

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

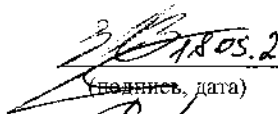
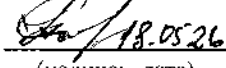
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой СИ
 А.В. Солонец
«01» 06 2026 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА
«ТРЕНИРОВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНИКИ УДАРОВ В ТЕННИСЕ»**

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

Обучающийся
группы 11904122

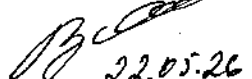
Руководитель

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

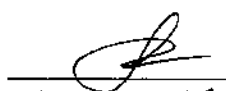
Консультанты
по основной части

 П.М. Самохвал
(подпись, дата) 18.05.26

по методической части

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

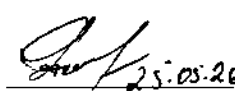
по разделу «Экономическая часть»

 Т.И. Серченя
(подпись, дата) 30.04.2026

по разделу «Охрана труда»

 15.05.26 Г.Л. Автушко
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

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

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – 75 страниц;

графическая часть – 8 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единица.

Минск 2026

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 75 с., 18 рис., 25 табл., 4 приложения, 50 источников.

ТЕННИСНАЯ ПУШКА, ТРЕНИРОВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО, РОЛИКОВЫЙ МЕХАНИЗМ, СЕРВОДВИГАТЕЛЬ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, ВАЛ, ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, SIBOASI W-7

Объектом разработки является модификация теннисной пушки для автоматической подачи мячей на основе модели SIBOASI W-7.

Цель дипломного проекта: разработка теннисной пушки, обеспечивающей повышенную точность подачи, расширенные возможности управления и улучшенные эксплуатационные характеристики за счёт внедрения современных технических решений.

В процессе выполнения работы проведён аналитический обзор существующих устройств подачи теннисных мячей, выявлены их достоинства и недостатки, обоснована целесообразность модификации базовой модели.

Разработана трёхмерная твёрдотельная модель модифицированной пушки, включающая каркас, бункер, роликовый механизм и контрольно-измерительный блок. Выполнены рабочие чертежи сборочной единицы, каркаса, роликового механизма и вала с использованием систем автоматизированного проектирования

Произведена замена двигателей постоянного тока на серводвигатели HIWIN FR-MS-75 с драйверами D2T-1023-C4. Выполнены расчёты требуемой мощности двигателя и минимального диаметра вала, подтверждающие работоспособность конструкции. Разработан технологический маршрут изготовления детали «вал».

Разработана информационно-измерительная система на базе микроконтроллера Black Pill F411 (STM32F411), включающая драйверы управления серводвигателями, энкодеры обратной связи и сенсорную панель ввода-вывода информации. Описан алгоритм работы системы и принципы регулирования параметров подачи мячей.

Выполнен расчёт надёжности зубчатого колеса, подтверждающий требуемый ресурс работы устройства.

Разработана методика использования пушки в тренировочном процессе с описанием режимов работы («игра/отдых», «случайный», «пользовательский», «два игрока») и регулируемых параметров (скорость, частота, траектория, вращение).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теннисная пушка (установка) для метания мячей JTS-02 [сайт]. – URL: <https://sport888.in.ua/ua/p1900181737-tennisnaya-pushka-ustanovka.html> (дата обращения: 04.03.2026).
2. Патент СССР 1362488, МКИ А63В 69/40. Приспособление для поштучной подачи мячей в зону выброса теннисной пушки / В. А. Мартынов, С. А. Смирнов. – № 4048866 ; заявл. 04.04.1986 ; опубл. 30.12.1987, Бюл. № 48. – 4 с.
3. Пушка для подачи мячей «Ракета» [сайт]. – URL: <https://ftcl1.ru/pushka-dlja-podachi-mjachei/> (дата обращения: 04.03.2026).
4. Теннисная пушка SIBOASI W-7 [сайт]. – URL: <https://sportpremier.ru/catalog/tennisnye-pushki/tennisnaya-pushka-siboasi-w-7/> (дата обращения: 04.03.2026).
5. Пушка для крикета Paceman Original S2 Bowling Machine [сайт]. – URL: workoutarea.ru (дата обращения: 04.03.2026).
6. CH32V003 Datasheet : industrial-grade general-purpose microcontroller [website]. – Version 1.1. – Nanjing : Nanjing Qinheng Microelectronics Co., Ltd., 2023. – 31 p. – URL: <https://static.chipdip.ru/lib2/a/617/DOC065617523.pdf> (дата обращения: 10.03.2026).
7. 32-bit General-purpose RISC-V MCU CH32V003 [website]. – URL: <https://www.wch-ic.com/products/CH32V003.html> (дата обращения: 10.03.2026).
8. Кацман, М. М. Расчет и конструирование электрических машин / М. М. Кацман. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 360 с.
9. STM32F411 Black Pill Board: Pinout, Schematic, Datasheet [website]. URL: <https://deepbluembedded.com/stm32f411-black-pill-board-pinout-schematic-datasheet/> (дата обращения: 07.04.2026).
10. Серводвигатели : каталог товаров [сайт]. – URL: <https://www.kugel.by/catalog/elektroprivod/servoprivod/servodvigateli/12830> (дата обращения: 10.03.2026).
11. AC Servo Motor D2 Drive : user manual [website]. – URL: <https://mectrol.com.br/uploads/2150/infoprodutos/servomotores/driver-controller/d2t/ac-servo-motord2-driveen-1.pdf> (дата обращения: 07.04.2026).
12. Решетов, Д. Н. Надежность машин / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. – М. : Высшая школа, 1988. – 238 с.

