

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт - Неразрушающего контроля
Направление подготовки - Приборостроение
Кафедра - Точного приборостроения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация стенда "Прогноз - 2" - имитатора космического пространства

УДК 681.52:004.415:629.782.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Исайченко Вадим Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Жвырбля Вадим Юрьевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Вопросы технологии»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гормаков Анатолий Николаевич	к.т.н., доцент		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцова Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПС	Бориков Валерий Николаевич	Доцент, к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
152В	Исайченко Вадиму Игоревичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Точного приборостроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в научных публикациях;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсо-эффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциалов потребителя результатов исследования.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
152В	Исайченко Вадим Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Исайченко Вадиму Игоревичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Точного приборостроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Теоретические исследования (моделирование, расчеты) характеристик приборов/ оборудования (без разработки опытного образца)	В ходе выпускной работы был произведен расчет и проектирование систем автоматизации испытательного стенда «Прогноз – 2».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Профессиональная социальная безопасность. 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	Рабочий процесс проводится в лаборатории №52, где могут быть такие вредные факторы как: отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень ионизирующих излучений. В ходе выполнения работы так же возможно поражение электрическим током.
2. Экологическая безопасность: 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования. 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	Во время проведения исследования и по его окончанию не существуют источников загрязнения окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	В ходе работы возможно возникновение пожара.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рациональная планировка рабочей зоны, требования к основным элементам рабочего места: рабочий стол, рабочий стул, персональный компьютер, клавиатура и мышка.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцова Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Исайченко Вадим Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«Вопросы технологии»**

Студенту:

Группа	ФИО
152В	Исайченко Вадиму Игоревичу

Институт	ИНК	Кафедра	ТПС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Вопросы технологии»:

1. Годовая программа выпуска или размер партии	<i>Единичное производство</i>
2. Конструкторская документация на изделия	<i>Спецификация</i>
3. ГОСТы, стандарты, нормали, справочники	ГОСТ 2.004-88 ЕСКД ГОСТ 14.301—73 ЕСТПП и др.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Служебное назначение 2. Конструктивное исполнение 3. Сборочный состав 4. Технологический процесс монтажа щита 5. Оценка технологичности щита управления	ГОСТ 2.004-88 ЕСКД ГОСТ 14.301—73 ЕСТПП. Справочник по материалам ГОСТы на сортамент Справочники по станочному оборудованию, оснастки и инструменту
--	---

Перечень разработанной документации (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гормаков А.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
152В	Исайченко Вадим Игоревич		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра Точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Бориков В.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Исайченко Вадиму Игоревичу

Тема работы:

Автоматизация стенда "Прогноз - 2" - имитатора космического пространства

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект автоматизации – испытательный стенд «Прогноз – 2».
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области. Определение метода автоматизации. Выбор среды разработки ПО. Разработка компьютерной модели. Разработка алгоритма программы. Анализ результатов компьютерного моделирования. Разработка программного обеспечения. Проведение испытаний. Оценка результатов. Технологический процесс изготовления щита управления. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

	Социальная ответственность. Выводы по результатам работы.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Технология	Гормаков Анатолий Николаевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Жвырбля В. Ю.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
152В	Исайченко В. И.		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля

Направление подготовки (специальность) Приборостроение

Уровень образования Бакалавриат

Кафедра Точного приборостроения

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.02.2016	<i>Проведение аналитического обзора</i>	
03.03.2016	<i>Определение метода автоматизации</i>	
13.03.2016	<i>Выбор среды разработки программного обеспечения</i>	
20.03.2016	<i>Разработка компьютерной модели</i>	
1.04.2016	<i>Разработка алгоритма программы автоматизации</i>	
10.04.2016	<i>Анализ результатов компьютерного моделирования</i>	
30.04.2016	<i>Разработка программного обеспечения</i>	
15.05.2016	<i>Проведение эксперимента</i>	
21.05.2016	<i>Оценка результатов</i>	
30.05.2016	<i>Разработка технологического процесса изготовления центральных вкладышей из нитрида кремния</i>	
2.06.2016	<i>Выводы по результатам работы</i>	
5.06.2016	<i>Выполнение раздела «Социальная ответственность»</i>	
6.06.2016	<i>Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Жвырбля В. Ю.			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ТПС, доцент	Бориков В.Н.	Д.т.н.		

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
Р2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
Р3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества
Р4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
Р5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе
Р6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе

	менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Выпускная квалификационная работа бакалавра (ВКР бакалавра):

Работа на соискание академической степени “бакалавр”, содержащая системный анализ известных технических решений, технологических процессов, программных продуктов, выполняемая выпускником самостоятельно с использованием информации, усвоенной им в рамках дисциплин общетехнического и специального цикла.

Испытательный стенд: Стенд симуляции космического пространства «Прогноз-2», предназначенный для симуляции условий, имитирующих космическое пространство.

Вычислительное устройство: Оборудование, предназначенное для сбора, хранения и обработки данных, получаемых в ходе проведения экспериментов. В данном случае подразумевается персональный компьютер (ПК) с установленным необходимым программным и аппаратным обеспечением.

Обозначения и сокращения

CAD – Computer Aided Design

CAE – Computer Aided Engineering

САПР – система автоматизированного проектирования

ПК – персональный компьютер

КПД – коэффициент полезного действия

ЧС – чрезвычайные ситуации

ДКП – датчик конечного положения

ПДК – предельно допустимая концентрация

ЭМП, ЭСП – электромагнитное, электростатическое поле

ЭМИ, ЭСИ – электромагнитное, электростатическое излучение

СИЗ – средства индивидуальной защиты

ЛБ – лампа белого свечения

ЛХБ – лампа холодного белого свечения

МГЛ – металлогалогенная лампа

ДРЛ – ртутная лампа высокого давления

НЛВД – натриевая лампа высокого давления

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 16 рис., 12 табл., 19 источников.

Ключевые слова: испытательный стенд, вычислительное устройство, программное обеспечение, датчик.

Объектом исследования является испытательный стенд «Прогноз - 2»

Цель работы – Автоматизация испытательного стенда «Прогноз - 2» с целью минимизации действий, совершаемых оператором, а также, увеличение точности результатов экспериментов, за счёт исключения человеческого фактора.

В процессе проектирования проводилась автоматизация испытательного стенда «прогноз – 2».

В результате проектирования приведена методика автоматизации испытательного оборудования посредством программного обеспечения.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: испытательная камера диаметром 1100мм и длиной 1300мм, две электронные пушки с мощностью излучения 100 и 300 кЭВ, форвакуумный насос, криогенный насос.

Степень внедрения: частично внедрен, находится на стадии разработки

Область применения: увеличение удобства работы с испытательным стендом, минимизация погрешностей.

Экономическая эффективность/значимость работы выражается в увеличении числа проводимых экспериментов за рабочую смену, снижение брака проявочных пластин.

