

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой СИ
 А.В. Солонец
«07» 06 2026 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА
«МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР НА ОСНОВЕ
СОВМЕЩЕНИЯ БИОМЕХАНИКИ ЖИМОВЫХ И ТЯГОВЫХ
ДВИЖЕНИЙ»**

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

Обучающийся
группы 11904122

Руководитель

Консультант
по основной части

Консультанты
по методической части

по разделу «Экономическая часть»

по разделу «Охрана труда»

Ответственный за нормоконтроль

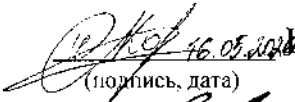
Объем проекта:

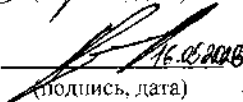
расчетно-пояснительная записка – 77 страниц;

графическая часть – 9 листов;

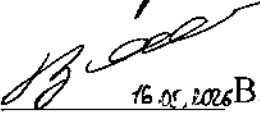
магнитные (цифровые) носители – 1 единица.

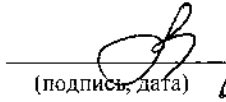
Минск 2026

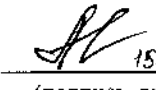
 16.05.2026 И.Д. Корзан
(подпись, дата)

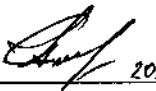
 16.05.2026 А.В. Солонец
(подпись, дата) к.п.н., доцент

 16.05.2026 П.М. Самохвал
(подпись, дата)

 16.05.2026 В.Ф. Володько
(подпись, дата) д.п.н., профессор

 07.05.2026 Т.И. Серченя
(подпись, дата)

 15.05.2026 Г.Л. Автушко
(подпись, дата)

 20.05.2026 Н.А. Парамонова
(подпись, дата) к.б.н., доцент

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 77 с., 16 рис., 20 табл., 5 приложений, 63 источника.

ТРЕНАЖЁР, КАРКАС, ЭЛЕКТРОПРИВОД, ЦЕПНАЯ ПЕРЕДАЧА, ВАЛ, СИЛОВЫЕ РЫЧАГИ, ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Объектом разработки является многофункциональный тренажёр на основе совмещения биомеханики жимовых и тяговых движений.

Цель дипломного проекта: разработка конструкции многофункционального тренажёра на основе совмещения биомеханики жимовых и тяговых движений с применением электромеханической системы нагружения.

В процессе выполнения работы рассчитаны основные параметры элементов конструкции тренажёра.

Разработана твердотельная модель тренажёра с использованием системы автоматизированного проектирования SolidWorks 2020; выполнены рабочие чертежи каркаса, приводного вала, силовых элементов конструкции, а также сборочный чертёж тренажёра с применением AutoCAD Mechanical 2024.

Разработана электромеханическая система нагружения, включающая электродвигатель, редуктор и цепную передачу, обеспечивающая автоматизированное регулирование нагрузки. Выполнено описание принципа работы тренажёра, обоснован выбор основных конструктивных элементов и приводного механизма.

Проведены расчёты на прочность элементов конструкции, включая сварные соединения и нагруженные узлы, подтверждающие работоспособность и надёжность тренажёра при эксплуатации.

Разработаны рекомендации по использованию тренажёра в тренировочном процессе для развития силовых возможностей пользователя.

Рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности при эксплуатации устройства.

Проведён расчёт себестоимости тренажёра и оценка его экономической эффективности.

Область применения данного устройства – силовая подготовка в условиях тренажёрных залов и индивидуальных тренировок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Escamilla, R. F. A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts [website] / R. F. Escamilla [et al.] // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 2000. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10912892/> (дата обращения: 16.04.2026).
2. ISO 20957-1:2024. Stationary training equipment – Part 1: General safety requirements and test methods. – Geneva : ISO, 2024. – 81 p.
3. ISO 20957-2:2024. Stationary training equipment – Part 2: Strength training equipment. – Geneva : ISO, 2024. – 47 p.
4. Тренажёр для приседаний/шраги [сайт]. – URL: <https://ironking.ru/catalog/oborudovanie-dlya-ulitsy/trenazhery-ulichnyye-ulichnyy-trenazher-prisedaniya-shragi/> (дата обращения: 20.02.2026).
5. Тяга для трапециевидных мышц X220 [Электронный ресурс]. – URL: <https://idealturnik.ru/product/tyaga-dlya-trapetsievidnykh-myshts-kh220/> (дата обращения: 20.02.2026).
6. Тяга Т-грифа [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.championat.com/lifestyle/article-5364128-tyaga-t-grifa-v-naklone-tehnika-uprazhneniya-kakie-myshcy-rabotayut.html> (дата обращения: 20.02.2026).
7. Escamilla, R. F. An electromyographic analysis of deadlifts [website] / R. F. Escamilla [et al.] // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 2002. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11932579/> (дата обращения: 16.04.2026).
8. Cholewicki, J. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain [website] / J. Cholewicki, S. M. McGill // *Clinical Biomechanics*. – 1996. – Vol. 11, no. 1. – P. 1–15. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11415599/> (дата обращения: 16.04.2026).
9. ISO 20957-4:2024. Stationary training equipment – Part 4: Strength training benches. – Geneva : ISO, 2024. – 32 p.
10. Shigley, J. E. Mechanical Engineering Design [website] / J. E. Shigley. – 11th ed. – New York : McGraw-Hill Education, 2020. – URL: <https://www.mheducation.com/> (дата обращения: 16.04.2026).
11. ISO 20957-5:2024. Stationary training equipment – Part 5: Pedal crank training equipment. – Geneva : ISO, 2024. – 41 p.
12. Budynas, R. G. Shigley's Mechanical Engineering Design [website] / R. G. Budynas, J. K. Nisbett. – 10th ed. – New York : McGraw-Hill Education, 2015. – URL: <https://www.mheducation.com/> (дата обращения: 16.04.2026).

