БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ СПОРТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

КАФЕДРА «СПОРТИВНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой СИ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.Е. Васюк

«\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

**«ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ БАСКЕТБОЛИСТОВ СБОРНОЙ КОМАНДЫ БНТУ»**

Специальность 60 02 02 «Проектирование и производство спортивной техники»

Обучающийся группы 11904116 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Осипчик

(подпись, дата)

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.И. Барановская

(подпись, дата)  ст. пр. кафедры

Консультант \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.А. Парамонова

(подпись, дата)  к.б.н., доцент

Консультанты

по методическому разделу \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Корнейчик

(подпись, дата)  к.б.н., доцент

по экономическому разделу \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ?

(подпись, дата)

по разделу «Охрана труда» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ?

(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.А. Парамонова

(подпись, дата)  к.б.н., доцент

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – ?? страниц;

графическая часть –? листов;

магнитные (цифровые) носители – ? единица.

Минск 2021

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Спортивно-технический факультет

Кафедра «Спортивная инженерия»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.Е. Васюк

« » 2021

**Задание на дипломный проект**

Обучающемуся Осипчику Антону Викторовичу

1 Тема дипломного проекта «тренажер для совершенствования координационных способностей баскетболистов сборной команды БНТУ».

Утверждена приказом ректора БНТУ от 12.02.2021 № 146.

1. Исходные данные к дипломному проекту:
   1. В дипломном проекте проектируется тренажер для совершенствования координационных способностей баскетболистов сборной команды БНТУ.
   2. Технические требования к системе приведены в техническом задании на дипломное проектирование, которое является обязательным приложением к пояснительной записке.
2. Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание расчетно-пояснительной записки:
   1. Описание и анализ существующих устройств
   2. Разработка конструкции тренажера
   3. Техническая характеристика тренажера
   4. Расчёт сварного шва на прочность
   5. Разработка информационно-измерительной системы
   6. Расчёт надежности информационно-измерительной системы тренажера
   7. Методика использования тренажера
   8. Охрана труда
   9. Экономическая часть
   10. Список использованных источников
   11. Приложения
3. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)
   1. Сборочные чертежи
   2. Рабочие чертежи деталей
   3. Схема электрическая функциональная
   4. Схема электрическая принципиальная
   5. Алгоритм функционирования
   6. Твердотельная модель устройства
4. Консультанты по дипломному проекту с указанием относящихся к ним разделов:

Консультант –Парамонова Н.А., доцент кафедры «Спортивная инженерия» СТФ.

Консультант по методической –Корнейчик В.В., доцент кафедры «Спортивная инженерия» СТФ.

Консультант по экономической части – \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, старший преподаватель кафедры «Экономика и управление научными исследованиями, проектированием и производством» ПСФ.

Консультант по охране труда – \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, старший преподаватель кафедры «Охрана труда» МТФ.

1. Примерный календарный график выполнения дипломного проекта:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование этапов выполнения дипломного проекта, содержание расчетно-пояснительной записки, графического материала | Объем  работы,  % | Сроки  (дата)  выполнения  этапа | Примечания  (в т.ч. отметка руководителя (консультанта) о выполнении) |
| Разработка эскизного проекта. Предоставление материалов рабочей комиссии | 50 |  |  |
| Разработка технического проекта. Представление материалов рабочей комиссии | 85 |  |  |
| Оформление пояснительной записки и графической части дипломного проекта.  Нормоконтроль. Представление дипломного проекта рабочей комиссии | 100 |  |  |

1. Дата выдачи задания «??» ?? 2021 года.
2. Срок сдачи законченного дипломного проекта «??» ?? 2021 года.

Руководитель Н.А. Парамонова

Подпись обучающегося

Дата

**РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка содержит ?? с., ?? рис., ?? табл., ?? приложения, ?? источников.

ОПОРНАЯ РАМА, ДАТЧИК, ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ, БАСКЕТБОЛ, ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ, СПОРТИВНАЯ ТЕХНИКА, ЭРГОНОМИЧНОСТЬ, ТРЕНАЖЁР, ОПТОПАРА, СВЕТОДИОДНАЯ ЛЕНТА, НАПРАВЛЯЮЩИЕ, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ.

Объектом разработки является тренажер для совершенствования координационных способностей баскетболистов сборной команды БНТУ.

Цель дипломного проекта: разработка конструкции тренажёра для совершенствования координационных способностей баскетболистов.

В процессе выполнения работы рассчитаны основные параметры элементов конструкции. Произведен расчет необходимого момента силы завинчивания гайки в болтовом соединении, который составляет не менее 9,9 Н×м. Выполнен расчет объемов и скорости восполняемости ресивера и компрессора, сварного шва на прочность, а также наработка до первого отказа пульта управления, равная 43 802 часов. Статический анализ показал, что конструкция пригодна к эксплуатации при нагрузках в 1000 Н.

Разработана твердотельная модель тренажера для совершенствования координационных способностей баскетболистов при помощи SolidWorks 2019; рабочие чертежи рамы основания, сборочный чертеж конструкции при помощи AutoCAD Mechanical 2019.

Разработана информационно-измерительная система тренажера, осуществлено описание последовательности работы, разработаны функциональная и принципиальная электрические схемы, произведен выбор элементной базы всего комплекса с его обоснованием, а также разработан алгоритм работы микроконтроллера в пульте управления тренажером.

Произведен расчет надежности информационно-измерительной системы.

Разработана методика тренировки с использованием тренажёра для тренировки баскетболистов.

Рассмотрены вопросы охраны труда, а также техники безопасности при эксплуатации тренажера.

Проведён расчёт себестоимости тренажера и его экономической эффективности.

Область применения данного устройства – тренировочный процесс.

**Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ 8

1 ОПИСАНИЕ И А НАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ 9

1.1 Тренажер для отработки бросков SKLZ KICK OUT 360 9

1.2 Тренажер для отработки бросков в баскетболе 10

1.3 Баскетбольная сетка для тренировки броска SKLZ Rapid Fire 2.0 11

1.4 Тренажер для улучшения броска Siboasi S6829 12

1.5 Баскетбольный тренажер для улучшения броска Dr. Dish 13

2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ БАСКЕТБОЛИСТОВ 16

2.1 Технические характеристики тренажера для тренировки баскетболистов 18

2.2 Расчет элементов конструкции тренажера для тренировки баскетболистов 19

2.2.1 Расчет момента силы завинчивания гайки в болтовом соединении 19

2.2.2 Расчёт ресивера и компрессора 21

2.2.3 Расчёт сварного шва на прочность 23

3 РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТТБ 25

3.1 Описание функциональной схемы ТТБ 25

3.2 Выбор элементной базы 26

3.2.1 Микроконтроллер STM32F407VET6 26

3.2.2 Контактный датчик 27

3.2.3 ЖК-Интерфейс TFT LCD Interface 28

3.2.4 Преобразователи AMS1173 и AMS1173-3.3 30

3.2.5 Индикаторы АЛ307 и АЛ307КМ 31

3.3 Схемотехническая часть 32

3.4 Программная часть 33

**ВВЕДЕНИЕ**

Уровень развития современного баскетбола чрезвычайно высок, накал соперничества на международной спортивной арене постоянно возрастает. Это требует от специалистов использования в учебном процессе наиболее совершенных форм, методов и средств тренировки. Необходимо разрабатывать новые теоретические положения тактики и стратегии игры, учитывать закономерности и принципы ведения спортивной борьбы в баскетболе в ходе оптимизации учебно-тренировочного процесса [1].

