календарю шестидневной рабочей недели с одним выходным днем - 7 часов. ежедневной работы не может превышать 10 часов. Применение сверхурочных работ допускается в случаях и порядке, предусмотренных статьей 99 ТК РФ. Сверхурочные работы не должны превышать для каждого рабочего четырех часов в течение двух дней подряд и 120 часов в год. Работа в нерабочие праздничные дни допускается в случаях, предусмотренных статьей 112 ТК РФ.

Защита персональных данных работника Томского политехнического университета обеспечивается приказом № 4/од от 18.01.2017 о внесении изменений и дополнений в приказ ректора от 26.01.2016 №6/од Положение «Об обработке и защите персональных данных в Томском политехническом университете».

При разработке конструкции устройства и работы с ним условия труда не являются вредными, так как условия соответствуют всем правовым документам и нормам.

### **6.2.1. Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны**

При разработке устройства основным рабочим местом является место в помещении за компьютером. Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

Помещение должно иметь естественное и искусственное освещение. Расположение рабочих мест за мониторами для взрослых пользователей в подвальных помещениях не допускается. Площадь на одно рабочее место с компьютером для взрослых пользователей должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup>, а объем не менее 20 м<sup>3</sup>. Помещения с компьютерами должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. Для внутренней отделки интерьера помещений с компьютерами должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5. Поверхность пола в помещениях эксплуатации компьютеров должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами. В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи, углекислотный огнетушитель для тушения пожара.

Во время работы расстояние до экрана монитора должно быть не менее 70 см. Для профессиональных операторов персонального компьютера, школьников и студентов на всей территории Российской Федерации действуют санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (в редакции СанПиН 2.2.2/2.4.2198-07 Изменение № 1, СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10 Изменение № 2, СанПиН 2.2.2/2.4.2732-10 Изменение № 3).

Основными мероприятиями для профилактики зрительного утомления являются: правильная организация рабочего места, ограничение продолжительности работы с компьютером в соответствии с категорией пользователя и характером выполняемой им работы; для профессиональных пользователей - обязательные регламентированные перерывы, во время которых следует выполнять специальные упражнения для глаз; в школах, техникумах и вузах - подключение к компьютерам таймеров, нормирующих время работы с монитором, регулярное выполнение упражнений для глаз, восстановление физической работоспособности.

Высота компьютерного стола должна быть такой, чтобы во время работы экран располагался несколько ниже линии взгляда. Под столом должно быть достаточно пространства для того, чтобы время от времени можно было вытянуть уставшие ноги; а кресло должно быть так называемым "компьютерным"- крутящимся, с регулируемой высотой, подлокотниками и удобной спинкой, с полумягким нескользящим покрытием. В положении сидя ступни ног должны располагаться на полу, бедро - параллельно полу, спина прямая.

Глубина стола должна быть такой, чтобы расстояние до экрана монитора было не менее 50 см. Ширина его зависит от количества периферийных устройств и различных канцелярских принадлежностей.

Невыполнение этих требований может привести к получению работником производственной травмы или развития у него профессионального заболевания.

### **6.3. Производственная безопасность**

#### **6.3.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов**

В данном разделе анализируются опасные и вредные факторы, которые могут повлиять на рабочий процесс, оборудование и пользователя.

Так как подобное оборудование может использоваться практически на любой территории, в здании или под открытым небом, необходимо учесть условия окружающей среды и возможные опасные факторы этой среды, которые могут влиять на работу с устройством, оборудование и пользователя.

Из-за различных условий съемки показания освещенности не учитываются.

При разработке конструкции или оборудования важно уделить внимание созданию оптимальных рабочих условий - свести к минимуму воздействие опасных и вредных физических и других факторов. Оптимальными условиями труда принято считать те условия, которые сохраняют здоровье работников и позволяют им работать продолжительное время без потери качества работы.

Таблица 6.1 Опасные и вредные факторы при проектировании и эксплуатации слайдера

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработк	Изготовле	Эксплуата	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014, ГОСТ 12.2.003-91, СН 2.2.4/2.1.8.562–96, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, ГОСТ 12.1.005-88, СП52.13330.2011, ГОСТ 12.2.062-81, ГОСТ 12.4.026-2016, ГОСТ Р 55710-2013
2. Повышенный уровень шума	+	+	+	
3. Малая освещенность	+	+		
4. Риск травмирования о движущиеся части слайдера		+	+	
5. Возможность получения термического ожога		+	+	
6. Возможность получения удара электрическим током	+	+	+	

### 6.3.2. Отклонение показателей микроклимата

В зависимости от места использования устройства (помещение, пространство под открытым небом), необходимо учитывать такой фактор, как микроклимат. Необходимо, чтобы работа с оборудованием проходила в местах не опасных для здоровья пользователя. Учитываются такие показатели, как температура поверхностей, температура, относительная влажность, загрязненность и скорость движения воздуха.

Повышенные или пониженные значения этих параметров выступают как опасные или вредные факторы производства. Показатели микроклимата для легкой категории работ согласно ГОСТ 12.1.005-88 приведены в таблице 5.3.

Таблица 6.2 Показатели микроклимата

Период года	Температура °С			Относительная влажность в %		Скорость движения, м/ с	
	Оптим. граница	Верхняя граница	Ниж. Гр.	Оптимальн. граница	Допустим. максимум	Оптимальн.	Допустим. максимум
Хол.	22-24	24,5	21	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	26	22	40-60	55	0,1	0,21

При работе в помещении при незначительных изменениях данных параметров используется естественная вентиляция, при значительных уровнях воздействия загрязняющих и тепловых факторов рекомендуется использовать устройства для вентиляции. Данный тип устройств обеспечит нормализацию температуры, уменьшение концентрации вредных веществ и приток свежего воздуха в рабочее помещение.

Данные меры необходимы для защиты и сохранности здоровья работника.

### 6.3.3. Повышенный уровень шума

Интенсивное шумовое воздействие на организм человека неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита. В данных условиях труда источниками шума являются: работа шаговых двигателей и сервоприводов при использовании самого устройства. В качестве характеристик постоянного шума на рабочих местах, а также для определения эффективности мероприятий по ограничению его неблагоприятного влияния, принимаются уровни звукового давления в децибелах (дБ) в октавных полосах

со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, [согласно ГОСТ 12.1.003- 2014 ССБТ «ШУМ. Общие требования безопасности»]. В качестве общей характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБ(А), представляющая собой среднюю величину частотных характеристик звукового давления. Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный параметр - эквивалентный уровень звука в дБ(А) 89.

Основные мероприятия по борьбе с шумом - это технические мероприятия, которые проводятся по главным направлениям:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике; -ослабление шума на путях передачи; использование индивидуальных средств защиты (беруши, наушники, ватные тампоны);
- проведение периодических медицинских осмотров с прохождением аудиометрии;
- соблюдение режима труда и отдыха;
- проведение профилактических мероприятий, направленных на восстановление здоровья;
- непосредственная защита работающих.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные, однако этот путь борьбы не всегда возможен, поэтому большое значение имеет снижение его в источнике. Снижение шума в источнике достигается путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум, использования в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами, оборудования на источнике шума дополнительного звукоизолирующего устройства или ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику.

Источником шума при работе с устройством являются шаговые двигатели и сервоприводы. Общий уровень шума этого оборудования имеет значения ниже

максимально допустимого (15-25 дБ). Этот показатель соответствует допустимым нормам.

#### **6.3.4. Малая освещенность**

К освещению на рабочем месте выдвигаются высокие требования. От правильного света зависит, насколько качественно будет выполнена работа, не будут ли совершены погрешности. Он влияет на самочувствие работника, его психофизиологическое состояние и здоровье. Нормы освещенности офисного рабочего места отличаются от норм для промышленных помещений, но всё равно являются строго регламентированными нормативными актами.

Взрослый человек проводит на работе около трети своего времени. Ему должно быть комфортно, удобно, за это время он не должен переутомиться и ухудшить своё здоровье. Работнику должны быть созданы безопасные условия труда, и свет на это тоже влияет.

Основные требования к освещению рабочих мест таковы:

- оптимальная яркость, которая не влияет на зрение. Свет не должен быть слишком тусклым, но не должен и слепить глаза;
- равномерность подсветки. На рабочем месте не должно образовываться множество теней. Если основного света с потолочных светильников недостаточно, то используют настольные лампы или другие осветительные приборы;
- возможность индивидуально регулировать уровень освещения за рабочим местом;
- безопасность для работника и процесса производства.

Каким должно быть правильное освещение рабочего места, определяет не сам сотрудник или его работодатель. Нормы регламентируются нормативными актами, где закреплён допустимый уровень яркости в Люксах.

Нормативные документы:



- СНиП — строительные нормы и правила проектирования освещения;
- СанПиН — санитарные правила и нормы, которые включают в себя всю гигиену труда, в том числе и гигиену света;
- ГОСТ Р 55710-2013 — регламентирует световые нормативы внутри зданий.

Для офисных помещений, где используются компьютеры, выдвигаются особые требования. Причиной является дополнительное воздействие на глаза света от монитора, которое нужно компенсировать искусственной подсветкой.

В комнатах с использованием компьютерной техники с дисплеями яркость общего света должна быть не менее 200 Лк. Если компьютеры стоят на рабочем столе, то уровень комбинированного освещения должен составлять 500/300 Лк, а искусственного — 400 Лк.

#### **6.3.5. Риск травмирования о движущиеся части слайдера**

Разрабатываемое устройство имеет подвижные части, такие как каретка, которая движется по направляющим и устройства поворота и наклона камеры. Эти элементы имеют небольшой вес и развивают низкую скорость при движении, но при неосторожном обращении способны нанести вред здоровью человека. Во избежание этого, устройство оснащено включением с помощью переключателя и имеет концевые выключатели движения, кроме того, конструкция устройства разработана таким образом, чтобы исключить возможные травмы при работе с ним.

Требования по безопасности оборудования предусмотрены нормативным документом ГОСТ 12.2.003-91.

