

МУНИЦИПАЛЬНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
Г.О. САРАНСК «ЦЕНТР ОБРАЗОВАНИЯ «ТАВЛА» –
СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №17»

Творческий проект

**ЛОКТЕВОЙ ТРЕНАЖЕР
«ARM TRAINER AQ4P»**

Авторы проекта: Ушанов Вадим Сергеевич, ученик 9Е класса

Руководитель проекта: Айсина Валентина Викторовна, учитель информатики
и труда (технологии), педагог дополнительного образования школьного
технопарка «Кванториум»

2024 г.

Оглавление

Введение.....	3
1 Теоретическая часть.....	5
1.1 История развития реабилитационных тренажеров.....	5
1.2 Особенности конструкции и функционала реабилитационных тренажеров.....	9
2 Практическая часть.....	
2.1 Анализ существующих тренажеров для реабилитации локтевого сустава.....	
2.2 Проектирование и сборка тренажеров для реабилитации локтевого сустава.....	
2.3 Оценка экономической эффективности проекта.....	
Заключение.....	
Список использованных источников.....	
Приложение	

Введение

Актуальность проекта. Каждый год в мире около 30 млн. человек получают травмы и повреждения. Из-за физических нарушений, полученных в результате этих увечий, каждый тридцатый становится инвалидом. В России проблема инвалидности – одна из самых острых. В начале 2024 года было зарегистрировано более 11,1 млн. инвалидов среди взрослого населения и более 743 тыс. – среди детского. Многие из них не могут вести активный образ жизни и быть полноценными членами общества.

Восстановление физической дееспособности людей с инвалидностью стало возможным с развитием реабилитации. Ее средства помогают вернуть работоспособность и помочь приспособиться к новым условиям жизни тем, кто пострадал в результате травм и болезней.

В связи с выше сказанным, нами было принято решение о разработки реабилитационного тренажёра. Нам захотелось попробовать создать собственный тренажер для людей, восстанавливающих двигательную активность локтевого сустава после перенесённых травм или болезней, связанных с нарушениями в работе центральной нервной системы. Такой проект, позволит более эффективно проводить процесс реабилитации и восстановления.

Объектом исследования является тренажер для реабилитации локтевого сустава.

Предмет исследования: дизайн и проектирование тренажера для реабилитации локтевого сустава.

Цель проекта: разработать локтевой тренажер, соответствующей медицинским стандартам.

Задачи проекта:

- изучение особенности биомеханики человека с последующим учетом в проектировании изделия;
- поиск и анализ аналогов, синтез полученной информации;

- определение концепции, эскизирование и выбор наиболее удачного варианта;
- создать реабилитационный тренажер, сочетающий в себе эргономику, внешнюю эстетику, технологичность;
- проведение эргономического и экономического анализа проекта
- проведение эксперимента.

Гипотеза проекта: предположим, что, возможность использования локтевого тренажера при проведении реабилитационной лечебной физической культуры, действительно качественно изменит состояние здоровья больных и ускорит процесс восстановления после перенесенных травм и заболеваний.

Техническая и научная новизна исследования: Разработано уникальное устройство для реабилитации людей с различными травмами локтевого сустава, которая соответствует эргономическим и эстетическим параметрам.

1 Теоретическая часть

1.1 История развития реабилитационных тренажеров

Восстановление наружных функций частей тела человека еще сформировалось в древние времена. Еще в Древнем Египте врачи использовали приемы трудовой терапии для ускорения процесса восстановления. В Древней Греции и Риме также использовали в лечебных методиках физическую активацию и трудотерапию. В данных странах активно применяли массаж для повышения работоспособности [2].

В 1741 году появилось понятие «ортопедия», введенное профессором Парижского университета, французского физиолога Николя Анри. Он занимался наблюдением за детьми, которые имеют дефекты строения тела. Он сформировал свои наблюдения в двух томах под названием: «Ортопедия или искусство предупреждать и исправлять деформации тела у детей средствами, доступными отцам, матерям и всем тем лицам, которым приходится воспитывать детей».

После публикации Николя Анри, Френсис Лаундсе был создан первый тренажер, под названием «гимнастикон», который похож на современный велотренажер (рисунок 1).

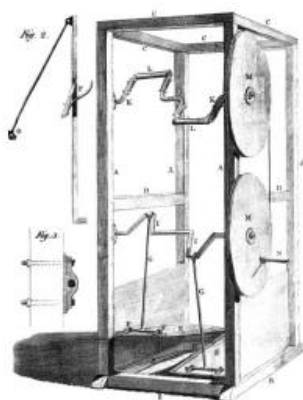


Рисунок 1 – Тренажер «Gymnasticon»

Это устройство помогало пациентам справляться с такими заболеваниями как подагра, ревматизм и паралич. Затем врачи создали комплекс физических упражнений с применением силовой техники.

Вследствие этого тренажеры стали выпускать в 140 странах мира, но они имели высокую стоимость.

В 19 веке Ханрих Клингерт создал тренажер другой конструкции, похожий на стул.

Шведский изобретатель Густав Цандер разработал способы реабилитации, которые состояли из чередования активной и пассивной гимнастики. Его тренажеры были направлены на различные группы мышц. Он первым предложил использовать свои тренажеры для вытяжения и коррекции позвоночника.

Таким образом, с 1865 по 1898 года институт врачебной гимнастики в Стокгольме и основанный Густавом Цандером, помог вылечиться более 20 000 пациентов. Со временем Аппараты Густава Цандера внедряли во всем мире. Особенно они пользовались популярностью на американских и европейских оздоровительных курортах. Подобная механотерапия являлась основным способом реабилитации во многих организациях. За всю жизнь Г. Цандер разработал более 70 аппаратов для реабилитации. Его идеи стали основой для создания других реабилитационных тренажеров.

По всему миру стали внедряться оздоровительные технологии. К середине 19 века Петр Хенрики Линг основал шведскую стенку и создал свою систему гимнастики.

В начале 20 века в России стали открываться институты Цандера, где изучали его методики и технологии. Открывались лечебницы, где устанавливались тренажеры, разработанные Г. Цандером (рисунок 2).



Рисунок 2 – Зал механотерапии в г. Ессентуки

Впервые определение «реабилитация» было дано Францем Йозефом Раттер фон Бусом в 1903 году в книге «Система общего попечительства над бедными». Термин обозначал «восстановление прав и способностей» [3].

Во время Первой мировой войны стала активно развиваться реабилитация людей с повреждениями, развивалась физиотерапия, трудотерапия, ЛФК.

В 1917 году в США была основана «Ассоциация восстановительной терапии».

Вторая мировая война также способствовала развитию медицинской, психологической, социальной реабилитации людей. Поэтому в 1945 году в США было 26 учебных заведений по подготовке специалистов реабилитологов. В 1944 в Англии создан Британский совет реабилитации инвалидов. В 1951 году в ООН возник отдел, который передавал новые технологии реабилитации в разные страны. В 1958 создана международная система организации реабилитации. И в 1960 году создано международное общество по реабилитации инвалидов [4].

В 1952 году в Вашингтоне доктор Роберт Брюс и профессор Уэйн Квинтон изобрели беговую дорожку, которая тренировала сердечнососудистую систему пациентов.

Тренажер «Степпер» был разработан в 1983 году Лэнни Поттс, он представлял собой лестницу, которая вращается. Далее в 1995 инженер из США создал эллиптический тренажер, который имитировал движения суставов и помогал пациенту быстрее восстановиться (рисунок 3).



Рисунок 3 – Эллиптический тренажер

В начале 1970-х годов появляются виброплатформы, которые использовали для восстановления космонавтов после полетов. Такие тренажеры приводили в работу почти все группы мышц человека [5].

Изобретение первых силовых тренажеров принадлежит Артуру Джонсу. В 1970 году он создал тренажер «Blue Monster» для роста мышечной массы (рисунок 4).

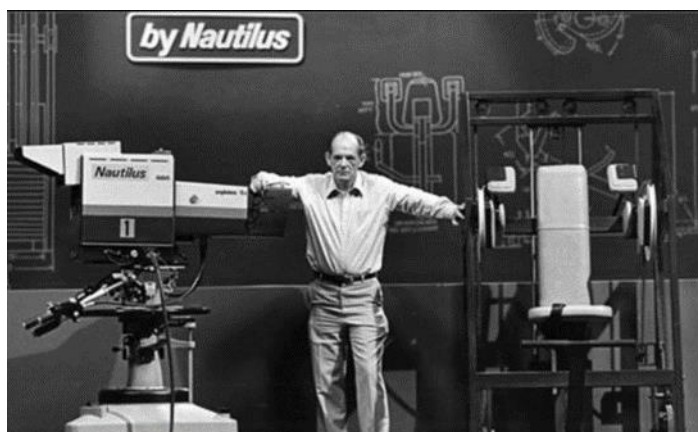


Рисунок 4 – тренажер «Blue Monster»

Позднее он создал компанию «Nautilus». Тренажеры этой фирмы помогают поддерживать мышцы пациента в тонусе при минимальных усилиях.

Джозев Эдвин Уайдер адаптировал реабилитационные тренажеры для домашнего пользования. Затем он основал компанию «Weider», которая рекламировала тренажеры для масс.

На сегодняшний день технологии по созданию тренажеров для реабилитации активно развиваются. Известны такие технологии как: 3D-печать, машинные интерфейсы, роботизация, бионическое протезирование. Данные технологии помогают большому количеству людей возвратиться к полноценной двигательной жизни в короткие сроки. В настоящее время Программа реабилитации на базе общины работает в 90 странах мира и обеспечивает людей медицинской реабилитационной помощью, оказывает поддержку инвалидов при восстановлении [6].

1.2 Особенности конструкции и функционала реабилитационных тренажеров

Технические средства реабилитации – устройства, с помощью которых достигается улучшение двигательных функций людей с ограниченными возможностями. Назначаются ТСР лечащими врачами и реабилитологами.

Реабилитационный период является важным при восстановлении подвижности конечностей и опорно-двигательного аппарата, укрепления мышц и суставов. Современные производители медицинских тренажеров для реабилитации постоянно преобразовывают свою продукцию с целью улучшить и ускорить процесс восстановления пациента [7].

В восстановлении способности полноценно передвигаться нуждаются следующие категории людей:

- Спортсмены в связи с полученными травмами.
- Люди преклонного возраста или с ослабленным здоровьем.
- Лица со слабым тонусом мышц.
- Страдающие заболеваниями суставов и болезнями костномышечной ткани.
- Пациенты, перенесшие инфаркт миокарда, инсульт.
- Люди с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, осложнениями в работе дыхательных органов.
- Ведущие обездвиженный или малоподвижный образ жизни.

Выполнение активных либо пассивных упражнений на тренажерах для реабилитации инсульта, травм, перенесенных операций и заболеваний оказывают положительное влияние на организм человека, возвращают ему частичную или полную подвижность [8].

Спортивные тренажеры

Иногда занятия по восстановлению можно проводить на обычных спортивных тренажерах. При этом их адаптируют для использования людьми с ограниченными возможностями. Оборудование позволяет нормализовать

нагрузку, снизить диапазон движений, обеспечивает доступ тем, кто передвигается на колясках и самостоятельную пересадку с кресла на тренажер выполнить не могут.

Модели тренажеров активной реабилитации имеют функции регулировки по высоте для комфортного использования, датчики контроля состояния пациента во время занятий. Наличие кнопки немедленной остановки делает тренировку безопасной. Тренажеры оснащены рычагами и поручнями для максимального комфорта, реабилитируемого пациента.

Принцип работы реабилитационного тренажера

Принцип работы определенной модели тренажера определяется в основном его конструкцией, однако любой реабилитационный тренажер повторяет естественную траекторию движения сустава, не создает опасных нагрузок на позвоночник, имеет точную систему настройки интенсивности и уровня нагрузки.

При пассивных тренировках на тренажере, то есть без усилий пациента, организм все равно вынужден включать в работу мышечный корсет и связки. В результате улучшает кровообращение и питание тканей, повышается тонус мышц, которые, в свою очередь лучше держат костную систему [9].

Типы реабилитационных тренажеров

По Государственному стандарту РФ реабилитационные тренажеры делятся на 4 группы.

1. Тренажеры и виброкресла для реабилитации функций позвоночника и укрепления организма в целом с применением массажа, вытяжки, размеренной нагрузки на организм и термотерапии. Применяются при заболеваниях межпозвоночных дисков, контрактурах и других деформациях суставов, также для сеансов пассивного стояния для улучшения работы всех систем организма.

К реабилитационным тренажерам данного типа относятся вибромассажные кресла, вертикализаторы и параподиумы всех типов, шведские стенки.

2. Тренажеры для реабилитации функций верхних конечностей.

Тренируют мышцы рук, грудные мышцы, мышцы плеча и предплечья, кисти и пальцы, способствуют восстановлению координации движений и мелкой моторики.

К этой группе реабилитационных тренажеров также относятся тренажеры для восстановления и развития основных бытовых навыков (открывание замка, застегивание молнии, включение света и т.д.). Применяются в основном в период восстановления после инфаркта миокарда, а также для поддержания тонуса мышц верхних конечностей в том случае, если человек прикован к инвалидному креслу.

3. Тренажеры для реабилитации функций нижних конечностей.

Тренируют (пассивно или активно) мышцы ног, помогают «разрабатывать» ноги после травм и заболеваний, способствуют восстановлению функций опорно-двигательного аппарата, позволяют поддерживать тонус мышц при частичной утрате двигательной функции, улучшают кровообращение [10].

Применяются в период восстановления после серьезной травмы нижних конечностей, а также в профилактических целях после спинно - мозговых травм, когда человек прикован к инвалидному креслу и восстановление двигательной функции невозможно.

К реабилитационным тренажерам для ног относятся всевозможные велотренажеры, «бегущие дорожки» и тренажеры на сгибание и разгибание колена. Работают они как от физического усилия пациента (если он в состоянии прилагать усилия), так и от электропривода.

В последнем случае человек остается пассивным, а тренажеры приводятся в движение электромотором - происходит имитация тренировки, во время которой мышцы и суставы получают нагрузку, необходимую для поддержания тонуса и улучшения кровообращения.

