

**Областной конкурс
юных исследователей окружающей среды
«Сохраним нашу Землю голубой и зелёной»**

Проект
Проектирование прототипа орнитоптера «SkyBird»
Номинация «Зеленая инженерия»

Авторы: Леонтьева Елизавета Евгеньевна, 8 класс,
Чулков Михаил Александрович, 11 класс
МАОУ СОШ №16 имени В.П. Неймышева, г. Тобольск,
Детский технопарк «Кванториум-Тобольск».
Руководители: Ахмедов Антон Кенишевич,
педагог дополнительного образования
по направлению «Аэроквантум»
СП "ДТ "Кванториум-Тобольск»
МАУ ДО «ДДТ»,
Леонтьева Н.А.
педагог-библиотекарь МАОУ СОШ №16
имени В.П. Неймышева

Тобольск, 2022 г.

Содержание

Введение	стр. 3
Глава 1. Выбор темы и обоснование проекта	
1.1. Способы учета птиц.....	стр. 5
1.2. Определение целевой аудитории проекта.....	стр. 5
1.3. Анализ рынка БПЛА и конкурентов.....	стр. 7
Глава 2. Проектирование орнитоптера «SkyBird»	
2.1. Выбор начальных параметров взмаха крыльев и веса птицы.....	стр. 9
2.2. Создание чертежа и сборка механизма птицы	стр. 9
2.3. Моделирование орнитоптера в «САПР»	стр. 10
2.4. Конструкция редуктора.....	стр. 10
2.5. Порядок сборки орнитоптера «SkyBird».....	стр. 11
2.6. Аппаратное обеспечение орнитоптера.....	стр. 11
2.7. Программное обеспечение орнитоптера для подсчета и определения вида птиц.....	стр. 12
2.8. Расчет затрат на материалы.....	стр. 12
Заключение.....	стр. 13
Список литературы.....	стр. 14
Приложение 1. Дорожная карта проекта.....	стр. 15
Приложение 2. Интервью с орнитологами Тюменской области.....	стр. 16
Приложение 3. Анализ прямых и косвенных конкурентов.....	стр. 17
Приложение 3. Чертеж орнитоптера «SkyBird».....	стр. 18
Приложение 4. Моделирование махательного механизма и крыльев в SolidWorks.....	стр. 19
Приложение 5. Моделирование орнитоптера в «Blender».....	стр. 20
Приложение 6. Редуктор с тремя передачами.....	стр. 21
Приложение 7. Изготовление и сборка механизма.....	стр. 22
Приложение 8. Изготовление деталей крыльев орнитоптера.....	стр. 23
Приложение 9. Аппаратное обеспечение орнитоптера.....	стр. 24
Приложение 10. Технологическая карта изготовления орнитоптера «SkyBird».....	стр. 25

Введение

Нам всегда казалось, что в нашем городе можно увидеть только голубей, синичек, воробьев, да сорок. А оказывается, птиц очень много даже в самых больших городах, например, в Москве можно встретить более 200 видов птиц, а у нас городок не очень большой, вокруг сибирский лес. Всего в Тюменской области насчитывается около 370 видов птиц.

В XXI веке одним из модных увлечений современного человека в развитых странах стало участие в бердвотчинге или бёрдинге. Бёрдинг – западная мода, в России он только начал понемногу приживаться. Можно много спорить о том, нужны ли русскому человеку западные ценности и образ жизни, но вот эта возможность – больше времени проводить на свежем воздухе, научиться фокусироваться на происходящем здесь и сейчас. Благодаря бердвотчингу можно больше путешествовать, причем по самым неожиданным местам.

С 2019 года в Тобольске на территории крупнейшего российского нефтехимического комплекса СИБУРа «ЗапСибНефтехим» проводятся ежегодные орнитологические обследования, их цель – определение видового состава птиц, обитающих на производственных площадках, а также выявление гнезд чибисов и других видов птиц для их защиты.

Обследования проходят не реже двух раз в год — весной, в период гнездования, и осенью, перед началом периода зимовки.

Выявлено, что на территории предприятия гнездятся чибис, травник, малый зук, большой веретенник, кряква, чирок-трескунок, черноголовый чекан. Обнаруженные гнезда маркируются предупреждающими знаками.

В рамках проекта для школьников Тобольска проводятся учебные соревнования по бёрдингу (спортивной орнитологии). Цель соревнований — увидеть, сфотографировать и правильно определить как можно больше видов птиц за определенный промежуток времени на ограниченной территории. Первые соревнования прошли осенью 2019 года. В мероприятии приняли участие 85 школьников, объединенные в 16 команд.

Евразийский учёт птиц – это международная акция в защиту перелетных птиц, которая проводится ежегодно в первых выходные октября. Основная идея акции - одновременно на пространстве от Атлантического до Тихого океана силами волонтеров, в основном школьников и учителей, подсчитать перелетных птиц. Результаты учета отражают общую картину осенней миграции, которую анализируют ученые-орнитологи.

В рамках проекта «Территория чибисов» в дни Евразийского учета птиц проводятся соревнования школ по спортивной орнитологии (бердвотчингу).

В октябре 2020 года первые соревнования среди школьников по бердвотчингу прошли в Тюменской области. К соревнованиям присоединились пять образовательных учреждений. Мы принимали участие в данной акции, и наша школа заняла 1 место, насчитав 2950 птиц.

В октябре 2021 года вторые соревнования по бердвотчингу прошли в Амурской (Свободненский район), Томской и Тюменской областях. Всего в

соревнованиях приняли участие 279 школьников, которые смогли зафиксировать более 11 500 особей птиц [6].

Участвуя в данных соревнованиях, нам пришла идея создать птицу-дрон, которая будет проводить мониторинг птиц в труднодоступных местах. Данный проект может помочь в дальнейшем орнитологам следить за гнездованием птиц.

Объект исследования: БПЛА, отслеживающие птиц в труднодоступных местах.

Предмет исследования: орнитоптер для проведения мониторинга птиц.

Цель исследовательского проекта: создание прототипа орнитоптера «SkyBird», следящего за гнёздами колоний птиц и подсчитывающего количество птиц в этих колониях.

Задачи проекта:

1. Разработать дорожную карту проекта (Приложение 1)
2. Определить целевую аудиторию проекта, провести интервью и проанализировать полученную информацию.
3. Собрать информацию об орнитоптерах в форме птиц.
4. Проанализировать аналоги летательных аппаратов, которые считают и определяют виды птиц.
5. Создать чертёж птицы и сделать 3D модель.
6. Собрать механизм для орнитоптера.
7. Распечатать детали на 3D принтере и собрать птицу.
8. Подготовить и встроить аппаратное обеспечение в птицу.
9. Протестировать полет птицы.
10. Создать программу на распознавание и подсчет птиц.
11. Протестировать программу в полете.

Глава 1. Выбор темы и обоснование проекта

1.1. Способы учета птиц

Орнитология изучает биологию, экологию, морфологию, энергетику и происхождение птиц. В зависимости от направления исследований требуется учет или оценка численности птиц. Существует множество способов это сделать, и все они зависят от задач и целей, поставленных перед исследователями. Как правило, различные методы учета численности не дают абсолютно точных значений. Что касается самих методов, то они во многом зависят от вида птицы, ее биологии и размера.

Существует огромное количество способов для оценки численности популяций птиц. Самыми распространенными являются различные визуальные методы, учет птиц по голосам, учет гнездящихся пар птиц, определение количества птиц при отлове и кольцевании. Наиболее развиты визуальные методы. Они включают учет птиц на не миграционных маршрутах и учет в определенных местах — к примеру, в местах кормежки или в местах постоянных скоплений. Учет птиц, пролетающих над определенным местом, используется для оценки численности мигрирующих птиц. При использовании этих методов исследователи просто считают пернатых, используя бинокли, подзорные трубы и другие необходимые инструменты. Часто используется фотосъемка: число птиц подсчитывается на фотографиях.