#### **6.3.6. Возможность получения термического ожога**

При работе разрабатываемого изделия некоторые элементы механизмов могут нагреваться. Такими элементами могут являться шаговые двигатели, электронные компоненты для управления, блок питания устройства.

При тестировании устройства опытным путем было выявлено, что температура нагрева элементов, перечисленных выше, не способна причинить вред здоровью человека. Максимальная температура нагрева элементов устройства – 42 °С.

Требования по безопасности оборудования соответствуют ГОСТ 12.2.003-91.

Элементы оборудования, подверженные сильному нагреву в результате работы должны быть обозначены предупреждающими знаками о возможности получения термического ожога в соответствии с ГОСТ 12.4.026-2016.

Во избежание получения термических ожогов пользователю рекомендуется следовать следующим правилам:

- Не прикасаться к нагревающимся частям устройства, которые отмечены специальными знаками;
- Использовать устройство по назначению;
- Использовать устройство при температуре окружающего воздуха в соответствии с инструкцией.

#### **6.3.7. Возможность получения удара электрическим током**

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения; защитное заземление, зануление или отключение; вывешивание

предупреждающих надписей; контроль за состоянием изоляции электрических токоведущих частей.

Требования по безопасности оборудования соответствуют ГОСТ 12.2.062-81.

Для обеспечения безопасности пользователя, рекомендуется:

- подключать устройство к сети, которая имеет защитное заземление;
- не прикасаться к токоведущим частям устройства;
- не вскрывать защитные кожухи при включенном в сеть устройстве;
- не допускать попадание на устройство влаги;
- не использовать устройство при обнаружении неисправностей токоведущих частей, двигателей и электронных частей.

#### **6.4. Экологическая безопасность**

При разработке оборудования и работе на нем необходимо учитывать его воздействие на окружающую среду. Выбросы на большинстве предприятий достигают значений, которые могут привести к экологической катастрофе. Необходимо модернизировать предприятия, чтобы значительно снизить выброс вредных веществ либо полностью перейти на безотходное производство.

При работе разрабатываемого слайдера не возникает выбросов вредных веществ, с этой точки зрения оборудование полностью безопасно. Для работы оборудования не требуется дополнительных элементов и веществ, которые необходимо безопасно утилизировать или очищать.

Так как работа оборудования является безотходным то и не требуется утилизация продуктов работы, что положительно влияет на окружающую среду.

Необходимо так же учесть, что некоторые части устройства, например, аккумуляторы требуют определенной утилизации. В состав компонентов аккумуляторов входят: щелочи, кислоты, тяжелые металлы. При попадании в гидросферу и литосферу они могут нанести непоправимый вред.

После отработки срока службы, аккумуляторы следует сдавать в специальные службы утилизации подобного оборудования. Подобные службы

имеют необходимое оборудование для безопасной утилизации отработанных батарей. Подобные меры обеспечат отсутствие пагубного влияния на окружающую среду.

### **6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

Пожар в помещении представляет особую опасность, так как он грозит уничтожением ЭВМ, аппаратуры, инструментов, документов, которые представляют большую материальную ценность, и возникновением пожара в соседних помещениях.

Здание, в котором находится рабочее место студента, разрабатывающего устройство, по пожарной опасности строительных конструкций относится к категории К1 (малопожароопасное), поскольку здесь присутствуют горючие (книги, документы, мебель, оргтехника и т.д.) и трудносгораемые вещества (сейфы, различное оборудование и т.д.), которые при взаимодействии с огнем могут гореть без взрыва.

В кабинете источниками воспламенения могут быть:

- неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр;
- неисправные электроприборы. Необходимые меры для исключения пожара включают в себя: своевременный ремонт электроприборов, качественное исправление поломок, неиспользование неисправных электроприборов;

- обогрев помещения электронагревательными приборами с открытыми нагревательными элементами. Открытые нагревательные поверхности могут привести к пожару, так как в помещении находятся бумажные документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага – легковоспламеняющийся предмет;
- короткое замыкание в электропроводке. В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.
- попадание в здание молнии. В летний период во время грозы возможно попадание молнии вследствие чего возможен пожар;
- несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару.

В современных ПК очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, коммутационные кабели, элементы электронных микросхем. При протекании по ним электрического тока выделяется определенное количество теплоты, что может привести к повышению температуры до 80-100оС. При этом возможно плавление изоляции, и как следствие короткое замыкание, которое сопровождается искрением и ведет к недопустимым перегрузкам элементов микросхем. Для отвода избыточной теплоты в ПК используют внутренние вентиляторы.

Для сведения возможности возникновения пожара в помещении к минимуму необходимо выполнять следующие организационные противопожарные меры:

- курить только в специально отведенных местах;
- проводить периодически инструктаж по технике безопасности;
- иметь в наличии план эвакуации людей при возникновении пожара;
- назначить ответственного за пожарную безопасность помещения.

Также необходимо соблюдать следующие технические противопожарные меры:

- по возможности снизить количество легко воспламеняющихся веществ, заменив их аналогами, неподдающимися горению;
- устранить возможные источники возгорания;
- иметь в обязательном наличии средства пожаротушения (огнетушители);
- провести пожарную сигнализацию в помещении;
- содержать электрооборудование в исправном состоянии, по возможности применяя средства, предотвращающие возникновение пожара;
- содержать пути и проходы эвакуации людей в свободном состоянии.

#### **6.6 Выводы по разделу**

В результате проведенной работы были выявлены возможные опасные и вредные факторы, возникающие в процессе разработки, изготовления и эксплуатации устройства. Был определен комплекс мер по предотвращению негативного воздействия на здоровье человека, работающим с устройством и изучены вопросы охраны труда и окружающей среды, определены оптимальные условия труда. Кроме того, изучены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, мероприятия по компоновке рабочей зоны.

В разделе «производственная безопасность» были изучены и предусмотрены меры по соблюдению показателей микроклимата и освещенности, предусмотрены меры во избежание возможности травмирования о движущиеся части устройства, травмирования в результате поражения электрическим током, получения термических ожогов.

Были рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Все вышеперечисленные заключения были учтены при разработке устройства, его изготовления и работы с ним. Во всех этапах проектной работы соблюдались требования безопасности, перечисленные в этом разделе.

## **Заключение**

В результате выполнения магистерской диссертации был проведен аналитический обзор и анализ представленных на рынке аналогов, смоделирована конструкция механизма наклона и механизма поворота камеры фото-видеослайдера, описано их устройство и принцип работы. Произведены расчеты параметров проектируемых механизмов, рассмотрены режимы работы и способы управления движением механизмов.

В ходе выполнения работы на основе построенной принципиальной схемы был проведен анализ движения поворотного механизма. В результате анализа были выявлены влияния компонентов друг на друга и выделены наиболее существенные. Составлена расчетная схема и проведены эксперименты, результатами которых являются графики, исходя из которых были подобраны материалы исполнения деталей механизма, определены параметры модели, коэффициенты упругости и трения между соединениями компонентов.

В результате проведенного анализа и расчетов были изготовлены прототипы разработанных механизмов устройства, реализовано программное обеспечение, отвечающее за работу предусмотренных режимов и выполнена отладка программного кода на физических прототипах.

В результате проведенной работы на тему «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», установлено, что разработка устройства «Фото-видеослайдер» экономична, энергоэффективна, характеризуется низкой себестоимостью, высокой производительностью труда, в связи с чем, считаю, данный научно-исследовательский проект конкурентоспособным. Задачи, поставленные в данном разделе выпускной квалификационной работы, решены в полном объеме.

В разделе «производственная безопасность» были изучены и предусмотрены меры по соблюдению различных показателей, оказывающих влияние на принимающих участие в разработке и проектировании.

## Список литературы и использованных источников

- 1) Аналитика по рынку бытовой техники и электроники за 2017 год — от смартфонов до холодильников. [Электронный ресурс] URL: <https://www.shopolog.ru/metodichka/kompanii-i-rynki/analiz-rynka-bytovoy-tehniki-i-elektroniki-za-2017-god/> (дата обращения 25.04.2019).
- 2) Слайдеры и рельсовые системы [Электронный ресурс] URL: [https://www.fotosklad.ru/catalog/slaydery\\_i\\_telezhki/?PAGEN\\_1=3](https://www.fotosklad.ru/catalog/slaydery_i_telezhki/?PAGEN_1=3) (дата обращения 25.04.2019).
- 3) Панорамирование при съемке видео [Электронный ресурс] URL: <https://kaddr.com/2013/12/videografiya-e03-panoramirovanie-pri-s-emke-video/> (дата обращения 28.04.2019).
- 4) Как снять таймлапс и что это такое [Электронный ресурс] URL: <http://lightroom.ru/photomaster/1749-timelapse-kak-snyat-tajmlaps-cto-eto-takoe.html> (дата обращения 28.04.2019).
- 5) Операторский кран [Электронный ресурс] URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1587277> (дата обращения 28.04.2019).
- 6) Робототехника. Драйвер моторов двухканальный DFRobot на L298N [Электронный ресурс]: URL: <http://www.robototekhnika.ru/estore/catalog/203/835/> (дата обращения 15.05.2019).
- 7) Плата Arduino UNO. Описание, характеристики. [Электронный ресурс] URL: <http://mypractic.ru/urok-2-plata-arduino-uno-r3-opisanie-harakteristiki.html>—Загл. с экрана — Яз. рус. (дата обращения 17.05.2019).
- 8) Подключение сервоприводов к Arduino [Электронный ресурс] URL: <http://zelectro.cc/servoAndArduino/> —Загл. с экрана — Яз. рус. (дата обращения 23.05.2019).
- 9) Arduino для начинающих. Урок 4. Управление сервоприводом [Электронный ресурс] URL: <http://edurobots.ru/2014/04/arduinoserovoprivod/>—Загл. с экрана — Яз. рус. (дата обращения 17.05.2019).