4. Универсальные реабилитационные тренажеры для верхних и нижних конечностей.

Помогают пассивно и активно тренировать и «разрабатывать» как руки, так и ноги в период восстановления после травм и заболеваний, а также после спинномозговых травм, когда человек прикован к инвалидному креслу и восстановление двигательной функции невозможно [11].

По принципу действия реабилитационные тренажеры и для взрослых, и для детей делятся на:

- электромеханические (сочетание электродвигателя);
- механические (только усилия человека);
- автоматические (только электродвигатель без участия человека, пассивная тренировка);
- полуавтоматические (частичное участие человека);
- гидравлические (гидравлический привод для облегчения движений);
- пневматические (газовая пружина для облегчения движений);
- инерционные (нагрузочные упругие элементы - пружины, жгуты).

2 Практическая часть

2.1 Анализ существующих тренажеров для реабилитации локтевого сустава

Для дальнейшей работы над проектом нами были рассмотрены аналогичные варианты тренажеров, выявлены положительные и отрицательные аспекты, которые в дальнейшем планируется использовать при разработке локтевого тренажера.

1. Реабилитационный тренажер для плечевого и локтевого суставов «Centura Kinetec».

Реабилитационный тренажер Kinetec Centura (рисунок 5) – тренажер для разработки верхней конечности, который позволяет проводить целенаправленную пассивную разработку плечевого и локтевого суставов.



Рисунок 5 – Реабилитационный тренажер Kinetec Centura.

Положительные характеристики: Привлекательный внешний вид, сидение имеет массажные элементы, лаконичная и привлекательная цветовая гамма, рука закрепляется на липучках, тактильные элементы оформлены тканевыми и резиновыми элементами. Есть автоматизированное электроуправление.

Отрицательные характеристики: Возможность совершать только пассивную работу плечевого и локтевого суставов, отсутствует возможность измерения пульса, ограниченное количество режимов работы.

2. Реабилитационный тренажер для локтевого сустава «ОРМЕД FLEX 03».

Реабилитационный тренажер ОРМЕД FLEX 03 (рисунок 6) – тренажер для разработки верхней конечности, который позволяет проводить пассивную разработку локтевого сустава.



Рисунок 6 – Реабилитационный тренажер ОРМЕД FLEX 03.

Положительные характеристики: Автоматизированное управление с помощью пульта, мягкий подлокотник, оформленные тактильные элементы, фиксация руки на липучки, универсальный для различных травм, выступающие элементы конструкции, лаконичная цветовая гамма.

Отрицательные характеристики: Выступающие элементы конструкции, элементы тренажера не сочетаются между собой, отсутствует возможность измерения пульса, ограниченное количество режимов работы.

3. Реабилитационный тренажер для плечевого и локтевого суставов «Fisiotek HP2».

Fisiotek HP2 – тренажер для пассивной разработки локтевых, плечевых и кистевых суставов (рисунок 7).



Рисунок 7 – Реабилитационный тренажер Fisiotek HP2.

Положительные характеристики: Возможность применения в разных положениях тела, мобильная установка, регулируемая конструкция.

Отрицательные характеристики: Отсутствует эстетически привлекательный внешний вид, возможность только пассивной разработки руки.

4. Реабилитационный тренажер для локтевого сустава «Good Job».

Good Job – реабилитационный тренажер для активно-пассивной разработки локтевых суставов (рисунок 8).



Рисунок 8 – Реабилитационный тренажер Good Job.

Положительные характеристики: Интеллектуальная автоматическая остановка по таймеру, регулируемая скорость, изгиб 110°, беспроводной пульс управления.

Отрицательные характеристики: Крепление тренажера к плечевому суставу, блок управления находится на сгибе локтевого сустава, что добавляет дополнительный вес на него.

Таким образом, в ходе рассмотрения аналогов было решено использовать в разработке тренажера следующие положительные аспекты: эстетически привлекательный внешний вид с применением акцентов на элементах взаимодействия с человеком, оснащение эргономическими элементами с тактильно комфортным материалом рукояток, фиксация руки на тренажере, создание многофункциональной конструкции, для разных этапов разработки руки, дистанционный пульс управления, вывод показателей состояния здоровья в специально разработанное приложение.

2.2 Проектирование и сборка тренажеров для реабилитации локтевого сустава

Описание процессов проектирования и моделирования

Этапы реализации проекта:

1) Подготовительный этап

На данном этапе был разработан и собран роботизированный прототип нашего изделия. Для реализации основных функций тренажера в среде RABOLAB была написана программа.

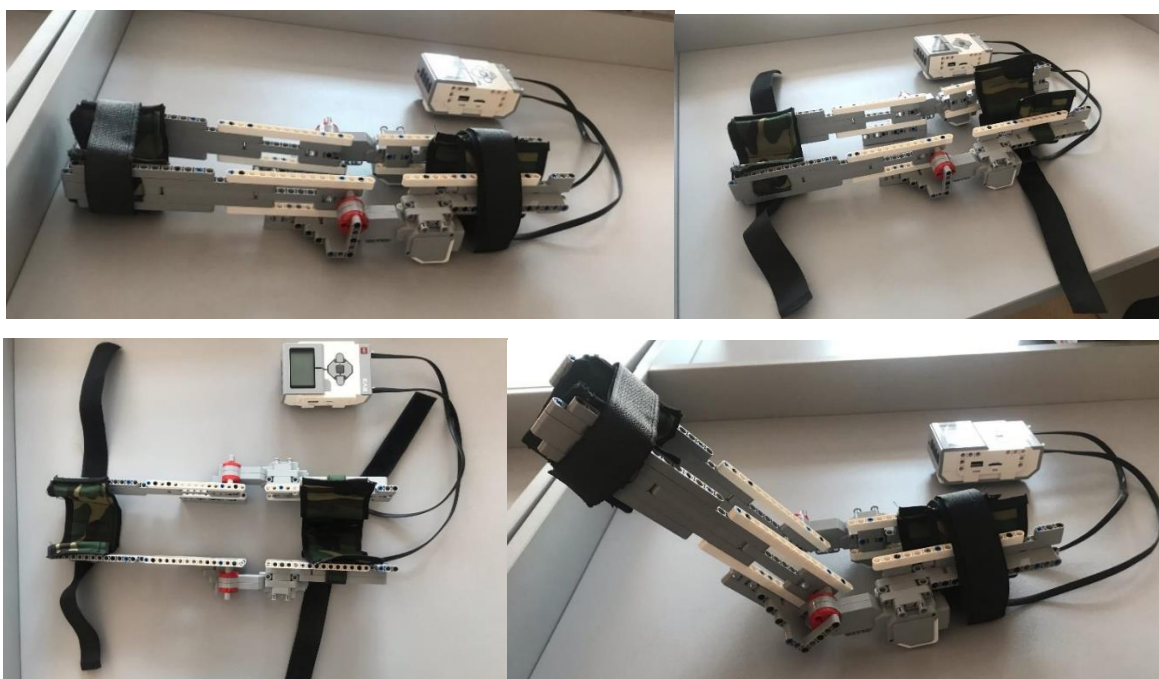


Рисунок 9 – Роботизированный прототип локтевого тренажера «Arm trainer AQ4P».

Далее был разработан эскиз будущего устройства, выбрано программное обеспечение для создания 3D-модели, закуплено оборудование для сборки.

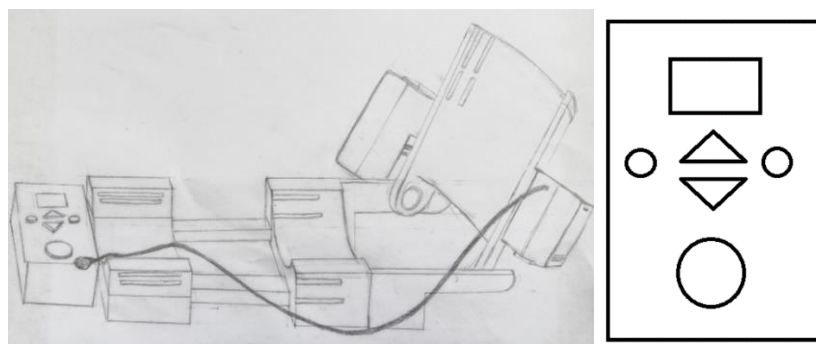


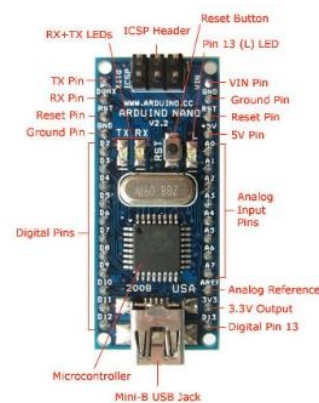
Рисунок 10. – Эскиз локтевого тренажера и пульта «Arm trainer AQ4P».

Для разработки нашего проекта мы выбрали систему «КОМПАС-3D», так как это САД-система трехмерного твердотельного моделирования, предназначенная для широкого спектра проектно-конструкторских работ, легкая в освоении, удобная в работе.

Для сборки локтевого тренажера нам потребовалось следующее оборудование:

– Arduino Nano – это небольшая, полнофункциональная отладочная плата, адаптированная для работы с макетными платами, построенная на базе микроконтроллера ATmega328 (Arduino Nano 3.x) или Atmega168 (Arduino Nano 2.x).

Плата имеет на борту 8 аналоговых входов, 14 цифровых выводов общего назначения (могут являться как входами, так и выходами), кварцевый генератор на 16 МГц, два разъема: силовой и USB, разъем ISCP для внутрисхемного программирования и кнопку горячей перезагрузки устройства. Для стабильной работы плату необходимо подключить к питанию либо через встроенный USB Разъем, либо подключив разъем питания к источнику от 7 до 12В. Через переходник питания плата также может работать и от батареи формата Крона.



– Сервопривод DS3240-270

Качественный, надежный и влагостойкий сервопривод, который подойдет для многих моделей в масштабе 1/10 и 1/8.

Характеристики: скорость – при 5В – 0,2с/60°, при 6,8В - 0,17с/60°; рабочее напряжение – 4,8~6,8В; вес – 60 г; тип шестерни – медь и алюминий; рабочий ход – 270°; размер – 40x20x40,5 мм.



Особенности: высокопроизводительный цифровой стандартный сервопривод; высокоточные металлические шестерни с жестким анодированием; алюминиевый средний корпус с ЧПУ; двойные шариковые подшипники.

– Датчик пульса – это аналоговый датчик, основанный на методе фотоплетизмографии – изменении оптической плотности объема крови в области, на которой проводится измерение (например, палец руки или мочка уха), вследствие изменения кровотока по сосудам в зависимости от фазы сердечного цикла. Датчик содержит источник светового излучения (светодиод зеленого цвета) и фотоприемник, напряжение на котором изменяется в зависимости от объема крови во время сердечных пульсаций.



Датчик пульса усиливает аналоговый сигнал и нормализует его относительно точки среднего значения напряжения питания датчика ($V/2$). Датчик пульса реагирует на относительные изменения интенсивности света. Если количество света, падающего на датчик, остается постоянным, величина сигнала будет оставаться вблизи середины диапазона АЦП. Если регистрируется большая интенсивность излучения, то кривая сигнала идет вверх, если меньше интенсивность, то, наоборот, кривая идет вниз.

Будем использовать датчик для измерения частоты пульса, фиксируя промежутки между точками графика, когда сигнал имеет значение 50% от амплитуды волны во время начала импульса.

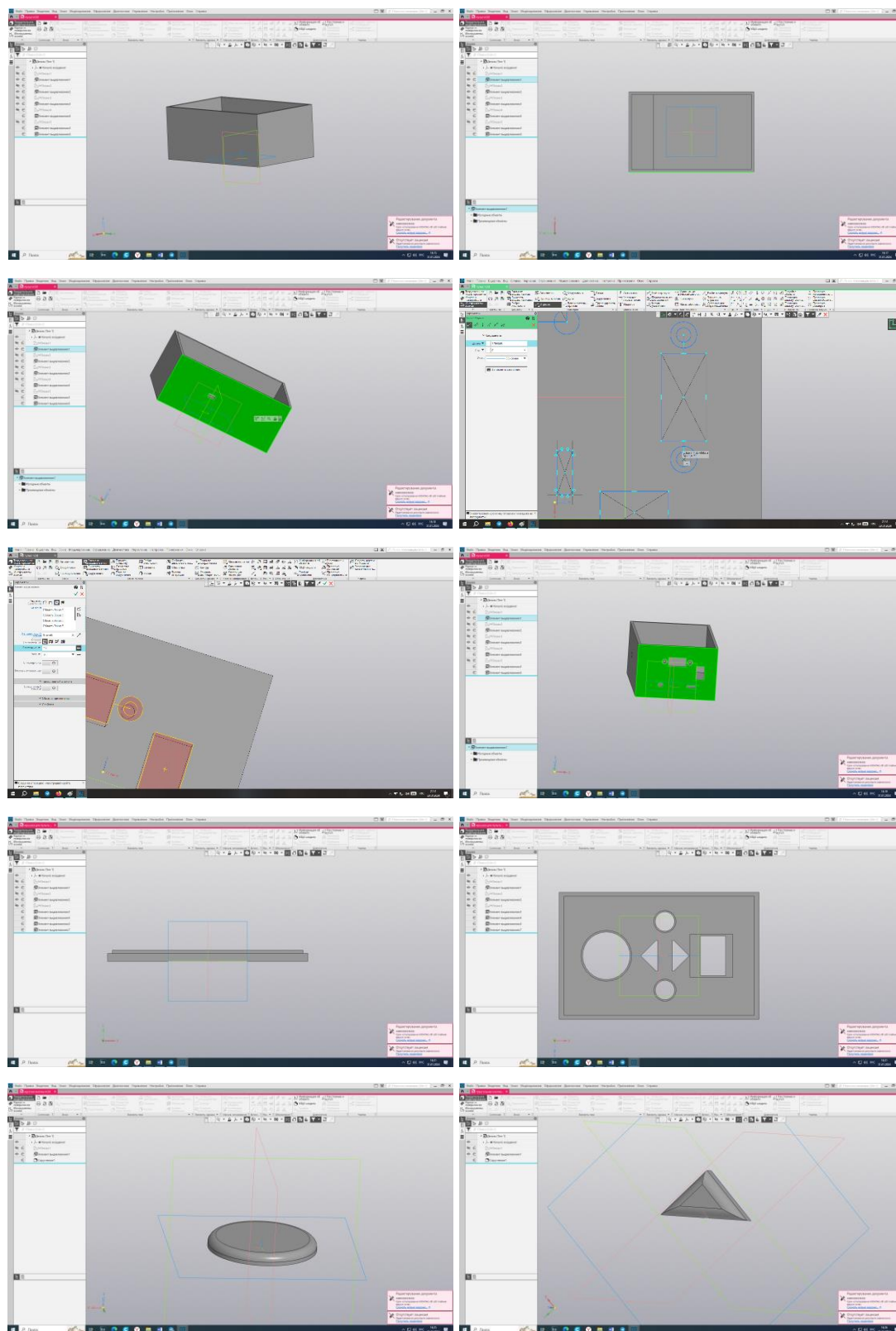
– Датчик электромиографии (ЭМГ) – это устройство, которое может измерять мышечную активацию у человека. Существует два основных типа ЭМГ: игольчатые и поверхностные ЭМГ. Игольчатые ЭМГ имеют металлическую иглу, вставленную в кожу, чтобы измерить активацию мышц, в то время как поверхностные ЭМГ используют электроды, прикрепленные к коже человека, чтобы измерить активацию. Поверхностный датчик мышечного сигнала контроллер EMG (электромиограммы) обнаруживает и измеряет мышечную активность, обычно используется в медицинских исследованиях.