Учет численности птиц по голосам используется в маршрутных учетах; гнездовое время только для представителей одного из отрядов птиц — воробьиных.

Учет гнездящихся птиц и прежде всего пар дает более точные результаты, чем визуальные методы и учет по голосам. Способ предполагает поиск и нахождение всех гнезд на ограниченной территории. Он используется либо для конкретного ареала, либо, наоборот, для больших территорий, где необходим поиск гнезд более крупных видов птиц. Учет количества птиц при отлове и кольцевании не дает точные цифры общей численности птиц, но лучше всего подходит для сравнительных исследований: оценки влияния различных факторов или многолетней динамики [2].

1.2. Определение целевой аудитории проекта

При орнитологических исследованиях можно руководствоваться простым принципом: чтобы лучше познать птиц, надо войти в их положение, представить себя птицей и посмотреть на них с их же ракурса – с высоты птичьего полета. Использование БПЛА в исследованиях и съемках птиц, особенно в ближайшее время, когда применение дронов находится на начальном уровне, может вызвать критику среди орнитологов-фотографов, использующих традиционную фотоаппаратуру для съемки птиц. Но птицы очень пугливы, поэтому при исследовании гнезд, при виде человека, птица в любом случае покинет гнездо, а реакция на дрона в виде птицы будет более сдержанной.

Чтобы выяснить целесообразность создания орнитоопера «SkyBird», мы встретились с потенциальной целевой аудиторией - биологами, которые занимаются вопросами орнитологии в Тюменской области и провели с ними интервью.

Для проведения интервью было сформулировано 10 вопросов:

- 1) Сколько примерно видов птиц подсчитывается в Тюменской области/Тобольске?
- 2) В какое время года лучше всего следить за миграцией птиц?
- 3) Как орнитологи следят за птицами?
- 4) Сколько времени орнитологи тратят на слежение за птицами?
- 5) Устраивает ли вас те средства, с которыми сейчас решаются проблемы по слежению за птицами?
- 6) Как часто вы сталкиваетесь с проблемой отслеживания вида птицы с данным оборудованием, которое у вас есть?
- 7) Сколько средств вы тратите на приобретение оборудования для слежения за птицами?
- 8) Будет ли наш орнитооптер в виде орла отпугивать птиц? Если да, то, что можно сделать с данной проблемой?
- 9) Встречали ли вы подобные проекты ранее?
- 10) Целесообразно ли приобретать продукцию орнитологам, если его стоимость будет составлять от 50 тыс. рублей до 100 тыс. рублей?

Нам удалось взять интервью у 4 орнитологов. С биологом Баяновым Евгением Сергеевичем, автором книги «Птицы Тюменской области» и орнитологом Кискиной Натальей Андреевной, специалистом Тюменского областного общественно детского движения «ЧИР» мы провели онлайн-встречу через Zoom. С ученым-орнитологом, научным сотрудником Тобольской комплексной научной станции Уральского отделения Российской Академии наук Юрием Тюлькиным встретились у него на работе. Тюменский орнитолог Мария Иванова ответы на наше интервью отправила в аудиозаписи (Приложение 2).

Проанализировав ответы орнитологов, сделали следующие выводы:

1. Мы узнали о том, что наш проект будет востребован орнитологами и необходим во многих случаях: в труднодоступных местах (водных, высотных и т.д.).

2. Узнали много нового о птицах и сформировали представление об идеально подходящем внешнем виде орнитооптера.

3. В своей работе орнитологи используют в основном ручную аппаратуру (бинокли, фотоаппараты и другую оптику). Изредка пользуются квадрокоптерами, так как из-за пропеллеров и моторов создаётся шум, который отпугивает птиц и наш продукт поможет решить данную проблему.

4. На покупку оптики орнитологи тратят от 8 тысяч рублей (слабая оптика) до 500 тысяч рублей (самые современные и усовершенствованные модели), что является очень затратным.

5. Орнитологи следят за миграцией птиц в осенний и весенний период, а как мы знаем, в этот период времени бывают плохие погодные условия, что затрудняет и увеличивает время работы орнитологов.

6. Орнитологи не встречали ранее таких орнитооптеров, которые будут отслеживать птиц, и поэтому им будет интересен данный продукт после определённого тестирования.

1.3. Анализ рынка БПЛА и конкурентов

Дроны с дистанционным управлением успели стать бесценным инструментом для всех, кто хочет взглянуть на мир с высоты птичьего полета. Самый распространенный дрон сегодня — квадрокоптер.

Квадрокоптер DJI Mavic Air 2

Этот дрон для съемки птиц и их гнезд является наиболее оптимальным: он весьма компактный, имеет небольшие размеры, легкий, малошумный, маневренный и устойчивый в полете при сильном ветре, обладает хорошими техническими возможностями самого аппарата и встроенной камерой, простой и удобный в управлении (рис. 1) [7].



Рисунок 1. Квадрокоптер DJI Mavic Air 2

Гексакоптер ZALA 421-21

Этот гексакоптер является самым известным в России коммерческим беспилотником. Машина выпускается ижевской производственной фирмой Zala Aero Group. Изделие оснащено автопилотом, обладает системой спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС), электронным компасом, имеет встроенную систему цифровой телеметрии, аналоговый видеопередатчик, радиомодем и поисковый передатчик.

Малый вес машины позволяет запускать ее из рук. Эта особенность допускает использование дрона в горах, в тайге или в болотистой местности. Основным назначением ZALA являются поисковые операции, контроль территории в радиусе до двух километров, проверка охраняемой зоны на наличие в ней противоправных действий и пр. Работы могут выполняться как днем, так и темное время суток (рис. 2) [5].



Рисунок 2. Гексакоптер ZALA 421-21

Орнитоптеры в современном мире

В современном мире, кажется, возможно, практически все, даже управлять птицей. Благодаря системе GPS на основе радиосвязи BionicSwift может совершать маневренные полеты. Эти пташки очень проворны и способны совершать крутые петли и повороты. Также они могут двигаться автономно по заданной им схеме в определенном воздушном пространстве. При проектировании роботов-птиц особое внимание уделялось легкости конструкции [3].

Колорадо парки и дикая природа использовал орнитоптеры, чтобы спасти находящихся под угрозой исчезновения Gunnison шалфей. Искусственный ястреб под контролем оператора заставляет тетерева оставаться на земле, чтобы их можно было поймать для изучения.

Поскольку орнитоптеры можно сделать похожими на птиц или насекомых, их можно использовать для военных целей, таких как воздушная разведка, не предупреждая врагов о том, что они находятся под наблюдением. Были запущены несколько орнитоптеров с видеокамерами на борту, некоторые из которых могут парить и маневрировать в небольших помещениях. В 2011, AeroVironment, Inc. продемонстрировал дистанционно пилотируемый орнитоптер, напоминающий большого колибри, для возможных шпионских миссий.

На Международном форуме «Армия-2019», проходящем в подмосковной Кубинке, российские разработчики научно-промышленного предприятия «ЭРА» демонстрируют новый беспилотник-шпион в виде большой полярной совы (рис. 3). Крыльями машина не машет (для движения используется винтовая двигатель), но ими располагает, как и хвостом. Как указывается в презентации на стенде Военного инновационного технополиса «ЭРА», новейшая разработка предназначена для разведывательных задач [1].