Современный баскетбол – это атлетическая игра, характеризующаяся высокой двигательной активностью, большой напряженностью игровых действий, требующая от игрока предельной мобилизации функциональных возможностей и скоростно-силовых качеств. Задачи физической подготовки: разностороннее развитие и укрепление здоровья, повышение функциональных возможностей и двигательных качеств баскетболистов. Задачи физической подготовки вытекают из общих задач отечественной системы физического воспитания и конкретизируются специфическими особенностями вида спорта. Конкретно физическая подготовка баскетболиста направлена на решение следующих задач: повышение уровня развития и расширение функциональных возможностей организма (функциональная подготовка); воспитание физических качеств (силы, быстроты, выносливости, ловкости, гибкости), а также развитие связанных с ними комплексов физических способностей, обеспечивающих эффективность игровой деятельности (прыгучесть, скоростные способности, мощность метательных движений, игровая ловкость и выносливость атлетическая подготовка). Решение этих задач осуществляется в процессе общей и специальной физической подготовки. Современные тенденции игры определяют направленность технической подготовки [2].

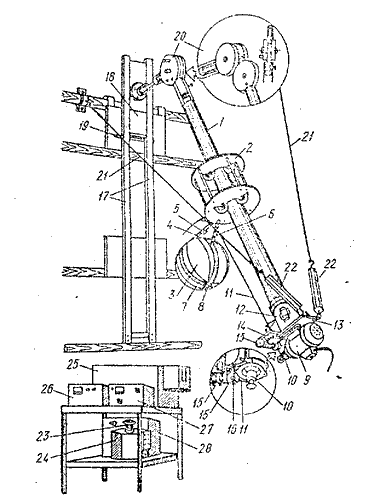
Исходя из положения, что высшее спортивное мастерство – это качественно отличная категория, мы должны иметь помимо традиционных принципов и методов подготовки (например, интенсификация, и то в нашем случае она имеет несколько иной характер – дискретная интенсификация) – специфические [3].

Целью дипломного проекта является разработка тренажера для совершенствования координационных способностей баскетболистов сборной команды БНТУ.

1. ОПИСАНИЕ И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

**1.1 Устройство для тренировки баскетболистов**

Изобретение позволяет повысить эффективность тренировки путем расширения диапазона отрабатываемых движений. Устройство содержит навешиваемую на перекладины гимнастической лестницы направляющую 17 с ползуном 18. Ползун может быть установлен в любой части направляющий в фиксированном положении в зависимости от отрабатываемого движения: бросок мяча, передача или ведение мяча. На ползуне установлен поворотный кронштейн 1 с кареткой 2 и мячом 3. На свободном конце кронштейна смонтировано средство для создания нагрузки. Для обеспечения устойчивости кронштейна панель 14 электродвигателя 9 связана растяжками 21, с опорой. На валу двигателя установлен намоточный барабан 10, связанный гибкой тягой 11 с кареткой рисунок 1. [4]



1 – кронштейн; 2 – каретка; 3 – мяч; 9 – электродвигатель; 10 –намоточный барабан; 11 – гибкая тяга; 14 – кронштейн панель; 17 – направляющая; 18 – ползун; 20 – углоизменяющее средство; 21 – растяжка

Рисунок 1 – Устройство для тренировки баскетболистов

При выполнении передач мяча ползун 18 с углоизменяющим средством 20 опускают до уровня груди спортсмена, кронштейн 1 устанавливают в горизонтальное положение. Баскетболист принимает исходное положение (мяч у груди, плеча) и выполняет передачу, перемещая мяч 3 с кареткой 2 вперед по направляющей 1 рисунок 2. [4]

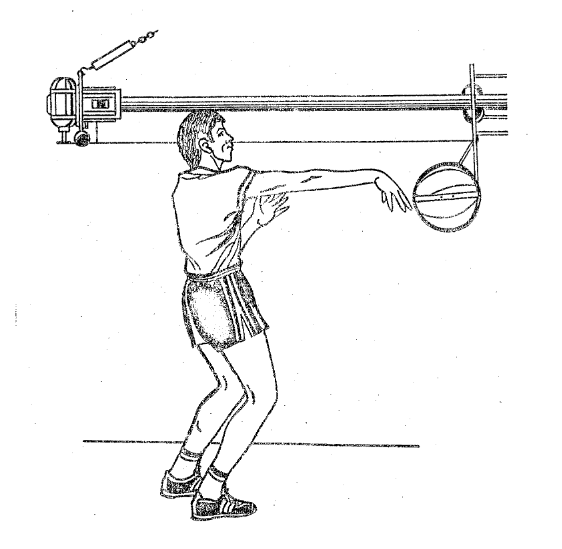


Рисунок 2 –схема работы на тренажере

Тренирующим взаимодействием является сопротивление электродвигателя, организуемое посредством тормозного эффекта. его работа в режиме "заторможенного " двигателя обеспечивает наряду с возможностью воздействовать сопротивлением на мышцы по всей траектории выполняемого приема.

Устройство позволяет серийно выполнять передачи мяча за счет возвращения электродвигателем каретки с мячом в исходное для следующего движения положение. Режим сопротивления электродвигателя, во время работы (одного подхода) подбирается индивидуально. Количество подходов регламентируется целями тренировочного занятия. Благодаря применению устройства тренировочный эффект, выражающийся в повышении силовых и скоростно-силовых способностей мышц верхнего плечевого пояса, стабилизации техники выполнения передачи мяча в баскетболе наступает в 3 - 4 раза быстрее по сравнению с таковым при использовании и традиционных средств и методов тренировки. [4]

Недостатками данного тренажера является сложность его крепления к стене. А так же устройство нарушает механику движения спортсмен, так как мяч жестко закреплен к каретке.

**1.2 Тренажер для обучения технике длинной передаче мяча в баскетболе способом согнутой рукой сверху с замахом**

Разработанный тренажер представляет собой движущийся по тросу макет баскетбольного мяча рисунок 3. Он выполнен на базе шара из пластического материала. На наружную поверхность шара наклеена покрышка баскетбольного мяча. В шар вмонтирована втулка, изготовленная из стали. Мяч фиксируется на втулке плоскими гайками. Через втулку продет трос. При продвижении мяча по тросу его вес равняется 720 граммам, практически не отличаясь от веса мужского баскетбольного мяча. Имитатор мяча выполнен на базе шара из пластмассы. Длина троса в данном тренажере составляет 19 метров. Натяжение троса обеспечивается растяжкой. Для нейтрализации ударной нагрузки на тросе в местах верхнего и нижнего креплений установлены амортизационные пружины. Техника выполнения имитационной передачи мяча на тренажере Как известно, дальность передачи зависит от начальной скорости, угла и высоты точки вылета мяча. Определенное влияние на результат оказывает также сопротивление воздушной среды. [5]

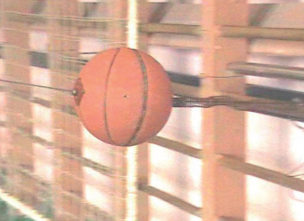


Рис. 3 Тренажер для обучения технике длинной передаче мяча

Недостатками данного тренажера являются отсутствие обратной связи, что заставляет тренера оценивать качества работы спортсмена. Высокая степень травматизма так как трос может навредить спортсмену. Неестественность выполняемого движения так как из-за стальной втулки, вмонтированной в мяч, у мяча смещен центр тяжести.

**1.3 Тренажер для совершенствования точности передач в баскетболе**

Тренажер для совершенствования точности передач в баскетболе рисунок 4 состоит из двух макетов игроков – «защитника» 2 и «партнера» 1 – игрока, выполняющего передачу. Размеры макетов одинаковые, высота – 180 см. Макеты «защитника» и «партнера» изготавливаются из фанеры толщиной 10 мм. [6]

Макет «партнера» крепиться четыре направляющих колеса, при помощи которых макет передвигается по направляющим. Движение макету передаётся электромотором с реверсом, который позволяет изменять направление движения. Тренер, управляя с пульта 3, передвигает макет в левую или правую сторону. [6]



1 – игрок; 2 – «защитник»; 3 – пульт управления;

Рисунок 4 – Тренажер для совершенствования точности передач в баскетболе.