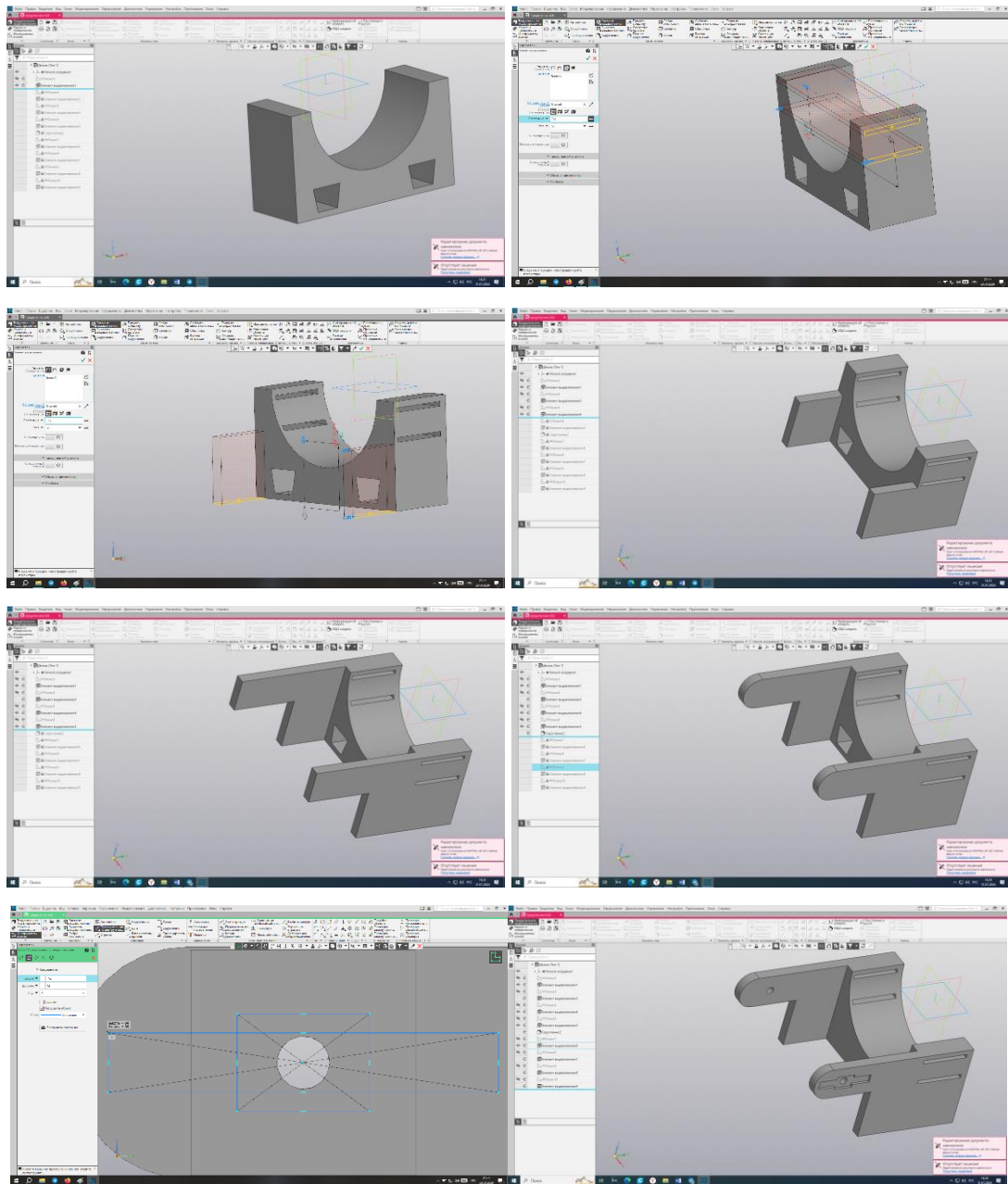
2) Проектировочный этап

Разработка 3D-модели в среде Компас3Д. (техническую документацию см. в Приложении)

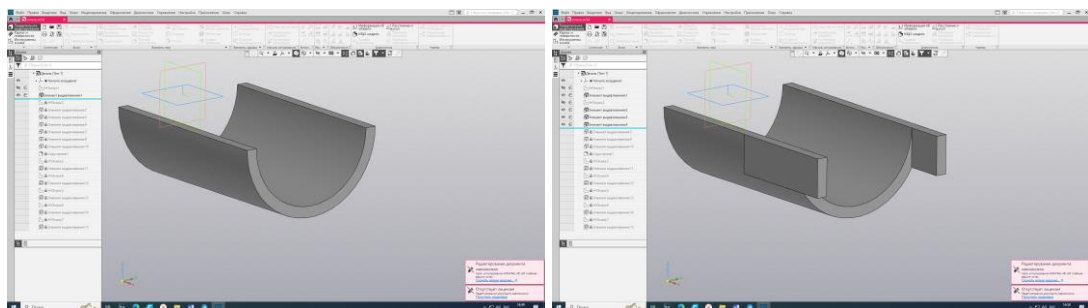
– Моделирование пульта

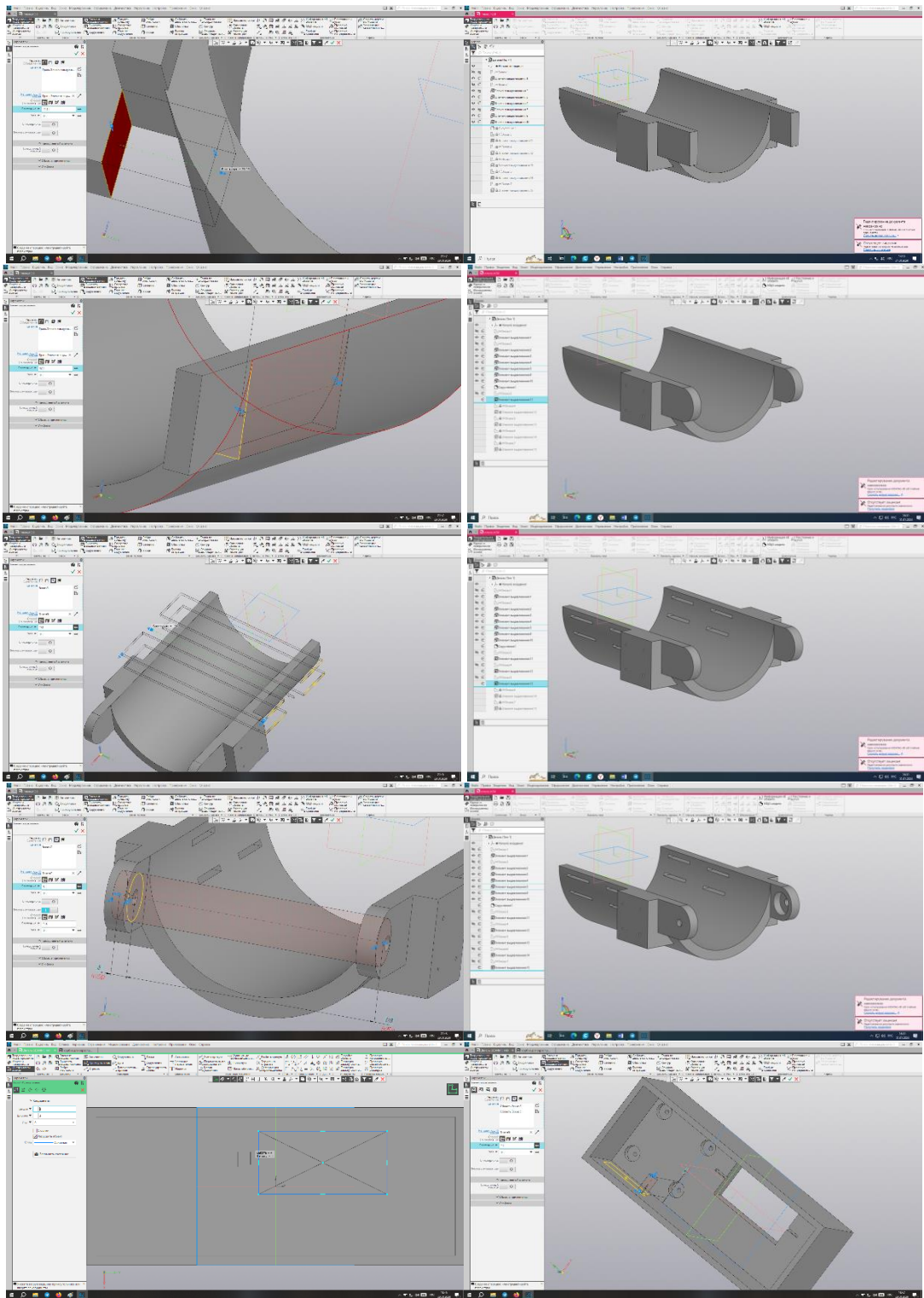


– Моделирование «Предплечья»

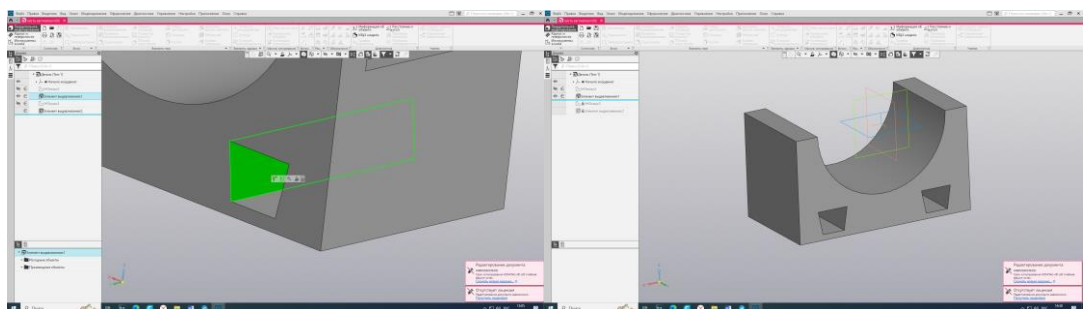


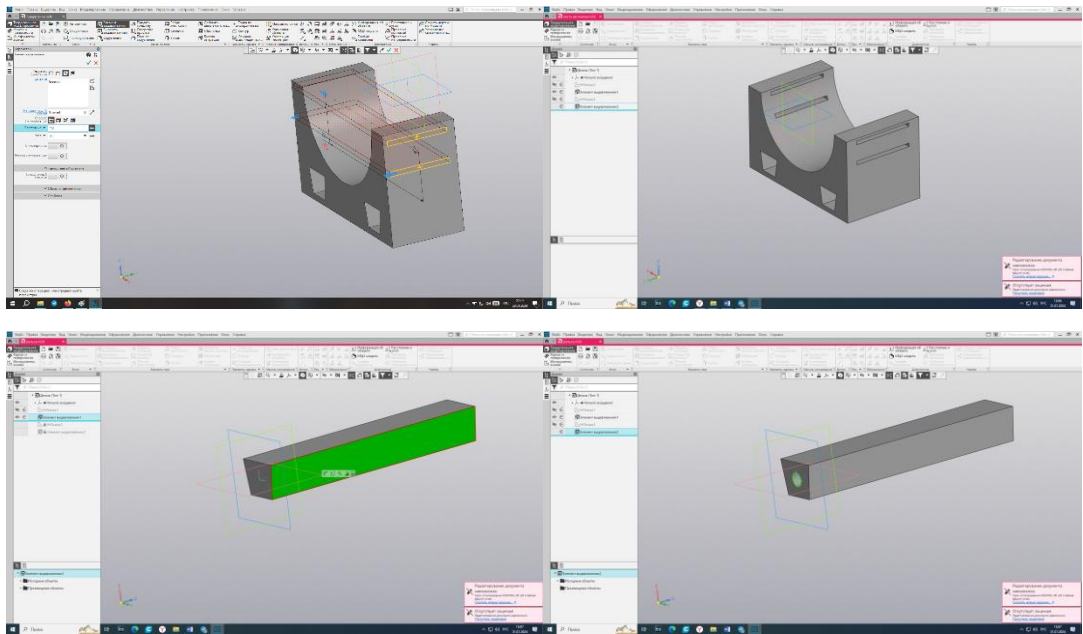
– Моделирование «Плеча»





– Моделирование «Кисти»