Рисунок 3. Беспилотник-шпион «Сова»

В 2012 году компания RoBird (ранее Clear Flight Solutions), дочерняя компания Университета Твенте, начала производство искусственных хищных птиц (так называемых RoBird®) для аэропортов, а также для сельского хозяйства и предприятий по переработке отходов [4].

Исследовав источники литературы и Интернет-ресурсы, был сделан анализ конкурентов по 10 критериям. Анализируя таблицу 2 (Приложение 3), мы видим, что орнитоптер «SkyBird» эффективнее косвенных конкурентов (то чем пользуются орнитологи в своей работе) и по двум критериям опережают прямых конкурентов – это бесшумность и обработка данных.

Глава 2. Проектирование прототипа орнитоопера «SkyBird»

2.1. Выбор начальных параметров взмаха крыльев и веса птицы

Крыло — это основная часть самолета, планера и летающей модели. От размеров и формы крыла в плане и в поперечном сечении зависят летные качества этих летательных аппаратов. Для начала нам необходимо определить, каким размером будут крылья птицы. Для этого мы должны узнать, какой будет размах крыльев. Взмах крыла птиц зависит от размера самой птицы. Например, у воробья, относительно небольшой птички, взмах крыла будет составлять 13 махов в секунду, а у пеликана, довольно большой птицы, взмах крыла будет составлять 1,2 маха в секунду. Мы решили, что птица будет в форме орла. Площадь поверхности крыла орла составляет $59,3 \text{ дм}^2$, вес птицы составляет 7 кг., и размах крыла до 2,5 метров, частота взмаха крыла составляет примерно 1 взмах в секунду. Для орнитоопера мы планируем размах крыла около 1,5 м, а вес вместе с аппаратным обеспечением будет составлять около 350 - 500гр.

2.2. Создание чертежа и сборка механизма птицы

Для поиска чертежа птицы мы обратились к Интернет-ресурсам, где нашли несколько подходящих вариантов (рис.4 [7], 5 [8]), немного видоизменив схему, мы сделали чертеж нашей птицы в формате А3 (Приложение 4).

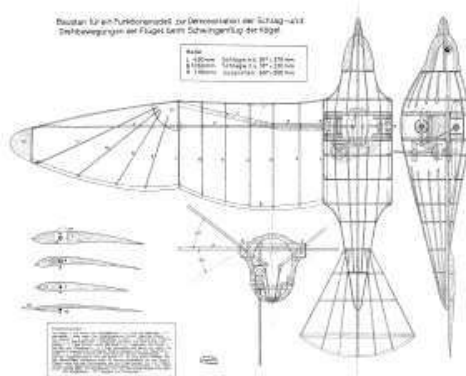


Рисунок 5. План конструкции модели для демонстрации взмахов крыльев птицы

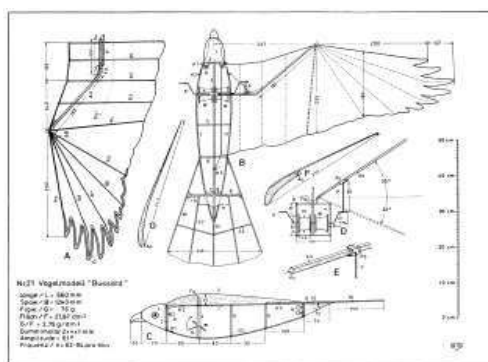


Рисунок 6. Фогель модель «Буссард»

Махательный механизм — это наиболее важная часть орнитоопера. Он преобразует электроэнергию от аккумулятора в махательное движение крыльев. Такой механизм должен быть долговечным и легким. Существует несколько махательных механизмов, например, кривошип (Staggered Crank), который является самой базовой среди таких механизмов. Части ступенчатого вала находятся на необходимом расстоянии и под необходимым углом для достижения

симметричного взмаха. Для нашего орнитоптера мы выбрали кривошип с тремя передачами. Эта конструкция имеет 5 шестеренок, 2 основные управляются петлями каждого крыла по отдельности. Чертеж механизма был сделан в программе SolidWorks (рис.6) (Приложение 5).

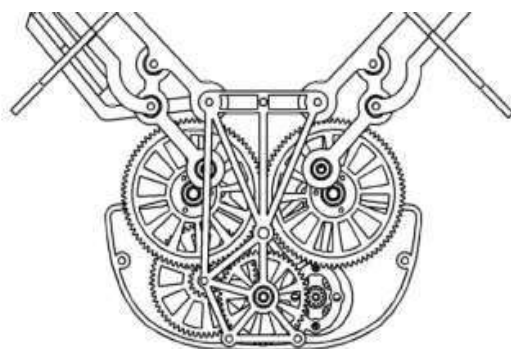


Рисунок 6. Махательный механизм – кривошип с тремя передачами.

2.3. Моделирование орнитоптера в «Blender» (Приложение 6)

В программе «Blender» путём скульптурирования была создана модель нашего орнитоптера «SKYBIRD». Мы выбрали эту программу, т.к. она доступна и не такая сложная для начинающего в 3D моделировании.

Модель птицы была сделана по нашему чертежу. Сначала был сделан вид сверху, так как модель объёмная, то мы добавили аналогичный «вид сбоку».

2.4. Конструкция редуктора

Для орнитоптера «SkyBird» мы сделали редуктор с тремя передачами (Приложение 7).

Поскольку мы используем конструкцию с поперечным валом, нам нужны 2D шестеренки, которые будут перемещать крылья вверх и вниз. Частота взмахов крыльев орнитоптера будет составлять примерно 4 взмаха в секунду. Это скорость, с которой эти шестерни должны вращаться.

Для достижения желаемой скорости вращения мы взяли 3 пары шестеренок (шестерня А + шестерня В(большая), шестерня В(малая) + шестерня С(большая) и шестерня С(малая) + шестерня D). Для первой пары передач (шестеренка А + шестеренка В(большая)) передаточное число составляет - 10:50. Для второй (шестерня В(малая) + шестерня С(большая)) - 10:60. Для третьей (шестерня С(малая) + шестерня (D)) – 16:80.

Шестерни С и D мы взяли из старого магнитофона. Шестерни А и В сделаны с использованием 3D-печати. Все шестерни имеют модуль 0,5.

Ведущая шестерня А установлена на валу двигателя. Шестерни В, С и D жестко установлены на валу. Таким образом, они имеют одинаковую скорость вращения.

Далее мы посчитали общий коэффициент редукции:

$(50/10) * (60/10) * (80/16) = 5 * 6 * 5 = 150$. Это означает, что общее соотношение составляет 1:150.

Если электродвигатель питается от 14,8 В, ведущая шестерня А вращается со скоростью 34040 оборотов в минуту или $34040/60 \approx 567$ оборотов в секунду. С помощью общего передаточного числа мы определили скорость последних D-шестеренок.

$567/150 = 3,8$ оборотов в секунду.

Это значение равно числу взмахов в секунду при напряжении питания 14,8 В и без нагрузки. Это близко к 4, то, что нам нужно. Если взмахов будет слишком много, можно уменьшить скорость двигателя. Если окажется недостаточным, то мы возьмём мотор с большим KV (количество оборотов на 1В).

Порядок сборки редуктора указан в приложении 8.

2.5. Порядок сборки орнитоопера «SkyBird»

Одновременно со сборкой редуктора ведется сборка скелета крыльев и туловища птицы. Для этого используются ребра и крепления, распечатанные на 3D принтере, карбоновые стержни и подшипники (Приложение 9). Крылья и хвост орнитоопера мы планируем обшить вспененным полиэтиленом, туловище – пенопластом.

2.6. Аппаратное обеспечение орнитоопера (Приложение 10)

Система управления – это систематизированный набор средств сбора сведений о подконтрольном объекте и средств воздействия на его поведение, предназначенный для достижения определенных целей. Для орнитоопера «SkyBird» мы выбрали плату Raspberry Pi 3 (рис. 7).