13. Суровой, С. Н. Методическое указание по проведению практических занятий по курсу «Обеспечение надежности электробытовой техники» / С. Н. Суровой. – Мн. : БНТУ, [б. г.]. – 48 с.
14. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха : СНБ 4.02.01-03. – Введ. 01.01.04. – Мн. : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2003. – 62 с.
15. Требования к организации и проведению санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения инфекционных заболеваний в организациях : Санитарные нормы и правила : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 22.10.2020 № 101. – Мн., 2020. – 11 с.
16. ТКП 45-2.04-232-2010. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Введ. 01.01.2011. – Мн. : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 82 с.
17. Гигиенические требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона (10–30 кГц) : СанПиН № 185, 22 дек. 2006 г. // Сборник нормативных документов по санитарно-эпидемиологическому нормированию. – Мн. : Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья, 2006. – 17 с.
18. Требования к электромагнитным полям, создаваемым при работе средств связи и мобильных радиотелефонных аппаратов : Санитарные нормы и правила : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 19.01.2017 № 8. – Мн., 2017. – 14 с.
19. Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений : СН 1.03.01-2019. – Введ. 25.11.19. – Мн. : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2019. – 49 с.
20. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : «Машиностроение, 2019. – Т. 1. – 920 с.
21. Иванов, М. Н. Детали машин : учебник для вузов / М. Н. Иванов. – 12-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2015. – 382 с.
22. Писаренко, Г. С. Сопротивление материалов : учеб. пособие / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – 7-е изд. – М. : Высшая школа, 2018. – 655 с.
23. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин : учебник для вузов / И. И. Артоболевский. – 4-е изд. – М. : Наука, 2016. – 640 с.
24. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2016. – 32 с.

25. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. Суслов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2017. – 646 с.
26. Дальский, А. М. Технология конструкционных материалов : учебник / А. М. Дальский [и др.]. – 4-е изд. – М. : Машиностроение, 2019. – 12 с.
27. Горбачев, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. Ф. Горбачев, В. Т. Шкред. – 5-е изд. – М. : Высшая школа, 2015. – 256 с.
28. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. – СПб. : Машиностроение, 2018. – 496 с.
29. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – 6-е изд. – М. : Энергоатомиздат, 2018. – 576 с.
30. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник / Г. Г. Соколовский. – М. : Академия, 2017. – 272 с.
31. Белов, А. В. Микроконтроллеры STM32. Практика применения / А. В. Белов. – М. : ДМК Пресс, 2020. – 352 с.
32. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры: архитектура, программирование, интерфейсы / А. В. Евстифеев. – М. : ДМК Пресс, 2019. – 92 с.
33. Хоровиц, П. Искусство схемотехники : в 3 т. / П. Хоровиц, У. Хилл. – 3-е изд. – М. : ДМК Пресс, 2021. – Т. 1. – 624 с.
34. Жолдак, В. И. Биомеханика : учеб. пособие для вузов физической культуры / В. И. Жолдак. – М. : Физическая культура, 2019. – 256 с.
35. Холодов, Ж. К. Теория и методика физического воспитания и спорта : учебник / Ж. К. Холодов, В. С. Кузнецов. – 4-е изд. – М. : Академия, 2020. – 480 с.
36. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / под ред. С. В. Белова. – 10-е изд. – М. : Высшая школа, 2021. – 606 с.
37. Зотов, Б. И. Управление безопасностью на производстве : учебное пособие / Б. И. Зотов, В. А. Курдюмов. – М. : КолосС, 2019. – 368 с.
38. Об охране труда : Закон Респ. Беларусь от 23 июня 2008 г. № 356-З : с изм. и доп. – Мн. : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2023. – 72 с.
39. ТКП 45-4.04-326-2018. Системы электроснабжения жилых и общественных зданий. Правила проектирования. – Мн. : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2018. – 84 с.
40. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия : учебник / Г. В. Савицкая. – 7-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 608 с.

41. Ильенкова, С. Д. Инновационный менеджмент : учебник для вузов / С. Д. Ильенкова. – 6-е изд. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2020. – 335 с.
42. Экономика предприятия : учебник / под ред. В. Я. Горфинкеля. – 5-е изд. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2021. – 672 с.
43. СТБ ISO 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – Мн. : Госстандарт, 2016. – 32 с.
44. Герман-Галкин, С. Г. MATLAB & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. – СПб. : КОРОНА-Век, 2018. – 368 с.
45. Фрунзе, А. В. Микроконтроллеры? Это же просто! / А. В. Фрунзе. – М. : ДМК Пресс, 2018. – 320 с.
46. РД 50-690-89. Надежность в технике. Методы расчета показателей надежности по экспериментальным данным. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 64 с.
47. Кацман, М. М. Электрические машины : учебник для вузов / М. М. Кацман. – 4-е изд. – М. : Высшая школа, 2019. – 463 с.
48. Новиков, П. Н. Справочник конструктора: допуски, посадки и шероховатость поверхностей / П. Н. Новиков. – М. : Машиностроение, 2017. – 400 с.
49. Шейнблит, А. Е. Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 3-е изд. – М. : Высшая школа, 2018. – 432 с.
50. Ильинский, Н. В. Основы электропривода : учебник / Н. В. Ильинский. – 2-е изд. – М. : Издательский дом МЭИ, 2020. – 304 с.