- 10) Программирование Arduino [Электронный ресурс] URL: <http://arduino.ua/ru/prog/#Structure>—Загл. с экрана – Яз. рус. (дата обращения 17.05.2019).
- 11) Академия робототехники. Модули считывания угловой скорости (энкодеры) для Arduino [Электронный ресурс]: URL <https://mirrobo.ru/micro/schityvanija-uglovoj-skorosti-jenkodery-dljaarduino/> (дата обращения 03.05.2019).
- 12) Болотских А.А. Влияние индуктивности обмотки якоря двигателя постоянного тока на динамические свойства системы автоматического регулирования. // Молодежный научно-технический вестник. 2015. #12.
- 13) ЗИП Электронные компоненты. F130 серии [Электронный ресурс]: URL <http://www.zip-2002.ru/?z=html&separ=108/> (дата обращения 03.05.2019).
- 14) Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. -400 с.: ил. – (Электроника).
- 15) Робофорум. Н-мост [Электронный ресурс]: URL <http://roboforum.ru/wiki/Н-%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82> (дата обращения 16.05.2019).
- 16) Кашкаров А.П. Микроэлектромеханические системы и элементы. – Москва: 2018. - 114 с.
- 17) Монк С. Электроника. Сборник рецептов. Готовые решения на базе Arduino и Raspberry Pi (+code). – Москва: 2019. – 482 с.
- 18) Ануфриев И.Е. Самоучитель atlab. – СанктПетербург: 2002. –736 с.
- 19) Момот М.В. Мобильные роботы на базе Arduino. - СанктПетербург: 2018. –336 с.
- 20) Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. – Москва: 1987. – 200 с.
- 21) Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. - СанктПетербург: 2016. –336 с.
- 22) Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс. Учебное пособие. – Москва: 2018. – 498 с.

- 23) Юревич. Е.И. Основы робототехники. – Москва: 2018. – 304 с.
- 24) Культин Н.И. С/С++ в задачах и примерах. - СанктПетербург: 2019. – 272 с.
- 25) Завистовский В.Э. Техническая механика. – Москва: 2019. – 376 с.
- 26) Ревич Ю. Занимательная электроника. - СанктПетербург: 2018. – 672 с.
- 27) Скарпино М. Двигатели для моделистов. Руководство по шаговым двигателям, сервоприводам и другим типам электродвигателей. – Москва: 2018. – 432 с.
- 28) ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. 103
- 29) СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки // Библиотека гостов и нормативов. 2016.
- 30) ГОСТ 12.1.003-83 (ССБТ). Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
- 31) ГОСТ 31319-2006. Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах.
- 32) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. 15.СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
- 33) Санитарные правила по гигиене труда водителей автомобилей: N 4616-88, 5 мая 1988 г. Гигиенические требования к ВДТ, ПЭВМ и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2.542 – 96. – М., 1996
- 34) ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Приложение А**  
**Английская часть**

Development of a photovideoslider

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ71	Булгин М.А.		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент (ОМ, ИШНПТ)	Дронов В.В.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения ИЯ	Устюжанина А.К.	к.ф.н.		

## **Introduction**

Nowadays, devices called “photovideosliders” have become very popular. These devices help in making different kinds of video, thanks to them, you can capture panoramic video, create video for the presentation of new products, making amateur and professional videos.

Such effects and possibilities are achieved with the help of a rather simple device design: it is a rail system, along which the carriage moves along the rail with the help of drives or manually, with a camera mounted on it. Some types of sliders provide mechanisms on the carriage that can rotate the camera around its axis and tilt it relative to the surface on which the device is located, thus focusing on one object, tracking it, the effect of turning relative to the object or passing by it can be achieved.

Currently, most of these devices on the market are not automated (motorized), but are controlled manually. Automated devices are most often performed on a professional level by large manufacturing corporations and have a very high price compared to household sliders. On this basis, the issue of developing and creating a device equipped with an automated and simple control, having a low price, and allowing consumers to shoot spectacular and high-quality video materials, becomes topical.

Based on the foregoing, the purpose of this work is to consider the principle of operation of the slider for photo-video shooting in general, as well as tilt and rotate camera mechanisms, analyze the market with the models presented, prepare for designing the design of these mechanisms with regard to the solutions considered and implement the design in full size.

## 1 Informational and analytical review

### 1.1 Device Description

A photo-video slider is a device designed to take material on a photo or video camera with effects of panoramic shooting, “Time lapse”, “Bullet time”, later in the work these effects will be described in more detail. An image of an example of such a device is shown in Figure 1.



Fig. 1 Image of a domestic photovideoslider

Modern sliders are a system of guides along which the carriage moves, with a camera fixed on it. The movement of the carriage can be carried out manually or automatically by motion drives.

Sliders are most often used for horizontal panning, for this the flat horizon of the device is set, video recording or a series of shots are started, after which the carriage moves manually or automatically along the line of the rail or guides and the effect of panoramic shooting is obtained. Along with the movement of the carriage rotation function can be added to the camera around its axis, as well as tilt relative to the device horizon. Thus, various effects are achieved when shooting.

Another way to use the slider is to smoothly zoom in or out from the object. Often in this case, a technique is used in which at the initial stage the object is not in

the focus of the lens, but when approaching, the camera focuses on it, falling into the area of the sharply depicted space for the selected object.

In addition to the uses described above, sliders are quite often used in the film industry to create effects called “Time lapse” and “Bullet time”.

Timelapse is quite an interesting technique, which is on the verge of photo and video. Recently, this effect has gained great popularity, although the technology itself for decades. Previously, time lapse was used mainly for scientific purposes, for studying slow processes, then it was called frame-by-frame shooting or shooting with an interval.

Timelapse is a clip that is assembled from a variety of photos taken at a certain interval. The interval can range from a few seconds to a few hours. This effect is often used in movie scenes when it is necessary to show a quick flow of time. An example of such an effect is shown in Figure 2.



Fig. 2 Image of the effect “Time lapse”

Another interesting technique used in the film industry is the effect called “Bullettime”.

Bullet time is a combination shooting technique used to create on the screen the illusion of “freezing” time, that is, the movement of the camera and the viewer around a frozen object, in reality quickly moving, for example jump or fall [1]. This technique is used in cinema and computer games, and she gained her fame thanks to

the film “The Matrix”, where she was used in many scenes. The effect of this film is due to the title, since it captures the movement of actors with a slowdown characteristic of high-speed filming. For the same reason, the technique is sometimes called the Matrix effect. An example of using this technology is shown in Figure 3.



Fig. 3 Image of the “Bullettime” effect.

Depending on the design, the sliders can be with a straight rail shape and with a radial (sometimes closed circular); sliding and solid; manual and automated (motorized); with and without camera turning mechanism; with various kinds of motion drives. In addition, automated sliders are currently gaining more popularity. In this paper, the design of an automated slider with the mechanisms of rotation and tilt of the camera.

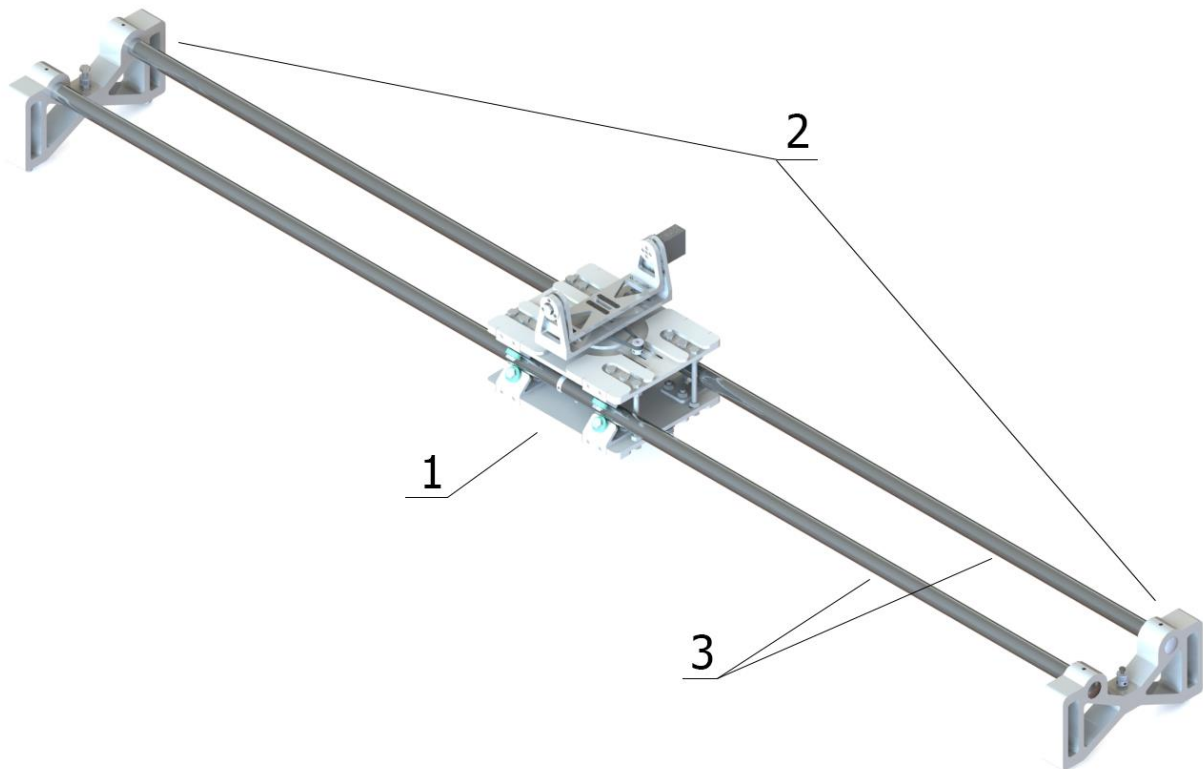
## **1.2 The principle of the slider nodes**

The design of the slider includes 3 main units: the carriage, the rotation mechanism and the tilt mechanism. The image of the photo-video slider model is presented in Figures 4 and 5.