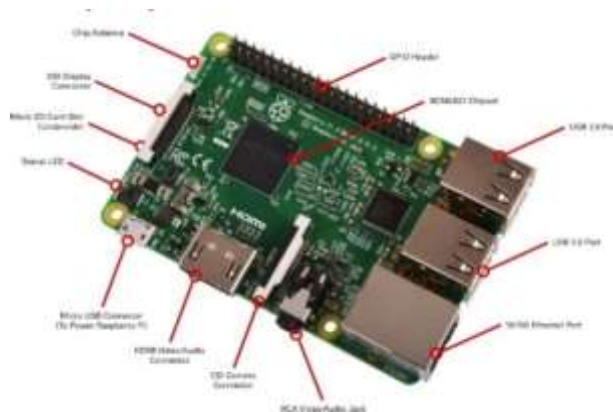


Рисунок 7. Микрокомпьютер Raspberry Pi 3




Микрокомпьютер Raspberry Pi 3 – аппаратная система, которую возможно полноценно использовать для работы без дополнительных модулей. Она представляет собой компактную печатную плату размером всего 85.6x56x21 мм плюс немного в стороны выходят слоты для карт памяти, вес устройства 45 гр. Это устройство поддерживает видео до 1080р.

Константа скорости или постоянная скорость (KV) — это очень важный параметр при выборе бесколлекторного мотора для орнитоопера. Она обозначает теоретическое увеличение оборотов вала мотора без нагрузки при увеличении напряжения на 1 Вольт. Например, если запитать мотор 2300 KV батареей 3S на 7,4 В, то вал буде крутиться со скоростью 17920 оборотов в минуту (2300 x 7,4). Это близкое значение, которое нам необходимо, поэтому мы выбрали мотор 1806 2300 KV. Регулятор оборотов 2-4S обеспечивает максимально точную стабилизацию оборотов двигателя при изменении нагрузки.

Орнитооптер «SkyBird» будет управляться с помощью дистанционной системы радиоуправления и телеметрии в реальном времени. Также в птицу будут встроены FPV-камера и видеопередатчик.

2.7. Программное обеспечение орнитоптера для подсчета и определения вида птиц

Написание программы для подсчета и определения вида птиц мы планируем на языке программирования Python. Первым делом в программе мы подключим используемые библиотеки, инициализируем необходимые переменные и контакты. В программе используем функции для захвата изображения птицы. Также запрограммируем ряд функций для работы с ЖК дисплеем и для инициализации ЖК дисплея:

-  для передачи команд на ЖК дисплей;
-  для передачи данных на ЖК дисплей;
-  для передачи строки на ЖК дисплей.

Дополним системой компьютерного зрения и библиотекой OpenCV, с помощью которой можно сравнивать полученное изображение птиц с хранящимися в памяти изображениями, по которым мы и сможем определить виды птиц.

2.8. Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов для создания орнитоптера «SkyBird», расходуемых непосредственно в процессе выполнения проекта. В таблице 2 (**Приложение 11**) указаны операции и материалы по сборке орнитоптера. Исходя из данных, мы видим, что стоимость орнитоптера на этапе проектирования будет составлять около 28-30 тыс. рублей. Но это пока примерная стоимость, т.к. при сборке и программировании птицы могут понадобиться еще дополнительные детали, поэтому полную стоимость нашего орнитоптера мы сможем определить после сборки и тестирования «SkyBird».

Заключение

В результате проделанной работы мы выяснили, что существует огромное количество способов для оценки численности популяций птиц. Самыми распространенными являются различные визуальные методы, учет птиц по голосам, учет гнездящихся пар птиц, определение количества птиц при отлове и кольцевании. Проведя интервью с орнитологами Тюменской области выяснили, что орнитооптер «SkyBird» будет востребован орнитологами для подсчета птиц в труднодоступных местах.

Исследовав источники литературы и Интернет-ресурсы, был сделан анализ конкурентов, который показал, что орнитооптер «SkyBird» эффективнее косвенных конкурентов (то чем пользуются орнитологи в своей работе) и по двум критериям опережает прямых конкурентов – это бесшумность и обработка данных.

В современном мире крылатых искусственных птиц используют для спасения некоторых видов исчезающих птиц, для военных разведывательных целей, для отпугивания на аэродромах птиц, которые могут повредить двигатели самолетов, а также для сельского хозяйства. А для подсчета и определения видов птиц орнитооптеров на данный момент не существует.

Разработав дорожную карту проекта, мы приступили к выполнению первых этапов: создания чертежа орнитооптера «SkyBird», который был выполнен в формате А3; сборку конструкции механизма и редуктора птицы; моделирование механизма и самого орнитооптера в «САПР» и распечатка некоторых деталей механизма на 3D принтере.

В дальнейшем мы планируем вырезать детали крыла на лазерном станке, а некоторые детали туловища птицы распечатать на 3D принтере, недостающие детали будут заказаны в Интернет-магазинах. Когда будет собрана птица вместе с аппаратным и программным обеспечением, мы планируем написание программы для подсчета и определения вида птиц на языке программирования Python.

Примерная стоимость орнитооптера на этапе проектирования будет составлять около 28-30 тыс. рублей, но она может немного измениться т.к. при сборке и программировании птицы могут понадобиться еще дополнительные детали.

Список литературы:

1. В России разработали шпионский дрон в виде совы. - Текст: электронный. – URL: <https://shnyagi.net/213845-V-Rossii-razrabotali-shpionskijj-dron-v-videsovy.html> (дата обращения 25.04.2022).
2. Гаврилов, В. Как ученые считают птиц? – Текст электронный/ В. Гаврилов// Биология [сайт]. – 2021. - URL: [Как ученые считают птиц? — все самое интересное на ПостНауке \(postnauka.ru\)](https://postnauka.ru/2021/10/13/kak-uchenyie-schitayut-ptitsy) (дата обращения 13.10.2022)
3. Николаева, К. Интересно для всех и обо всем/ К. Николаева. - Текст: электронный. – URL: <https://ymniki-i-ymnichki.mirtesen.ru/blog/43665103225/Video-Samyiepotryasayuschie-letayuschie-robotyi-chego-zhdut-ot-> (дата обращения 25.04.2022).
4. Орнитоптеры – крылатые дроны, имитирующие птиц. – Текст: электронный// ЭкоТехника [сайт]. – 2018. - URL: <https://ecotechnica.com.ua/technology/3057ornitoptery-krylatye-drony-imitiruy> (дата обращения 23.05.2022).
5. Российские квадрокоптеры, производители и состояние рынка. - Текст: электронный// Все о квадрокоптерах. - URL: <https://mykvadrocopter.ru/russkie-kvadrokoptyery/> (дата обращения 21.10.2022)
6. Территория чибисов. - Текст: электронный// СИБУР: Формула хороших дел [сайт]. – 2021. - URL: <https://www.formula-hd.ru/projects/nature/chibisi/> (дата обращения 25.04.2022).
7. Швецов, А.С., Ильях М.П. Изучение птиц с помощью квадракоптера. - Текст: электронный/ А.С. Швецов, М.П. Ильях// Текст научной статьи по специальности «Биологические науки». - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-ptits-s-pomoschyu-kvadrokoptera/viewer> (дата обращения 21.10.2022)
8. BAUPLAN. - Изображение: электронное. - URL: http://ornithopter.de/grafik/herzog/bauplan_g.gif (дата обращения 28.09.2022).
9. How Ornithopters Fly - Erich von Holst and Karl Herzog Model. – Изображение: электронное. - URL: <https://i.pinimg.com/originals/34/25/0e/34250e7557f51851a38ce14718d6c866.gif> (дата обращения 28.09.2022).