В будущем планируется изготовление самостоятельной системы, не требующей специальных навыков при работе с ней.

Оглавление

Введение.....	15
1 Симуляция космического пространства	21
1.1 Камеры — имитаторы условий космического пространства.....	21
1.2 Вакуумные камеры.....	21
1.3 Прогрев и охлаждение камер	22
2 Компоненты автоматизации испытательного стенда «прогноз – 2».....	25
2.1 Вакуумметры	25
2.2 Интерфейсы взаимодействия	29
2.3 Преобразователи аналоговых и цифровых сигналов	33
3 Программная часть автоматизации	34
3.1 Выбор средств разработки	34
3.2 Среда разработки «Lab-view»	39
3.3 Другие инструменты разработки.....	40
4 Разработка стойки системы управления.....	41
4.1 Алгоритм работы	41
4.2 Программная часть	43
4.3 Аппаратная часть	45
5 Конструирование и вопросы технологии щита управления испытательным стендом «прогноз – 2»	47
5.1 Служебное назначение	47
5.2 Конструктивное исполнение	48
5.3 Сборочный состав.....	50
5.4 Технологический процесс монтажа щита	50
5.5 Оценка технологичности щита управления.....	50
6 Социальная ответственность	53
6.1 Техногенная безопасность.....	53
6.2 Экологическая безопасность.....	60
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	63
6.4 Правовые и Организационные вопросы обеспечения безопасности.....	65
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	70

7.1 Определение цены разработки.....	70
7.1.1 Расчет затрат на проектирование	70
7.1.1.1 Расчет материальных затрат	70
7.1.1.2 Затраты по основной заработной плате исполнителей	71
7.1.1.3 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	74
7.1.1.4 Социальный налог.....	75
7.1.1.5 Расчет затрат на электроэнергию	75
7.1.1.6 Расчет амортизационных расходов	76
7.1.1.7 Накладные расходы.....	77
7.1.2 Расчет общей себестоимости разработки	77
7.1.3 Прибыль	78
7.1.4 Налог на добавленную стоимость	78
7.1.5 Полная смета затрат	78
7.2 Оценка экономического эффекта от внедрения разработки.....	79
7.3 Расчет срока окупаемости затрат на создание разработки	79
Заключение	80
Список публикаций.....	81
Список использованных источников	82

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире все больше информационных систем, систем связи и систем навигации используют космические аппараты (КА), находящиеся на земных орбитах. Вследствие этого возникает необходимость вывода на орбиту Земли все большего числа космических аппаратов. Из-за высокой стоимости как самого КА, так и вывода его на орбиту Земли разработчики стремятся максимально увеличить срок активного существования (САС) космического аппарата. Это очень сложная инженерная задача, поскольку на КА воздействуют такие факторы космического пространства (ФКП) как высокий вакуум (до $3 \cdot 10^{-10}$ Торр), перепад температур (от -130°C , до $+120^{\circ}\text{C}$) и потоки солнечной радиации (с плотностью энергии до $1,38 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$). Кроме этого, на космические аппараты, орбиты которых проходят через естественные радиационные пояса Земли (ЕРПЗ), следует обратить особое внимание на геомагнитную плазму. Воздействие заряженных частиц геомагнитной плазмы на конструкционные материалы и электронное оборудование КА может вызывать изменение их характеристик вплоть до полного выхода космического аппарата из строя. Для того что бы максимально верно спрогнозировать время работы КА на орбите, все материалы и компоненты используемые в КА, проходят через наземные испытания на воздействие факторов космического пространства. Это позволяет оценить, насколько подходит данные материалы или электронные компоненты для использования их в конструкции КА.

Испытательный стенд «Прогноз-2» Испытательного центра Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета (ИЦ ИНК ТПУ) предназначен для проведения наземных испытаний конструкционных материалов и отдельных систем КА в условиях, моделирующих отдельные ФКП на разных орбитах.

Стенд был сконструирован, изготовлен и оснащен с учетом опыта работы сотрудников лаборатории №52 Испытательного центра Института

неразрушающего контроля ТПУ, в которой изучают радиационную электризацию с 70-х годов прошлого века.

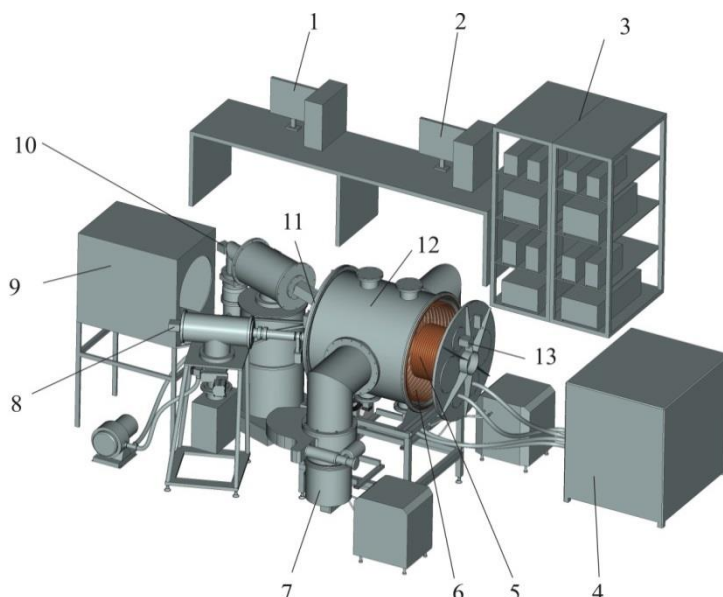


Рисунок 1 - Общий вид стенда «Прогноз-2»

- | | |
|---|--|
| 1, 2 – Управляющая и регистрирующая ПЭВМ. | 8 - Электронная пушка с энергией до 100 КэВ. |
| 3 – Стойки с измерительным и управляющим оборудованием. | 9 - Оптический имитатор Солнца в диапазоне от 200 нм до 1,2 мкм. |
| 4 – Холодильная установка. | 10 - Электронная пушка с энергией до 300 КэВ. |
| 5 – Криоплита с криоэкраном. | 11 - Высокоскоростная видеокамера. |
| 6 – Криорубашка. | 12 - Вакуумная камера. |
| 7 – Криогенный насос. | 13 - Вакуумметр (3 шт.). |

Вакуумная камера испытательного стенда представляет собой цилиндр диаметром 1000 мм и длиной 1000 мм. Схема вакуумной системы стенда представлена на рисунке 2. Моделирование процессов взаимодействия материалов с излучением накладывает ограничения к применению вакуумного оборудования. Все вакуумные насосы, используемые для откачки

камеры стенда и остального оборудования, не должны применять масла или эфиры в качестве рабочего вещества. Такие насосы иногда называют «сухими».