All nodes can operate independently or dependent on each other, this is determined by a given control program. The operation of the device is as follows: the carriage 1 with the camera fixed on it moves along the guides 3, which are fixed in the legs 2 with the help of set screws. Moving the carriage 1 along the guides 3 is carried

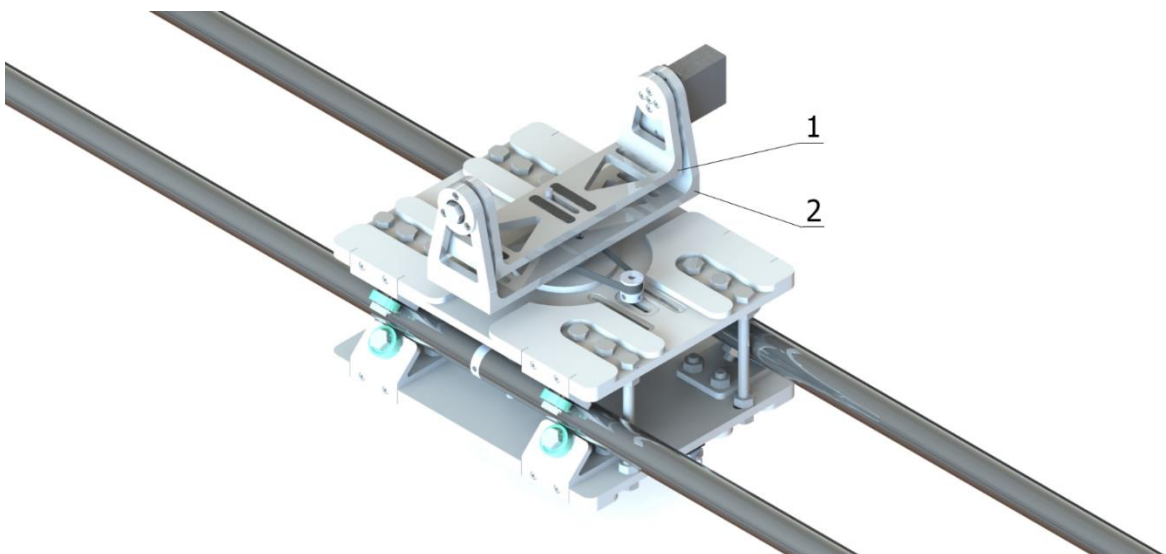


out using a belt drive. The belt is stretched between the legs 2, this is shown in Figure 6.



1 - Carriage; 2 - legs; 3 - guides

Fig. 4 Image model of photo-video slider



1 - Camera tilt mechanism; 2 - camera rotation mechanism

Fig. 5 Image slider photo carriage

In addition, on the carriage installed mechanisms for tilting the camera 1 and turning the camera 2. When these mechanisms work, the effects described earlier in the work are achieved. A detailed description of each device node is presented later in the work.

### **1.2.1 Design and operation of the carriage**

As mentioned earlier, the carriage moves along the guides, ensuring smooth movement at a given speed. The carriage is moved using the belt drive shown in Figure 6. A NEMA 17 stepper motor (42HS40-1704-13A) is mounted on the bottom plate of the carriage, and a 2GT toothed pulley is attached to the shaft of the carriage with the help of set screws. the rotation of the motor shaft, the toothed belt moves along the gear pulley, the ends of which are fixed on the slider legs. To tension the belt and to avoid slipping, tensioning rollers are used in the design, shown in Figure 6. The tensioning rollers are shifted vertically relative to the 2GT toothed pulley to realize tension and tight fit of the toothed belt to the pulley. With the passage of the belt on the tension rollers, they rotate around its axis thanks to the bearings built into the housing.



Fig. 6 Image of a gear pulley (left) and tension rollers (right)

The image of the bottom plate of the slider carriage with a belt drive is shown in Figure 7.

The carriage slides along the guides using a system of bearings placed on the body. Eight bearings are placed at an angle of 45 degrees with respect to the plate surface, thus maintaining the upper and lower plates relative to the guides and sliding along them.

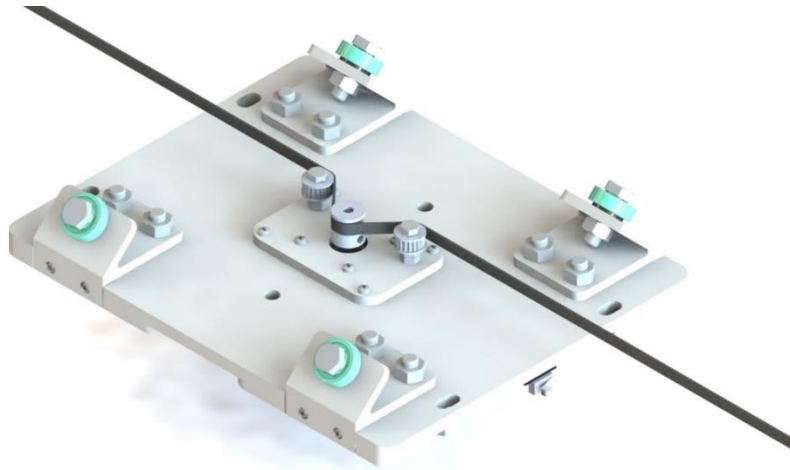


Fig. 7 Image of the bottom plate of the carriage with belt drive

The plates are rigidly interconnected by six M8 bolts with a length of 110 mm, as a result of which the bearings fit snugly to the surface of the guides. Bearings are attached to the housing with the help of specially designed brackets and M8 bolts. The brackets are fixed to the upper and lower plate casing with M3 and M8 bolts at four points, which ensures a rigid connection. The bearings themselves are held on the brackets with M8 bolts, which pass through a hole in the bracket body and are tightened with an M8 nut.

Another 2 bearings are installed vertically relative to the plate surface, and are located at the level of the guides on the inner side. Thus, these 2 bearings provide support from the inside for greater rigidity of the structure and to avoid deflection of the guides when the carriage passes through the midpoint of their length. The location of the bearings in the design is shown in Figure 8.

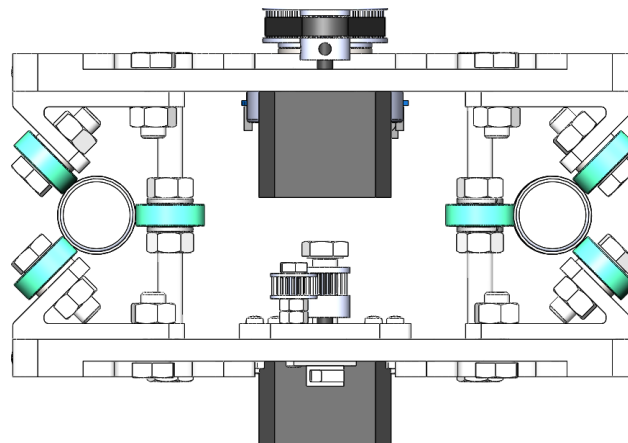


Fig. 8 Image of the location of the bearing system on the carriage body (bearings are green)

The carriage design uses radial bearings 608 2RS in the amount of 10 pieces. The bearing 608 is a ball radial single-row rolling bearing, which has dimensions of 8x22x7 mm, it is used in many devices and mechanisms. Characteristics and dimensions of the bearing 608 2RS are presented in table 1.1

Table 1.1. Characteristics and dimensions of the bearing 608 2RS

Specification	Value	Unit of measurement
Inner diameter	8	mm
Outside diameter	22	mm
Width	7	mm
Load in statics	1,37	kN
Load in dynamics	3,2	kN
Total weight	12	g
Nominal rotation frequency	26000	rpm
Limit rotation frequency	32 000	rpm

To limit the movement of the carriage along the guides, the device has limit switches that operate when the carriage body and the legs come into contact. The image of the limit switch is shown in Figure 9.

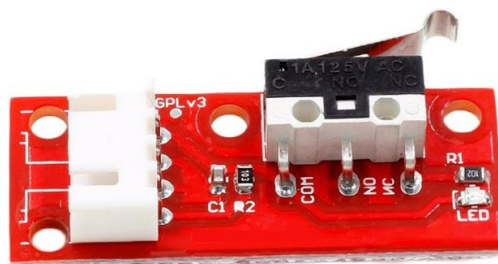


Fig. 9 limit switch

When the carriage reaches the end position, one of the two limit switches mounted on the carriage body interacts with the leg body, the switch button is pressed and it sends a signal to the control device. As a result, the stepping motor stops and can continue to move the carriage only in the opposite direction. The location of the limit switches on one side is shown in Figure 6.

## **1.3 Description of the operation of the stepper motor**

### **1.3.1 Design and structure**

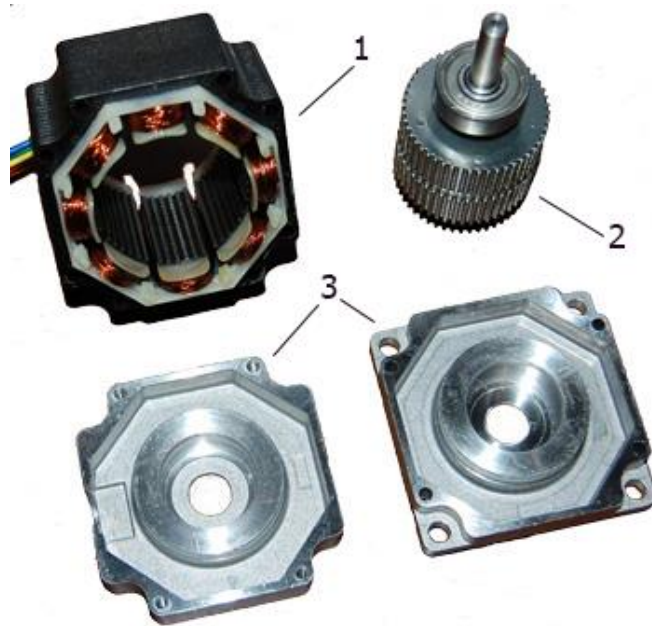
In the design of the device being developed, hybrid bipolar stepper motors of the brand Nema 17 are used. One of them serves to move the carriage relative to the guides, and the second to rotate the camera around its axis. For the application of stepper motors in the design, their connection and proper operation, it is necessary to understand the device and the principle of their operation.