Приложение 1

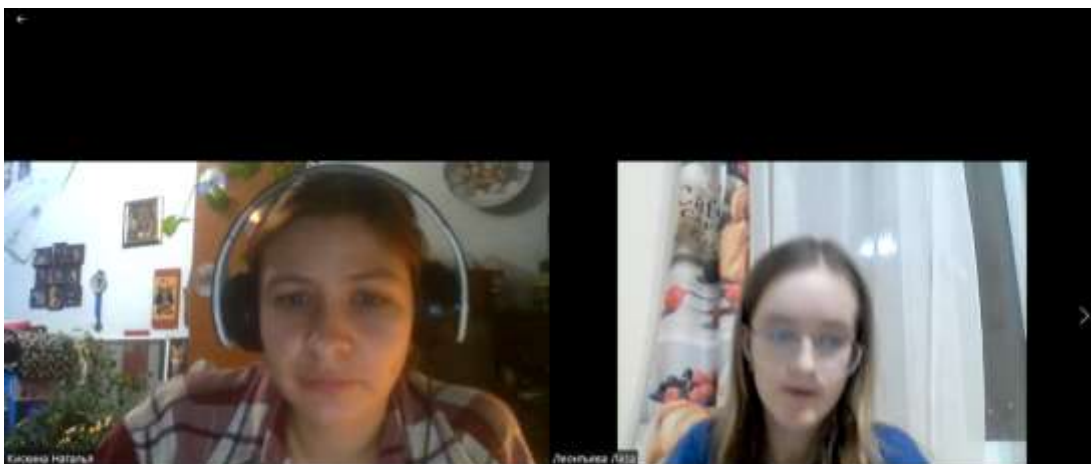
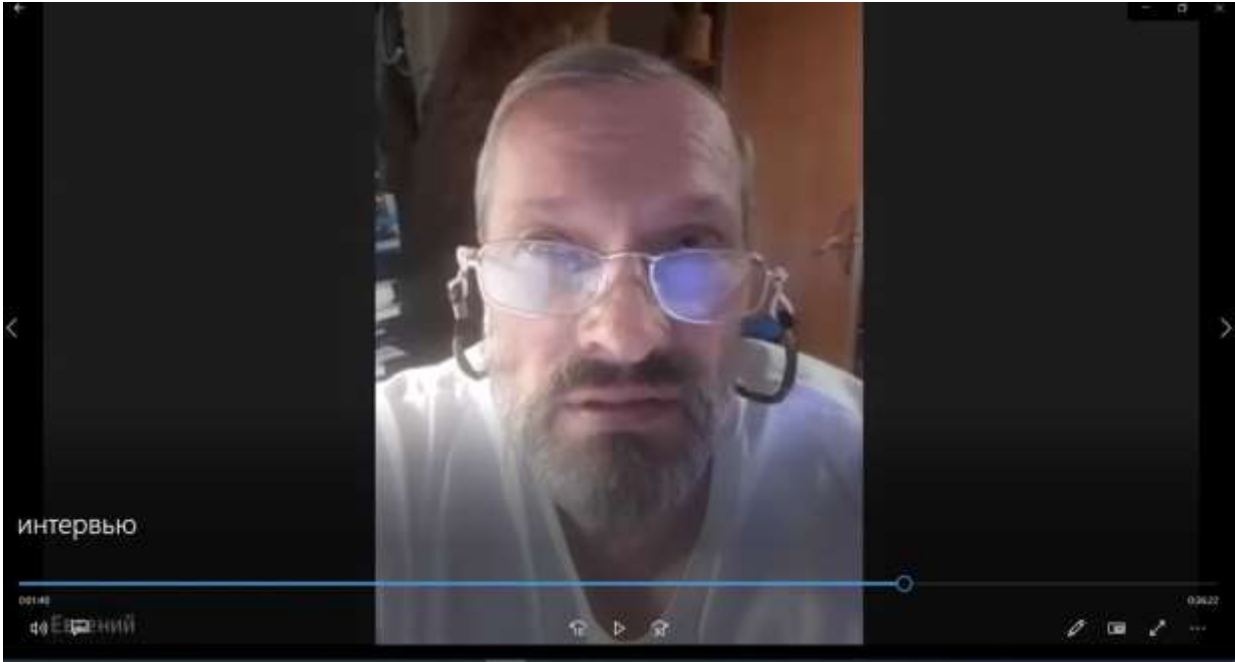
Таблица 1. Дорожная карта проекта

Задачи/сроки	Апрель 2022 г.	Май 2022г.	Сентябрь - ноябрь 2022г.	Декабрь 2022г.	Январь-февраль 2023г.
Определение темы проекта	Беседа с руководителем				
Сбор информации об орнитоптерах и анализ аналогов ЛА, определяющие виды птиц и производящие подсчет птиц	Работа с литературой и интернет-ресурсами				
Определение целевой аудитории			Интервью с орнитологами Тюменской области		
Анализ рынка и конкурентов		Поиск прямых и косвенных конкурентов			
Создание чертежа и сбор механизма птицы	Поиск в интернет-источниках чертежей орнитоптеров и выбор оптимального варианта для птицы-дрона. Выполнение чертежа птицы в формате А3	Моделирование механизма в «САПР». Поиск необходимых деталей (шестерёнок) и распечатка остальных деталей на 3D принтере.			
Моделирование и подготовка к сборке птицы			Моделирование птицы в «САПР» и распечатка деталей на 3D принтере.	Распечатка деталей на 3D принтере и поиск недостающего материала для крыльев и основания птицы.	
Сборка и тестирование полёта птицы			Сборка деталей и комплектование аппаратного обеспечения птицы.	Проверка дальности и высоты полёта. Внесение изменений.	

Создание и тестирование программы на распознавание и подсчет птиц.				Поиск программ для распознавания птиц и редактирование для орнитоопера	Создание программы для подсчета птиц. Тестирование программ в полёте. Внесение изменений.
--	--	--	--	--	---