К «сухим» насосам относятся криогенные, механические, турбомолекулярные и адсорбционные насосы. При проектировании системы вакуумной откачки, предусматривалась возможность напуска инертного газа в количестве до $2 \text{ мл} \cdot \text{сек}^{-1}$, что необходимо при испытаниях плазменных двигателей КА в активном режиме. Чтобы при этом обеспечить давление в вакуумной камере порядка $3 \cdot 10^{-6}$ Торр скорость откачки вакуумной системы должна быть порядка $8000 \text{ л} \cdot \text{сек}^{-1}$ по аргону. Такую скорость обеспечивают два криогенных высоковакуумных насоса CRYO-TORR 400 работающие с гелиевыми компрессорами CRYO-TORR 9600.

Предельный вакуум, создаваемый насосом CRYO-TORR 400 имеет значение порядка 10^{-11} Торр, но для его работы требуется начальное давление не более $7,5 \cdot 10^{-3}$ Торр. Откачка до этого давления осуществляется форвакуумным насосом Kashiya NeoDry30E. Данный насос является сухим вакуумным насосом классического ряда двухроторных машин Рутса. Производительность насоса NeoDry30E $500 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$, предельный вакуум порядка $7,5 \cdot 10^{-3}$ Торр. Стоит отметить, что данный насос обладает низким уровнем шума – менее 56 дБ. В вакуумной системе испытательного стенда «Прогноз-2» использован один насос данной модели.

Для сбора данных об остаточном давлении использованы вакуумметры P1, P2, P3. В нашем случае выбраны три идентичных вакуумметра 354 Micro-ION фирмы Granville-Phillips. Данный прибор имеет диапазон измерений от $4,0 \cdot 10^2$ Торр до $1 \cdot 10^{-9}$ Торр. Вакуумметр имеет промышленный интерфейс RS-485, при помощи которого реализовано дистанционное управление и считывание показаний с вакуумметра. Располагаются они следующим образом: на электронной пушке с энергией электронов 100 кэВ, на

электронной пушке с энергией электронов 300 кэВ и непосредственно на самой вакуумной камере.

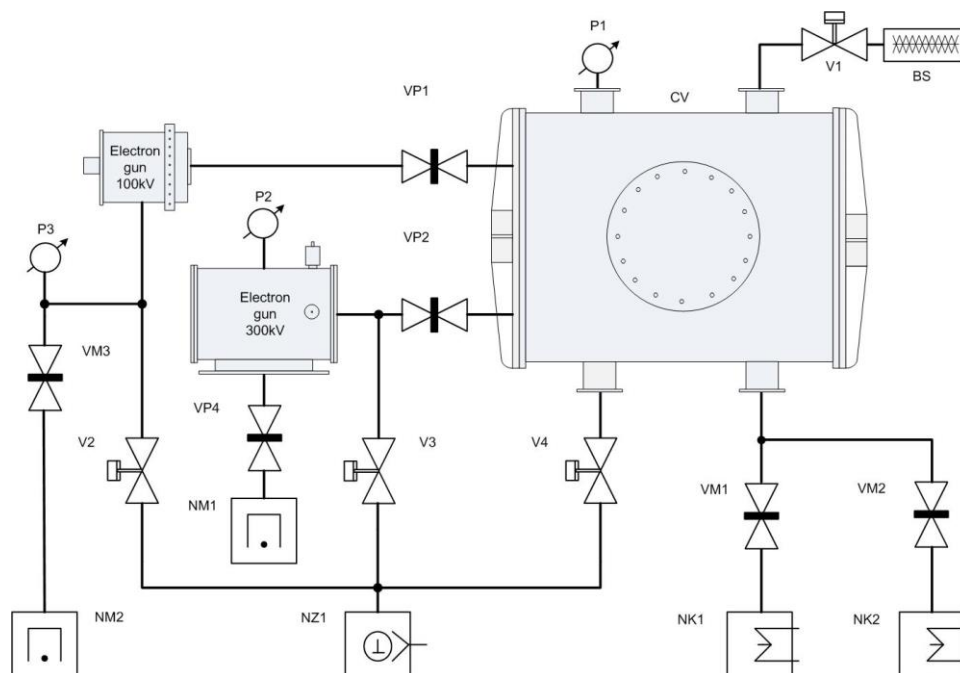


Рисунок 2 - Схема вакуумной системы стенда «Прогноз-2».

VP1, VP2 – Затвор шиберный HTC 6VB-SS-KF50-P.

VM1, VM2 – Затвор шиберный ВАКМА 23B7 – 400.

VP4 – Затвор шиберный HTC GVB-SS –ISO-160-P.

V1, V2, V3, V4 –Клапан вакуумный HEC GVB-SS-KF40-P.

NK1, NK2 – Насос высоковакуумный криогенный CRYO-TORR 400.

NZ1 – Форвакуумный насос Kashiya NeoDry 30E.

NM1, NM2 – Магниторазрядный охлаждаемый диодный вакуумный насос НМДО – 0,25 (НОРД – 250).

BS – Силикагелевый осушитель.

P1, P2, P3 – Вакуумметры Granville-Phillips 354 Micro-ION.

Для удобства управления стендом система вакуумной откачки была автоматизирована. За основу был взят персональный компьютер, модуль ввода-вывода информации National Instruments PCIe-6320 и программное обеспечение, разработанное в среде LabView. Схема автоматизации вакуумной системы имеет два режима управления: ручной режим (управление элементами вакуумной системы происходит с пульта управления, расположенном на корпусе коммутационного узла) и автоматический режим (управление вакуумной системой происходит по алгоритму, прописанному в программе управления). Схематически структура системы автоматизации представлена на рисунке 3:

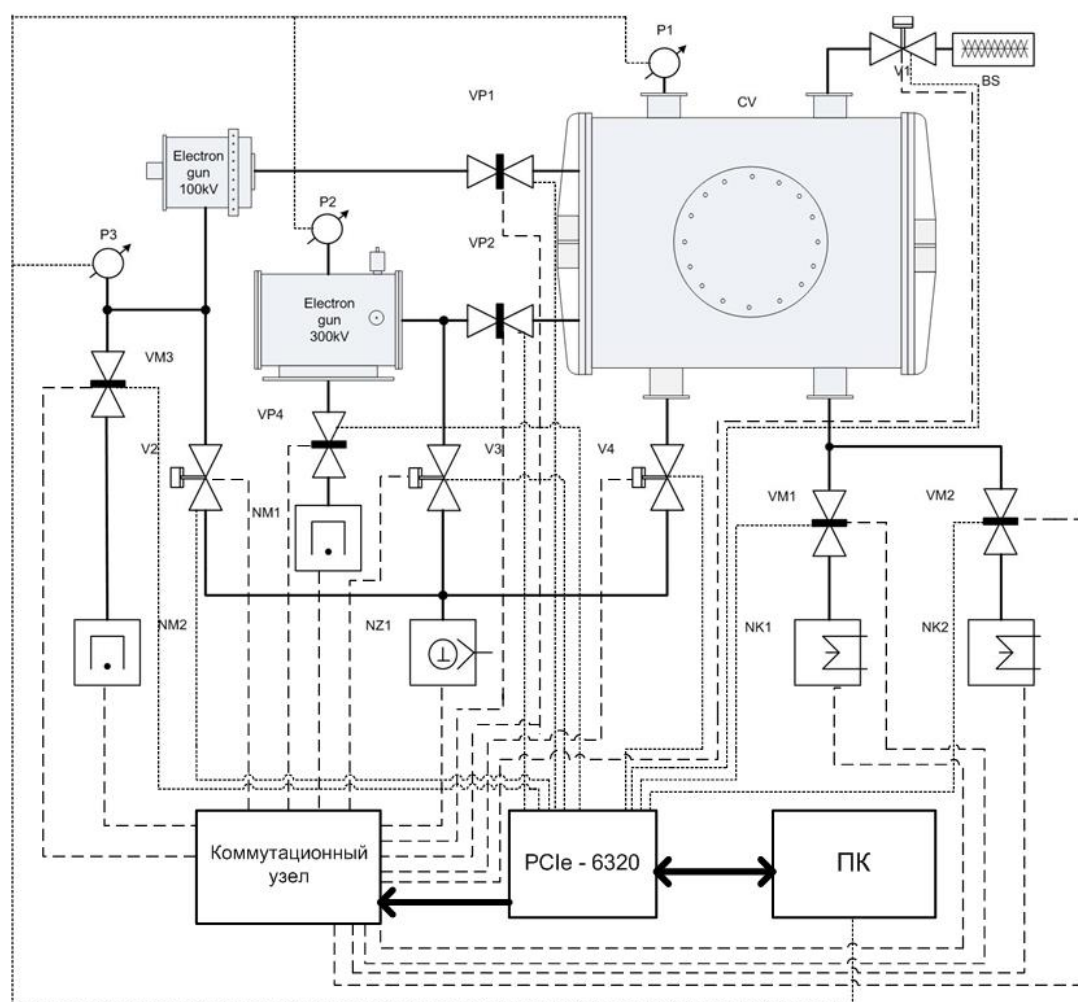


Рисунок 3 - Схема автоматизации вакуумной системы стенда «Прогноз-2».

Штриховыми линиями обозначены цепи управления элементами вакуумной системы. Линии обозначенные точками, цепи обратной связи элементов вакуумной системы. Цепи управления вакуумными клапанами, шиберными затворами и насосами имеют гальваническую развязку от цепи управления. Обратная связь элементов вакуумной системы так же гальванически развязана с цепями управления. При работе вакуумной системы как в ручном, так и в автоматическом режиме постоянно происходит опрос вакуумметров соединенных с определенным объемом, и по текущему значению вакуума устанавливаются ограничения на включения определенных компонентов вакуумной системы что позволяет избежать аварийных ситуаций.

Ручной режим управления используется после установки на стенд новых образцов, когда вакуумная камера откачивается с атмосферного давления, и после завершения испытаний, когда оператор открытием клапана V1 через силикагелевый осушитель производит разгерметизацию вакуумной камеры CV стенда.

1 СИМУЛЯЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

1.1 КАМЕРЫ — ИМИТАТОРЫ УСЛОВИЙ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

В вакуумных камерах для разработки и исследования материалов и специального оборудования, имитируются не только условия пониженного давления, но и температуры и освещённости, проще говоря, условия, с которыми испытываемый объект столкнётся в космосе. Эти камеры называют камерами — имитаторами условий космического пространства.

Камеры для испытаний космического корабля с участием человека, по существу, имеют ту же конструкцию и работают так же, как и камеры для испытаний без участия человека. Только в камерах, где испытания проводятся с участием человека, предусмотрена быстрая разгерметизация на тот случай, если возникнет аварийная ситуация.

В случае аварийной ситуации, камеры можно быстро разгерметизировать. В течение нескольких секунд давление в них можно поднять от предельно низкого до 0,4 атм, а в течение минуты — до нормального давления на уровне моря. В специальном помещении имеются дефибриллятор, электростимулятор сердечной деятельности и другая реанимационная аппаратура, а также запас кислорода и другое оборудование для оказания помощи людям, случайно получившим декомпрессионные расстройства во время экспериментов в камерах.

1.2 ВАКУУМНЫЕ КАМЕРЫ

Вакуумные камеры предназначены для создания определенных «чистых» условий исследования, проведения процессов в вакууме или контролируемой

среде либо для изоляции технологических процессов (операций) от окружающей среды.

В зависимости от требований вакуумные камеры подразделяют на низко-, высоко- и сверхвысоковакуумные. Кроме того, к ним могут быть предъявлены требования по «чистоте» вакуума. Для получения чистого и сверхвысокого вакуума камеры прогревают, что накладывает дополнительные требования к их конструктивным элементам. Обычно различают два типа камер: непрогреваемые и прогреваемые. Вакуумные камеры, как правило, изготавливают из металлов, хотя в лабораторной практике для этих целей часто применяют стекло и другие материалы.

К основным конструктивным элементам вакуумных камер следует отнести обечайки, днища, крышки, патрубки, фланцы.

Крышки являются разъемными элементами камеры, закрывающими герметично корпус камеры. Форма крышек зависит от конструкции и назначения камеры и может быть идентична форме днищ. Способ уплотнения крышек с обечайкой зависит от типа установки и периодичности разгерметизации. Крышки непрогреваемых камер, как правило, соединяют с обечайками с помощью стандартизованных уплотнителей. В лабораторной практике и для единичных образцов крышки чаще всего выполняют точеными; при серийном производстве, а также для камер большого диаметра круглые крышки, как правило, изготавливают сварными из стандартных выпуклых днищ и точеных фланцев.

1.3 ПРОГРЕВ И ОХЛАЖДЕНИЕ КАМЕР

Практикой установлено, что оптимальная температура прогрева примерно 573 К. Наиболее широко применяют наружные нагреватели. Простейшую конструкцию имеет коробчатый нагреватель из асбоцементных плит с крючками для крепления спирального нагревателя.

Более удобный и компактный — наружный нагреватель из керамических трубок и нихромовой проволоки.

Наиболее прост в изготовлении нагреватель из термостойкого кабеля типа КНМС. Кабель размещают непосредственно на камере и ее элементах и крепят узкой стальной лентой, привариваемой к основному металлу точечной сваркой. Затем укладывают теплоизоляцию и сверху закрывают алюминиевой или коррозионно-стойкой фольгой.

Нагревательные кабели с минеральной изоляцией в стальной оболочке с жилами из нихрома, коррозионно-стойкой стали и никеля. Пример обозначения: КМНС (НХ) 1Х0,283 — нихромовый нагреватель в оболочке из коррозионно-стойкой стали одножильный, площадь сечения 0,283 мм².