13. ГОСТ 8645-68. Трубы стальные прямоугольные: технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1968. – 9 с.

14. Swinton, P. A. A biomechanical analysis of straight and hexagonal barbell deadlifts using submaximal loads [website] / P. A. Swinton [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2011. – Vol. 25, no. 7. – P. 2000–2009. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21654389/> (дата обращения: 16.04.2026).

15. Norton, R. L. Machine Design: An Integrated Approach [website] / R. L. Norton. – 6th ed. – London : Pearson, 2019. – URL: <https://www.pearson.com/> (дата обращения: 16.04.2026).

16. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества: марки. – М. : Стандартинформ, 2007. – 7 с.

17. Renold. Chain Designer Guide [website]. – URL: <https://www.renold.com/upload/> (дата обращения: 16.04.2026).

18. SEW-EURODRIVE. Gearmotors DRN. [website]. – URL: <https://download.sew-eurodrive.com/> (дата обращения: 16.04.2026).

19. Мотор-редукторы постоянного тока: достижение точности движения и универсальность применения [сайт]. – URL: <https://www.firgelliauto.com/ru/blogs/news/ultimate-guide-to-dc-gear-motors> (дата обращения: 28.02.2026).

20. Цепные передачи: принцип работы, характеристики и применение [сайт]. – URL: <https://www.tek-kom.ru/articles/cepnye-peredachi-princip-raboty-harakteristiki-i-primeneniye> (дата обращения: 23.02.2026).

21. SKF. Couplings Selection Guide [website]. – URL: <https://cdn.skfmediahub.skf.com/> (дата обращения: 16.04.2026).

22. Juvinall, R. C. Fundamentals of Machine Component Design [website] / R. C. Juvinall, K. M. Marshek. – 7th ed. – New York : Wiley, 2019. – URL: <https://www.wiley.com/> (дата обращения: 16.04.2026).

23. ГОСТ 831-75. Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 4 с.

24. Маликов, А. А. Технология изготовления валов [Электронный ресурс] / А. А. Маликов [и др.]. – URL: <https://tsutula.bookonline.ru/> (дата обращения: 16.04.2026).

25. Углеродистая качественная сталь марки 45 [сайт]. – URL: <https://spb-stal.ru/stati/uglerodistaya-kachestvennaya-stal-marki-45/> (дата обращения: 10.03.2026).

26. Климатическое исполнение [сайт]. – URL: <https://energypipe.ru/info/klimaticheskoe-ispolnenie-u1-u2-u3-ukhl1-ukhl4-ut15-markirovka-po-gost-15150-69> (дата обращения: 20.02.2026).

27. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. – М. : Стандартиформ, 2010. – 71 с.
28. Mott, R. L. Machine Elements in Mechanical Design [website] / R. L. Mott, E. M. Vavrek, J. H. Wang. – 6th ed. – London : Pearson, 2018. – URL: <https://www.pearson.com/> (дата обращения: 16.04.2026).
29. ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры (с изм. № 2–6). – М. : Изд-во стандартов, 1971. – 6 с.
30. ГОСТ 5915-70. Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры (с изм. № 2–7). – М. : Изд-во стандартов, 1971. – 5 с.
31. ГОСТ 11284-75. Отверстия сквозные под крепёжные детали. Размеры. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 16 с.
32. AVIA Semiconductor. HX711 Datasheet [website]. – URL: <https://cdn.sparkfun.com/> (дата обращения: 16.04.2026).
33. Renesas. Strain Gauge Solution RL78 [website]. – URL: <https://www.renesas.com/> (дата обращения: 16.04.2026).
34. Технические параметры процессора [сайт]. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/stm32f103c8t6> (дата обращения: 23.02.2026).
35. Архитектура Cortex-M3 [сайт]. – URL: <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=62815> (дата обращения: 21.02.2026).
36. Описание датчика Виганда [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/1825524/page:40/> (дата обращения: 20.03.2026).
37. Texas Instruments. ADS1231 Datasheet [website]. – URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1231.pdf> (дата обращения: 16.04.2026).
38. Texas Instruments. ADS1232 Reference Design [website]. – URL: <https://www.ti.com/tool/TIDA-00107> (дата обращения: 16.04.2026).
39. Ugural, A. C. Mechanical Design of Machine Components [website] / A. C. Ugural. – 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2018. – URL: <https://www.crcpress.com/> (дата обращения: 16.04.2026).
40. ISO 20957-6:2024. Stationary training equipment – Part 6: Treadmills. – Geneva : ISO, 2024. – 38 p.
41. Ekstrom, R. A. EMG analysis of trapezius exercises [website] / R. A. Ekstrom [et al.] // Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. – 2003. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12774999/> (дата обращения: 16.04.2026).
42. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training [website] // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2009. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19204579/> (дата обращения: 16.04.2026).