Приложение 2

Интервью с орнитологами Тюменской области

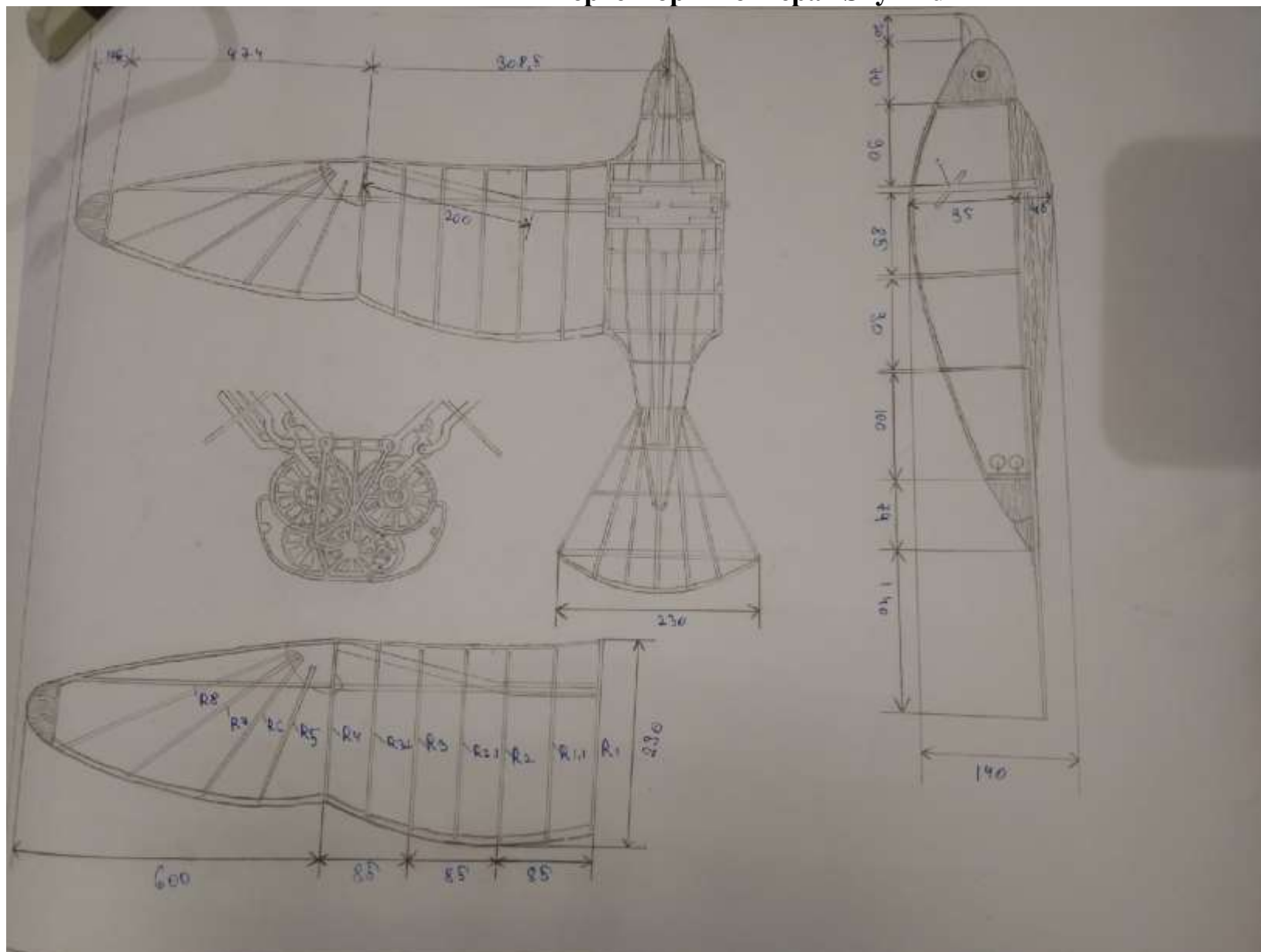


Таблицы 2. Анализ прямых и косвенных конкурентов

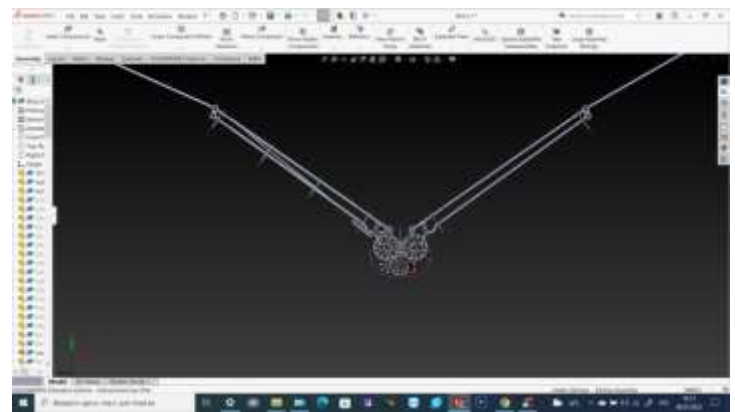
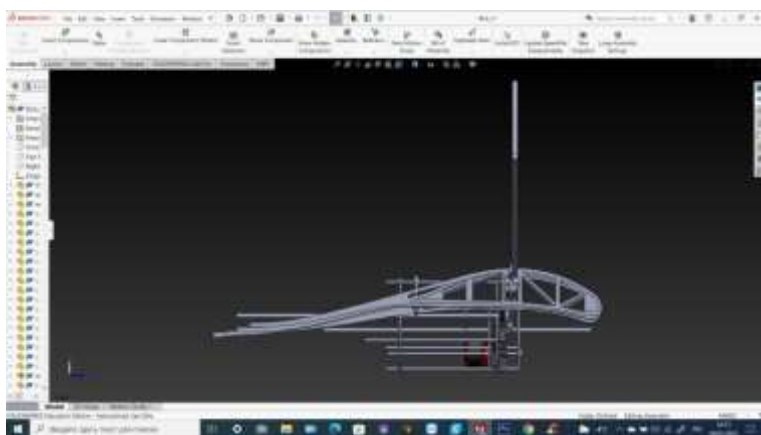
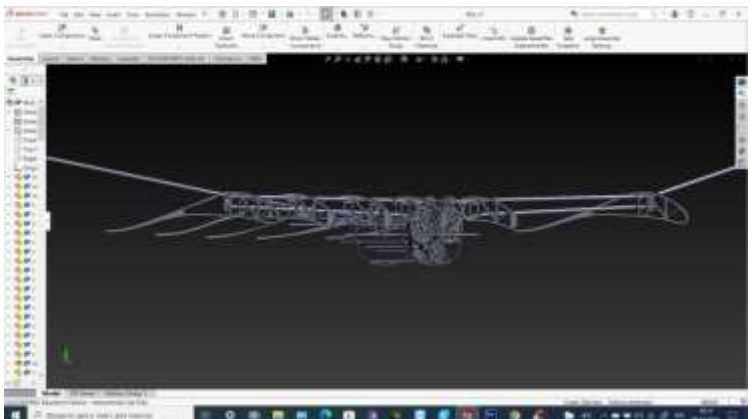
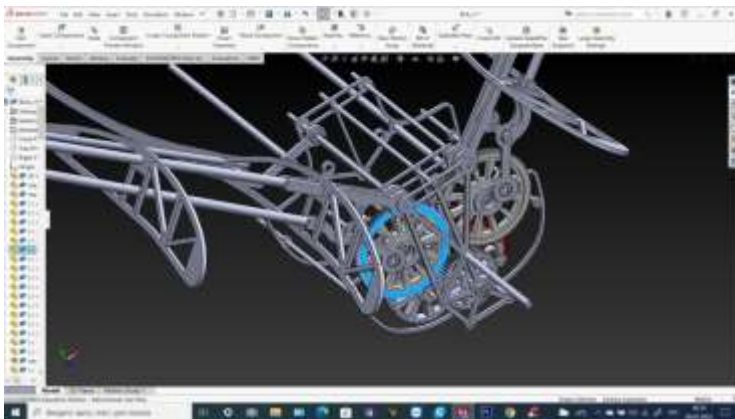
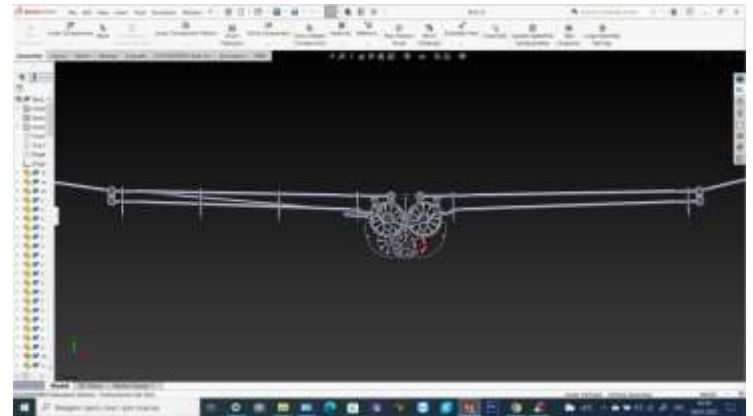
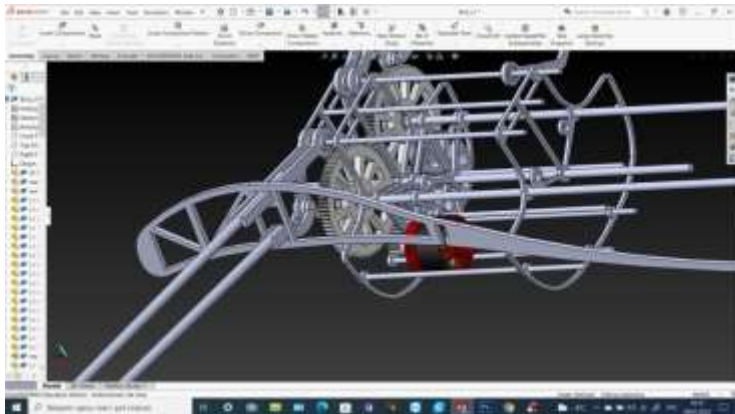
Критерии оценивания	Наш проект Орнитоптер SkyBird	Прямые конкуренты					Косвенные конкуренты				
		Квадрокоптер DJI Mavic Air	Гексакоптер ZALA 421-21	Гексакоптер MJX 601H	Квадрокоптер Autel EVO II DUAL	Гексакоптер Yuneek H520	Бинокль	Фото/видео камера	Приемная станция Motus Network	Зрительная труба	Спутниковая система слежения
дальность полета	2/5	5/5	4/5	1/5	5/5	3/5	-	-	-	-	3/5
время полета	3/5	4/5	5/5	3/5	5/5	5/5	-	-	-	-	5/5
бесшумность	4,5/5	3/5	2/5	1/5	1/5	4/5	-	4,5/5	-	-	5/5
маневренность	5/5	5/5	3/5	3/5	4/5	3/5	-	-	-	-	0/5
устойчивость в полете	3,5/5	4/5	5/5	4/5	4/5	5/5	-	-	-	-	5/5
разрешение камеры	4/5	3/5	3/5	2/5	5/5	4/5	-	3/5	-	-	5/5
Практичность для орнитологов	4/5	4/5	4/5	3/5	3/5	4/5	2/5	1/5	4/5	2/5	2/5
для обработки данных	5/5	3/5	4/5	3/5	4/5	4/5	1/5	2/5	5/5	2/5	4/5
Кратность увеличения объектов	4/5	3/5	3/5	2/5	5/5	4/5	3/5	3/5	-	5/5	5/5
цена	4/5	4/5	1/5	5/5	1/5	1/5	5/5	4,5/5	3/5	4/5	1/5

