

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ Машиностроительный

КАФЕДРА Интеллектуальные и мехатронные системы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

  
«13» 10/2021 г.


А.В. Гулай

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Гусеничный мобильный манипулятор для работы в условиях  
повышенной радиации

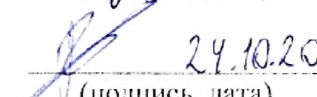
Специальность 1-55 01 03 Компьютерная мехатроника

Обучающийся  
группы 10309116

  
21.10.20  
(подпись, дата)

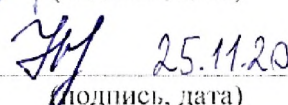
И.А. Лаврентьев

Руководитель проекта

  
24.10.20  
(подпись, дата)

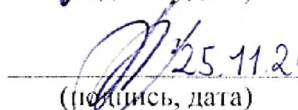
А.В. Глембоцкий

Консультанты  
по разделу экономики

  
25.11.20  
(подпись, дата)

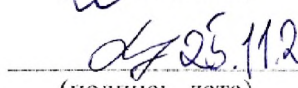
И.В. Насонова

по разделу охраны труда

  
25.11.20  
(подпись, дата)

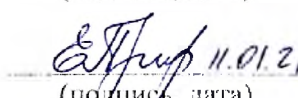
Е.Ф. Панкельсенко

по переводу научно-  
технической литературы,

  
25.11.20  
(подпись, дата)

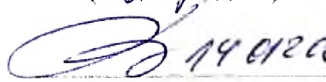
Т.И. Васильева

по электронной презентации

  
11.01.21  
(подпись, дата)

Е.В. Полюкхова

Ответственный за нормоконтроль

  
14.01.2021  
(подпись, дата)

З.Н. Волкова

Объем дипломного проекта:  
расчетно-пояснительная записка – 87 страниц;  
графическая часть – 8 листов;  
магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект 95 с., 54 ил., 16 табл., 16 источников.

АВТОНОМНЫЕ РОБОТЫ, ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ,  
КОЛЕСНЫЕ РОБОТЫ, ГУСЕНИЧНЫЕ РОБОТЫ.

Объект исследования: гусеничный мобильный манипулятор для работы в условиях повышенной радиации.

Цель: разработка гусеничного мобильного манипулятора для работы в условиях повышенной радиации.