Недостатками тренажера являются необходимость наличия партнера для тренировки, а так же габариты самого тренажера. Так же макет «партнера» выполнен из фанеры, а этот материал не обладает нужной твердостью и жесткостью.

**5 МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ БАСКЕТБОЛИСТОВ СБОРНОЙ КОМАНДЫ БНТУ**

Тренажер для совершенствования координационных способностей баскетболистов сборной команды БНТУ состоит из нижнего каркаса (состоящего из опорной рамы), направляющей с ременным приводом для перемещения кольца в пространстве, верхнего каркаса (в состав которого входят трубы с круглым профилем разного диаметра, которые могут собираться/разбираться в зависимости от того какую передачу отрабатывает спортсмен) на котором крепиться кольцо с светодиодной лентой и две оптопары, блока управления, настраивающего и получающего данные в реальном времени о тренировочном процессе. Руководящий тренировочным процессом в ручную устанавливает высоту кольца, а также при помощи пульта управления устанавливает скорость перемещения кольца, частоту мигания светодиодной ленты, режимы тренировки, время тренировки.

Тренажер работает следующим образом: вручную устанавливается требуемая для тренировочного процесса высота кольца. Затем с помощью пульта управления устанавливается сразу режим тренировки, после этого устанавливаются скорость перемещения кольца, и частота мигания светодиодной ленты. После того как нужные параметры введены спортсмены могут приступать к тренировочному процессу, отрабатывая различные передачи мяча разного рода задачи, установленные тренером. После того как светодиодная лента, размещенная на кольце, загорелось зеленым спортсмен должен отдать сильную и точную передачу в кольцо, если передача получается удачной, то мяч проходя область кольца пересекает оптопары которая отправляют сигнал на пульт управления. Полученный сигнал обрабатывает микроконтроллер в пульте управления и отправляет данные на расположенный в самом пульте управления. С помощью постоянного подсчета полученных данных тренирующийся, руководящий или наблюдающий получают статистику (процент точных передач, количество попыток, количество удачных попыток, оставшееся время, силу передачи и скорость полета мяча) в реальном времени

Тренажер предназначен для подготовки спортсменов любой квалификации, а также может использоваться в развлекательных целях.

Вышеописанный тренажер представляет собой циклическую систему с возможностью изменения скорости перемещения каретки с кольцом и частотой мигания светодиодной ленты, что напрямую приближает тренировочный процесс к реальным игровым ситуациям во время матча.

2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТРЕНАЖЕРа ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ БАСКЕТБОЛИСТОВ СБОРНОЙ КОМАНДЫ БНТУ

Тренажер используется в тренировочном процессе спортсменов, занимающихся баскетболом и другими игровыми видами спорта любой квалификации. Использование и эксплуатация устройства для тренировки спортсменов может проходить как под навесом или в помещениях (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, металлических помещениях без теплоизоляции так и в специализированных залах по виду спорта. Данный тренажёр позволяет на практике реализовать отработку передачи мяча, а также симулировать разнообразные игровые моменты, где от спортсмена требуется отдать сильную, точную, и самое главное своевременную передачу. [7]

Тренажер состоит из устройства с которым взаимодействует спортсмен (ДП-1190411612-2021-01СБ) и блока управления (ДП-1190411612-2021-02СБ) благодаря которому тренер может устанавливать различные режимы тренировок и видеть статистические показатели спортсмена

2.1 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКЦИИ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ БАСКЕТБОЛИСТОВ СБОРНОЙ КОМАНДЫ БНТУ

**2.1.1 Технические характеристики**

Технические характеристики тренажера для тренировки баскетболиста:

* габаритные размеры изделия, м ± 10% – не более 3,9×1,8×1,3;
* рабочий диапазон напряжения устройства, В – 220±5В;
* масса изделия, кг± 10% – не более 50;
* климатическое исполнение – УХЛ2;
* степень защиты конструкции – IP56;
* срок эксплуатации изделия, лет – не менее 5;

**2.1.2 Условия эксплуатации**

Климатическое исполнение – УХЛ 2.

УХЛ – Для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом

2 – Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции. (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков) [8].

Степень защиты конструкции – IP56.

**Степень защиты IP** – это классификация уровней защиты корпуса (оболочки) электрооборудования от воздействия различных негативных факторов, в частности воздействия влаги, прямого попадания воды, пыли, а также механического воздействия различных предметов. Данный показатель регламентируется ГОСТ 14254-96.

5 – пылезащищённое

6 – защищено от сильных водяных струй

Проникновение пыли исключено не полностью, однако пыль не должна проникать в количестве, достаточном для нарушения нормальной работы оборудования или снижения его безопасности

Испытания от проникновения внешних твёрдых предметов: щуп в виде жесткой стальной проволоки диаметром 1,00+0,05 мм с гладким торцом прижимают к каждому отверстию оболочки с усилием 1 Н + 10%. Защита считается удовлетворительной, если наибольшее поперечное сечение щупа не проникает ни через одно из отверстий.

Испытания от проникновения в корпус воды: вода, направляемая на оболочку в виде сильных струй с любого направления, не должна оказывать вредного воздействия Защита считается удовлетворительной, если вода не оказывает вредное воздействие на устройство [8]

**2.2 ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТРЕНАЖЕРА**

Данный тренажер должен использоваться в тренировочном процессе спортсменов, занимающихся баскетболом или другими игровыми видами спорта. Тренажер состоять из следующих основных элементов: опорная рама, линейная направляющая с ременным приводом, кольцо, опоры для кольца, светодиодная лента, электродвигатель. Блок управления состоит из: управления тренажёра для тренировки баскетболистов состоит из следующих элементов: корпус, втулка, уплотнительная прокладка, пленочная панель, печатная плата с элементами, жидкокристаллический индикатор, элемент питания.

**2.2.1 Опорная рама.**

Опорная рама (ДП-1190411612-2021-02СБ) состоит из семи труб квадратного профиля, которые соединены между собой методом сварки. В данной раме предусмотрены отверстия для крепления линейной направляющей, позволяющей перемещать конструкцию в пространстве.

Детали несущие большие механические и вибрационные нагрузки, изготавливаются как правило из металла. Основным материалом, который используется при изготовлении данных деталей, является сталь углеродистая и низколегированная.

Для выбора материала труб сравнивались углеродистые стали Ст2СП и Ст3СП [9]. Механические, технологические характеристики приведены в таблице 1.

Выбираем сталь Ст3СП. Сталь с такой маркировкой отлично сваривается без предварительной подготовки и последующей обработки. А также по сравнению со Ст2СП, сталь Ст3СП имеет большее значение временному сопротивлению разрыва и прочность по Бринеллю выше.

Таблица 1 – Механические характеристик сталей Ст2СП и Ст3СП

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Ст2СП | Ст3СП |
| Количество углерода (%) | 0,09 – 0,15 | 0,14 – 0,22 |
| Твердость материала по Бринеллю (МПа) | НВ 10-1 = 130 | НВ 10-1 = 131 |
| Временное сопротивление разрыву (МПа) | 480 | 490 |

**2.2.2 Электрический двигатель постоянного тока**

Двигатели различаются по техническим характеристикам и по типу питания. Для выбора двигателя сравнивались Асинхронный серводвигатель Fukuta SL и шаговый двигатель Nema 23. Характеристики двигателей приведены в таблице 2 [10].