Приложение 4

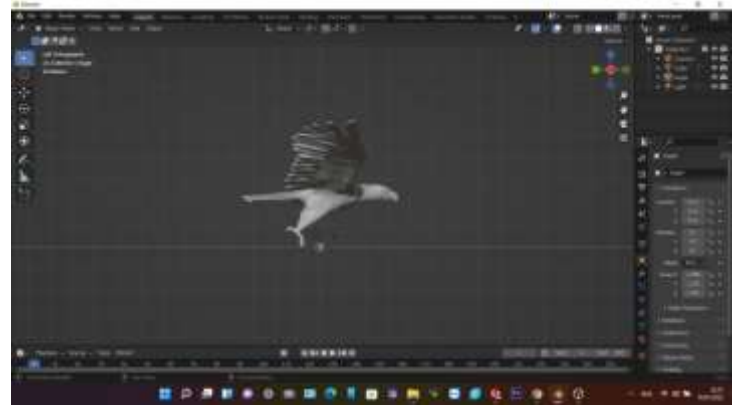
Чертеж орнитоптера «SkyBird»



Моделирование махательного механизма и крыльев в SolidWorks

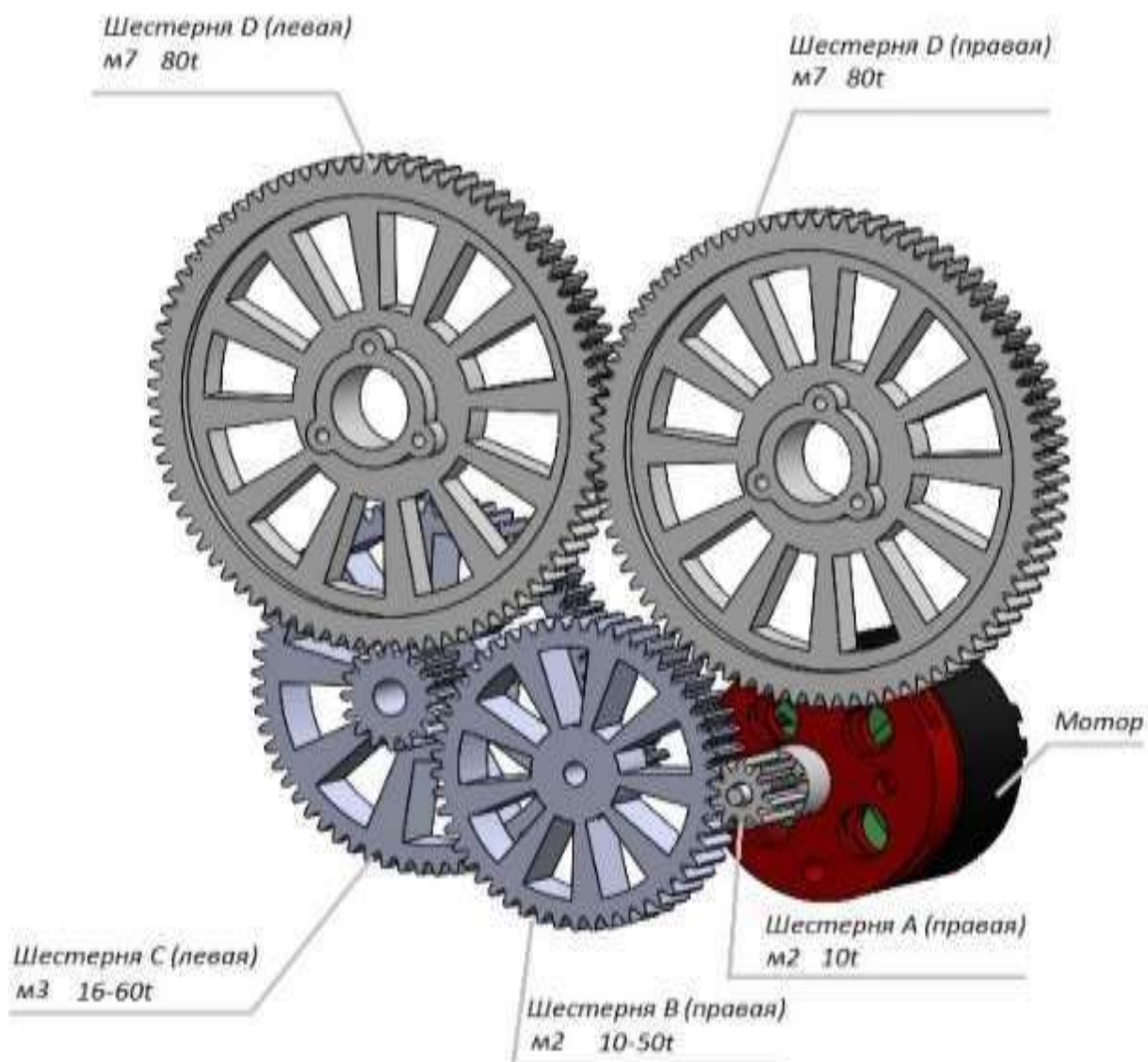


Моделирование орнитоопера в «Blender»