A stepper motor is a synchronous brushless motor with several windings, in which the current supplied to one of the stator windings causes the rotor to lock. Sequential activation of the motor windings causes discrete angular displacements (steps) of the rotor. The windings are activated as a result of the impulse signal applied to them, which is generated by the control device. Each pulse signal is converted to a degree by which the rotor rotates. For example, as in the case of engines used in the design in  $1.8^\circ$  increments, they turn their shaft by  $1.8^\circ$  with each incoming pulse. Often, because of this characteristic, stepper motors are called digital.

For the first time, the emergence of stepper motors dates from the thirties of the XIX century, when they were an electromagnet that set in motion a ratchet wheel. The ratchet wheel moved by the amount of the cog pitch in one electromagnet. Even now, the engines of such a device are widely used in the modern world.

Structurally, stepper motors consist of a rotor made of magnetically soft or magnetically hard material and a stator, which houses the field windings. Stepper motors with a magnetic rotor provide high torque and rotor fixation in a predetermined position when de-energizing the windings.

The main difference between stepper motors from other types of motors lies in the method of rotation of the rotor, due to which the motor shaft rotates. In stepper motors, the rotor does not rotate continuously, but in steps, hence their name. Each step is part of a complete revolution. Basically this part depends on the device of the engine and on the chosen method of controlling it. The design of the bipolar stepper motor is shown in the figure 10.



1 - stator with excitation windings; 2 - rotor; 3 - stator covers

Fig. 10 Hybrid bipolar stepper motor design

According to the rotor design, the following types of stepper motor are distinguished:

- with permanent magnets (rotor made of magnetically hard material);
- reactive (rotor of magnetic material);
- hybrid.

Hybrid engines combine the best features of permanent magnet motors and variable magnet resistance motors. The stator of the hybrid engine, like the rotor, has teeth on its casing; as a result, a large number of equivalent poles are provided, unlike the main poles, on which the windings are located. Four main poles for engines with a step of  $3.6^\circ$  and eight main poles for engines with a step from  $0.9^\circ$  to  $1.8^\circ$  are commonly used, as is the case with used engines.

The rotor teeth provide less resistance to the magnetic circuit in certain positions of the rotor, this improves the static and dynamic moment. This is ensured by an appropriate arrangement of the teeth, at that moment when a part of the rotor teeth is directly opposite the stator teeth, and the other part is between them. On the rotor of a hybrid engine teeth are arranged in the axial direction. The rotor is divided into two parts, between which there is a cylindrical permanent magnet, thus the teeth of the

lower half of the rotor are the south pole, and the teeth of the upper half are the north pole. The lower and upper half of the rotor are arranged so that they are rotated relative to each other by half the pitch angle of the teeth. The number of teeth on one of the halves is always equal to the number of rotor pole pairs. To reduce eddy current losses, the toothed pole pieces of the rotor and stator are assembled from separate plates.

### **1.3.2. Application of stepper motors**

Stepper motors are widely used in mechanical engineering, two-phase hybrid motors with high torque values are especially popular. The angle of one step for such engines is usually  $1.8^\circ$ , or 200 steps for a full revolution, less often engines with a step of  $0.9^\circ$  or 400 steps for a full revolution are used.

Pitch accuracy is determined by the quality of the rotor and stator, most manufacturers of stepper motors guarantee pitch accuracy with no load up to 5% of the pitch. Step increment causes vibrations that lead to a decrease in torque, as well as the excitation of mechanical resonances in the system. The vibration level can be reduced by using the step division modes or by increasing the number of phases. Step division modes are described later in the paper.

Stepper motors are often used in drives of mechanisms and machines operating in start-stop mode, or in drives of continuous motion, where the control action is determined by a sequence of electrical impulses, for example, in CNC machines. Unlike servo drives, stepper motors allow precise positioning without the use of feedback from angle sensors. In addition, stepper motors are used in computer memory devices such as hard drives, optical disk read / write devices, printers and many others.

### **1.3.3. Advantages and disadvantages of stepper motors**

Like all technical devices, stepper motors have a number of advantages and disadvantages.

The advantages of stepper motors include:

- positioning accuracy: when the potential is applied to the winding, the stepping motor will turn through a strictly defined angle;

- low cost: on average, stepper motors are 1.5–2 times cheaper than servo drives;
- long service life, comparable to the lifetime of the entire device, for example, a CNC machine;
- low maintenance requirements: stepper motors practically do not require maintenance due to the peculiarities of their design;
- high torque at low revs;

The disadvantages of stepper motors include:

- the possibility of "slipping" of the rotor: the effect in which the rotor skips step, this can occur under the action of too much load on the shaft or incorrect adjustment of the control program;
- low efficiency: stepper motors consume a large amount of energy even at low loads;
- tendency to resonance, to avoid which the microstepping mode is used;
- strong engine heat during operation;
- impossibility of a quick start after overload on the shaft;
- high noise level when operating at high speeds.

Thus, stepper motors have many drawbacks, but thanks to their advantages, they are used in many branches of engineering.

#### **1.3.4. Stepper Motor Control Modes**

As described earlier, stepper motors can operate in different modes, this is achieved by various ways of applying current to the windings. Consider the control modes of a stepper motor.

##### **Wave control or full-step control of one winding**

This control method is rarely used, and means that electric current flows through only one winding. This method of control is used in order to reduce energy



consumption, it allows to reduce the torque value by half, therefore, the engine load will be minimal, as well as energy consumption. The operation mode is shown in the figure 11.

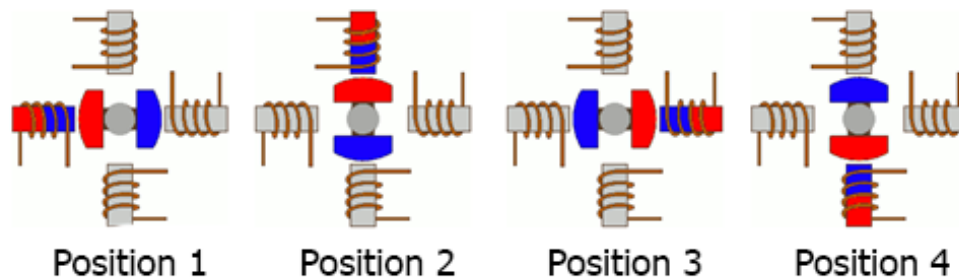


Fig. 11 Rotor position with wave control

### **Full-step control mode**

The most commonly used mode of operation is a full-step mode, in which the voltage on the windings is supplied in pairs. Depending on the method of connecting the windings (in parallel or in series), the motor requires twice as much voltage to operate as compared with wave control. In this mode, the engine provides maximum torque. The work of the full-step mode is shown in Figure 12.

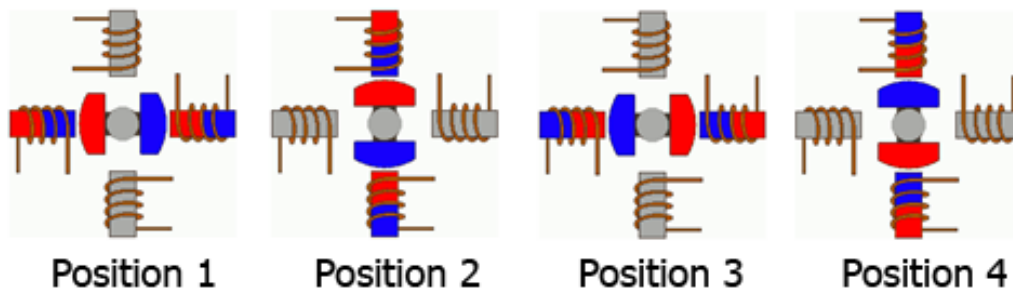


Fig. 12 Rotor position with full-step control

### **Half-step control mode**

When working in this mode, the engine gets doubled positioning accuracy without changes in design. To implement this mode, all pairs of windings can operate simultaneously, with the result that the rotor rotates by half the full pitch. The implementation of this mode can also be carried out using one or two windings. The work of the half-step mode is shown in Figure 13.

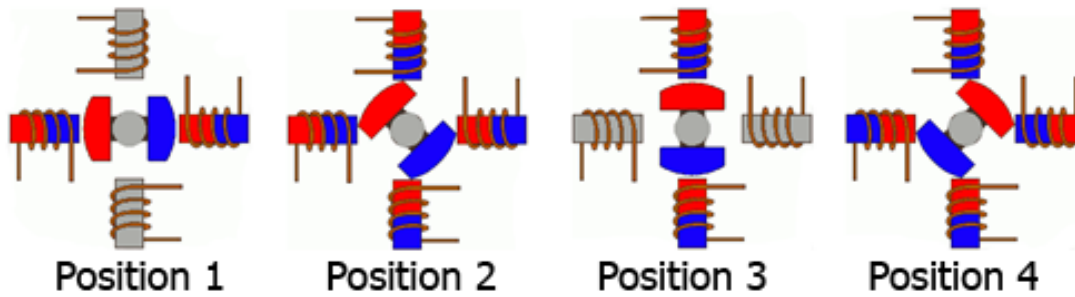


Fig. 13 Rotor position in half-step control mode

### Microstepping mode control

Microstepping mode is very often used nowadays due to its features. The operation of this mode consists in feeding the windings not with pulses, but with a signal that takes the form of a sinusoid or a form of digital signals. Examples of signals are shown in Fig. 14. The microstep control mode is implemented in the operation of the pivoting mechanism of the device being developed, it helps reduce vibrations and inertial forces during rotation, and also rotate the camera through exactly the specified angle.

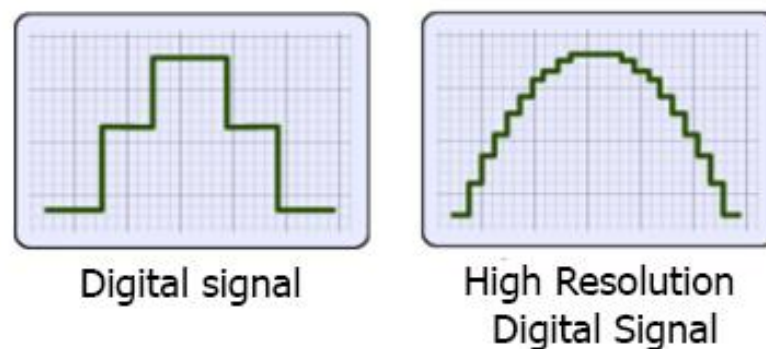


Fig. 14 Examples of signals applied to stepper motor windings

The step-division mode (microstepping mode) is implemented with independent control of the current of the stepper motor windings. Due to the variability of the values of currents in the windings, it is possible to lock the rotor in an intermediate position between the steps. This increases the smoothness of the work and positioning accuracy. The micro-stepping mode operation is shown in Figure 15.