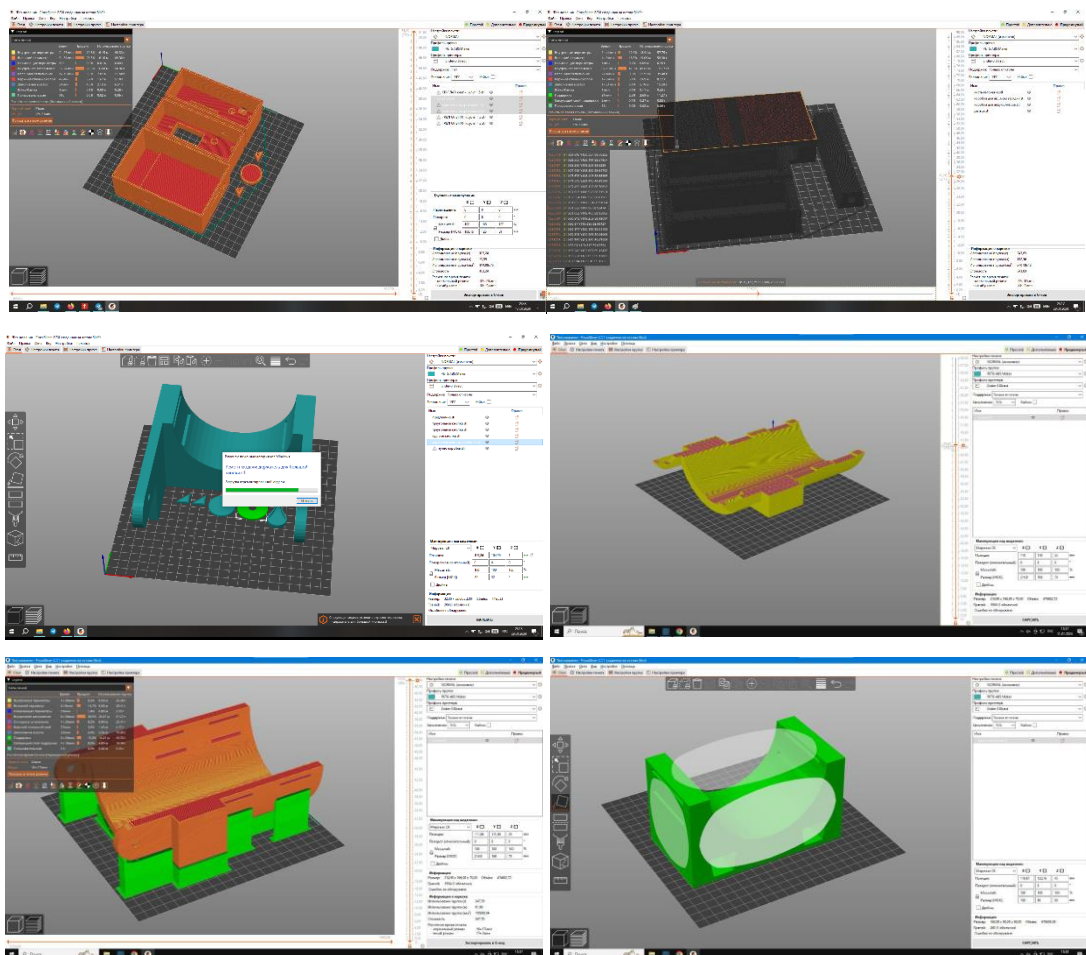




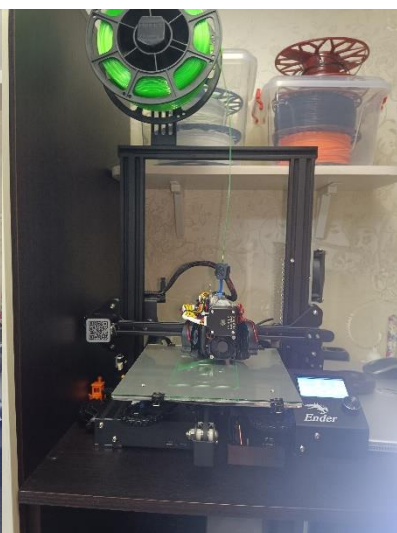
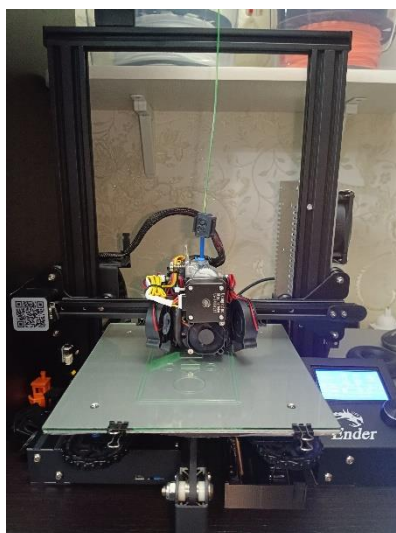
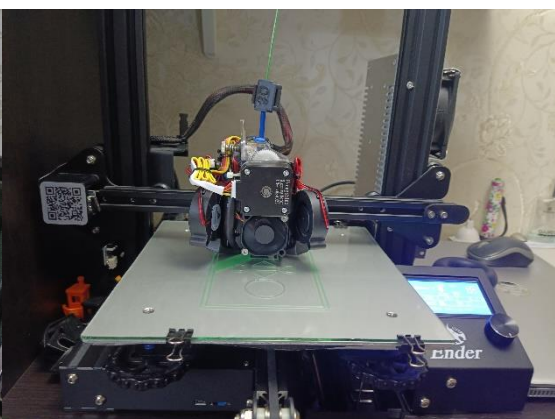
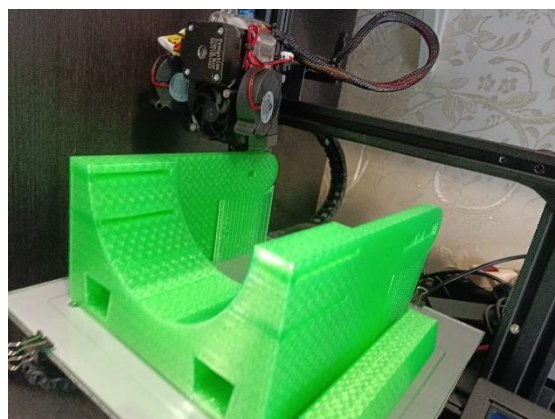
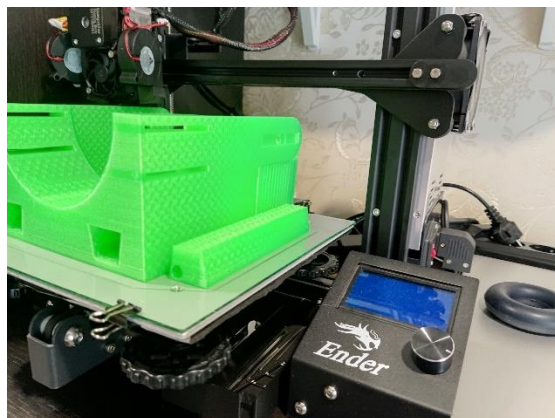
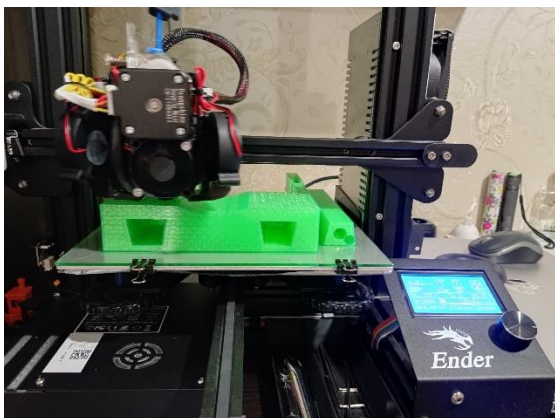
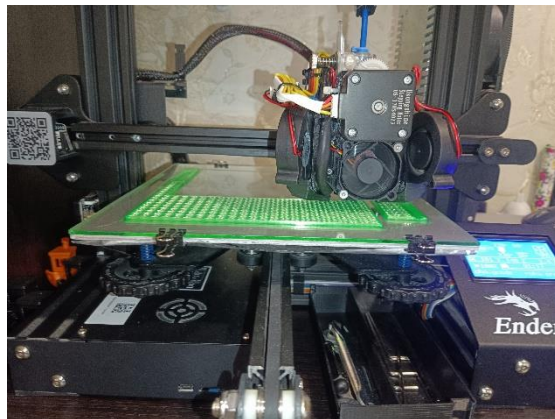
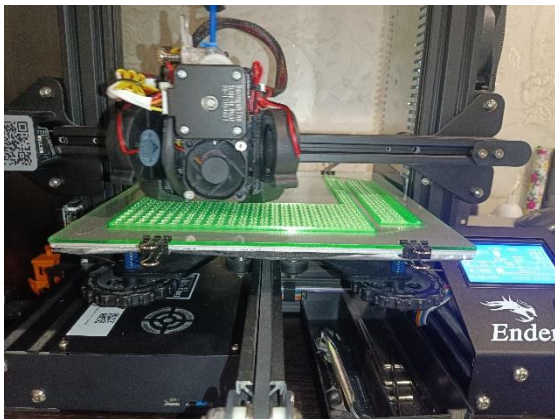
3) Описание процессов подготовки и изготовления модели

Для 3D-печати нашего изделия мы использовали 3D-принтер Creality Ender 3 и пластиковая нить PETg диаметром 1,75 мм.

- Подготовка к 3D-печати: нарезка деталей на слои, генерация g-code.

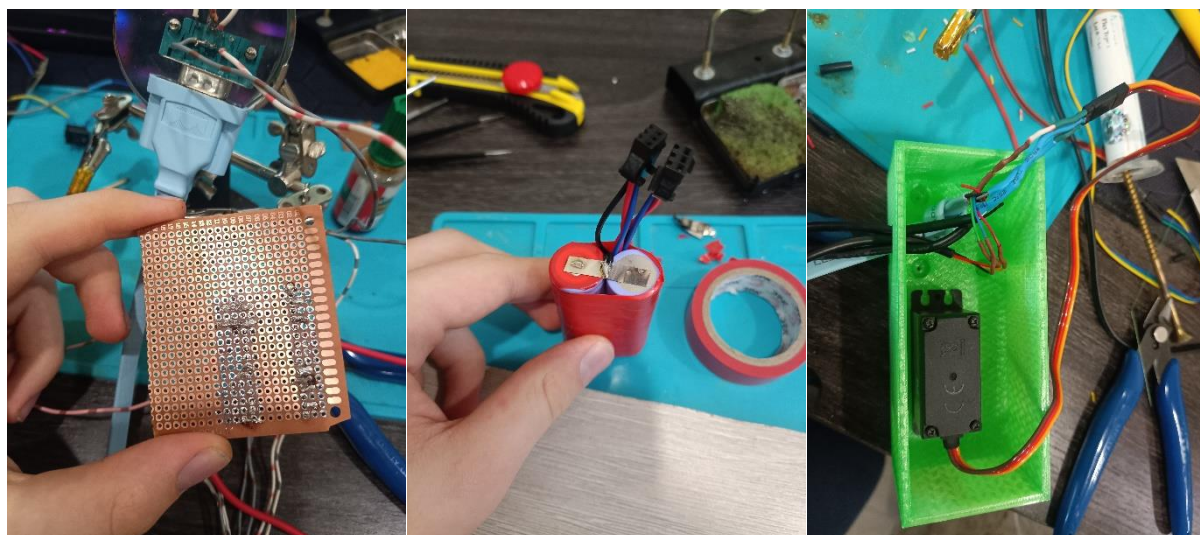
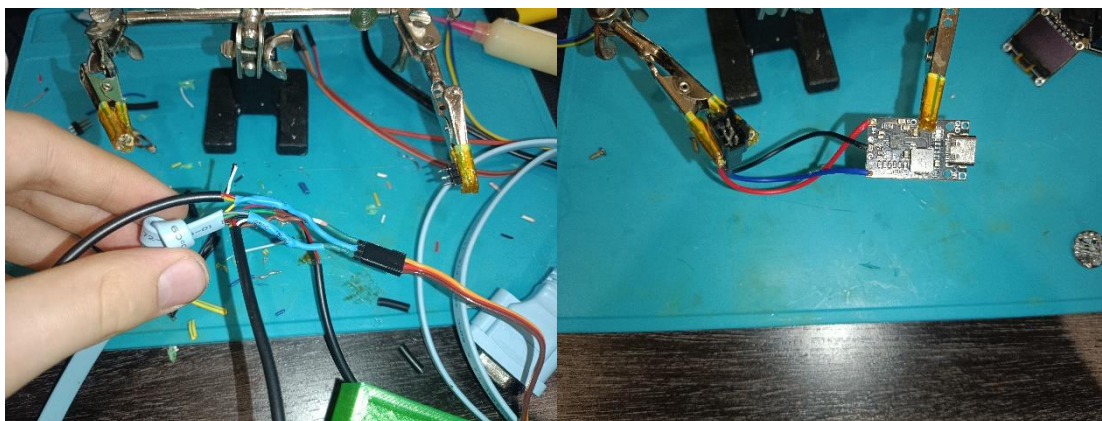
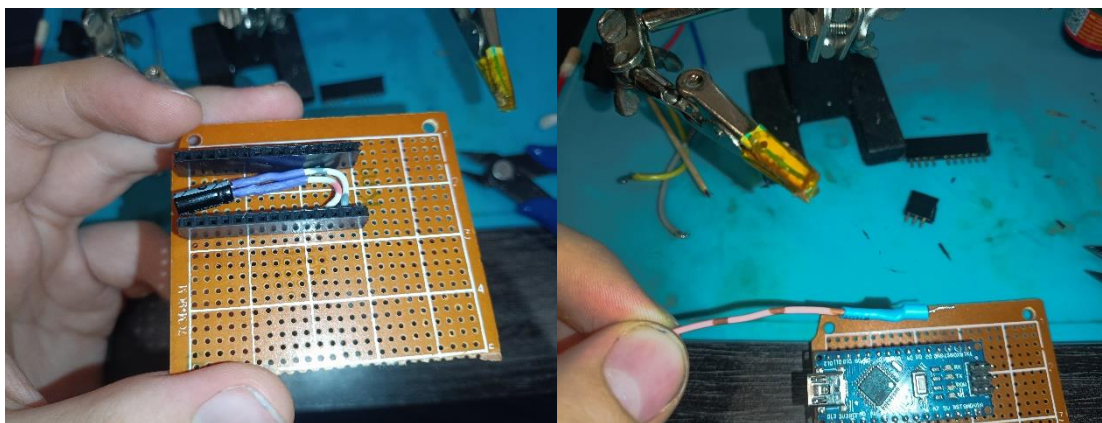
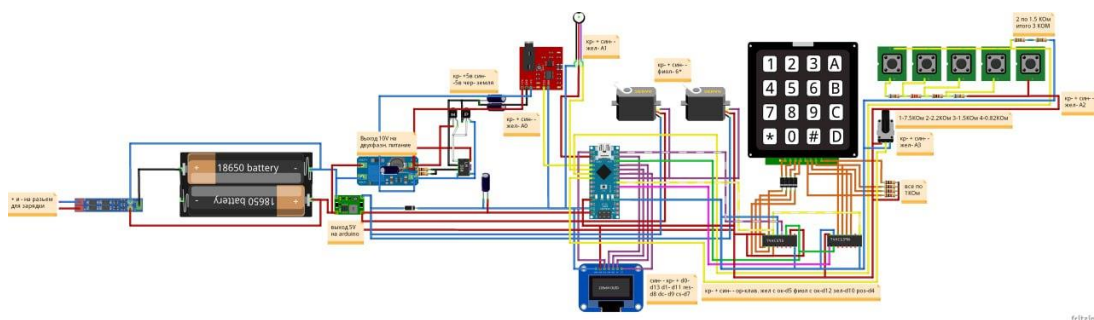