Таблица 2– Характеристики Асинхронный серводвигатель Fukuta SL и шагового двигателя Nema 23

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Асинхронный серводвигатель Fukuta SL | Шаговый двигатель  Nema23 |
| Номинальная мощность, кВт | 375 | 360 |
| Габаритная высота, мм | 560 | 570 |
| Скорость вращения  Об/мин. | 510-1355 | 230-300 |

Выбираем шаговый двигатель Nema 23, у него достаточная мощность, скорость вращения, а также крутящий момент, который обеспечивает быстрое и точное перемещение.

**2.2.3 Направляющая с ременным приводом**

Ременный привод - разновидность линейного привода, трансформирующего вращательное движение в поступательное, которая обладает отличительной особенностью - крайне малым трением.

Характеристики ременного привода:

1. Легко регулируемый натяжитель ремня.
2. Ремень без люфта относительно шкива.
3. Коррозионно стойкие компоненты.
4. Боковые поверхности корпуса с прецизионной обработкой могут использоваться как эталонные поверхности для совмещения винта. [11]

Из-за этих характеристик была выбрана безмасленноя линейная направляющая с ременным приводом М80.

**2.2.4 Кольцо и корпус блока управления**

Для уменьшения массы конструкции и снижению стоимости тренажера кольцо и корпус блока управления изготавливаются из пластмасс. При выборе материала использовался AБС-пластик (сополимер акрилонитрил-бутадиен-стирол) SD-0160, MR-0160 и HF-0680 [12]. Основные достоинства AБС-пластика:

* устойчивость к солям, щелочам, жирам и смазочным маслам;
* относительно высокая теплостойкость, достигающая 115°C
* не токсичность при относительно низких температурах;
* в эстетическом качестве, придаёт поверхностям изделий блеск.

Сравнение их характеристик приведено в таблице 3

Таблица 3 – Физико-технические характеристики материалов корпуса

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | SD-0160 | MR-0160 | HF-0680 |
| Ударная вязкость по Иэоду, Дж/м | не менее 333,0 | не менее 280,0 | не менее 216,0 |
| Прочность при растяжении, МПа | не менее 37,0 | не менее 44 | не менее 41 |
| Прочность при изгибе, Мпа | не менее 55 | не менее 61 | не менее 62 |
| Теплостойкость по Вика, °С | не ниже 95 | не ниже 97 | не ниже 97 |
| Модуль упругости, Мпа | не менее 2000 | не менее 2400 | не менее 2300 |
| Твердость по РоквеллуR-шкала | 99 | 105 | 106 |
| Степень стойкости к горению | HB | НВ | НВ |

В соответствии с техническими характеристиками, а именно с климатическим исполнением УХЛ 2 и степенью защиты IP 56 выбираем пластик AБС SD-0160. Так как его ударная вязкость и твердость достаточно высоки.

**2.2.5 Опора**

Для уменьшения массы конструкции и придания ей большей гибкости опоры изготавливаем из карбона.

**Достоинства:**

* легче стали на 40%, легче алюминия на 20%;
* высокая термостойкость: карбон сохраняет форму и свойства до температуры 2000 ○С;
* обладает хорошими виброгасящими свойствами и теплоемкостью;
* коррозионная стойкость;
* высокий предел прочности на разрыв и высокий предел упругости;
* эстетичность и декоративность.

Недостатки:

* чувствительность к точечным ударам;
* сложность реставрации при сколах и царапинах;
* выцветание, выгорание под воздействием солнечных лучей, для защиты покрывают лаком или эмалью;
* в местах контакта с металлом начинается коррозия металла, поэтому в таких местах закрепляют вставки из стекловолокна;
* сложность утилизации и повторного использования. [13]
  + 1. **Пленочная панель**

Панель управления выполнена в виде пленочной клавиатуры толщиной 0,3 мм. Пленочная панель – это электронная [клавиатура](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) без отдельных механических движущихся частей, выполненная в виде плоской, обычно гибкой, поверхности с нанесённым на неё рисунком клавиш.

Преимущества пленочной панели:

* низкая себестоимость;
* простота монтажа;
* возможность проектирования своего собственного дизайна (рисунок панели клавиатуры произвольного содержания);
* рисунок панели клавиатуры устойчив к истиранию, пыли, влаги и различным агрессивным веществам;
* широкий диапазон рабочих температур;
* малая толщина клавиатуры от 0,3 мм;
* длительный срок службы.

Верхняя лицевая часть представляет собой декоративную панель, на которую нанесено графическое изображение фона, клавиш, различных символов и окон, обрабатываемых просветляющим лаком. Изображение наносится с внутренней стороны пленки, что обеспечивает его надежную защиту от повреждения. Также на окна наносятся тонирующие составы для соответствующих индикационных дисплеев. Под лицевой частью расположен слой с токопроводящими площадками или металлическими мембранами (такую клавиатуру часто называют мембранной). Далее идет слой с электрической схемой, нанесенной токопроводящей краской на основе серебра. Шлейф является неотъемлемой частью слоя с электрической схемой. Последний нижний слой с самоклеящейся пленкой, подбираемой с учетом свойств сопрягаемой поверхности[14].

Пленочные панели могут быть выполнены на основе печатных плат из фольгированных диэлектриков; с нанесением токопроводных паст (на базе полиэфирных пленок); с плоскими/формованными клавишами; с элементами ночного подсвета; с всторенными светодиодами и т.д.[14].

В данной конструкции будем использовать клавиши с металлической мембраной. Выбор обусловлен тем, что клавиши с металлической мембраной обладают следующими тактильными эффектами: при нажатии клавиш, посредством металлической мембраны, происходит щелчок контактов. При печати лицевой части пленочной клавиатуры используем светонакапливающую краску, что повышает эргономичность устройства.

* + 1. **Уплотнительная прокладка**

Для герметизации на стыке объединённых объектов используют уплотнительный элемент, заполняющий пространство между двумя или более сопряжёнными поверхностями при сжатии. Уплотнительные прокладки в конструкции являются герметизирующими элементами, препятствующие образованию зазоров, а, следовательно, протечки, пропускания воздуха и газообразных паров. Наибольшее распространение среди материалов для уплотнителей получила силиконовая резина.

У силиконовой резины имеется длительный срок службы, так как она не подвержена температурным влияниям и сохраняет свои показатели под воздействием температур от – 50°С и высоких до +180°С. Поэтому этот материал относят к категории Н по теплостойкости. От воздействия солнечного света, влажности воздуха силиконовая резина не теряет своих свойств, как это происходит с обычной резиной и каучуком. В связи с этим ее широко применяют в электротехнике. Также и на воздействие дуги электрической у этого материала имеется повышенная сопротивляемость. Силиконовые изделия имеют повышенную устойчивость ко всем соединениям – щелочи, спиртовым составам и другим веществам.

Для изготовления уплотнительной прокладки используется силиконовая резиновая смесь марок: ИРП-1266, 5р-129 и ИРП-1338 [15]. Их характеристики приведены в таблице 4.

Таблица 4 –Характеристики силиконовых резин: ИРП-1266, 5р-129 и ИРП- 1338.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | ИРП-1266 | 5р-129 | ИРП-1338 |
| Твердость, ед. Шора А | 46-58 | 55-70 | 55-70 |
| Плотность, г/см3 | 1,19 | 1,19 | 1,19 |
| Условная прочность при растяжении, мПа | Не менее 2,9 | Не менее 2,4 | Не менее 6,4 |
| Температурный диапазон эксплуатации, °C | от-60 до +250 | от-60 до +250 | от-60 до +250 |
| Удельное объемное сопротивление, Ом×см | 1×1015 | 1×1015 | 1×1015 |
| Относительное удлинение при разрыве, % | Не менее 110 | Не менее 170 | Не менее 300 |
| Электрическая прочность, кВ/мм | 16,2 | 16,2 | 16,2 |
| Цвет | Белый | Белый | Белый |

Исходя из требований технического задания главными характеристиками для выбора уплотнительной прокладки являются: твердость, условная прочность при растяжении и температурный диапазон эксплуатации (от -60 до +40). Выбираем силиконовую резину ИРП-1338. Так как она обладает большими показателями в твердости и условной прочности при растяжении.