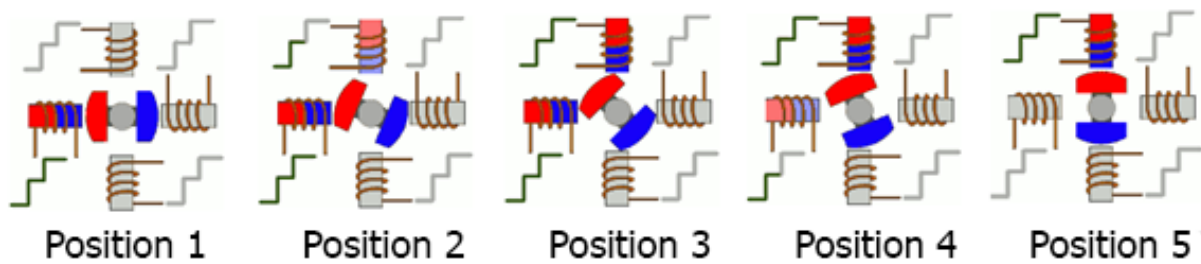


Fig. 15 Position of the rotor with microstepping mode control

Modern stepper motors have a fairly high torque at low rotational speeds, but as the rotor speed increases, the torque decreases, but when using a motor driver with current stabilization based on pulse-width modulation, the dynamic characteristics can noticeably increase. On the picture 16 depicts a graph of torque versus rotor speed for different pitch division modes, from 1 to 128. The graph is based on the study used in the development of a stepper motor of the Nema 17 brand.

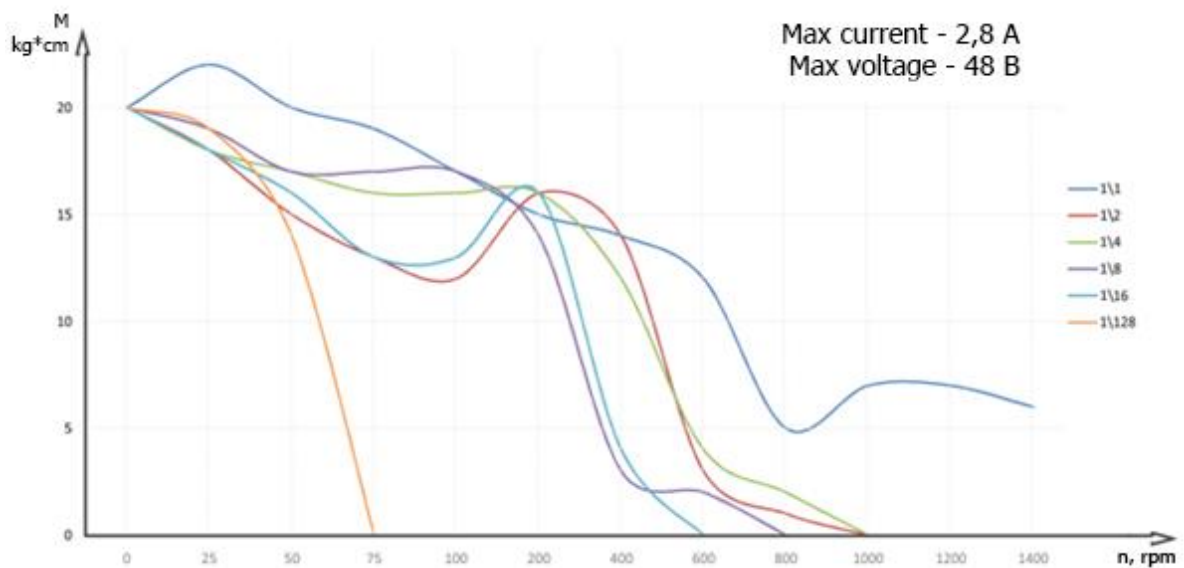


Fig. 16 Graph of torque versus rotor rotation speed for different pitch division modes

Based on the readings of the graph, it can be concluded that the maximum torque is achieved with the full pitch value, and when the pitch is divided, the value of the moment becomes smaller with each new division. Also, pitch division favorably affects the uniformity of engine operation, this is especially noticeable in the pitch division mode of 1 \ 128, but this significantly reduces the value of the maximum rotor speed.

In addition, as the rotation speed increases, the torque value decreases, but depending on the mode, when a certain rotation speed value is reached, the torque increases briefly, and then decreases again.

### 1.3.5. Winding of bipolar stepper motor windings

Since the developed device uses hybrid bipolar stepper motors Nema 17, consider how the rotor windings are connected.

Stepper motors refer to multiphase motors. With an increase in the number of windings, the number of phases also increases, and thus a more stable engine operation is ensured. The most common are two-phase motors, this is the minimum number of phases necessary for the operation of a stepping motor. It should be understood that the number of phases does not always determine the number of windings, for example, if the phase has 2 pairs of windings and the motor is two-phase, then the number of windings is 8. The number of windings is determined by the mechanical characteristics of the motor.

To connect a two-phase stepper motor, 4 wires are used that connect the controller with the windings. The image of the windings with the conclusions presented in Figure 17.

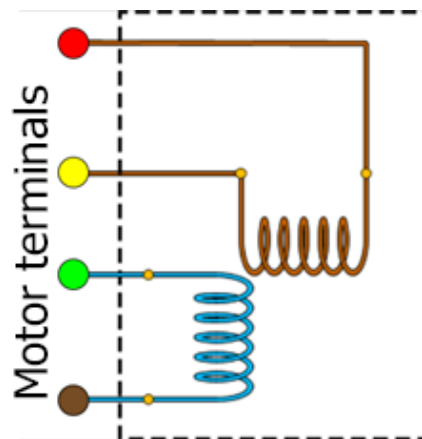
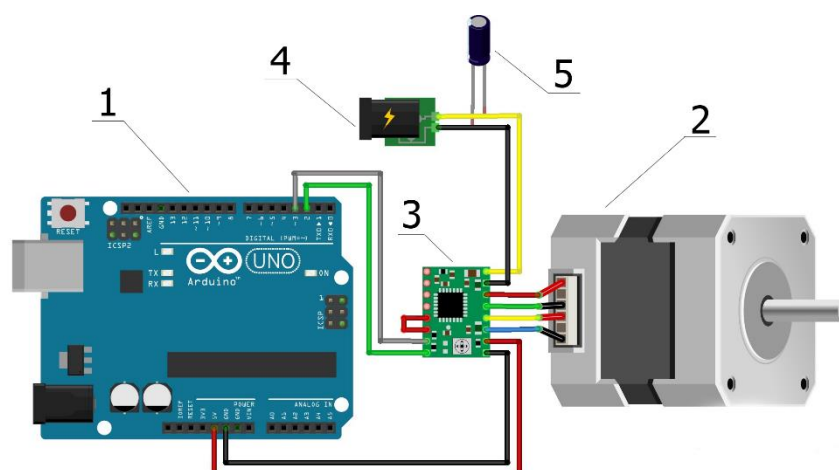


Fig. 17 Two Phase Stepper Motor Connections

In this configuration of the motor, the windings are connected internally in series or in parallel, and their terminals are connected to the corresponding inputs on the stepper motor driver. An example of connecting a stepper motor to the driver A4988 is shown in Figure 18.



1 - Arduino UNO control board; 2 - bipolar stepper motor Nema 17; 3 — A4988 stepping motor driver; 4 - connector for power supply; 5 - surge protection capacitor

Fig. 18 Connection of two-phase stepper motor Nema 17 to driver A4988

### 1.3.6. Performance characteristics

For the expedient use of stepping motors in development it is necessary to know their performance characteristics. In the device under development, two stepper motors of the Nema 17 brand of different power are used, the performance characteristics of which are presented in table 1.2.