В качестве теплоизоляции в лабораторной практике часто используют теплоизоляционные маты АТМ-3. АТИМС-5 длиной 1100 мм рабочая температура 213... 723 К.

В последнее время для прогрева камер и внутренних элементов используют инфракрасные лампы накаливания (йодные и их модификации — галогенные источники света). В инфракрасных лампах около 80% потребляемой энергии передается излучением, они имеют большую плотность лучистого потока. Лампы серии ИК (СТУ 104.693—65) представляют собой кварцевые трубки диаметром 10 мм и длиной 200 ... 5000 мм. Рабочее напряжение 220 В, срок службы 200 ч.

Для получения особо чистых контролируемых вакуумных условий применяют вакуумные установки с двойным, или отдельным, вакуумом. По существу, это камера в камере, каждая со своей системой откачки. Наружная камера воспринимает всю силовую нагрузку, поэтому ее рассчитывают на прочность, как обычную камеру. Внутреннюю камеру, как правило, выполняют с тонкими стенками. Если внутренняя камера не рассчитана по прочности на атмосферное давление, то для защиты ее от разрушения во

время аварийной разгерметизации внутри наружной камеры на внутреннюю камеру ставят предохранительные мембраны. Для обезгаживания таких систем их прогревают различными способами. Например, для прогрева тороидальной термоядерной установки Токамак используют индукционный метод; внутренняя камера служит одновитковой вторичной обмоткой трансформатора. В линейных протяженных системах иногда внутреннюю камеру прогревают прямым пропусканием тока по ее корпусу. Чаще всего в системах с двойным вакуумом нагреватель крепят на наружной стороне внутренней камеры; если внутренняя камера выполнена в виде тонкостенного цилиндра с полыми стенками, нагреватель располагают внутри полый стенки.

Охлаждение камер необходимо для снятия тепловой нагрузки со стенок или других элементов камер. Чаще всего применяют два варианта охлаждения навивкой трубок или созданием водяных рубашек. Иногда комбинируют эти способы. Выбор способа для каждой конкретной установки зависит от требований, конструкции, тепловой нагрузки и др. В связи с этим нет типовых решений систем охлаждения, но разработаны общие рекомендации по проектированию охлаждения для вакуумных систем. Если позволяют тепловые нагрузки, для охлаждения следует использовать трубки, припаянные или приваренные к корпусу. При больших тепловых нагрузках вместо сплошных водяных рубашек следует приваривать уголки, создающие секционированную рубашку. При необходимости или целесообразности применения водяной рубашки не рекомендуется располагать ее на сварных швах.

Выполнение этих рекомендаций позволяет свести к минимуму возможность появления течей через систему охлаждения. Наличие такой системы чрезвычайно усложняет поиск и устранение мест негерметичности.

2 КОМПОНЕНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА «ПРОГНОЗ – 2».

2.1 ВАКУУММЕТРЫ

Неотъемлемой частью системы подобного типа являются датчики. В нашем случае основными измерительными приборами – датчиками, являются вакуумметры. Вакуумметр абсолютного давления и вакуумметр относительного давления – измеряют соответственно абсолютное давление газа или разность давлений (как правило, разность между давлением в измеряемой системе и атмосферным давлением). Вакуумметры предназначены для показания общего, полного давления, которое равняется сумме парциальных давлений газов.

Вакуумметры разделяются по способам измерения и физическим принципам, на которых они основаны.

Среди механических вакуумметров следует отметить следующие: Гидростатические (жидкостные) манометры. Измеряют разность давлений на поверхность жидкости в U-образной трубке. В настоящее время жидкостные вакуумметры практически не используются. Компрессионный манометр. Компрессионные вакуумметры – разновидность гидростатических манометров, в которых, с целью увеличения измеряемого диапазона, рабочей жидкостью вакуумметра предварительно создается сжатие. Несмотря на то, что приборы неудобны в повседневной работе, они иногда находят своё применение как образцовые (калибровочные) вакуумметры. Деформационные механические вакуумметры – вакуумметры, предназначенные для измерения низкого вакуума, принцип действия которых основан на деформации рабочего сенсора (пружины или мембраны).

Пружинный и мембранный вакуумметр, в которых для измерения используются только механические части, являются одними из самых дешевых средств измерения низкого вакуума, и обычно имеют стрелочную индикацию. Оба вакуумметра являются газонезависимыми (т.е. показания давления не зависят от типа газа). Более точной (и соответственно, дорогой) разновидностью мембранного вакуумметра является емкостной диафрагменный вакуумметр. В емкостном вакуумметре изгибаемая мембрана является одной из обложек конденсатора, емкость которого меняется при изменении расстояния между обложками (изгибаемой мембраной и неподвижной второй обложкой). Учитывая, что ёмкость сильно изменяется при изгибе диафрагмы (изменении расстояния между обложками конденсатора), и легко и точно измеряется, данные вакуумметры являются одними из наиболее точных (точность измерения составляет десятые, или сотые процента от показываемого значения). Емкостные вакуумметры являются газонезависимыми. К недостаткам можно отнести небольшой диапазон измерения (обычно 4 порядка, например, от 1 до 1×10^{-3} торр, или от 1000 до 0,1 торр) и высокую стоимость. Пьезорезистивные вакуумные датчики служат для точного (по сравнению с тепловыми) измерения вакуума в диапазоне от 1 атм до прим. 1 торр (1 мм.рт.ст), в некоторых моделях – 0,1 торр. Так как пьезорезистивный эффект зависит непосредственно от давления, то данный тип вакуумных датчиков является газонезависимым. Ионизационные вакуумметры используются для измерения давления в высоком вакууме наиболее доступным способом измерения сильно разреженного газа стало измерение тока, создаваемое предварительно ионизованными атомами газа. Для ионизации атомов газа могут использоваться сильные электрические или электромагнитные поля, поток ускоренных электронов (энергия и количество электронов определяются силой электрического поля, создаваемого внутри вакуумного датчика – чем меньше поле, тем больше и более высокоэнергетичными

должны быть электроны, образуемые (или подаваемые извне) в рабочую камеру вакуумного датчика), для ионизации могут быть использованы также радиоактивные вещества, внешние источники излучения (например, СВЧ излучение, потоки элементарных частиц).

На рынке в основном представлены два типа ионизационных высоковакуумных датчиков: магниторазрядный вакуумный датчик (часто называемый вакуумный датчик с холодным катодом) и вакуумный датчик Байард-Альперта (обычно называемый вакуумный датчик с нитью накала).

Все ионизационные вакуумметры являются газозависимыми вакуумметрами (т.к. потенциал ионизации у разных газов разный). Магниторазрядный вакуумный датчик для измерений в высоком вакууме основан на принципе ионизации атомов газа в сильном электрическом поле, ионизация происходит ускоренными электронами, которые благодаря наличию магнитного поля движутся по спиральной траектории, что значительно увеличивает время жизни электронов и, как следствие, их ионизационную способность.