**2.2.8 Втулка резьбовая**

Поскольку корпус блока управления разъемный, в его конструкции применяются заформованные резьбовые втулки, которые подвергаясь механическим воздействиям и деформациям, увеличивают при этом ресурс устройства, обеспечивая его сохранность, повышают срок службы устройства и облегчают его ремонт.

Материал для изготовления втулки выбираем из оловянно-фосфористых сплавов: БрОФ7-0,2 и БрОФ 6,5-0,15

Втулки резьбовые выполняются из оловянной бронзы БрОФ7-0,2. Втулки из оловянной бронзы – медного сплава, легированного оловом и фосфором. Наличие олова в сплаве способствует улучшению его литейных свойств за счет снижения его температуры плавления и ликвации. Фосфор добавляют для увеличения жидкотекучести и сопротивления разрыву бронзы. Благодаря ему повышается также коррозийная стойкость сплава в воздухе. А также БрОФ7-0,2 более прочный чем БрОФ 6,5-0,15.

Оловянно-фосфористый сплав БрОФ7-0,2 обладает высокими коррозионными, механическими и упругими характеристиками. Из него производят небольшие радиотехнические, электротехнические и машиностроительные детали. Основное достоинство проволоки и прутков БрОФ – устойчивость к повышенному трению и износу. Сплав легко поддается прессованию, прокатке и волочению. Большинство бронз (за исключением алюминиевых) хорошо поддаются сварке и пайке твердыми и мягкими припоями. Изготавливается оловянная бронза согласно техническим условиям ГОСТ 10025-2016 [16].

Свойства БрОФ7-0,2 и БрОФ 6,5-0,15 представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Свойства БрОФ7-0,2 и БрОФ 6,5-0,15.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | БрОФ7-0,2 | БрОФ 6,5-0,15 |
| Твердость материала НВ 10-1, МПа | 90 | 80 |
| Температура плавления, °С | 900 | 995 |
| Коэффициент трения со смазкой | 0,011 | 0.01 |
| Коэффициент трения без смазки | 0,33 | 0.12 |
| Временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении), МПа | 900-1100 | 700-800 |
| Относительное удлинение после разрыва, % | 1-2 | 7-10 |

Выбираем оловянно бронзовый сплав БрОФ7-0,2. Так как твердость материала и временное сопротивление разрыву у него больше.

* 1. **РАСЧЁТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТРЕНАЖЕРА**

**2.3.1 Расчёт сварного шва на прочность**

Тренажер для совершенствования координационных способностей баскетболистов сборной команды БНТУ – это сложная система, состоящая из большого количества взаимосвязанных элементов. Для соединения некоторых элементов конструкции используется дуговая сварка. Чтобы обеспечить надежность устройства, нужно рассчитать сварные швы на прочность. В качестве примера рассчитаем сварное соединение, образованное в результате сварки металлических профилей, составляющих опорную раму тренажера. Допустимое напряжение [τс] должно быть больше действительного напряжения [τс]. Если условие будет выполнено, то тогда конструкцию можно будет считать достаточно прочной.

Конструктивные элементы сварных швов приводятся в [17].

Расчетная толщина сварного углового шва принимается равной 0,7k, где k – длина катета поперечного сечения шва.

Угловой сварной шов между профильными трубами рассчитаем на срез по формуле (1):

, (1)

где τс – действительное напряжение на срез;

Р – сила, действующая на сварной шов, Р500 Н;

k – длина катета поперечного сечения шва;

*l* – длина сварного шва, *l*=40 мм;

[τc] – допустимое напряжение на срез.

Значение допустимого напряжения на срез при ручной дуговой сварке электродами Э342 основных и дополнительных деталей [τс] равно 15 Н/мм2 [18].

Определим наименьшую величину длины катета поперечного сечения шва k исходя из формулы (2):

(10)

Подставив значения в формулу (2) получим значение наименьшей длины катета поперечного сечения шва:

 мм

Принимаем значение длины катета поперечного сечения шва k=2 мм и рассчитываем действительное напряжение на срез τс по формуле (1):

 Н/мм2

Сравним допустимое напряжение на срез [τс] с действительным значением τс:

10,5 Н/мм2≤15 Н/мм2

Исходя из полученных значений следует то, что конструкция опорной рамы достаточно прочная для эксплуатации в режимах и условиях тренировочного процесса.

**2.3.2 Расчёт посадки на тепловое заклинивание**

Для определения минимального и максимального зазора между опорой и отверстием печатной платы рассчитаем посадки с нулевым и гарантированным зазором.

**Расчет посадки с нулевым зазором H5/h11**

Зазор печатной платы рассчитывается по формуле (3)

Δ = D[1 ± α(t – t0)] - D1[1 ± α1(t – t0)], (3)

где Δ — минимальный зазор при минимальной температуре;

D — диаметр охватывающей детали, мм;

D1 — наибольший размер охватываемой детали, мм;

t и t0 — начальная и конечная температура эксплуатации

tmax = +40°C, tmin = -60°C, t0 = +20°C;

α и α1 — температурный коэффициент линейного расширения материалов сопрягаемых деталей.

Знак «+» применяется при ;

Знак «–» применяется при .

Температурный коэффициент линейного расширения AБС-пластика MR-0160 – 7510-6 [19] и текстолита КАСТ–В – 8,510-6 [20] соответственно.

Δ0 max = 5[1 + 8,5 10-6 (40 - 20)] – 5[1 + 7510-6 (40 - 20)] =

мкм

Δ0 min = 5[1 – 8,5 10-6 (– 60 – 20)] – 5[1 – 7510-6 (–60 – 20)] =

= – 0,0266 мкм

Схема посадки H5/h11 приведена на рисунке 5.

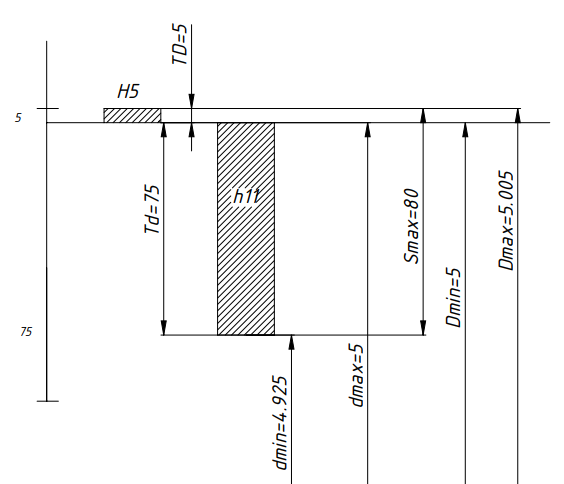


Рисунок 5 – Схема посадки H5/h11

**Расчет посадки с зазором H8/e9**

При максимальной температуре эксплуатации, подставив значения в формулу (3) получим:

Δг.з. max =5 [1 + 8,510-6 (40 – 20)] – 5,02[1 + 7510-6 (40 – 20)] =

= – 0,00668 мкм

При минимальной температуре эксплуатации, подставив значения в формулу (3) получим:

Δг.з. min = 5[1 – 8,510-6 (– 60 – 20)] – 5,[1 – 7510-6 (– 60 – 20)] =

= – 0,026 мкм

Схема посадки H8/e9 приведена на рисунке 6

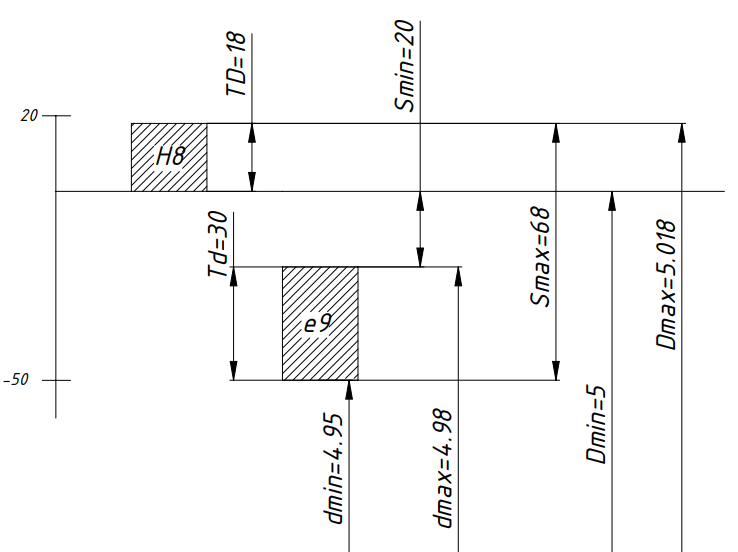


Рисунок 6 – Схема посадки H8/e9

**Расчет посадки с зазором G6/h5**

При максимальной температуре эксплуатации, подставив значения в формулу (3) получим:

Δг.з. max = 5[1 + 8,510-6 (40 – 20)] – 5[1 + 7510-6 (40 – 20)] =

= – 0,0067 мкм

При минимальной температуре эксплуатации, подставив значения в формулу (3) получим:

Δг.з. min = 5[1 – 8,510-6 (– 60 – 20)] – 5[1 – 7510-6 (– 60 – 20)] =

= – 0,026 мкм

Схема посадки G6/h5 приведена на рисунке 7

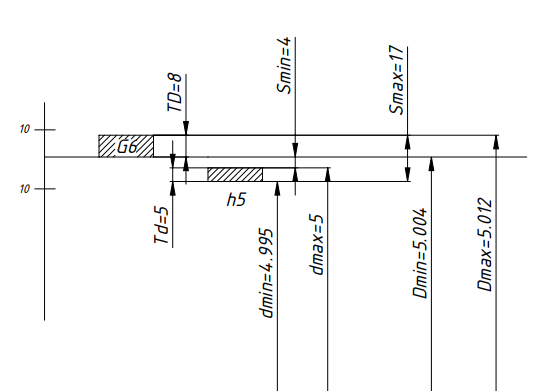


Рисунок 7 – Схема посадки G6/h5

Посадка с гарантированным зазором H8/e9 (ГОСТ 25346-89) полностью удовлетворяет условию минимального зазора печатной платы, так как при минимальном и максимальном значениях температурного заклинивания не происходит, в отличие от посадки с нулевым зазором [21].

**2.3.3 Расчет силы сжатия уплотнительной прокладки**

Для обеспечения надежных условий эксплуатации и герметизации между основанием корпуса и крышкой корпуса, согласно чертежу (ДП-1190411612-2021-02СБ) используем уплотнитель из силиконовой резины марки ИРП- 1338.

Для надежного обеспечения уплотнения резиновая прокладка должна быть сжата на 25-30% относительно ее высоты h в свободном состоянии. Размеры уплотнительного элемента прямоугольного сечения: а=2 мм, h=3 мм.

Относительная деформация рассчитывается по формуле(4)

0 = (h0-h1)/h0,(4)

где, h0, h1 – соответственно высота прокладки до сжатия и после сжатия.

Принимаем значения размеров уплотнительного элемента и расчитывем относительную деформацию по формуле (4)

0 = 0,25 – 0,30/0,25 = – 0,2

Величина деформации резины в первую зависит от усилия сжатия (или растяжения) и твердости используемой резины. Для надежного уплотнения немалую роль играют форма и размеры уплотнительных канавок. Напряжение в резиновой прокладке σр, Н/м2, будет определяться произведением ее относительной деформации и модуля сжатия с учетом трения в местах стыка и формы профиля прокладки по формуле (5)

σр =0Есж(1 + 2µ Ф), (5)

где Есж – модуль сжатия Есж =5×105Н/

2µ – коэффициент трения резины в опорных поверхностях;

Ф – коэффициент формы резиновой прокладки, учитывающий сложные явления сжатия прокладки.

Коэффициент трения резина-пластмасса µ = 0,2 [22].

Коэффициент формы определяется отношением площади поверхности прокладки, опирающейся в разъеме на корпус, к полной боковой поверхности. Для прокладки прямоугольной формы, изготовленной в виде кольца, коэффициент формы рассчитывается по формуле (6)

Ф = (6)

где а0 – ширина профиля прокладки (d1–d2); h0 – высота;

Коэффициент формы расчитываем по формуле (6):

Ф = == 0,33

Подставив в формулу (5) получаем:

= 0,3×5×105×(1+2×0,2×0,33) = 1,69× Па

Определяем необходимую силу для сжатия резинового уплотнителя по формуле(7).

Рсж, (7)

где – площадь поперечного сечния уплотнительной прокладки,

– периметр уплотнительной прокладки

На рисунке 8 изображен эскиз прокладки уплотнения с необходимыми размерами для проведения последующего расчета.

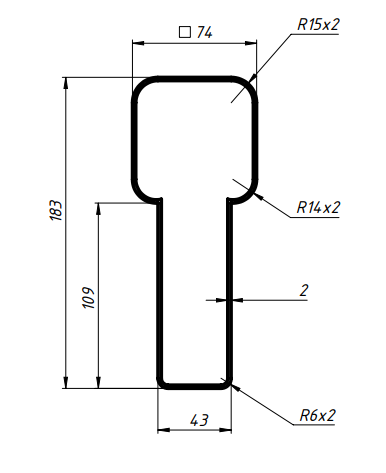


Рисунок 8 - Эскиз прокладки уплотнения с размерами

Подставив значения в формулу (7) получим необходимую силу для сжатия уплотнителя

Рсж=1,69 × 105× 6× 425× 10–6 = 430Н

Таким образом для надежного обеспечения уплотнения на резиновую прокладку нужно обеспечить усилие не менее 430 Н. Для контроля усилия сжатия прокладки уплотнения винты закручиваются с помощью динамометрической отвертки.

**2.3.4 Расчет минимального внутреннего диаметра резьбы винта**

Определяем минимальный внутренний диаметр резьбы винта, обеспечивающий требуемое усилие сжатия по формуле (8)

(8)

где n – это число стягивающих крышку и корпус винтов.

[σ] – допускаемое нормальное напряжения винта, выполненного из марки стали СТ5 при смятии (250 МПа) [14].

Минимальный внутренний диаметр резьбы винта определяется по формуле (9)

, (9)

где [σ] – допускаемое напряжение материала винта;

n – число стягивающих крышку и корпус винтов.

Получаем минимальный внутренний диаметр резьбы винта подставив значения в формулу (9)

1,68мм

Определяем ориентировочно наружный диаметр резьбы винта из формулы (10)

(10)

Исходя из формулы (10) наружный диаметр резьбы винта равен

1,97 мм

В соответствии с ГОСТ 17475-80 выбираем винт М2×1-1,5g×6-096 [24].

Таким образом, для обеспечения надежного соединения крышки и основания, используем винты М2×1-1,5g×6-096.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Тактика и тенденции развития современного баскетбола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnopm.ru/basketball/>

information/1984/january/tactics\_and\_tendencies\_of\_modern\_basketball. – Дата доступа: 16.03.2021.

