

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ Машиностроительный

КАФЕДРА Интеллектуальные и мехатронные системы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

  
« 4 » 2021 г.

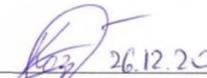
А.В. Гулай

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

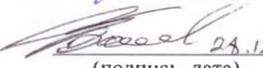
Сенсорная система для стендовых испытаний твердотопливных реактивных двигателей

Специальность 1-55 01 02 Интегральные сенсорные системы

Обучающийся  
группы 10307116

  
26.12.20 А.М. Козловский  
(подпись, дата)

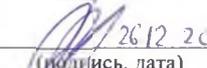
Руководитель проекта

  
23.12.20 В.М. Зайцев  
(подпись, дата)

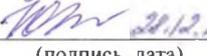
Консультанты  
по разделу экономики

  
29.12.20 Н.В. Комина  
(подпись, дата)

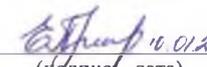
по разделу охраны труда

  
26.12.20 Е.Ф. Пантелсенко  
(подпись, дата)

по переводу научно-  
технической литературы,

  
28.12.20 Ю.В. Безнис  
(подпись, дата)

по электронной презентации

  
10.01.21 Е.В. Полянкова  
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

  
06.01.2021 З.Н. Волкова  
(подпись, дата)

Объем дипломного проекта:

расчетно-пояснительная записка – 69 страниц;

графическая часть – 8 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. ИСТОРИЯ, РАЗНОВИДНОСТЬ И ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ.....	11
1.1 История реактивных двигателей.....	11
1.2 Виды стендовых испытаний и их необходимость .....	12
1.3 Оценка стойкости теплозащитных материалов в РДТТ.....	17
1.4 Основные сведения о стендовой обработке .....	21
2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ И СИСТЕМЕ ИЗМЕРЕНИЙ .....	26
2.1 Функциональные и технологические требования к системе .....	26
2.2 Общие требования к системе измерений.....	31
2.3 Характеристики системы:.....	32
2.4 Принцип работы системы.....	34
2.5 Регистрация и обработка огневых стендовых испытаний с использованием информационных технологий .....	35
3 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ .....	41
3.1 Оценка конкурентоспособности объекта проектирования .....	41
3.2. Определение единовременных затрат на создание программного продукта ...	43
3.3 Определение ожидаемого прироста прибыли в результате внедрения ПП .....	51
3.4 Расчет показателей эффективности использования программного продукта. ...	54
4.1 Опасные и вредные производственные факторы.....	57
4.3 Вредные вещества .....	56
4.4 Микроклимат .....	62
4.5 Шум.....	63
4.6 Электромагнитные и электростатические поля .....	63
4.7 Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение .....	64
4.8 Электробезопасность .....	65
4.9 Пожарная безопасность .....	66
4.10 Техника безопасности при пайке.....	67
4.11 Техника безопасности при сборке системы .....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	69

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 77 с., 8 ил., 15 табл., 11 источников.

### СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА, РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ, СЕНСОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

Объектом разработки является сенсорная система для диагностики твёрдотопливных реактивных двигателей.

Цель проекта: разработка сенсорной системы для стендовых испытаний твердотопливных реактивных двигателей.

В дипломном проекте была разработана сенсорная система, которая позволяет проводить диагностику новых или вышедших из строя реактивных двигателей, определять поломку на основе данных, полученных со стендовой установки. Была проведена оптимизация автоматизированного рабочего места, позволяющая контролировать за процессом на безопасной дистанции. Особенностью данной системы является то, что в автоматическом режиме осуществляется контроль параметров по установленным порогам, и в случае их превышения формируют сигналы аварийного отключения электропитания испытываемого оборудования.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Контрольно-измерительное оборудование «ZetLab» [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://zetlab.com/>
2. Промышленная сеть «PROFIBUS» [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://bookasutp.ru/>
3. Конструкция и обработка РДТТ [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://bib.convdocs.org/>
4. Проектирование реактивных двигателей твердого топлива [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/>
5. Исследование реактивных двигателей на жидком топливе [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://bigenc.ru/>
6. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергия, 1978.
7. Новицкий П.В. Цифровые приборы с частотными датчиками. Л.: Энергия, 1972.
8. Гетерт Г.Д. Центр испытаний реактивных двигателей, 1962. № 9. С. 61-73
9. Чистяков В.С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям. М.: Энергоатомиздат, 1990.
10. Лавров Л.Н., Болотов А.А. Конструкция ракетных двигателей на твердом топливе. М.: Машиностроение, 1993.
11. Шишков А.А., Силин Б.М. Высотные испытания реактивных двигателей. М.: Машиностроение, 1985.