Table 1.2. Performance characteristics of stepper motors

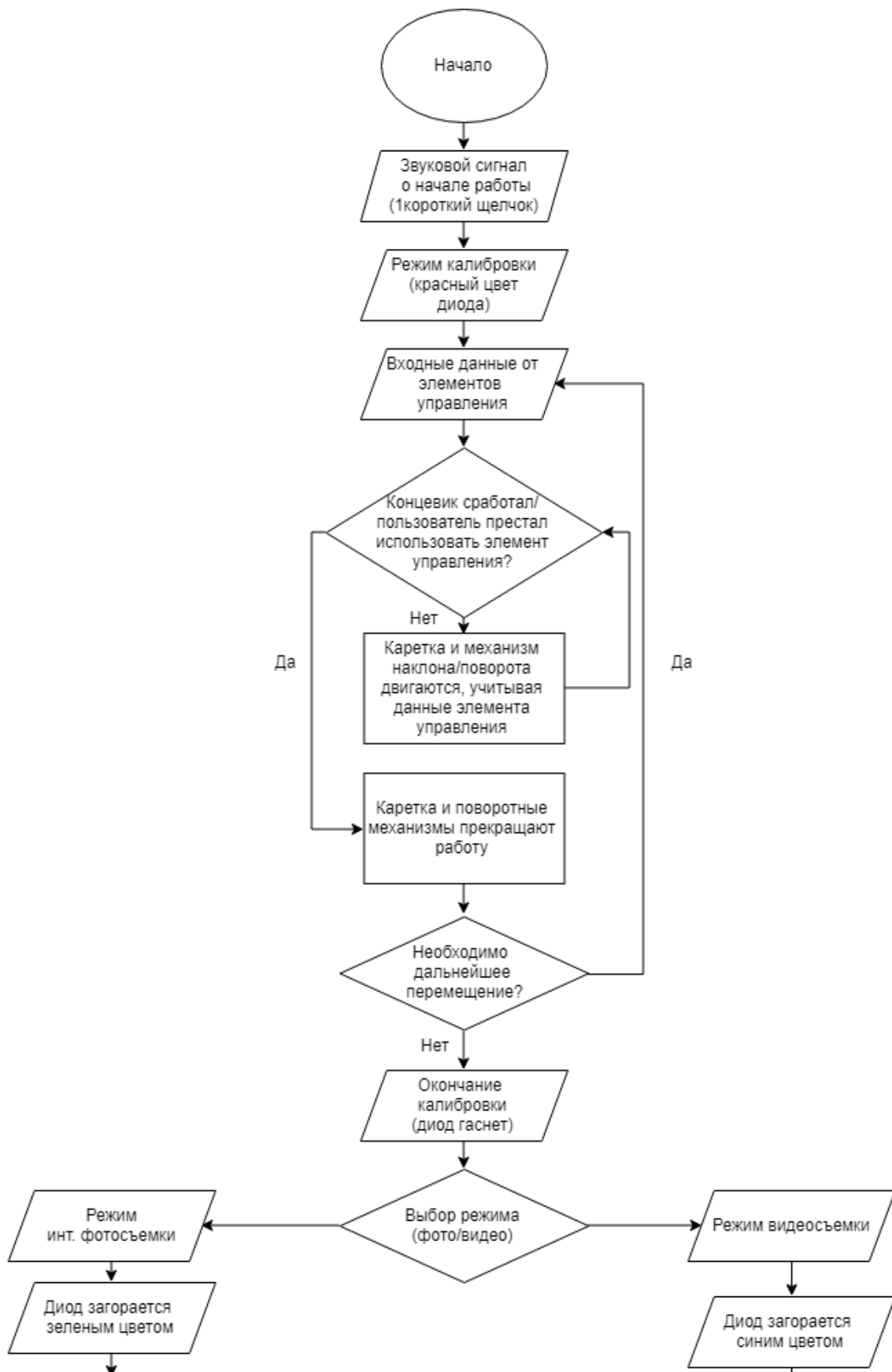
		Name of stepper motor	
Specification	Единица измерения	Nema 17 42HS40-1704-13A	Nema 17HS2408
Corner step	Degrees.	$1.8 \pm 5\%$	$1.8 \pm 5\%$
Operating temperature range	°C	-20...+85	-20...+85
Number of phases		2	2
Rated current	A	1,7	0,6
Сопротивление фазы	Ohm	1,65	8
Phase inductance	mHn	3,2	10
Torque	kg·cm	4,2	1,2
Moment of inertia	g·cm <sup>2</sup>	54	34

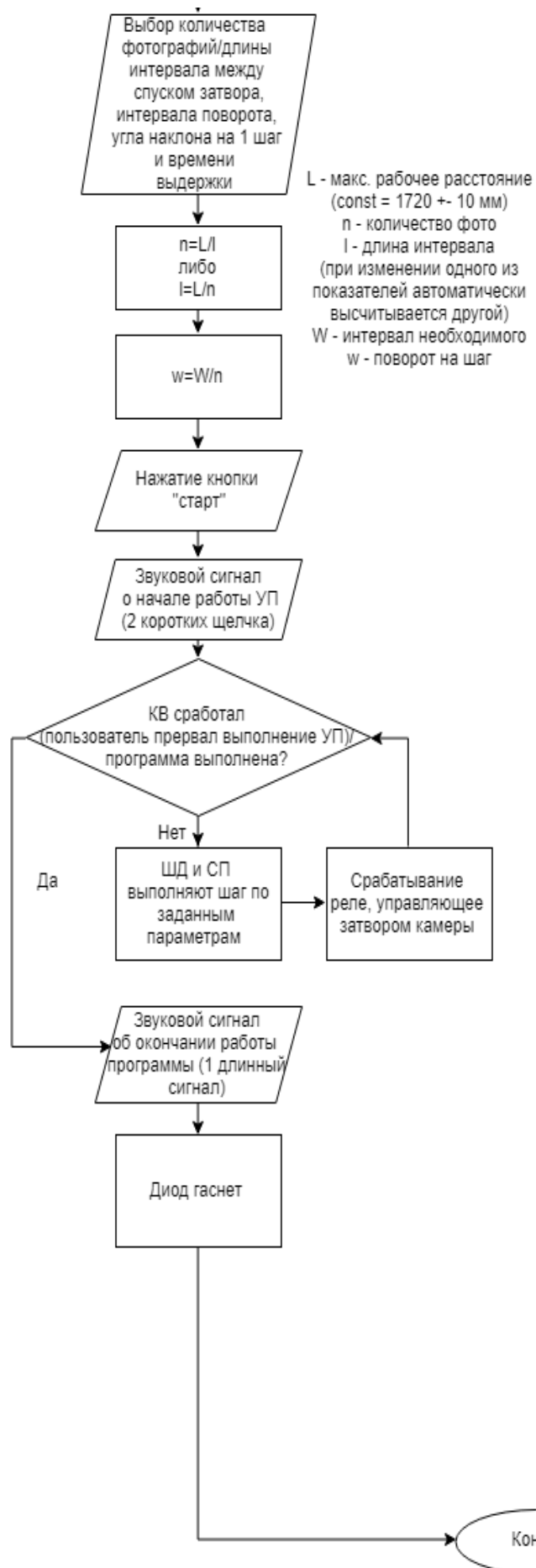
Shaft diameter	mm	5	5
Dimensions	mm	42x42x40	42x42x28
Weight	kg	0,28	0,15

So, based on the values of the table, it can be concluded that the stepper motor Nema 17 42HS40-1704-13A has a large torque, and in general has the best technical characteristics compared to the second engine. This engine serves to move the carriage relative to the guides, for this it must have a large torque value, since it moves a mass of about 3.5 kg using a toothed belt. With such characteristics, the engine has a large overall dimensions and mass compared to the stepper motor Nema 17HS2408, which is used to operate the camera's rotating mechanism. The mechanism together with the camera has a weight of about 1 kg, respectively, the engine has not so much torque and smaller overall dimensions.

## Приложение Б

### Блок-схема алгоритма устройства







## Приложение В

### Исходный код управляющей программы

```
////////////////////////////////////
// RemoteXY include library //
////////////////////////////////////
// определение режима соединения и подключение библиотеки
RemoteXY
#define REMOTEXY_MODE__HARDSERIAL
#include <RemoteXY.h>
#include <Servo.h>
Servo servo;
#include <AccelStepper.h>
AccelStepper Karetka(4, 2, 3, 4, 5);
AccelStepper Povorotniy(4, 6, 7, 8, 9);
// настройки соединения
#define REMOTEXY_SERIAL Serial3
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 9600
// конфигурация интерфейса
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] =
{ 255,67,0,49,0,42,6,8,31,4,
  129,0,48,16,39,4,1,8,208,161,
  208,186,208,190,209,128,208,190,209,129,
  209,130,209,140,32,208,191,208,190,208,
  178,208,190,209,128,208,190,209,130,208,
  176,0,129,0,48,28,35,4,1,8,
  208,161,208,186,208,190,209,128,208,190,
  209,129,209,130,209,140,32,208,186,208,
  176,209,128,208,181,209,130,208,186,208,
  184,0,130,0,0,50,100,13,0,17,
  129,0,36,52,30,4,0,24,208,146,
  209,139,208,177,208,190,209,128,32,209,
  128,208,181,208,182,208,184,208,188,208,
  176,0,131,3,4,57,20,5,1,31,
  8,208,160,209,131,209,135,208,189,208,
  190,208,185,0,131,2,41,57,20,5,
  3,31,24,84,105,109,101,32,108,97,
  112,115,101,0,131,2,75,57,20,5,
  2,31,24,66,117,108,108,101,116,32,
  116,105,109,101,0,1,8,6,17,9,
  9,1,24,31,226,134,144,0,1,8,
  15,8,9,9,1,24,31,226,134,145,
  0,1,8,24,17,9,9,1,24,31,
```

32,226,134,146,0,1,8,15,26,9,  
 9,1,24,31,226,134,147,0,4,128,  
 48,21,27,5,1,24,17,67,5,75,  
 21,9,5,1,24,31,5,4,128,48,  
 33,27,5,1,24,17,67,5,75,33,  
 9,5,1,24,31,5,1,9,53,41,  
 41,7,1,24,31,208,161,208,180,208,  
 181,208,187,208,176,209,130,209,140,32,  
 209,132,208,190,209,130,208,190,0,65,  
 12,49,8,22,5,0,65,12,75,8,  
 22,5,0,129,0,53,2,14,3,0,  
 24,208,154,208,190,208,189,209,134,208,  
 181,208,178,208,184,208,186,0,129,0,  
 79,2,14,3,0,24,208,154,208,190,  
 208,189,209,134,208,181,208,178,208,184,  
 208,186,0,129,0,55,5,10,3,0,  
 24,208,187,208,181,208,178,209,139,208,  
 185,0,129,0,80,5,12,3,0,24,  
 208,191,209,128,208,176,208,178,209,139,  
 208,185,0,2,1,1,1,18,5,1,  
 2,24,24,31,208,146,208,186,208,187,  
 0,208,146,209,139,208,186,208,187,0,  
 129,0,2,10,34,3,2,24,208,157,  
 208,176,209,135,208,176,208,187,209,140,  
 208,189,208,190,208,181,32,208,191,208,  
 190,208,187,208,190,208,182,208,181,208,  
 189,208,184,208,181,32,208,186,208,176,  
 209,128,208,181,209,130,208,186,208,184,  
 0,1,10,4,14,19,5,2,8,31,  
 208,154,209,128,208,176,208,185,208,189,  
 208,181,208,181,32,208,187,208,181,208,  
 178,208,190,208,181,0,1,10,24,14,  
 19,5,2,24,31,208,154,209,128,208,  
 176,208,185,208,189,208,181,208,181,32,  
 208,191,209,128,208,176,208,178,208,190,  
 208,181,0,129,0,2,39,19,3,3,  
 24,208,146,209,128,208,181,208,188,209,  
 143,32,208,186,208,176,208,180,209,128,  
 208,176,0,7,36,47,34,9,3,3,  
 2,26,2,11,129,0,57,39,5,3,  
 3,24,209,129,208,181,208,186,0,129,  
 0,2,24,18,3,3,24,208,148,208,  
 187,208,184,208,189,208,176,32,209,136,  
 208,176,208,179,208,176,32,208,186,208,  
 176,209,128,208,181,209,130,208,186,208,