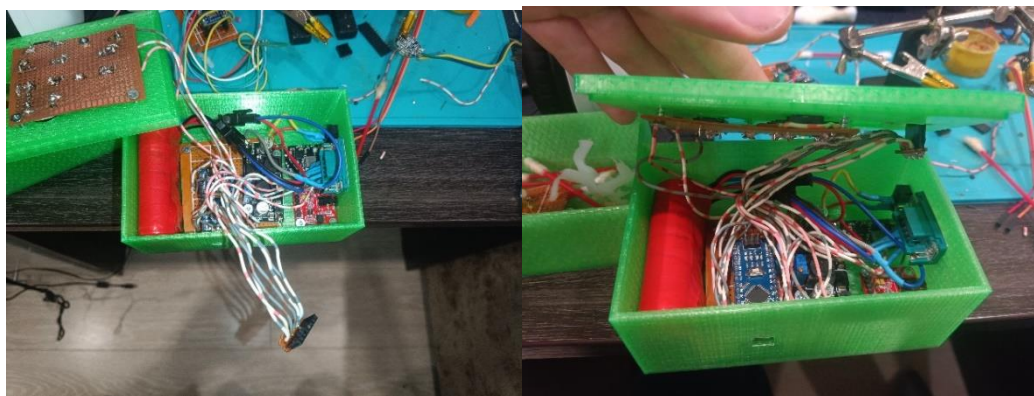
– Печать изделия на 3D-принтере.



4) Сборочный этап

Сборка оборудования на базе Arduino Nano





В результате нами разработано уникальное устройство для реабилитации людей с различными травмами локтевого сустава, которая соответствует эргономическим и эстетическим параметрам.

5) Этап тестирования

После сборки и программирования тренажера мы приняли решение провести его тестирование. Испытание проводилось в кабинете физиотерапии, участвовало двое – мужчина, 65 лет и женщина, 63 лет.

Женщина получила травму в результате ударе по локтевому суставу во время домашней уборки. Врач поставил диагноз: Растяжение мышц локтевого сустава. В связи с было назначено лечение, в то числе и физиотерапия. Врач-физиотерапевт подготовил десятидневную программу физиотерапии, позволяющую укрепить мышцы локтя, с использованием нашего тренажера.



После пяти дней физиотерапии пациентка почувствовала улучшение: отступила боль при сгибании руки. По завершению реабилитационной процедуры пациентка была удовлетворена проведенными процедурами, так как боли больше не чувствовала.

Хотелось бы отметить следящее, тренажер входил в состав целого комплекса лечебных процедур, что и привело к улучшению состояния пациентки.

Следующий пациент – мужчина, его диагноз: Остеохондроз локтевого сустава 3 степени. Была проведена операция по замене больного сустава на искусственный эндопротез. Для восстановления двигательной активности была назначена физиотерапия. Физиотерапевт разработал индивидуальную программу реабилитации, с использованием нашего тренажера.



Использование тренажера дало первые результаты на 4 день, из пассивного режима восстановления подвижности локтевого сустава, врач перевел тренажер в активный. По окончании индивидуальную программу реабилитации пациент был удовлетворен проведенными процедурами, так как подвижности локтевого сустава была восстановлена.

Несмотря на положительные отзывы результатом мы удовлетворены не полностью, в дальнейшем планируется добавить датчик активности мышц, улучшить эстетический вид тренажера, сделать пульт дистанционным и добавить второе направление движения, разработать для тренажера приложение, которое позволит контролировать показания всех датчиков.

2.3 Оценка экономической эффективности проекта

Разрабатываемый объект обладает научной новизной и имеет небольшое количество аналогичных вариантов на рынке, которые во

многим уступают данной разработке. Данный объект является более технологичным, эргономичным. Следовательно, возможно проведение оценки экономической эффективности только в теоретическом формате.

Список затрат на материалы представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Кол-во	Сумма, руб.
Пластик PETg	1520 г	1520
Расходники для пайки (флюс, припой, канифоль, спирт, и др.)	-	100
Датчик пульса	1 шт.	509
Дисплей	1 шт.	306
Сервоприводы	2 шт.	4200
Кнопки тактовые	2 шт.	32
Плата макетная	2 шт.	190
Аккумуляторы Li-Ion 18650	4 шт.	631
Аккумуляторы Li-Pol	2 шт.	372
Кабель 4 канала	2 м	289
Разъем db-9	1 шт.	53
Кабель db-9	1 м	233
Провода для пайки	1 м	100
Контроллер Arduino nano	1 шт.	435
Преобразователь	2 шт.	600
Преобразователь	1 шт.	204
Плата bms	1 шт.	338
Плата зарядки	1 шт.	672
Переключатель вкл\выкл	1 шт.	93
Итого:		10877

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта мы отобразим оплату за электричество – 300 р.

Таким образом, учитывая расходы на материалы и электричество мы получаем 11277 р., что в полтора раза дешевле чем у аналогов, т.к. они стоят от 20 тысяч. Кроме этого хотелось бы отметить следующие преимущества: наличие датчика пульса, возможность настраиваемой тренировки, два режима работы, понятное управление.

Поскольку проект направлен на общее повышение качества реабилитационного оборудования и повышение качества жизни пациентов, которые пользуются тренажером, основным аспектом является социальный эффект. Экономический эффект может быть определен только после анализа результатов коммерциализации объекта.

Заключение

Таким образом, в результате работы над проектом нами разработано уникальное устройство для реабилитации людей с различными травмами локтевого сустава.

Работая над проектом, мы использовали уже имеющийся опыт 3D-моделирования и 3D-печати, сборки и программирования оборудования на базе платы Arduino Nano, обогатились новыми приёмами программирования на языке C++, получили новые навыки конструирования.

Основываясь на экспериментальных исследованиях локтевого тренажера, мы доказали, что проведение реабилитационной ЛФК с его использованием, действительно качественно изменяет состояние здоровья больных и ускоряет процесс восстановления после перенесенных травм и заболеваний.

Список используемых источников

1. Демьянова А.В. Социальная политика в сфере защиты прав инвалидов в России. «Высшая школа экономики». (Серия WP3 «Проблемы рынка труда»). М.: Изд. Дом Высшей школы экономики; 2021.
2. История развития медицинской реабилитации // [Электронный ресурс] medbe.ru/materials URL: <https://medbe.ru/materials/sportivnayareabilitatsiya/istoriya-razvitiya-meditsinskoj-reabilitatsii/> (дата обращения: 16.05.24).
3. Нечаев В.С., Магомедова З.А. Медицинская реабилитация: история вопроса и дефиниции // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. №25.
4. Балахонов М.Н. Внедрение медицинской реабилитации в России. Бюллетень НИИ социальной гигиены, экономики и управления здравоохранением им. Н.А. Семашко. 2022. – 165.
5. Алексей Яковлев, Нейрореабилитация. Часть 1. г. Екатеринбург: Издательские решения, 2021. – 590.
6. Руководство по реабилитации на уровне общины. Введение. Community based rehabilitation. Introductory booklet. Женева: ВОЗ; 2020.
7. Качесов В. А. Качесов К. В Основы интенсивной реабилитации. Интенсивная реабилитация инвалидов с применением спецтренажеров. г. Москва: Издательские решения, 2024. –150.
8. Реабилитационные тренажеры: от комплексных сооружений до эластичных петель 4DPro [Электронный ресурс]// nfit.ru URL: https://onfit.ru/school/reabilitacionnye_trenazhery_4dpro (дата обращения: 10.04.24).
9. Тренажеры для реабилитации: виды реабилитации, классификация тренажеров, специальные упражнения, комплекс занятий и рекомендации врачей [Электронный ресурс] // <https://autogear.ru> URL: <https://autogear.ru/article/421/105/trenajeryi-dlya-reabilitatsii-vidyi->

reabilitatsiiklassifikatsiya-trenajerov-spetsialnyie-uprajneniya-kompleks-zanyatiy-irekomendatsii-vrachey/ (дата обращения: 10.04.24).

10. Реабилитационные тренажеры для взрослых [Электронный ресурс]// www.dobrota.ru URL: <https://www.dobrota.ru/posts/reabilitacionnyetrenazery-dla-vzroslyh/> (дата обращения: 10.04.24).

11. Реабилитационный тренажер для плечевого и локтевого суставов [Электронный ресурс] // <http://www.beka.ru> URL:<http://www.beka.ru/ru/katalog/domashnyaya-reabilitatsiya/kinetec-centurashoulder-cpm/> (дата обращения:10.04.24).

12. Kinetec Centura // [Электронный ресурс] www.beka.ru/ru/katalog URL: <http://www.beka.ru/ru/katalog/domashnyaya-reabilitatsiya/kinetec-centurashoulder-cpm/> (дата обращения: 13.04.24).

13. Выбор материалов конструкции [Электронный ресурс] // studfiles.net URL: <https://studfiles.net/preview/5558297/page:17/> (дата обращения: 17.03.24).

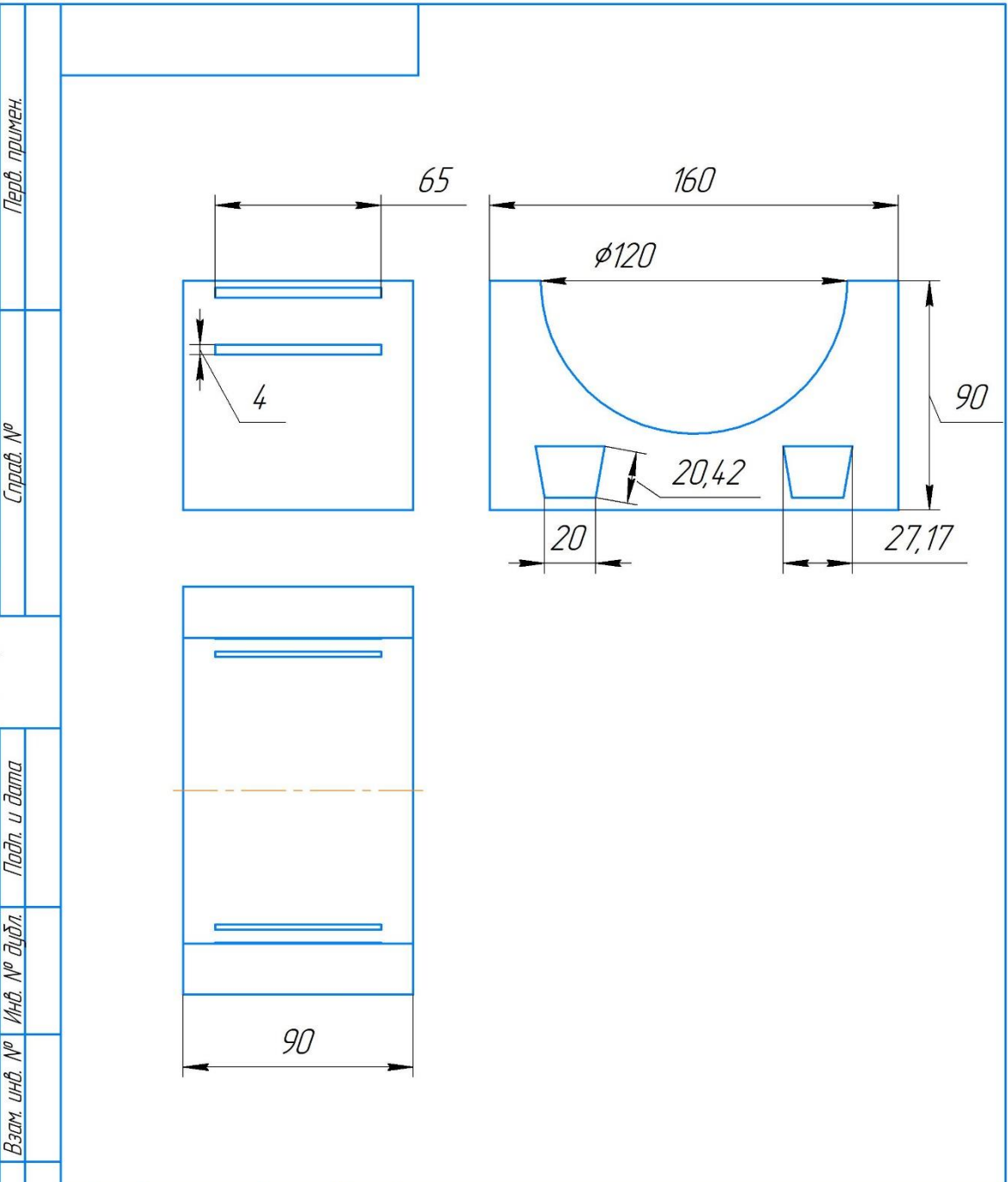
14. Мельникова О. Металлические материалы. Потребительские свойства и применение в медицине // Главная медицинская сестра. 2023. №9. – С. 47-55.