1. СОВРЕМЕННЫЙ БАСКЕТБОЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://znakka4estva.ru/dokumenty/kultura-i-ikusstvo/sovremennyy-basketbol/. – Дата доступа: 16.03.2021.
2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БАСКЕТБОЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://se.sportedu.ru/sites/se.sportedu.ru/files/sovremennoe\_sostoyanie\_i\_perspektivy\_razvitiya\_basketbola\_2018.pdf. – Дата доступа: 16.03.2021.

4 УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ БАСКЕТБОЛИСТОВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patents.su/5-1683792-ustrojjstvo-dlya-trenirovki-basketbolistov.html> – Дата доступа: 20.12.2020.

5 ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНИКЕ ДЛИННОЙ ПЕРЕДАЧЕ МЯЧА В БАСКЕТБОЛЕ СПОСОБОМ СОГНУТОЙ РУКОЙ СВЕРХУ С ЗАМАХОМ – Режим доступа: <https://www.sportedu.org.ua/html/journal/2012-N3/12ckmawt.pdf> – Дата доступа: 20.12.2020.

6 ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧ В БАСКЕТБОЛЕ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/40536/Ispolzovanie_trenazherov_dlya_sovershenstvovaniya_fizicheskih_i_funkcionalnyh_vozmozhnostej.pdf?sequence=1&isAllowed=y> – Дата доступа: 20.12.2020.

7 ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. – Введ. 01.01.1971. – Межгосударственный стандарт СССР. – М., 1971. – 13 с.

8 ГОСТ14254-96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками   
(код IP). – Введ. 01.01.1997. – Межгосударственный стандарт – М., 1997. –5 с.

9 Характеристики сталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://metallicheckiy-portal.ru/marki\_metallov/stk/St3sp – Дата доступа: 20.03.2021.

10 Размеры и характеристика электродвигателя NEMA 23 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ast3d.com.ua/info/nema-23-razmery-i-harakteristiki> – Дата доступа: 20.03.2021.

11 Безмасленноя линейная направляющая с ременным приводом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://linearcn.com/linear-module/belt-driven-linear-rail/> Дата доступа: 20.03.2021.

12 Описание и марки полимеров АВС пластиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/8/447.html#v447> – Дата доступа: 20.03.2021.

13 Карбон [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://engitime.ru/statyi1/raznoe/chto-takoe-ugleplastik-karbon.html#](https://engitime.ru/statyi1/raznoe/chto-takoe-ugleplastik-karbon.html) – Дата доступа: 20.03.2021.

* + 1. Боровиков, С.М. Устройства ввода-вывода. Пленочные клавиатуры/ С.М. Боровиков. – Киев: Дизайн ПРО, 2016. – 336 с.
    2. Силиконовые резиновые смеси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rti-ucpr.ru/rezinovye-smesi/smesi-rezinovye-marok-irp-1338-irp-1399-irp-1400-irp-1401> – Дата доступа: 20.03.2021.
    3. ГОСТ 10025-2016. Прутки оловянно-фосфористой бронзы. Технические условия. – Введ. 2018-03-01. – Межгосударственный стандарт – М., 2017. – 10 с.
    4. ГОСТ 5264-58. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 01.07.1981. – МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. – М., 1981. – 35 с.
    5. Стали: допускаемые напряжения и механические свойства материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://razvitie-pu.ru/?page\_id=4121. – Дата доступа: 20.03.2021.
    6. Коэффициенты теплового линейного расширения пластиков / пластмасс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/HeatexpansionCoefficient/HECforPlastics/> – Дата доступа: 20.03.2021.
    7. Коэффициенты теплового линейного расширения тестолита [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.izl.ru/kastv.htm> – Дата доступа: 20.03.2021.
    8. ГОСТ 25346-89. Единая система допусков и посадок. Технические условия. – Введ. 11.04.1989. – Межгосударственный стандарт СССР.– М., 1989. – 65 с.
    9. Коэффициент трения скольжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minkor.ru/upload/spravochnik/170310-2.pdf> – Дата доступа: 20.03.2021
    10. Допускаемые напряжения и механические свойства материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alexfl.pro/inform/inform_stali4.html> – Дата доступа: 20.03.2021.
    11. ГОСТ 17475-80. Винты с потайной головкой класса точности А и В. – Введ. 01.01.1982. – Межгосударственный стандарт СССР.– М., 1982. – 12 с.

1. Тактика и тенденции развития современного баскетбола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnopm.ru/basketball/>

information/1984/january/tactics\_and\_tendencies\_of\_modern\_basketball. – Дата доступа: 16.03.2020.

1. СОВРЕМЕННЫЙ БАСКЕТБОЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://znakka4estva.ru/dokumenty/kultura-i-ikusstvo/sovremennyy-basketbol/. – Дата доступа: 16.03.2020.
2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БАСКЕТБОЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://se.sportedu.ru/sites/se.sportedu.ru/files/sovremennoe\_sostoyanie\_i\_perspektivy\_razvitiya\_basketbola\_2018.pdf. – Дата доступа: 16.03.2020.
3. Тренажер для отработки бросков SKLZ KICK OUT 360 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://workoutarea.ru/shop/product/>

trenazher-dlya-otrabotki-broskov-sklz-shoot-around. – Дата доступа: 17.03.2020.

1. ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОТРАБОТКИ БРОСКОВ В БАСКЕТБОЛЕ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://volleyplay.ru/product/ms-8/. – Дата доступа: 17.03.2020.
2. Баскетбольная сетка для тренировки броска SKLZ Rapid Fire 2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://trisekundy.ru/market/simulators/ basketball-simulators/btren11/. – Дата доступа: 17.03.2020.
3. АВТОМАТИЧЕСКАЯ БАСКЕТБОЛ СТРЕЛЬБ МАШИНЫ S6829 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://siboasi.com/ru/basketball-shooting-machine-s6829.html. – Дата доступа: 17.03.2020.
4. Модель 6829 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://siboasi.ru/siboasi\_6829/. – Дата доступа: 17.03.2020.
5. CALLING US A SHOOTING MACHINE DOESN'T DO US JUSTICE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eu.drdishbasketball.com/. – Дата доступа: 17.03.2020.
6. DR. DISH ALL-STAR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eu.drdishbasketball.com/products/all-star?hsCtaTracking=44be88c1-d47d-451d-aace-ca5607a43b0c%7C4c6b2dbe-3fab-461e-b555-7727e42c4743. – Дата доступа: 17.03.2020.
7. ГОСТ 8639-82. Трубы стальные квадратные. Сортамент. – Введ. 01.01.1983. – Государственный стандарт Союза ССР. – М., 1983. – 5 с.
8. Характеристики стали С235 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gran-stroi.ru/stal-S235-88.php>. **–** Дата доступа: 18.03.2020.
9. Сталь марки 09Г2С [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://metallicheckiy-portal.ru/marki\_metallov/stk/09G2S/. – Дата доступа: 17.03.2020.
10. ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры – Введ. 01.01.1972. – Межгосударственный стандарт. – М., 1984. – 12 с.
11. Характеристики полиамида ПА 6 210/310 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.olenta.ru/catalog/poliamid-6-210-310.php>. – Дата доступа: 17.03.2020.
12. Ударопрочный полистирол (HIPS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cnc3d-printer.com/index.php?TM_TC=1&TM_TX=Udaroproch>

nyiy\_polistirol\_(HIPS). – Дата доступа: 17.03.2020.