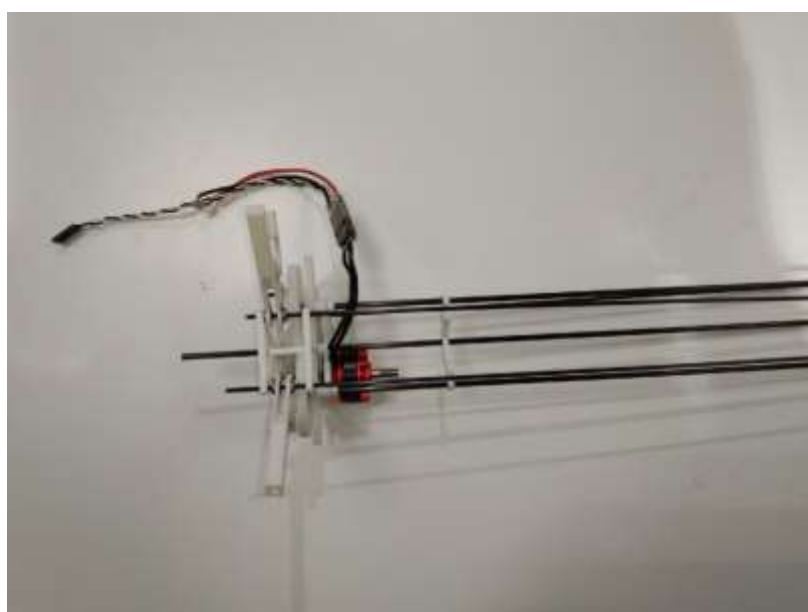
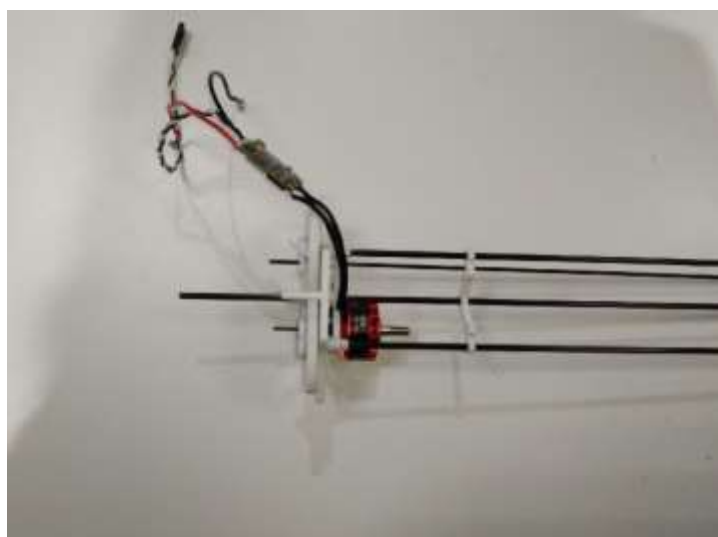
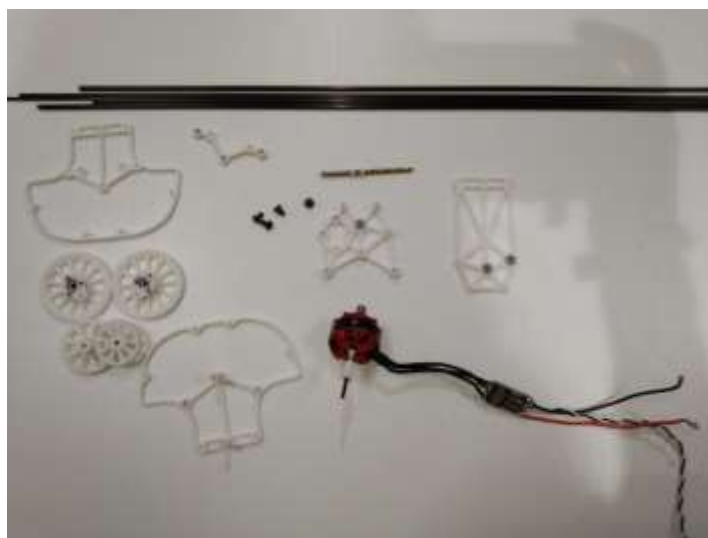
Приложение 7

Редуктор с тремя передачами



Приложение 8

Изготовление и сборка редуктора



Приложение 9

Изготовление деталей крыльев птицы

Карбоновые стержни 3мм



Ребра крыла



Подшипники



Материал для обшивки



Приложение 10

Аппаратное обеспечение орнитоптера

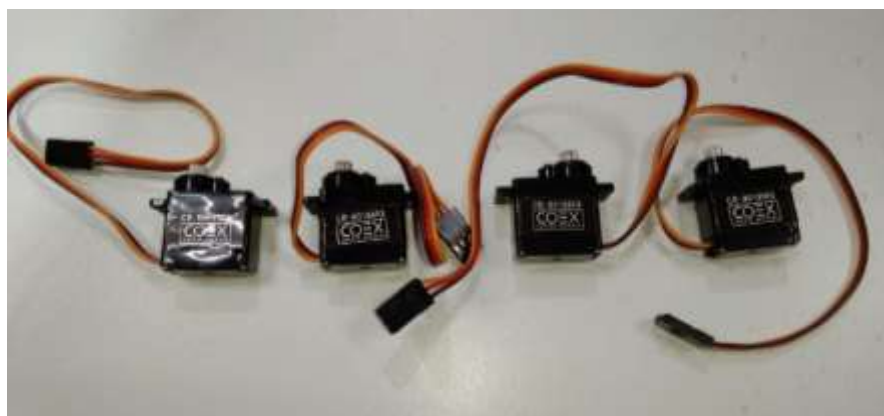
Пульт управления



Источник питания



Сервопривод



Мотор



Приёмник радиуправления и телеметрии



Регулятор скорости



Приложение 11

Таблица 2. Технологическая карта изготовления орнитоопера «SkyBird»

№ п/п	Наименование операции	Материалы	Инструменты	Цена	Сумма руб.
1	Изготовление и сборка механизма	Пластина основного механизма	3D принтер	1400 руб. – одна катушка.	1400,00
		Шестерёнки – 5 шт.	3D принтер		
		Подшипники – 4 шт.		7 руб.	28,00
2	Изготовление и сборка крыльев орнитоопера	Ребро крыла – 18 шт.	3D принтер	1400 руб. – одна катушка.	1400,00
		3D печатные крепления	3D принтер		
		Карбоновый стержень 3мм – 8 шт.		70 руб.	560,00
		Карбоновый стержень 1мм – 8 шт.		40 руб.	320,00
		Материал для обшивки крыла – 2 м ²	нож канцелярский	500 руб. – 1 моток.	500,00
		Подшипники – 12 шт.		7 руб.	84,00
3	Изготовление и сборка туловища птицы	Карбоновый стержень 3мм – 5 шт.		70 руб.	350,00
		Обшивка туловища (пенопласт)	Наждачная бумага, нож канцелярский, клей	500 руб. – 1 моток.	500,00
4	Изготовление и сборка хвоста птицы	Карбоновый стержень 2мм – 4 шт.		55 руб.	220,00
		Обшивка хвоста	нож канцелярский	500 руб. – 1 моток.	0,00
5	Установка аппаратного обеспечения	Мотор 1806 2300 KV		1200-1300 руб.	1300,00
		Регулятор оборотов 2-4S		2600 руб.	2600,00
		Плата Raspberry Pi 3		8000 руб.	8000,00
		Приёмник радиуправления и телеметрии		2400 руб.	2400,00
		Аккумулятор Li-Po 2-3S 700 mAh		2400 руб.	2400,00
		Проводка		1000 руб.	1000,00
		FPV-камера		2000 руб.	2000,00
		Видеопередатчик		3500 руб.	3500,00
Итого:					28562,00