15. Fisiotek HP2 — тренажер для пассивной разработки суставов верхних конечностей (плечо, локоть, кисть) [Электронный ресурс]// octomed.ru URL: <https://octomed.ru/details/Fisiotek-hp2-rimesc/> (дата обращения: 22.12.23).

16. Несветаев Ю. А. Экономическая оценка инвестиций: учебное пособие / Ю. А. Несветаев; Московский Государственный индустриальный университет; Институт дистанционного образования. – 3-е изд., стер. – Москва: Изд-во МГИУ, 2021. – 162.

17. ОРМЕД FLEX 03 – аппарат для разработки локтевого сустава // [Электронный ресурс] www.ormed.ru URL:<https://www.ormed.ru/katalog/passivnaya-reabilitatsiya/ormed-flex-03-dlya-loktevogo-sustava/> (дата обращения: 13.04.24).

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дудл.	Взам. инв. №	Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Кисть вагонетка
Пластик PETg

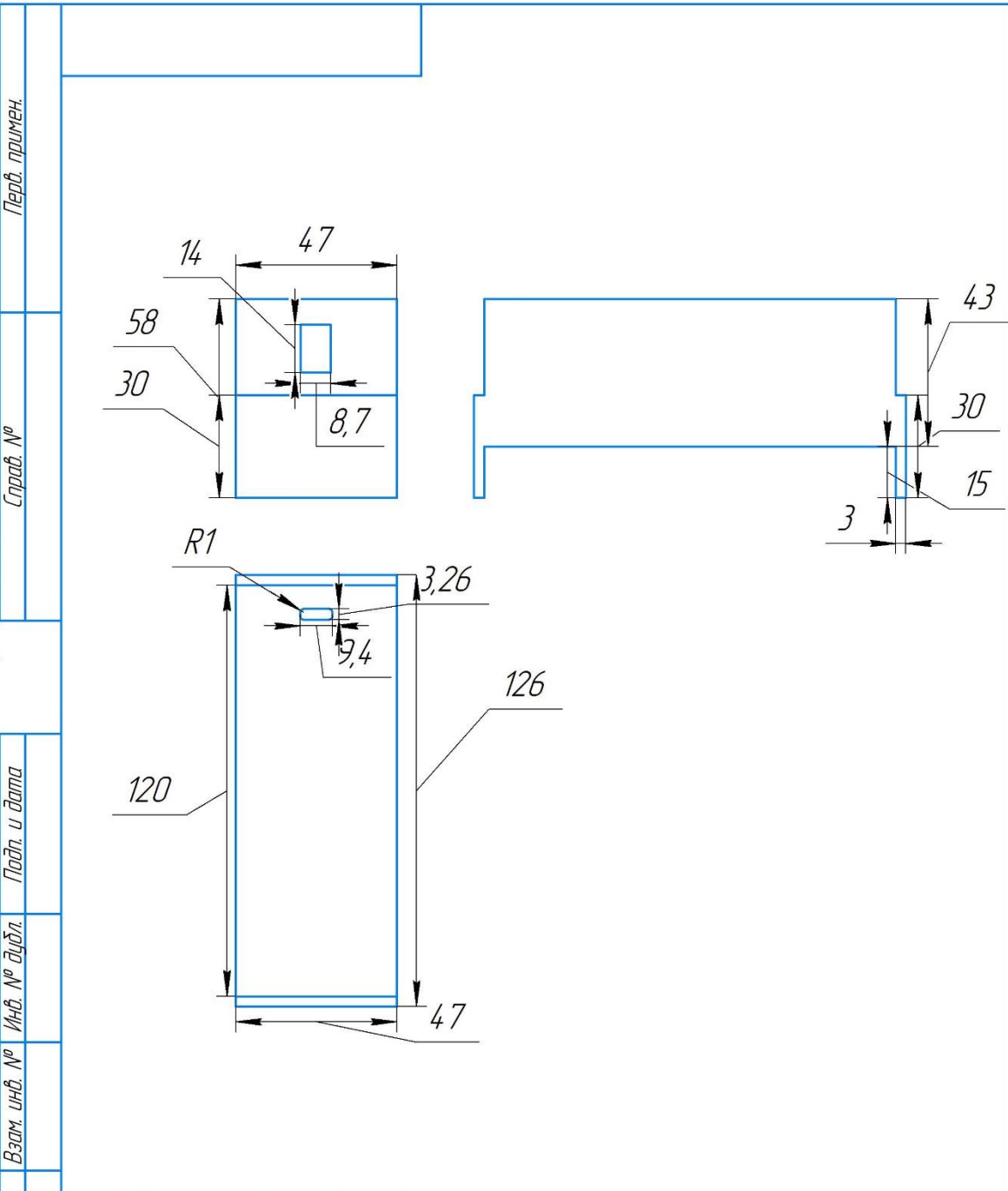
Лит.	Масса	Масштаб
	0.33	1:2
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Инв. № подл. Подп. и дата
 Инв. № дудл. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дудл. Подп. и дата
 Инв. № подл. Подп. и дата



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Коробка для аккумулятора
 с разъемом
 Пластик PETg

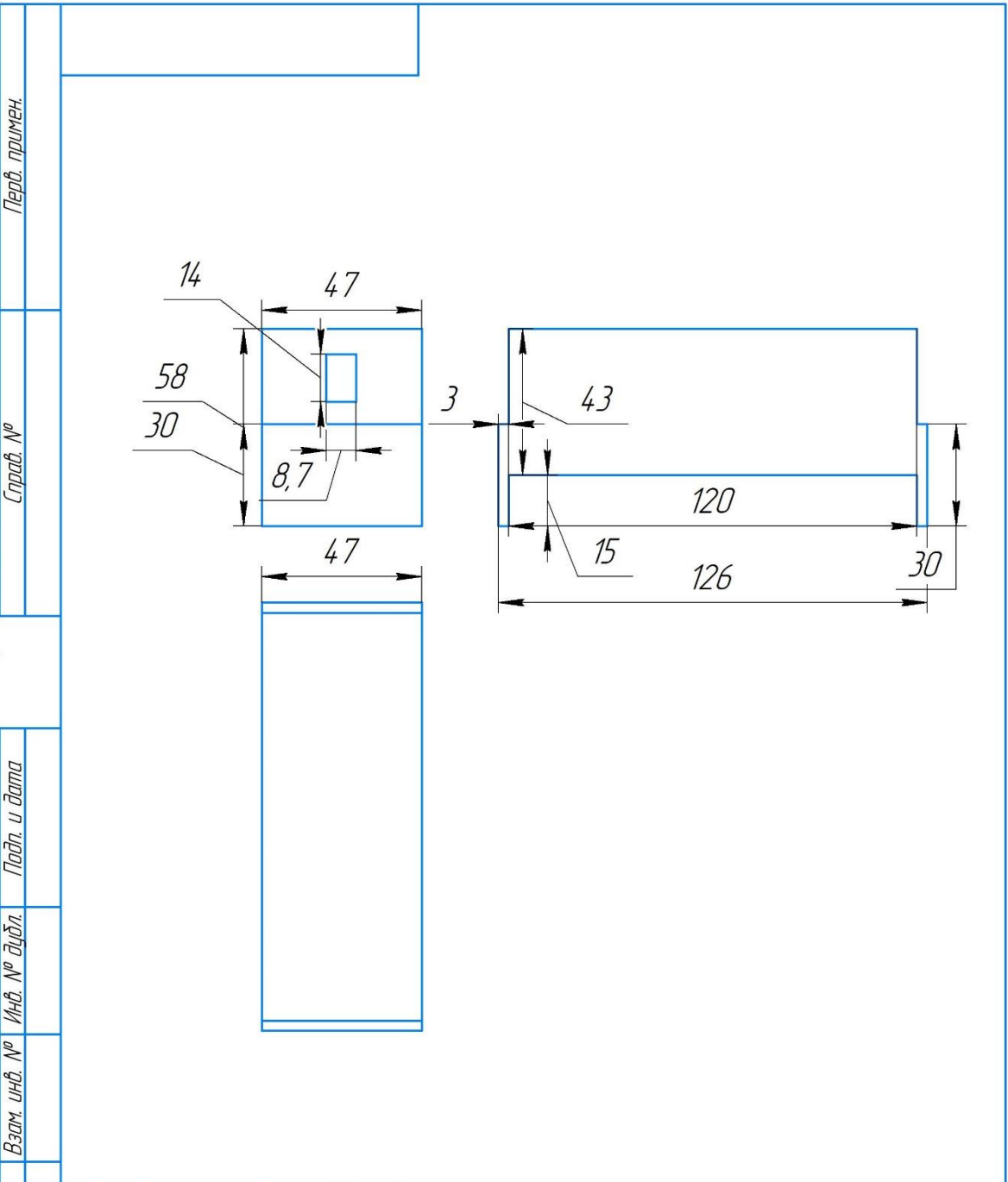
Лит.	Масса	Масштаб
	0,085	1:1,5
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



Перв. примен.				
Справ. №				
Подп. и дата				
Инд. № дудл.				
Взам. инв. №				
Инд. инв. №				
Подп. и дата				
Инд. № подл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.			
	Проб.			
	Т.контр.			
	Н.контр.			
	Утв.			

Коробка для аккумулятора
Пластик PETg

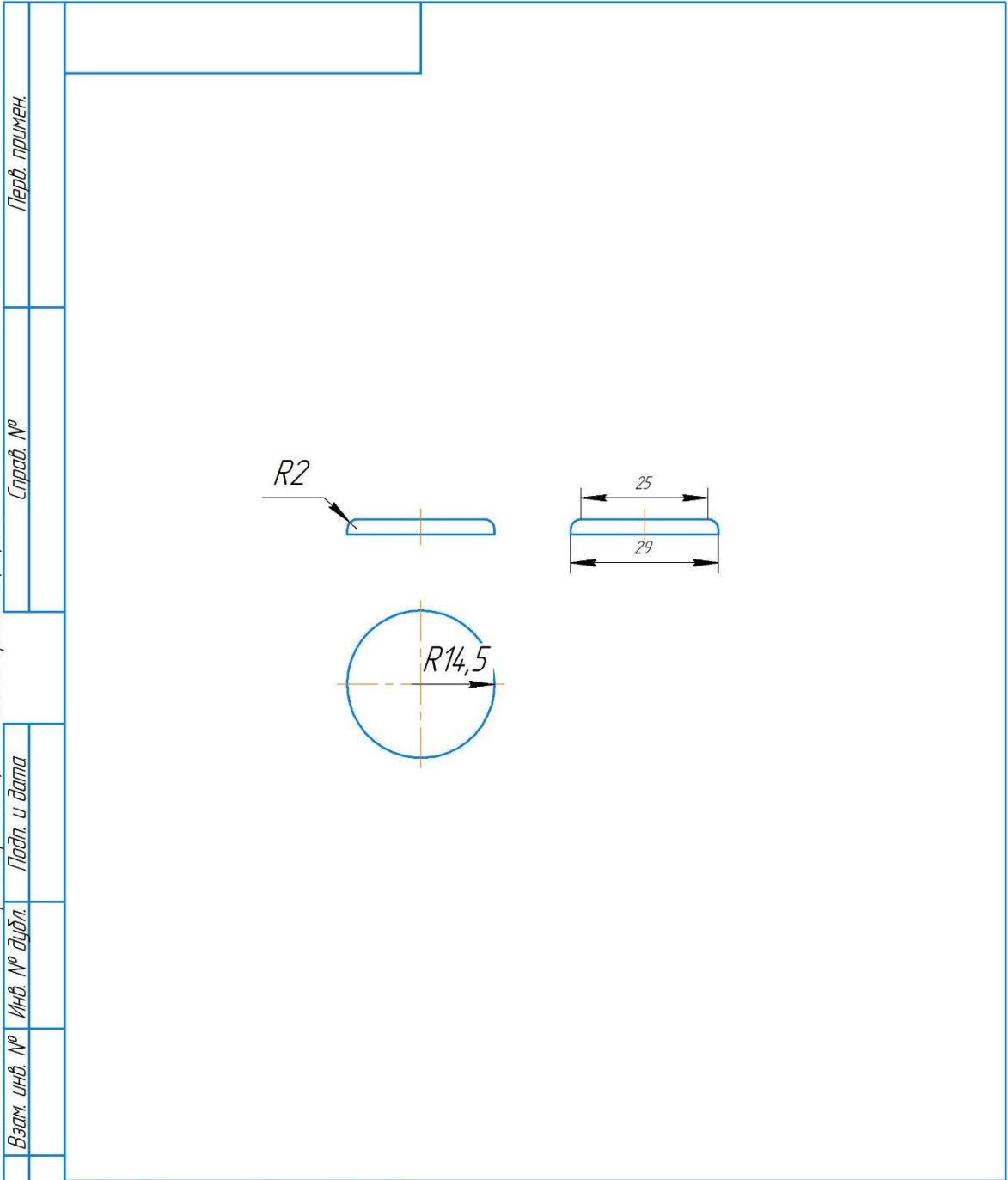
Лит.	Масса	Масштаб
	0,085	1:1,5
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