Преимуществом высоковакуумных датчиков с холодным катодом является их высокая надежность (в «чистых» вакуумных приложениях высоковакуумные датчики с холодным катодом стабильно работают в течение многих лет). Недостатком, по сравнению с высоковакуумными датчиками с горячим катодом является чуть меньшая точность измерения.

Прародителем магнитного электроразрядного высоковакуумного датчика является вакуумный датчик Пеннинга, впервые предложенный в 1937 году. Высоковакуумный датчик с нитью накала использует принцип термоэлектронной эмиссии для образования потока электронов, которые ионизуют атомы газа, в результате чего образуется электрический ток ионизованных атомов (значение которого пропорционально давлению газа). Данный ток положительных ионов газа регистрируется, и затем пересчитывается в давление.

В нашем случае используется высоковакуумный датчик с нитью накала, так как только такой тип вакуумметров способен обеспечить требуемый диапазон измерений и необходимую точность.

На рынке представлено много продуктов подобного типа, отвечающих запрашиваемым характеристикам. В нашем случае выбраны три идентичных вакуумметра 354 Micro-ION фирмы Granville-Phillips (рис. 1).



Рисунок 4 - Granville-Phillips 354 Micro-ION.

Данный прибор имеет диапазон измерений от $5 \cdot 10^{-2}$ Торр до 10^{-9} Торр, что соответствует техническому заданию. Вакуумметр имеет промышленный интерфейс RS-485, который легко преобразуется в RS-232 (COM-USB) посредством конвертера типа «RS-485 to RS-232».

В системе задействовано три данных вакуумметра, располагаются они следующим образом: на малой электронной пушке, на большой электронной пушке и непосредственно на самой испытательной камере. Питание обеспечивается посредством лабораторных источников питания напряжением 24В.

2.2 ИНТЕРФЕЙСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Важной задачей является сопряжение интерфейсов датчиков и вычислительной техники. В роли датчиков выступают вакуумметры, имеющие промышленный интерфейс взаимодействия RS – 485, у вычислительной аппаратуры (персональный компьютер) имеются только USB-порты.

Интерфейс RS-485 предназначен для обмена данными между несколькими устройствами по одной линии связи, состоящей из двух проводов, в полудуплексном режиме. Данный интерфейс широко используется в промышленности. Интерфейс RS-485 обеспечивает передачу данных со скоростью до 10 Мбит/с. Максимальная дальность связи зависит от скорости: при скорости около 10 Мбит/с максимальная длина линии составляет 120 м, при скорости 100 кбит/с гораздо больше — 1200 м. Количество устройств, подключаемых к одной линии интерфейса, зависит от типа примененных в устройстве приёмников и передатчиков. Один передатчик рассчитан на управление 32 стандартными приемниками, не более. Выпускаются приемники со входным сопротивлением 0.5, 0.25, 0.125 от стандартного значения. При использовании подобных приемников общее число устройств может быть увеличено до 64, 128 или 256 соответственно. Наиболее часто для передачи байтов данных используются те же фреймы, что и в интерфейсе RS-232: биты данных, стартовый бит, бит паритета и стоповый бит. Протоколы обмена в большинстве систем работают по принципу "ведущий-ведомый". Одно устройство на магистрали является ведущим и инициирует обмен посылкой запросов подчиненным устройствам, которые различаются логическими адресами. Одним из популярных протоколов является протокол Modbus RTU. Тип соединителей и распайка также не оговариваются стандартом. Интерфейс RS-485 использует

балансную (дифференциальную) схему передачи сигнала. Это означает, что уровни напряжений на сигнальных цепях А и В меняются в противофазе, как показано на приведенном ниже рисунке:

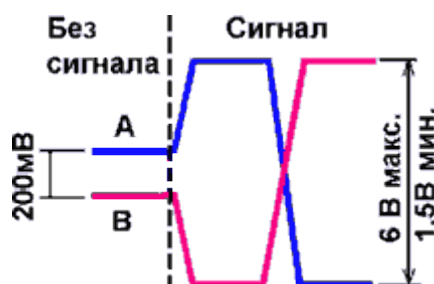


Рисунок 5 - Схема передачи сигнала RS – 485.

Передачик должен обеспечивает уровень сигнала 1,5 Вольт при максимальной нагрузке и не более 6 Вольт при холостом ходу. Уровни напряжений измеряют дифференциально, один сигнальный провод относительно другого. На стороне приемника RS-485 минимальный уровень принимаемого сигнала должен быть более 200 мВ.

Современные персональные компьютеры поддерживают сегодня несколько интерфейсов. Разъёмы USB предназначены для подключения к компьютерам внешних периферийных устройств ввода-вывода. Теоретически, к одному контроллеру USB можно подключить до 127 устройств. Максимальная скорость передачи составляет не более 12 Мбит/с для стандарта USB 1.1 и 480 Мбит/с для USB 2.0. Разъёмы стандартов USB 1.1 и 2.0 одинаковы. Различия кроются в скорости передачи и наборе функций контроллера USB компьютера, да и самих USB-устройств. USB обеспечивает устройства питанием напряжением около 5 Вольт, поэтому они могут работать от интерфейса без дополнительного питания.

PCI Express является последовательным интерфейсом. PCI Express (PCIe) является самым современным интерфейсом для графических карт. В то же время, он подходит и для установки других карт расширения, хотя на рынке пока их очень мало.

Ещё одна разработка в мире параллельной шины PCI известна как PCI-X. Данные слоты чаще всего встречаются на материнских платах для серверов и рабочих станций, поскольку PCI-X обеспечивает более высокую пропускную способность для RAID-контроллеров или сетевых карт. К примеру, шина PCI-X 1.0 предлагает пропускную способность до 1 Гбит/с с частотой шины 133 МГц и разрядностью 64 бита.

Таким образом, видно, что наиболее простым и удобным портом является USB, который представляет COM-порт и является интерфейсом RS – 232, так как это наиболее простой интерфейс, передача данных в котором осуществляется по двум проводам и не требуется преобразований. Скорость передачи данных 9600 бод, чего более чем достаточно.

