

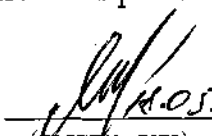
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ СПОРТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА «СПОРТИВНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой СИ
 А.В. Солонец
«01» 06 2026 г.

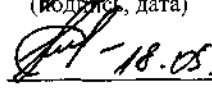
**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА
«ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЫШЦ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У
ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ»**

Специальность 1-60 02 02 «Проектирование и производство спортивной техники»

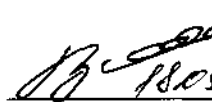
Обучающийся группы 11904122

 Д.А. Янучек
(подпись, дата)

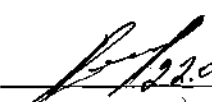
Руководитель

 Н.А. Квятковская
(подпись, дата) к.п.н., доцент

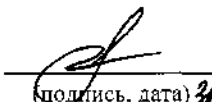
Консультанты
по основной части

 В.Ф. Володько
(подпись, дата) д.п.н., профессор

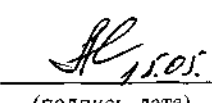
по методической части

 А.В. Солонец
(подпись, дата) к.п.н., доцент

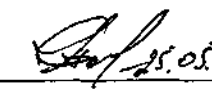
по разделу «Экономическая часть»

 Т.И. Серченя
(подпись, дата) 30.04.2026

по разделу «Охрана труда»

 Г.Л. Автушко
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

 Н.А. Парамонова
(подпись, дата) к.б.н., доцент

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – 69 страниц;

графическая часть – 9 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единица.

Минск 2026

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 69 с., 17 рис., 24 табл., 2 приложения, 53 источник.

ТРЕНАЖЁР, СВАРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ПНЕВМОДВИГАТЕЛЬ, ПРОФИЛЬНЫЕ ТРУБЫ, ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Объектом разработки является тренажер для развития мышц верхних конечностей у лиц с ограниченными возможностями.

Цель дипломного проекта: разработка тренажера для людей с ограниченными возможностями.

При помощи системы автоматического проектирования SolidWorks 2024 разработана твердотельная модель конструкции тренажера, рабочие чертежи деталей, проведено исследование прочности несущих конструкций и выполнен сборочный чертеж конструкции.

Разработан технологический процесс изготовления детали «Вал» включая следующие операции механической обработки: токарная (подрезание торцов и растачивание отверстий), фрезерование шпоночных пазов и шлифование.

Разработана инструкция по сборке спроектированного тренажера, осуществлено описание последовательности работы, произведен выбор элементной базы системы и компонентов тренажера с её обоснованием.

В процессе выполнения работы рассчитаны основные параметры элементов конструкции. Проведен расчет необходимого момента силы завинчивания гайки в болтовом соединении, который составляет не менее $35 \text{ Н} \times \text{м}$. Выполнен расчет сварного шва на прочность, который показал, что при действии на шов эксплуатационных нагрузок, продольной силы $F=200 \text{ Н}$ и моментов сил $M1=M2=1000 \text{ Н} \times \text{м}$, выполняется условие прочности. Нарботка до первого отказа блока управления, равна 39820 часа. Статический анализ показал, что конструкция пригодна к эксплуатации при заданных нагрузках.

Проведен расчет надежности информационно-измерительной системы.

Подобрана методика тренировки с использованием тренажера для развития мышц верхних конечностей у лиц с ограниченными возможностями.

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

Область применения данного тренажера – тренировочный процесс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жим вниз для инвалидов-колясочников ARMS INVAR085 : технические характеристики / Интернет-магазин DomSporta : [сайт]. – URL: https://www.domsporta.com/goods/zhim_vniz_dlya_invalidov_kolyasochnikov_arms_invar085/ (дата обращения: 07.03.2026).
2. Easy Access 9125 (EA9125) : тренажёр для жима вниз/шрагов с пневматической нагрузкой / HUR. – URL: <https://hurglobal.com/accessible-strength-equipment-checklist/> (дата обращения: 10.03.2026).
3. Жим вверх сидя : уличный тренажер для людей с ограниченными возможностями / Sport Tech : [сайт]. – URL: <https://www.sport-tech.ru/catalog/ulichnye-trenazhery/zhim-vverkh-sidya/> (дата обращения: 15.03.2026).
4. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. – Введ. 01.07.2008. – М. : Стандартинформ, 2005. – 10 с.
5. Сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества Ст3 : механические свойства и применение. – URL: https://metallicheskiy-portal.ru/marki_stalley/st3 (дата обращения: 20.03.2026).
6. ГОСТ 1050-2013. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 30 с.
7. ГОСТ 2424-83. Круги шлифовальные. Технические условия. – Введ. 01.01.1985. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 48 с.
8. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 01.07.1977. – М. : Издательство стандартов, 1977. – 36 с.
9. Токарно-винторезный станок 16К20: технические характеристики. – URL: <https://www.metobr-expo.ru/ru/ui/17113/> (дата обращения: 25.03.2026).
10. Круглошлифовальный полуавтомат 3М151 : технические характеристики / Томский политехнический университет. – URL: <https://www.earchive.tpu.ru/bitstream/11683/54434/1/GPU725355.pdf> (дата обращения: 01.04.2026).
11. Горизонтально-фрезерный станок 6Р80Г : технические характеристики. – URL: <https://poip.by/stanki/metallООbrabatyvayushchie-stanki/frezernye-po-metallu/gorizontalno-frezernye/6r80g> (дата обращения: 05.04.2026).

12. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – М. : Альянс, 2007. – 256 с.
13. Пневмодвигатель HXNL52 : масляный пневматический двигатель : технические характеристики / HongXin : [сайт]. – URL: <https://www.bossgoo.com/product-detail/professional-made-oil-free-lubricated-air-62103732.html> (дата обращения: 10.04.2026).
14. Узел подшипниковый UCFL201 FBJ : фланцевый корпусной подшипник : технические характеристики. – URL: https://cable.ru/bearings/bearings-fbj-ucfl201_fbj.php (дата обращения: 12.04.2026).
15. STMicroelectronics. STM32F407VET6 Data Sheet : ARM Cortex-M4 32-bit MCU. – Geneva : STMicroelectronics, 2023. – 201 p.
16. AMS1117 Series : 1A Low Dropout Voltage Regulator : Datasheet / Advanced Monolithic Systems. – 2022. – 12 p.
17. Комарова, Н. А. Микроконтроллеры STM32. Программирование и отладка : учебное пособие / Н. А. Комарова. – М. : ДМК-Пресс, 2022. – 400 с.
18. Белов, А. В. PIC-микроконтроллеры. Практика программирования / А. В. Белов. – М. : Наука и техника, 2021. – 288 с.
19. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев. – 9-е изд. – М. : Машиностроение, 2006. – Т. 1. – 928 с.
20. Иванов, М. Н. Детали машин : учебник / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. – 15-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2024. – 416 с.
21. Решетов, Д. Н. Детали машин : учебник для вузов / Д. Н. Решетов. – 5-е изд. – М. : Машиностроение, 2021. – 496 с.
22. Острейковский, В. А. Надёжность технических систем : учебник / В. А. Острейковский. – 5-е изд. – М. : Юрайт, 2024. – 415 с.
23. ГОСТ 27.002-2015. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 01.03.2016. – М. : Стандартинформ, 2015. – 27 с.
24. Никитин, В. А. Основы биомеханики движений человека / В. А. Никитин. – М. : Физкультура и спорт, 2007. – 248 с.
25. Гавердовский, Ю. К. Биомеханика / Ю. К. Гавердовский. – М. : Советский спорт, 2007. – 452 с.
26. Меньшиков, В. В. Основы теории и методики спортивной тренировки / В. В. Меньшиков. – М. : Академия, 2011. – 288 с.
27. Schmidt, R. A. Motor Control and Learning / R. A. Schmidt, T. D. Lee. – 6th ed. – Champaign : Human Kinetics, 2019. – 672 p.
28. Верещагин, А. Л. Тренажёры и методики тренировки равновесия / А. Л. Верещагин. – М. : Спорт, 2014. – 224 с.

29. Пономаренко, Г. Н. Реабилитационные тренажёры: методические основы / Г. Н. Пономаренко. – СПб. : ЭЛБИ, 2012. – 184 с.
30. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – Введ. 01.07.1982. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 4 с.
31. ГОСТ 14254-2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP). – Введ. 01.09.2017. – М. : Стандартинформ, 2016. – 39 с.
32. СанПиН «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» : утв. Постановлением Минздрава Республики Беларусь 30.04.2013 № 33. – Мн., 2013. – 20 с.
33. СанПиН «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» : утв. Постановлением Минздрава Республики Беларусь 16.11.2011 № 115. – Мн., 2011. – 9 с.
34. СанПиН «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» : утв. Постановлением Минздрава Республики Беларусь 26.12.2013 № 132. – Мн., 2013. – 29 с.
35. СН 4.02.03-2019. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Мн. : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 73 с.
36. СН 2.04.03-2020. Естественное и искусственное освещение. – Мн. : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 86 с.
37. СН 2.02.05-2020. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – Мн. : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 70 с.
38. Бабук, И. М. Методика расчета *экономической эффективности проектируемого металлорежущего станка / И. М. Бабук, Т. А. Сахнович, И. Р. Гребенников. – Мн. : БНТУ, 2024. – 19 с.
39. Бабук, И. М. Экономика промышленного предприятия / И. М. Бабук, Т. А. Сахнович. – М. : ИНФРА-М, 2013. – 439 с.
40. Горфинкель, В. Я. Экономика предприятия : учебник / В. Я. Горфинкель, Е. М. Купряков, В. А. Швандар. – 7-е изд. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2024. – 663 с.
41. Агарков, А. П. Экономика и управление на предприятии / А. П. Агарков [и др.]. – М. : Дашков, 2013. – 400 с.
42. Баскакова, О. В. Экономика предприятия / О. В. Баскакова, Л. Ф. Сейко. – М. : Дашков, 2013. – 372 с.

43. Ключкова, Е. Н. Экономика предприятия / Е. Н. Ключкова, В. И. Кузнецов, Т. Е. Платонова. – М. : Юрайт, 2014. – 448 с.
44. Расчет себестоимости и цены продукции : методические указания для студентов технических специальностей / БНТУ. – Мн. : БНТУ, 2024. – 32 с.
45. Оценка конкурентоспособности промышленной продукции : учебное пособие / под ред. В. В. Глухова. – СПб. : Питер, 2023. – 256 с.
46. Методика определения цены потребления технических устройств // Экономика и управление. – 2025. – № 1. – С. 44–50.
47. ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы. – Введ. 01.06.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 22 с.