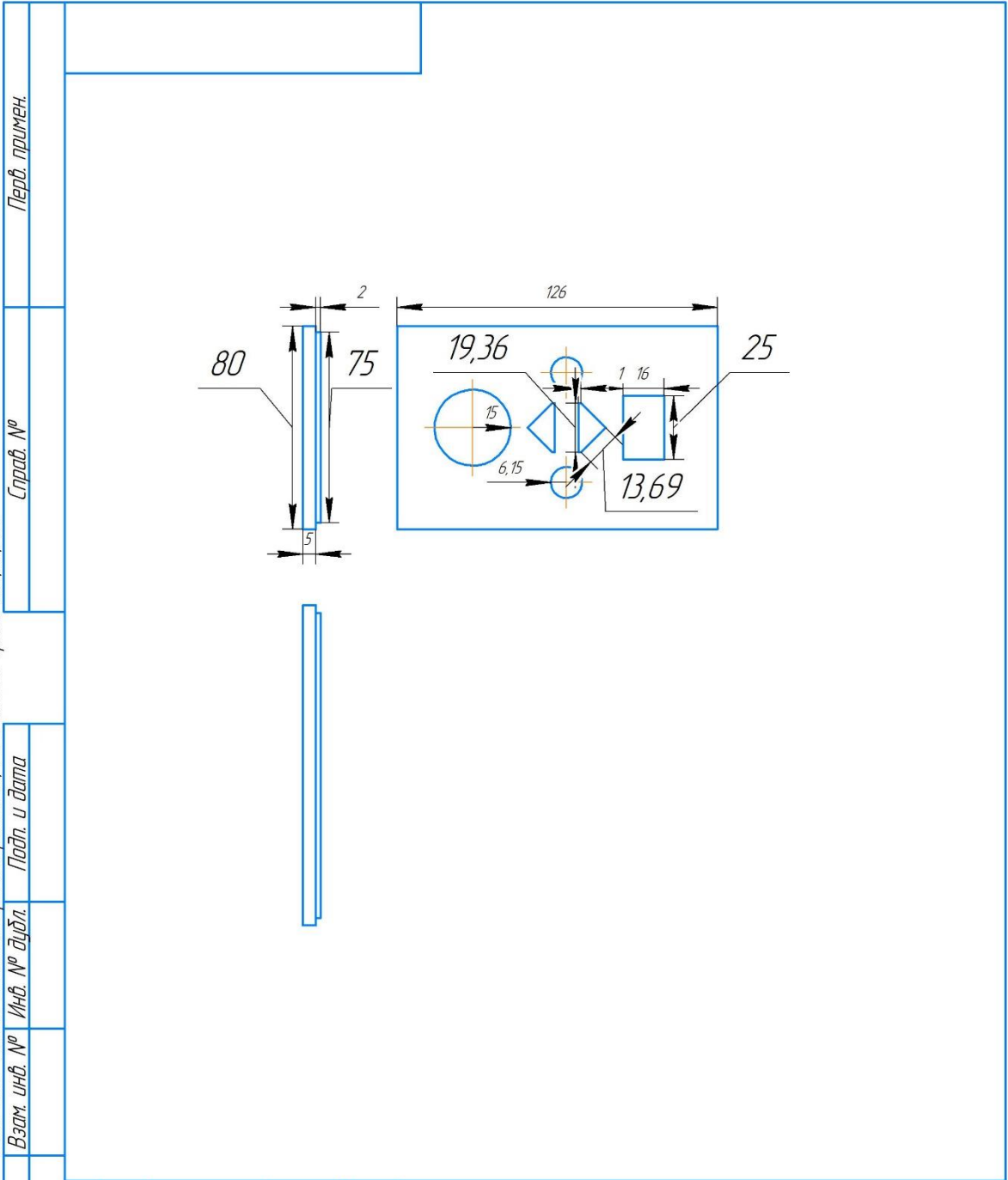
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Круглая кнопка</p> <p>Пластик PETg</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							0,003	1:1
Проб.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



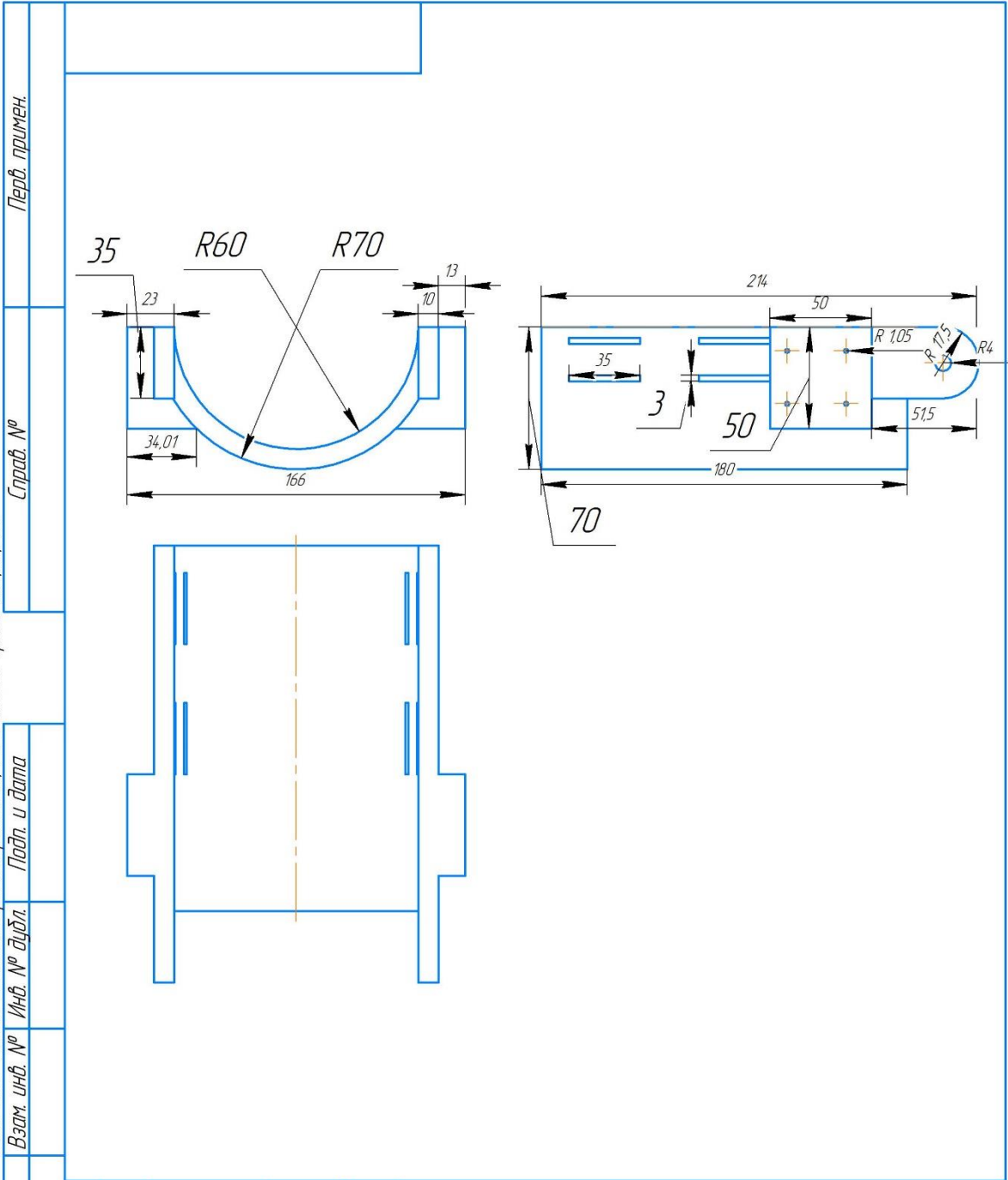
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Крышка для пульта</p> <p>ПЛАСТИК PETg</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							0.050	1:2
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Плечо
Пластик PETg

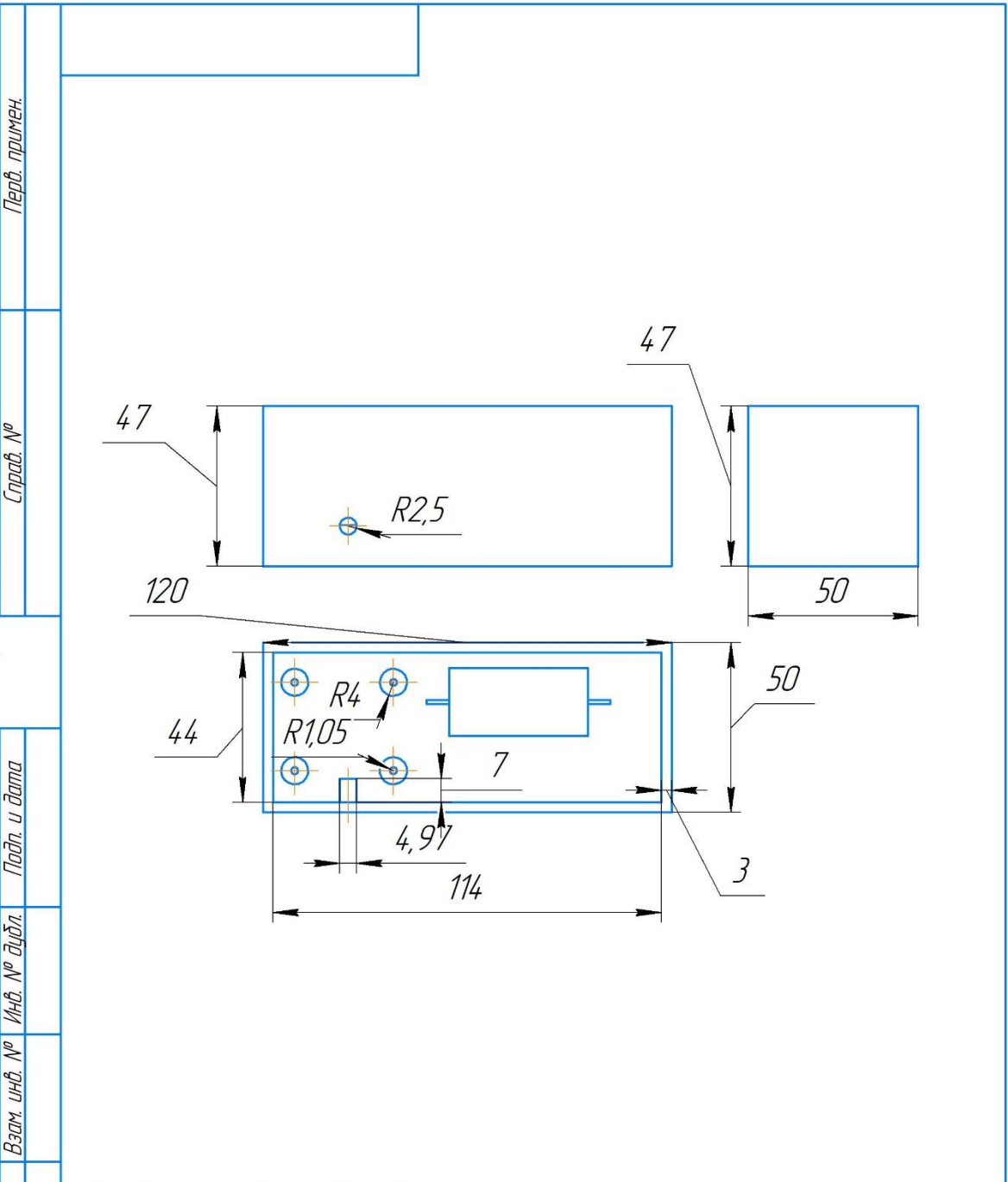
Лит.	Масса	Масштаб
	0.380	1:2,5
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



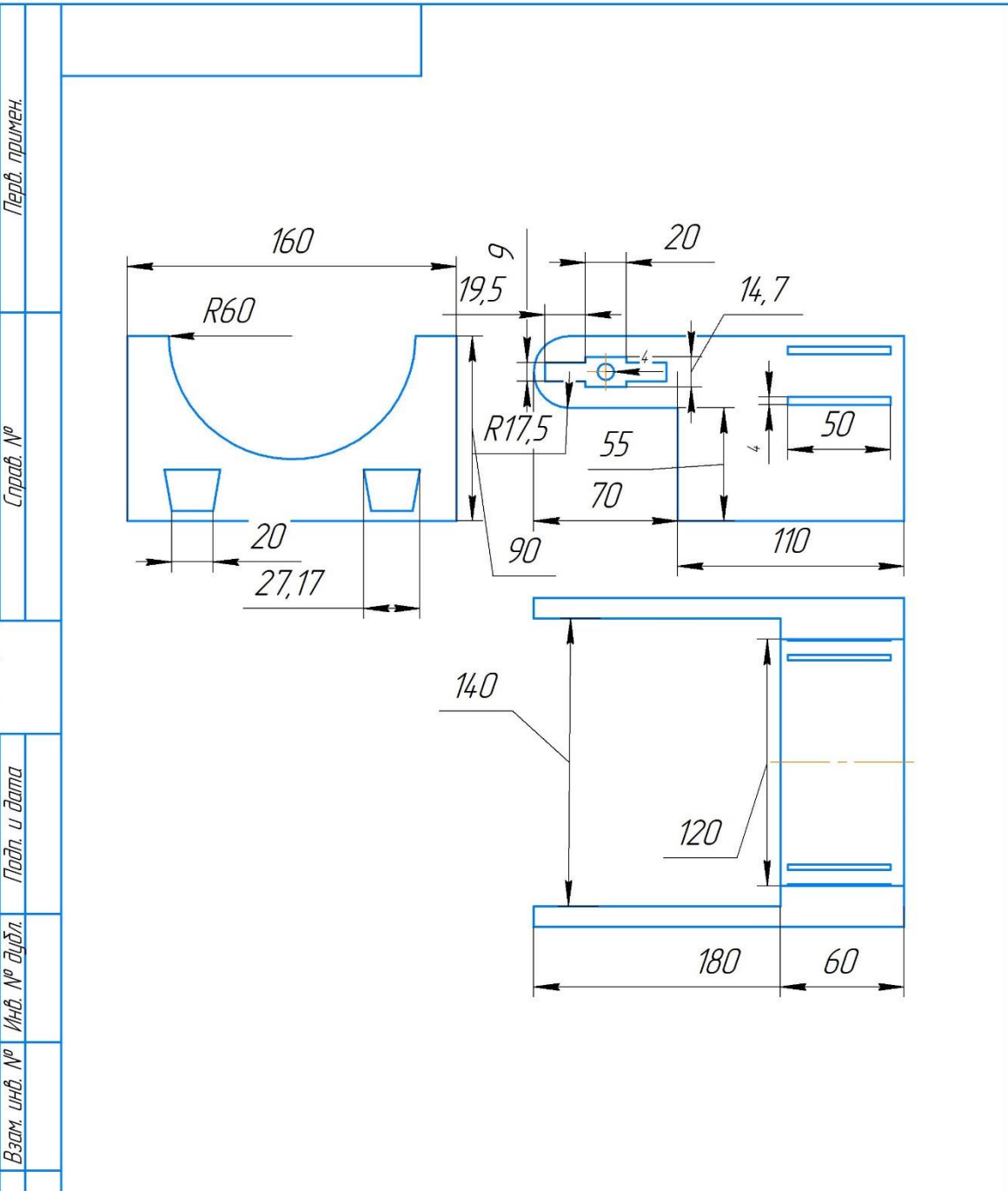
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Правая коробка для сервоприводов</p> <p>Пластик PETg</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							0,090	1:1,5
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Инв. № подл. Подп. и дата
 Инв. № дудл. Подп. и дата
 Инв. № инв. № Инв. № дудл. Подп. и дата
 Инв. № подл. Подп. и дата