Интерфейс RS-232 обеспечивает соединение двух устройств. Изначально стандарт описывал применение 25-контактного соединителя, типа DB25. Позднее, с появлением популярных на то время ПК IBM PC, стали использовать усеченный вариант интерфейса и 9-контактные соединители DB9, наиболее используемые в настоящее время. Для соединения многих устройств достаточно минимального набора цепей интерфейса RS-232: TD, RD, Gnd. Вот, например, схема кабеля для соединения ПЭВМ и контроллера ВАРИКОНТ, на соединителях DB9:

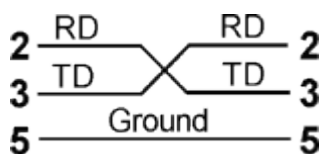


Рисунок 6 - схема кабеля для соединения ПЭВМ и контроллера
ВАРИКОНТ

Стандарт определяет максимальную длину кабеля в 50 футов (примерно 15 метров) при скорости 9600 бит/с. На практике устойчивая работа может быть достигнута и при большей длине кабеля. Утверждают, что можно удвоить указанную цифру при использовании неэкранированного

кабеля и утягивать ее для экранированного кабеля, а при понижении скорости вдвое предельная длина может быть увеличена примерно вдвое. В основном используется асинхронный режим работы, при котором данные передаются фреймами. Каждый фрейм состоит из стартового бита, битов данных, бита контроля четности (может отсутствовать), стопового бита. Биты байта данных передаются "хвостом вперед", начиная с младшего бита. На самом деле перспектив у RS-232 нет. В настоящее время появляется всё больше компьютеров, не оснащенных этим интерфейсом. Однако в эксплуатации находится большое число устройств с интерфейсом RS-232. Для стыковки ПЭВМ с такими устройствами используют переходники USB - RS-232. В нашем случае сопрягающее устройство уже имеет встроенный конвертер RS-232 – USB.

Для сопряжения интерфейсов было выбрано устройство, удовлетворяющее по ценовым и техническим параметрам, с помощью которого была организована передача данных с измерительного устройства (вакуумметра) на устройство сбора, хранения и обработки данных (персональный компьютер). Устройство сопряжения «Астра - 984» предназначено для подключения приборов, имеющих интерфейс RS-485, к персональному компьютеру (далее ПК) с целью длительного, постоянного обмена информацией между устройством и персональным компьютером. Рабочая частота данного устройства сопряжения 9600 бод. Ниже изображён внешний вид устройства и разъёма подключения:



Рисунок 7 - Устройство сопряжения «Астра - 984»

2.3 ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

Существует множество средств для взаимодействия вычислительной техники (в нашем случае персонального компьютера) с внешним миром по средствам приводов, датчиков и прочих устройств, преобразующих один вид энергии в другой, например, электрическую в механическую. Для управления подобными устройствами требуется электрическая энергия – ток, напряжение требуемых уровней, но устройства обработки информации (ПК) могут принимать и отправлять только цифровые сигналы, их нужно преобразовывать в аналоговый сигнал. Такие устройства называются цифро-аналоговые преобразователи (сокращённо ЦАП). Данные устройства могут трансформировать маломощные импульсы, называемые сигнальными 01, которыми оперирует вычислительная техника в достаточные для работы силовых устройств напряжения. Для получения информации о текущем состоянии системы и окружающих параметрах используются устройства, противоположные ЦАП – аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Существует масса устройств, для преобразования. Существует несколько основных типов преобразователей.

ЦАП передискретизации, такие как дельта-сигма ЦАП, основаны на изменяемой плотности импульсов. Передискретизация позволяет использовать ЦАП с меньшей разрядностью для достижения большей разрядности итогового преобразования, часто дельта-сигма ЦАП строится на основе простейшего однобитного ЦАП, который является практически линейным.

Взвешивающий ЦАП, в котором каждому биту преобразуемого двоичного кода соответствует резистор или источник тока, подключенный на общую точку суммирования. Сила тока источника (проводимость резистора) пропорциональна весу бита, которому он соответствует. Таким образом, все

ненулевые биты кода суммируются с весом. Взвешивающий метод один из самых быстрых, но ему свойственна низкая точность из-за необходимости наличия набора множества различных прецизионных источников или резисторов.

Все они характеризуются количеством каналов для параллельной работы, максимальным входным-выходным током и напряжением и конечно же ценой. Примером таких устройств являются как однокомпонентные ЦАП, например 8-ми канальный Cirrus Logic CS4382, используемые преимущественно в звуковой аппаратуре, так и целые системы на базе таких микрочипов. В нашем случае для управления клапанами, насосами и другими компонентами системы использовано готовое решение от National Instruments – измерительная платформа PCIe – 6320. Данная платформа имеет 16 аналоговых входов с 16-ти битным разрешением и диапазоном измерений от минус 10 до 10 Вольт. На платформе имеется 24 цифровых линий ввода-вывода. Четыре 32-разрядных счетчика/таймера для ШИМ, кодера, генератора частоты. Обеспечивает поддержку для платформ Windows7 / Vista / XP / 2000, что не маловажно, так как вычислительное устройство базируется на одной из этих операционных систем.

Важной чертой данного оборудования является то, что программирование осуществляется в основной для проекта среде LabView, что несомненно обеспечивает работу без рассогласований всех модулей системы.

3 ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 ВЫБОР СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ

Существует несколько вариантов создания программного обеспечения для управления устройствами или системами. Языки программирования делятся на уровни, выбирается язык и среда в зависимости от сложности требуемого программного обеспечения и некоторых других параметров, таких как: требование к минимальной мощности машины (в нашем случае персонального компьютера), быстродействия, объема требуемой оперативной и постоянной памяти программным обеспечением.

Если язык программирования ориентирован на конкретный тип процессора и учитывает его возможности, то он называется языком программирования низкого уровня.

Низкий уровень языка программирования не означает плохой уровень. Имеется ввиду, что операторы языка близки к машинному коду и ориентированы на конкретные команды процессора.

Языком самого низкого уровня является язык ассемблера, который представляет каждую команду машинного кода с помощью удобных для восприятия человеком символических условных обозначений, называемых мнемокодами.

Язык ассемблера дает возможность составлять программы в терминах команд машинного языка, но с использованием более удобной системы обозначений.

Использование языка ассемблера, как правило, ограничивается областью системного программирования, т.е. разработкой операционных систем или их компонентов, разработкой драйверов и т.д.

Так как наборы команд для каждой модели процессора отличаются между собой, то конкретной компьютерной архитектуре соответствует свой язык ассемблера.

Для перевода программы с языка ассемблера в понимаемый процессором машинный код требуется специальная программа, которая также называется ассемблером.

В общем случае программу, которая переводит программу, написанную на языке высокого уровня в машинный код, называют компилятором.

С помощью языков низкого уровня создаются очень эффективные и быстро выполняемые программы, так как разработчик получает доступ ко всем возможностям процессора. С другой стороны, при этом требуется очень хорошо понимать устройство компьютера, требуется больше времени для программирования и результирующая программа не может быть перенесена на компьютер с другим типом процессора.

Языки низкого уровня часто применяют для написания системных приложений, например драйверов устройств, когда важнейшими требованиями становятся быстродействие и возможность прямого доступа к аппаратным ресурсам.

Языки программирования высокого уровня значительно ближе и понятнее человеку. Особенности конкретных компьютерных архитектур в них не учитываются, поэтому создаваемые программы на уровне исходных текстов легко переносятся на другие платформы, для которых создан транслятор этого языка. Разрабатывать программы на языках высокого уровня значительно проще, а ошибок при этом допускается гораздо меньше.