В результате разработана собственная модель мехатронной системы. Подобранны компоненты для создания данной системы. Разработан программный код для управления мехатронной системой.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 10 |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....   | 11 |
| 1.1 Роботы-манипуляторы .....  | 11 |
| 1.2 Мобильные роботы.....  | 20 |
| 1.3 Принципы построения и классификация шасси мобильных роботов<br>наземного применения .....                                      | 25 |
| 1.4 Среды повышенной радиации.....   | 28 |
| 2 РАЗРАБОТКА И ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ МОБИЛЬНОГО<br>ГУСЕНИЧНОГО МАНИПУЛЯТОРА.....  | 37 |
| 2.1 Подбор компонентов.....  | 37 |
| 2.2 Исследование робота на защиту от радиации .....  | 51 |
| 2.3 Итоговая модель сборки .....   | 52 |
| 3 НАПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОДА .....  | 56 |
| 4 РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ САМОГО НАГРУЖЕННОГО<br>КОМПОНЕНТА.....   | 61 |
| 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ .....  | 63 |
| 5.1 Расчёт экономической эффективности проектируемой мехатронной<br>системы. Расчёт отпускной цены проектируемого устройства ..... | 63 |
| 5.2 Расчет единовременных затрат .....   | 65 |
| 5.3 Расчёт затрат по статье «Основная заработная плата рабочих».....   | 65 |
| 5.4 Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования.....   | 66 |
| 5.5 Оценка конкурентоспособности устройства .....  | 67 |
| 6 ОХРАНА ТРУДА .....   | 70 |
| 6.1 Опасные и вредные производственные факторы при работе .....  | 70 |
| 6.2 Освещение .....  | 72 |
| 6.3 Вредные вещества .....   | 72 |
| 6.4 Микроклимат.....   | 76 |
| 6.5 Шум и вибрация.....  | 78 |
| 6.6 Электромагнитные и электростатические поля .....   | 78 |
| 6.7 Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение .....  | 79 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 6.8  | Электробезопасность.....               | 80 |
| 6.9  | Пожарная безопасность .....            | 80 |
| 6.10 | Техника безопасности .....             | 81 |
| 6.11 | План эвакуации .....                   | 82 |
| 6.12 | Сигнализация .....                     | 84 |
|      | ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                        | 86 |
|      | СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... | 87 |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЧАЭС: Робот и робототехника на ликвидации аварии [Электронный источник]. – Режим доступа: <http://chornobyl.in.ua/robot.html> — Дата доступа: 13.09.2020.
2. Разработка системы управления роботом-манипулятором [Электронный источник]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2017/etf/mymrikov/diss/index.htm> — Дата доступа: 13.09.2019.
3. Принципы построения и классификация шасси мобильных роботов наземного применения и планетоходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiyu-postroeniya-i-klassifikatsiya-shassi-mobilnyh-robotov-nazemnogo-primeneniya-i-planetohodov/viewer> — Дата доступа: 14.09.2019.
4. Устройство роботов. Основные подсистемы [Электронный источник]. – Режим доступа: [http://ndsipu.cmc.msu.ru/files/upload/\\_62/slides-1.pdf](http://ndsipu.cmc.msu.ru/files/upload/_62/slides-1.pdf) — Дата доступа: 14.09.2020.
5. Классификация манипуляторов [Электронный источник]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1926293/page:3/> — Дата доступа: 15.09.2020.
6. Плата Arduino Uno R3: схема, описание, подключение устройств [Электронный источник]. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/> — Дата доступа: 15.09.2020.
7. Motor Shield [Электронный источник]. – Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/product/arduino-motor-shield> — Дата доступа: 15.09.2020.
8. Troyka Shield [Электронный источник]. – Режим доступа: <https://amperka.ru/product/arduino-troyka-shield> — Дата доступа: 15.09.2020.
9. Радиация в вопросах и ответах [Электронный источник]. – Режим доступа: <http://rad.org.by/articles/radiation/radfaq> — Дата доступа: 15.09.2020.
10. Повышение радиационной стойкости интегральных схем. Конструктивные методы на базе промышленной технологии [Электронный источник]. – Режим доступа: [www.electronics.ru/yr342tr201](http://www.electronics.ru/yr342tr201) — Дата доступа: 19.09.2020.
11. Бремя перых: какие роботы использовались в Чернобыле [Электронный источник]. – Режим доступа: [ropmech.ru/technologies/535424-bremya-pervyh-kakie-roboty-ispolzovalis-v-chernobyle/](http://ropmech.ru/technologies/535424-bremya-pervyh-kakie-roboty-ispolzovalis-v-chernobyle/) — Дата доступа: 19.09.2020.
12. Плата Arduino Uno R3: схема, описание, подключение устройств [Электронный источник]. – Режим доступа: <http://rad.org.by/articles/radiation/radfaq> — Дата доступа: 19.09.2020.
13. Сравнение плат Arduino [Электронный источник]. – Режим доступа: [http://ampermarket.kz/base/Arduino\\_family/](http://ampermarket.kz/base/Arduino_family/) — Дата доступа: 19.09.2020.
14. Драйвер двигателя L298N [Электронный источник]. – Режим доступа: <https://easycraft.by/drayver-dvigatelya-l298n> — Дата доступа: 24.09.2020.
15. TTL Camera [Электронный источник]. – Режим доступа: <http://learn.adafruit.com/ttl-serial-camera&view=all> — Дата доступа: 24.09.2020.
16. MGR996R SERVO MOTOR (Digital) [Электронный источник]. – Режим доступа: <https://jsumo.com/mgr996r-servo-motor-digital> — Дата доступа: 24.