1. Испытания (степени защиты) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-14254-96>. – Дата доступа: 17.03.2020.
2. Бакуменко, В.И. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования: Том 1 / В.И. Бакуменко. – М: «Машиностроение», 1997. – 371 с.
3. ГОСТ 24705-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры. – Введ. 01.01.1982. – Межгосударственный стандарт СССР. – М., 1982. – 12 с.
4. Свойства сталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php>. – Дата доступа: 17.03.2020.
5. Коэффициенты трения сталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://osntm.ru/kt_tren.html>. – Дата доступа: 17.03.2020
6. ГОСТ 15526-70. Гайки шестигранные класса точности С. Конструкция и размеры. – Введ. 01.01.1972. – Межгосударственный стандарт СССР. – М., 1972. – 15 с.
7. ГОСТ 11284-75. Отверстия сквозные под крепёжные детали. Размеры. – Введ. 01.01.1977. – Межгосударственный стандарт СССР. – М., 1977. – 16 с.
8. Формула расчета производительности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://compressor.net.ru/formul/formula_proizv.html/>. – Дата доступа: 17.03.2020.
9. 8.3.3 Формула для расчета объема воздушного ресивера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.immertechnik.ru/support/ compendium/index.html?frametoopen=http://www.immertechnik.ru/support/compendium/8/3/3/index.html. – Дата доступа: 17.03.2020.
10. ГОСТ 5264-58. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 01.07.1981. – МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. – М., 1981. – 35 с.
11. Стали: допускаемые напряжения и механические свойства материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://razvitie-pu.ru/?page\_id=4121. – Дата доступа: 17.03.2020.
12. STM32F070CB, STM32F070RB, STM32F070C6, STM32F070F6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.st.com/content/ccc/resourc>

e/technical/document/datasheet/31/4f/10/5f/a5/32/46/42/DM00141386.pdf/files/DM00141386.pdf/jcr:content/translations/en.DM00141386.pdf. – Дата доступа: 18.03.2020.

1. Контактный датчик OLP40 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.renishaw.ru/ru/olp40-lathe-touch-probe--12088. – Дата доступа: 18.03.2020.
2. 3-Axis, ±2 g/±4 g/±8 g/±16 g Digital Accelerometer ADXL345 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345>.

pdf. – Дата доступа: 18.03.2020.

1. TFT LCD. LB040Q02-TD02 Datasheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://datasheetspdf.com/pdf/846709/LG/LB040Q02-TD02/1. – Дата доступа: 18.03.2020.
2. Стабилизатор питания AMS1117 3.3V [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://voltiq.ru/shop/step-down-converter-dc-dc-ams1117/. – Дата доступа: 18.03.2020.
3. Галкин, В.И. Полупроводниковые приборы: справочник / В.И. Галкин, А.Л. Булычев, В.А. Прохоренко. – Минск: Беларусь. – 1987. – 285 с.
4. Разработка программного обеспечения. Алгоритм работы микропроцессорной системы управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/2368990/tehnika/razrabotka\_programmnogo\_obespecheniya. – Дата доступа: 18.03.2020.

35 Санитарные нормы и правила. Требования к устройству и эксплуатации физкультурно-спортивных сооружений СанПиН № 127 от 16.12.2013: утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.12.2013 № 127. – Минск, 2013. – 5 с.

36 СанПиН. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений № 33. – Введ 30.04.13; Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – Минск, 2013. – 20 с.

1. Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: Санитарные правила и нормы СанПиН № 115 от 16.11.2011: утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011 № 115. – Минск, 2011. – 20 с.
2. СНБ 4.02.01-03. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Официальное издание. – Введен впервые (с отменой в Республике Беларусь СНиП 2.04.05-91). – Минск, 2003. – 78 с.
3. ТКП 45-2.04-153-2009 (02250). Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Официальное издание. – Введен впервые (с отменой СНБ 2.04.05-98). – Минск, 2009. – 103 с.
4. ГОСТ 12.1.030-81. ССТБ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – Введ. 01.07.82; Государственный комитет СССР по стандартам. – М., 1982. – 4 с.
5. ТКП 45-2.02-315-2018 (33020). Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Официальное издание. – Введен впервые (с отменой СНиП 2.01.02-85). – Минск, 2018. – 55 с.
6. Методические указания по выполнению экономического раздела дипломного проектирования для студентов технических специальностей приборостроительного факультета. – Минск, 2014. – 46 с.
7. Профильные трубы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metallobaza.by/catalog/profilnye-truby/. – Дата доступа: 18.04.2020.
8. Лист стальной ГОСТ 19903-74 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pulscen.by/price/010201-list-stalnoj/f:3\_gost-19903-74. – Дата доступа: 18.04.2020.
9. Вес 1 м. кв. листовой стали по ГОСТ 19903-74 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://xn--24-glc1cl.xn--p1acf/on-line-%D0%BA%D0%B0%](https://xn--24-glc1cl.xn--p1acf/on-line-%D0%BA%D0%B0%25)

D0%BB%D1%8C%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B/%D0%B2%D0%B5%D1%81-1-%D0%BC2-%D0%BB%D0%B8

%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9-%D1%81%D1%82%

D0%B0%D0%BB%D0%B8/. – Дата доступа: 19.04.2020.

1. ОДО "Металлургическая компания Промстройметалл" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://psmet.by/?utm_source=yandex>

&utm\_medium=cpc&utm\_campaign=TrubyUCHpoiskGomel&utm\_term=%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%8B%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%B3%D0%BE%D1%81%D1%82&utm\_content=4524275353||premium||1&\_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTsyODgzOTcwMzs0NTI0Mjc1MzUzO3lhbmRleC5ieTpwcmVtaXVt&yclid=2692506800234729738. – Дата доступа:19.04.2020.

1. КАЛИБРОВАННЫЙ КВАДРАТ ГОСТ 1050-88, ГОСТ 1051-73 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minsk.deal.by/p5104872-kalibrovannyj-kvadrat-gost.html. – Дата доступа: 20.04.2020.
2. Труба электросварная в Минске [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minsk.deal.by/Truba-elektrosvarnaya.html. – Дата доступа: 20.04.2020.
3. Конденсатор 104: что это значит? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fb.ru/article/122470/kondensator-chto-eto-znachit. – Дата доступа: 21.04.2020.
4. Компрессор ARB CKMA12 12В высокопроизводительный [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://jeeptorg.ru/kompressor-arb-ckma12-12v-vysokoproizvoditelnyy/. – Дата доступа: 21.04.2020.
5. С beam linear rail [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aliexpress.ru/popular/c-beam-linear-rail.html. – Дата доступа: 22.04.2020.
6. С106 display [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aliexpress.ru/popular/c106-display.html. – Дата доступа: 22.04.2020.
7. 12в мотор редуктор двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aliexpress.ru/popular/12v-gear-reduction-motor.html. – Дата доступа: 23.04.2020.
8. Мебельные ролики и колеса в Минске [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minsk.deal.by/Mebelnye-roliki-kolesa. – Дата доступа: 24.04.2020.
9. Вилка силовая ETP 67315 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.21vek.by/electric\_plugs/67315\_etp.html?utm\_campaign=&yclid=2690711773423900800&utm\_medium=cpc&utm\_source=yandex&utm\_campaign=Dinamicheskie\_obyyavleniya\_Poisk\_%28do\_100\_r%29|48313623&utm\_term=&utm\_content=1042066\_%D0%92%D0%B8%D0%BB%D0%BA%D0%B8%2C%20%D1%88%D1%82%D0%B5%D0%BF%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B8|gbid\_4138007494|aid\_8776359921|pos\_premium1&k50id=010000001042066\_%D0%92%D0%B8%D0%BB%D0%BA%D0%B8%2C%20%D1%88%D1%82%D0%B5%D0%BF%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B8|srt\_search|src\_none|main. – Дата доступа: 25.04.2020.