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Предплечье

Пластик PETg

Лист	Масса	Масштаб
	0.32	1:2,5

Лист Листов 1

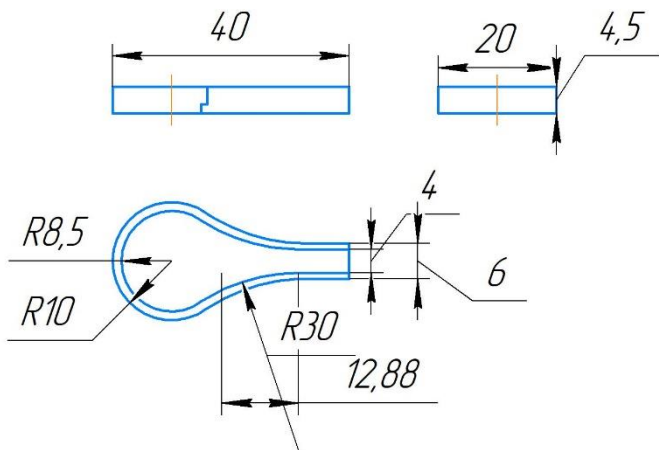
Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дудл.	Взам. инв. №	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № подл.
---------------	----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Пульс коробка
Пластик PETg

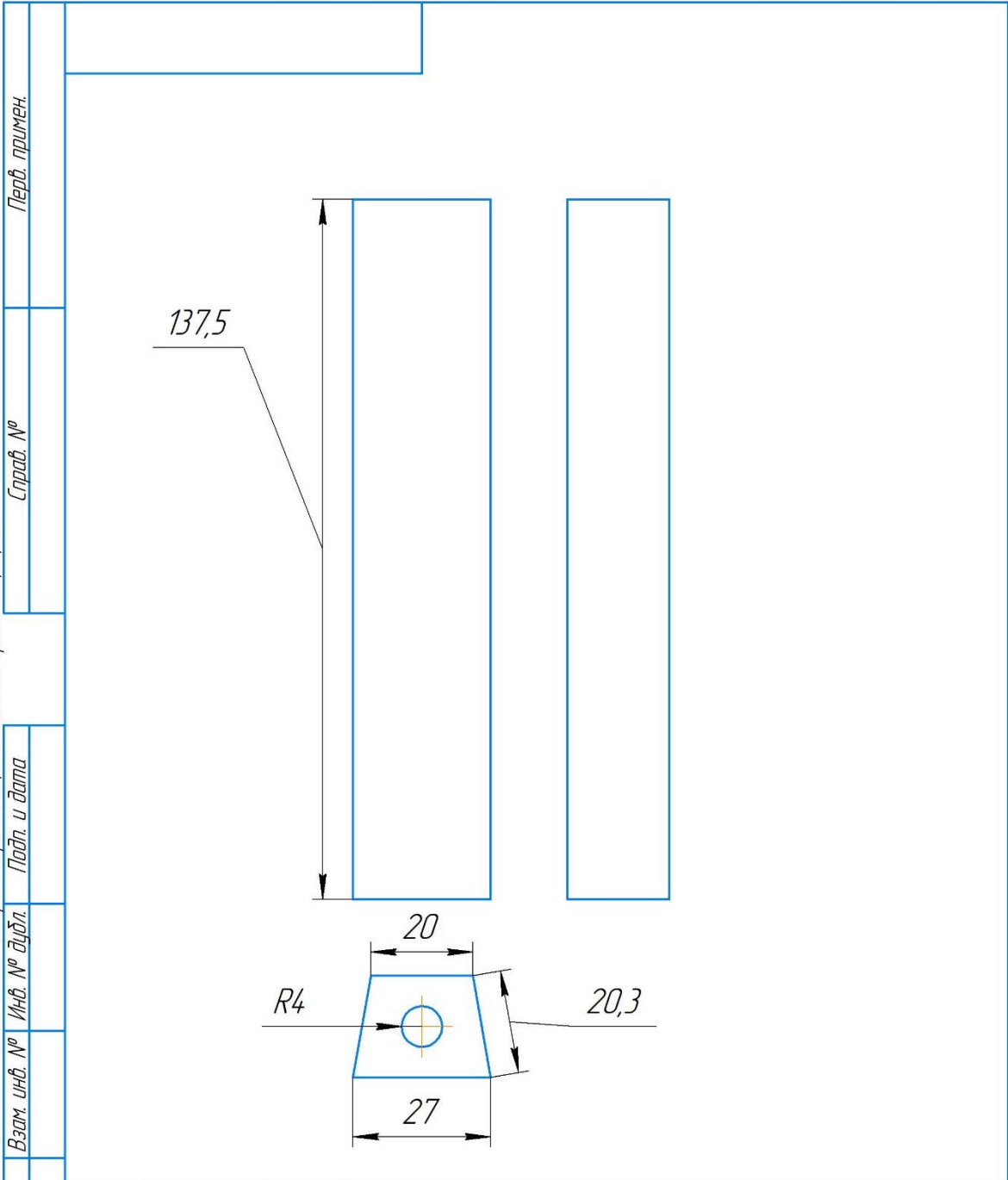
Лист	Масса	Масштаб
	0,002	1:1
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дудл.	Взам. инв. №	Инв. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Рельса</p> <p>Пластик PETg</p>	Лит.	Масса	Масштаб	
																0,025	1:1
															Лист	Листов	1

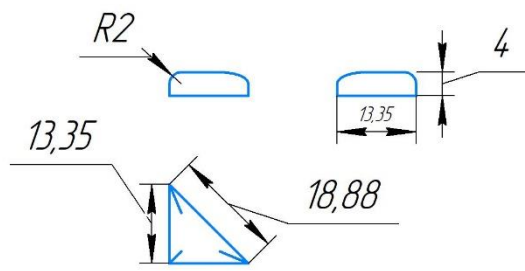
Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дудл.	Взам. инв. №	Инв. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.
---------------	----------	--------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Треугольная кнопка
Пластик PETg

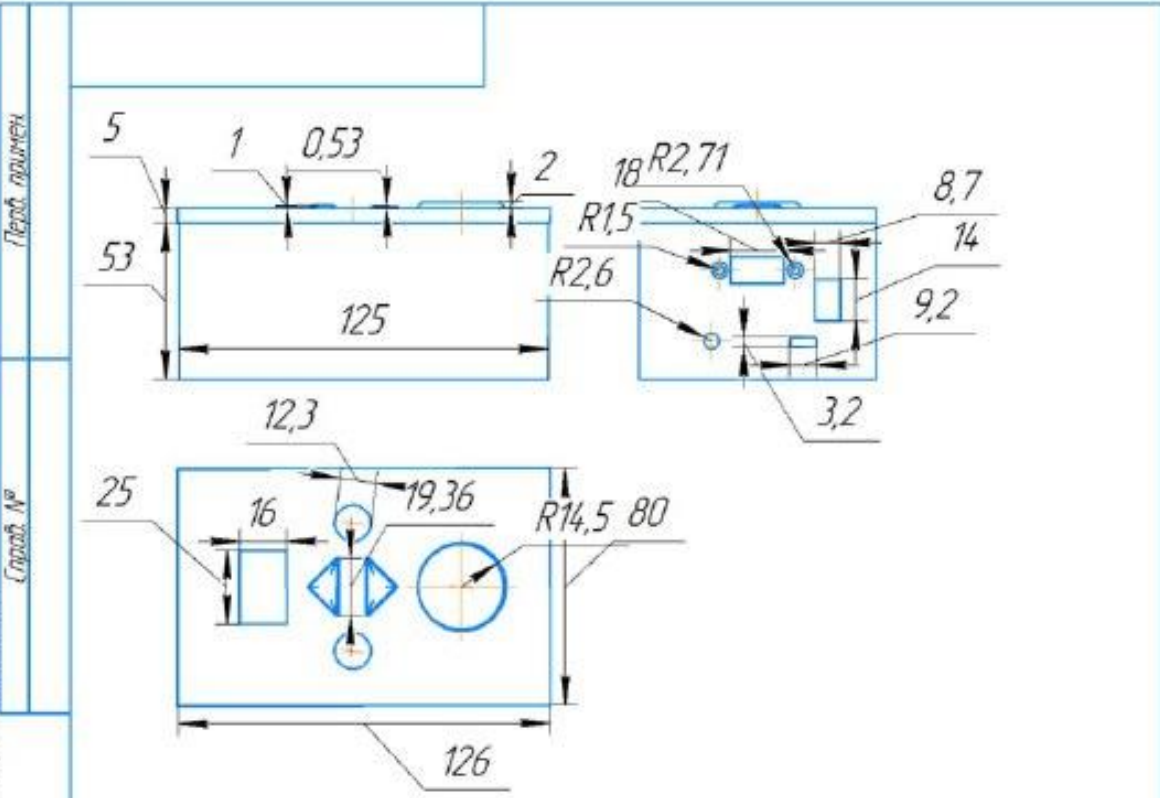
Лит.	Масса	Масштаб
	0,0005	1:1
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Ивл. № подл. Подп. и дата Ивл. № докл. Подп. и дата Ивл. № дораб. Подп. и дата Ивл. № дораб. Подп. и дата



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Чтб.				

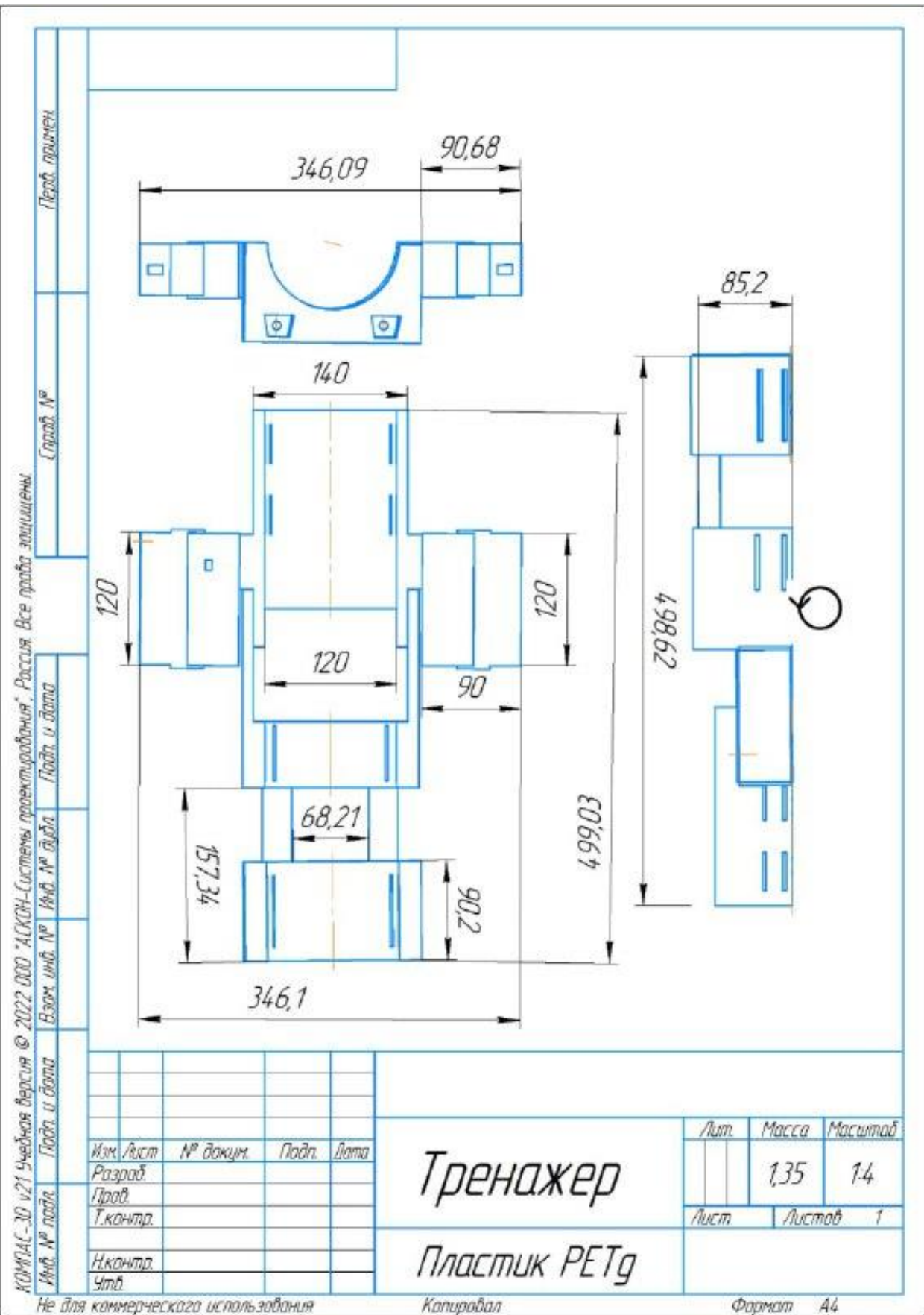
Пульт
Пластик PETg

Лит.	Масса	Масштаб
	0.17	1:2
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копиробал

Формат A4



КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Изм. № подл. Подп. и дата
 Изм. № доп. Подп. и дата
 Изм. № вкл. Подп. и дата

Справ. №
 Перв. примен.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Тренажер
Пластик PETg

Лист	Масса	Масштаб
	1,35	1:4
Лист	Листов	1

Не для коммерческого использования

Копиробал

Формат A4