43. Роспотребнадзор. СанПиН 1.2.3685-21 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 16.04.2026).

44. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--j1agcjg.xn--plai/> (дата обращения: 16.04.2026).

45. ГОСТ 12.1.019-2017. Электробезопасность [Электронный ресурс]. – URL: <https://megaporm.ru/> (дата обращения: 16.04.2026).

46. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию и эксплуатации бассейнов, аквапарков, объектов по оказанию бытовых услуг бань, саун и душевых, СПА-объектов, физкультурно-спортивных сооружений: Санитарные правила и нормы СанПиН № 44 : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 16 мая 2022 г. № 44. – Мн., 2022. – 15 с.

47. Гигиенический норматив «Микроклиматические показатели безопасности и безвредности на рабочих местах» : ГН-9 : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 25.01.2021 № 37. – Мн., 2021. – 10 с.

48. СН 4.02.03-2019. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : утв. постановлением М-ва архитектуры и строительства Респ. Беларусь от 16.12.2019 № 69. – Мн., 2020. – 73 с.

49. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека» : ГН-11 : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 25.01.2021 № 37. – Мн., 2021. – 9 с.

50. Гигиенический норматив «Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий» : ГН-15 : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 25.01.2021 № 37. – Мн., 2021. – 10 с.

51. СН 2.02.03-2019. Пожарная автоматика зданий и сооружений : утв. постановлением М-ва архитектуры и строительства Респ. Беларусь от 17.08.2020 № 64. – Мн., 2020. – 75 с.

52. Гигиенический норматив «Предельно допустимые уровни вибрации на рабочих местах» : ГН-10 : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 25.01.2021 № 37. – Мн., 2021. – 13 с.

53. СН 2.02.05-2020. Пожарная безопасность зданий и сооружений : утв. постановлением М-ва архитектуры и строительства Респ. Беларусь от 12.11.2020 № 79. – Мн., 2020. – 70 с.

54. Гигиенический норматив «Допустимые уровни электромагнитных полей на рабочих местах» : ГН-13 : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 25.01.2021 № 37. – Мн., 2021. – 5 с.

55. Байнев, В. Ф. Экономика организации (предприятия) : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Менеджмент» / В. Ф. Байнев, Т. Ю. Гораева ; под ред. В. Ф. Байнева. – Мн. : РИВШ, 2024. – 271 с.

56. Короткевич, Л. М. Организация производства : пособие для обучающихся по специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)» по направлению специальности 1-27 01 01-01 «Экономика и организация производства (машиностроение)» / Л. М. Короткевич, Т. А. Сахнович, Ф. Ф. Кашлей ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Инженерная экономика». – Мн. : БНТУ, 2023. – 58 с.

57. Немогай, Н. В. Конкурентоспособность предприятия : учебник для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Экономика и управление на предприятии», «Финансы и кредит», «Маркетинг», «Логистика» / Н. В. Немогай, Н. В. Бонцевич ; Учреждение образования Федерации профсоюзов Беларуси Международный университет «МИТСО», Гомельский филиал. – 3-е изд., пересмотренное и дополненное. – Мн. : РИВШ, 2023. – 530 с.

58. Петрович, М. В. Управление организацией : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Менеджмент» / М. В. Петрович. – Мн. : РИВШ, 2023. – 667 с.

59. Сеница, Л. М. Организация производства : учебник для студентов учреждений высшего образования по специальности «Экономика и управление на предприятии» / Л. М. Сеница. – 5-е изд., исправленное. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2021. – 614 с.

60. Экономика и организация производства : пособие для студентов направления специальности 1-08 01 01-07. «Профессиональное обучение (информатика)» / Л. М. Короткевич [и др.] ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Инженерная экономика». – Мн. : БНТУ, 2021. – 54 с.

61. Экономический анализ деятельности организации : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Финансы и кредит» / А. И. Короткевич [и др.]. – Мн. : РИВШ, 2024. – 358 с.

62. Костюкевич, Е. Н. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Организация производства» [Электронный ресурс] : для специальности 6-05-0718-01 «Инженерная экономика» / Е. Н. Костюкевич, Т. И. Серченя ; Белорусский национальный технический университет, Машиностроительный факультет, Кафедра «Инженерная экономика». – Электрон. дан. – Мн. : БНТУ, 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

63. Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Менеджмент» для специальности 1-27 01 01 08 «Экономика и организация производства (приборостроение)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Инженерная экономика» ; сост. А. И. Гурко. – Мн. : БНТУ, 2023. – 28 с.