184,0,7,36,47,24,9,3,3,2,  
 26,2,11,129,0,57,24,4,3,3,  
 24,208,188,208,188,0,129,0,2,29,  
 43,3,3,24,208,159,208,190,208,178,  
 208,190,209,128,208,190,209,130,32,208,  
 186,208,176,208,188,208,181,209,128,209,  
 139,32,40,208,190,209,130,32,48,32,  
 208,180,208,190,32,49,56,48,41,0,  
 129,0,2,34,43,3,3,24,208,157,  
 208,176,208,186,208,187,208,190,208,189,  
 32,208,186,208,176,208,188,208,181,209,  
 128,209,139,32,40,208,190,209,130,32,  
 45,50,48,32,208,180,208,190,32,57,  
 48,41,0,129,0,57,29,13,3,3,  
 24,208,179,209,128,208,176,208,180,47,  
 209,136,208,176,208,179,0,129,0,57,  
 34,13,3,3,24,208,179,209,128,208,  
 176,208,180,47,209,136,208,176,208,179,  
 0,7,36,47,29,9,3,3,2,26,  
 2,11,7,36,47,39,9,3,3,2,  
 26,2,11,1,0,77,19,13,13,3,  
 134,31,208,161,209,130,208,176,209,128,  
 209,130,0,1,8,4,33,9,9,1,  
 24,31,226,134,182,0,1,8,26,33,  
 9,9,1,24,31,226,134,183,0,129,  
 0,85,22,11,3,1,24,209,136,208,  
 176,208,179,47,99,208,181,208,186,0,  
 129,0,85,34,11,3,1,24,209,136,  
 208,176,208,179,47,99,208,181,208,186,  
 0,129,0,20,2,13,4,1,24,208,  
 160,208,181,208,182,208,184,208,188,0,  
 1,0,77,34,13,13,3,1,31,208,  
 161,209,130,208,190,208,191,0,129,0,  
 2,44,33,3,3,8,208,158,208,177,  
 209,137,208,181,208,181,32,208,178,209,  
 128,208,181,208,188,209,143,32,209,128,  
 208,176,208,177,208,190,209,130,209,139,  
 58,0,67,4,47,44,9,3,3,2,  
 26,4,129,0,57,44,6,3,3,24,  
 208,188,208,184,208,189,0,2,1,1,  
 1,18,5,3,2,24,24,24,208,146,  
 208,186,208,187,0,208,146,209,139,208,  
 186,208,187,0,129,0,20,2,13,4,  
 3,24,208,160,208,181,208,182,208,184,  
 208,188,0,129,0,2,10,45,3,3,

24,208,157,208,176,209,135,208,176,208,  
 187,209,140,208,189,208,190,208,181,32,  
 208,191,208,190,208,187,208,190,208,182,  
 208,181,208,189,208,184,208,181,32,208,  
 186,208,176,209,128,208,181,209,130,208,  
 186,208,184,0,1,10,4,14,19,5,  
 3,24,31,208,154,209,128,208,176,208,  
 185,208,189,208,181,208,181,32,208,187,  
 208,181,208,178,208,190,208,181,0,1,  
 10,24,14,19,5,3,24,31,208,154,  
 209,128,208,176,208,185,208,189,208,181,  
 208,181,32,208,191,209,128,208,176,208,  
 178,208,190,208,181,0,2,1,1,1,  
 18,5,2,2,24,24,24,208,146,208,  
 186,208,187,0,208,146,209,139,208,186,  
 208,187,0,129,0,20,2,13,4,2,  
 24,208,160,208,181,208,182,208,184,208,  
 188,0,4,128,40,21,27,5,2,24,  
 26,4,128,40,27,27,5,2,24,26,  
 129,0,10,22,26,3,2,24,208,161,  
 208,186,208,190,209,128,208,190,209,129,  
 209,130,209,140,32,208,186,208,176,209,  
 128,208,181,209,130,208,186,208,184,0,  
 129,0,10,28,29,3,2,24,208,161,  
 208,186,208,190,209,128,208,190,209,129,  
 209,130,209,140,32,208,191,208,190,208,  
 178,208,190,209,128,208,190,209,130,208,  
 176,0,129,0,10,34,27,3,2,24,  
 208,161,208,186,208,190,209,128,208,190,  
 209,129,209,130,209,140,32,208,189,208,  
 176,208,186,208,187,208,190,208,189,208,  
 176,0,4,128,40,33,27,5,2,24,  
 26,67,4,66,21,9,5,2,24,31,  
 11,67,4,66,27,9,5,2,24,31,  
 11,67,4,66,33,9,5,2,24,31,  
 11,129,0,75,22,11,3,2,24,209,  
 136,208,176,208,179,47,209,129,208,181,  
 208,186,0,129,0,75,28,11,3,2,  
 24,209,136,208,176,208,179,47,209,129,  
 208,181,208,186,0,129,0,75,34,11,  
 3,2,24,209,136,208,176,208,179,47,  
 209,129,208,181,208,186,0,1,1,12,  
 43,33,5,2,134,31,208,161,209,130,  
 208,176,209,128,209,130,0,1,1,54,  
 43,33,5,2,1,31,208,161,209,130,

```
208,190,208,191,0};
```

```
// структура определяет все переменные вашего интерфейса управления  
struct {
```

```
    // input variable
```

```
    uint8_t left; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t up; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t right; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t down; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    int8_t settrnsdpd; // =0..100 положение слайдера  
    int8_t setcarspd; // =0..100 положение слайдера  
    uint8_t photo; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t switch_1; // =1 если переключатель включен и =0 если отключен  
    uint8_t button_1; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t button_2; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    char edit_1[11]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    char edit_2[11]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    char edit_3[11]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    char edit_4[11]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    uint8_t button_3; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t trnleft; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t trnright; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t button_4; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t switch_2; // =1 если переключатель включен и =0 если отключен  
    uint8_t button_5; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t button_6; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t switch_3; // =1 если переключатель включен и =0 если отключен  
    int8_t slider_1; // =0..100 положение слайдера  
    int8_t slider_2; // =0..100 положение слайдера  
    int8_t slider_3; // =0..100 положение слайдера  
    uint8_t button_7; // =1 если кнопка нажата, иначе =0  
    uint8_t button_8; // =1 если кнопка нажата, иначе =0
```

```
    // output variable
```

```
    char trnsdpd[5]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    char karspd[5]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    uint8_t koncevik_left_r; // =0..255 яркость красного цвета индикатора  
    uint8_t koncevik_right_r; // =0..255 яркость красного цвета индикатора  
    char tottime[4]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    char text_1[11]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    char text_2[11]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем  
    char text_3[11]; // =строка UTF8 оканчивающаяся нулем
```

```
    // other variable
```

```

uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0

} RemoteXY;
#pragma pack(pop)

////////////////////////////////////
//      END RemoteXY include      //
////////////////////////////////////

#define PIN_PHOTO 11
int angle=57;
int realtrnspeed;
int realcarspeed;
int8_t koncevik_left = 12;
int8_t koncevik_right = 13;

void setup()
{
  RemoteXY_Init ();
  servo.attach(10);
  pinMode (PIN_PHOTO, OUTPUT);
}

void loop()
{
  RemoteXY_Handler ();

  //Ручной режим
  digitalWrite(PIN_PHOTO, (RemoteXY.photo==0)?HIGH:LOW);

  //Наклоныный механизм
  if (RemoteXY.up==1){angle = angle - 1;delay(20);}
  if (RemoteXY.down==1){angle = angle + 1; delay(20);}
  servo.write(angle);
  if (angle > 110) angle = 110; //ограничим угол сервы 0..180
  if (angle < 0) angle = 0;
  //Наклоныный механизм

  //Движение каретки
  int realcarspeed = RemoteXY.setcarspd * 300;
  int showcarspd;
  showcarspd = realcarspeed/25;
  itoa (showcarspd, RemoteXY.karspd, 10);
  Karetka.setMaxSpeed(realcarspeed);
  Karetka.setAcceleration(realcarspeed);

```

```

if (RemoteXY.left==1) { Karetka.move(-2); Karetka.run();}
if (RemoteXY.right==1){ Karetka.move(2); Karetka.run();}
//Движение каретки

//Поворотный механизм
int realtrnspeed=RemoteXY.settrnsprd * 16;
int showtrnsprd;
showtrnsprd = realtrnspeed/8;
itoa (showtrnsprd, RemoteXY.trnsprd, 10);
Povorotniy.setMaxSpeed(realtrnspeed);
Povorotniy.setAcceleration(realtrnspeed);
if (RemoteXY.trnleft==1){ Povorotniy.move(-1); Povorotniy.run();}
if (RemoteXY.trnright==1){ Povorotniy.move(1); Povorotniy.run();}
//Поворотный механизм

//Правый концевик
if (digitalRead(koncevik_right)==0){ RemoteXY.koncevik_right_r=255;
    Karetka.setMaxSpeed(3000);
    Karetka.setAcceleration(5000);
    Karetka.stop();
    Karetka.move(10); Karetka.run();
}
else { RemoteXY.koncevik_right_r=0;}
//Правый КВ

//Левый КВ
if (digitalRead(koncevik_left)==0){ RemoteXY.koncevik_left_r=255;
    Karetka.setMaxSpeed(3000);
    Karetka.setAcceleration(5000);
    Karetka.stop();
    Karetka.move(-10
); Karetka.run();
    } else { RemoteXY.koncevik_left_r=0;}

//Левый КВ
//Ручной режим
}

```

## Приложение Г

### Распределение задач между участниками проекта

Синим цветом (рамка - пунктирная линия) обозначен участник – Ревин И.В., красным (рамка - толстая линия) – Булгин М.А., фиолетовым (рамка – обычная линия) – совместная работа.