Для перевода отдельных инструкций программы, написанной на языке высокого уровня, в двоичный код, с которым может работать процессор, служат специальные программы, которые называются трансляторами.

Иногда рассматривают три уровня языков программирования:

- машинные (самого низкого уровня);

- машинно-ориентированные (ассемблеры);
- машинно-независимые (высокого уровня).

Машинные и машинно-ориентированные языки требуют подробного описания самых мелких деталей процесса обработки данных. При программировании на машинном языке можно держать под контролем каждую команду процессора и использование каждой ячейки памяти, тем самым максимально использовать все возможности компьютера. Но процесс этот очень трудоемкий и утомительный, а программы получаются громоздкими.

Поэтому, если нужно разработать эффективную программу, в максимальной степени учитывающую специфику конкретного компьютера, то вместо машинных языков используют близкие к ним машинно-ориентированные языки (ассемблеры). Во всех остальных случаях используют, как правило, языки высокого уровня.

Языки высокого уровня были созданы для того, чтобы освободить программиста от учета технических особенностей конкретных компьютеров.

Уровень языка характеризуется степенью его близости к обычной человеческой речи. Машинный язык радикально от нее отличается.

Важным преимуществом языков высокого уровня является их универсальность, независимость от аппаратуры. Программа, написанная на таком языке, может выполняться на разных компьютерах.

Транслятор - это программа, предназначенная для автоматического перевода описания алгоритма решения задачи с одного формального языка на другой. Причем исходным языком является язык высокого уровня, а конечным – машинный язык (машинный код).

Если трансляция сопровождается выполнением каждой команды после ее перевода в машинный код, то такой транслятор называют интерпретатором.

Если же трансляция сопровождается только переводом программы с одного языка на другой (т.е. с языка высокого уровня на машинный язык) без выполнения каждой команды после ее перевода в машинный код, то такой транслятор называют компилятором.

В настоящее время в мире существует несколько тысяч языков программирования. Для программирования выбирают тот язык, который наилучшим образом подходит для решения той или иной задачи.

Языки программирования, приспособленные для каких-то специфических задач, называют специальными. Например, для решения инженерных задач раньше часто использовали ФОРТРАН (FORTRAN), программы для выполнения в сети Интернет пишут, например, на языках PHP, Perl, JavaScript и др.

Специальные языки имеют такие операторы, которые позволяют решать специальные задачи наиболее просто. Обычно эти языки изучают после устройства на работу. Изучать их заранее не имеет смысла.

Кроме специальных существуют универсальные языки программирования. Это языки, с помощью которых можно решать очень широкий круг задач.

Исходя из возможных уровней языков программирования, был выбран язык высокого уровня.

LabView является графическим языком программирования, нацеленным на аудиторию, для которой создание программного обеспечения является не основной задачей, а лишь необходимостью. Таким образом, мы имеем среду разработки, которая нацелена на создание удобного графического

интерфейса и алгоритма управления аппаратной частью системы по средствам расположения и соединения пиктограмм.

3.2 СРЕДА РАЗРАБОТКИ «LAB-VIEW»

Мощный графический язык программирования LabVIEW позволяет в сотни раз увеличить производительность труда. Создание законченного приложения с помощью обычных языков программирования может отнять очень много времени -недели или месяцы, тогда как с LabVIEW требуется лишь несколько часов, поскольку пакет специально разработан для программирования различных измерений, анализа данных и оформления результатов. Так как LabVIEW имеет гибкий графический интерфейс и прост для программирования, он также отлично подходит для моделирования процессов, презентации идей, создания приложений общего характера и просто для обучения современному программированию. На рисунке представлена программа управления клапанами, насосами и система обратной связи

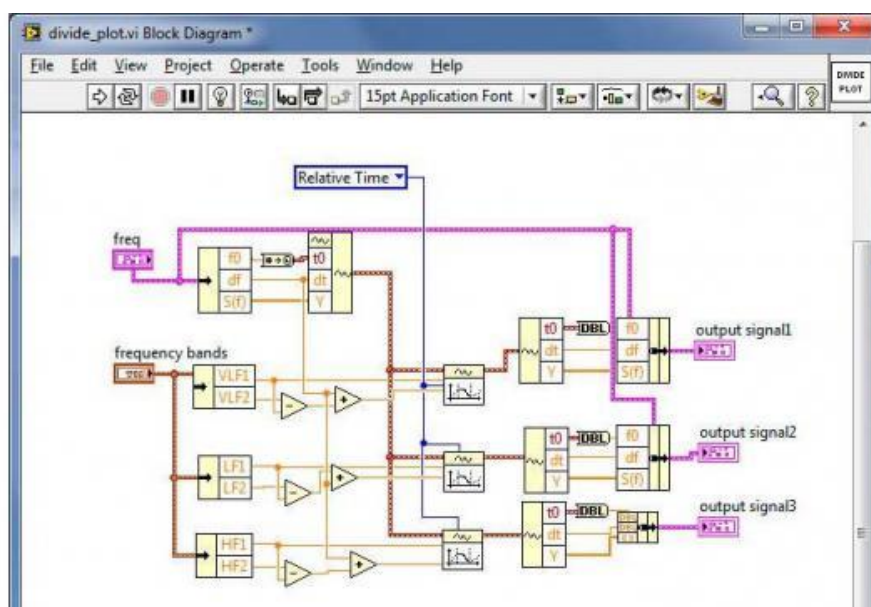


Рисунок 8 - Пример программы в среде LabVIEW

Благодаря своей графической природе LabVIEW - это пакет эффективного отображения и представления данных. Выходные данные могут быть показаны в любой форме, какую вы пожелаете. Диаграммы, графики стандартного вида, а также оригинальная пользовательская графика (user-defined graphics) составляют лишь малую часть возможных способов отображения выходных данных.

3.3 ДРУГИЕ ИНТРУМЕНТЫ РАЗРАБОТКИ

Большая часть программного обеспечения для стенда симуляции космического пространства «Прогноз – 2» была создана в среде LabView, но небольшую часть комплекса программ пришлось спроектировать на языке более низкого уровня, таком как «Си» в среде разработки «Qt».

Язык Си был создан в начале 70-х годов двадцатого столетия и в настоящее время является основой для создания значительной части системных программ и приложений. Он эффективен как для решения задач системного программирования, так и для создания прикладных программ. Среди преимуществ языка Си можно отметить переносимость программ, написанных на языке Си, на компьютеры различной архитектуры и из одной операционной системы в другую, лаконичность записи алгоритмов, логическую стройность, возможность получить эффективный код программ, сравнимых по скорости с программами, написанными на ассемблере.

4 РАЗРАБОТКА СТОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

4.1 АЛГОРИТМ РАБОТЫ

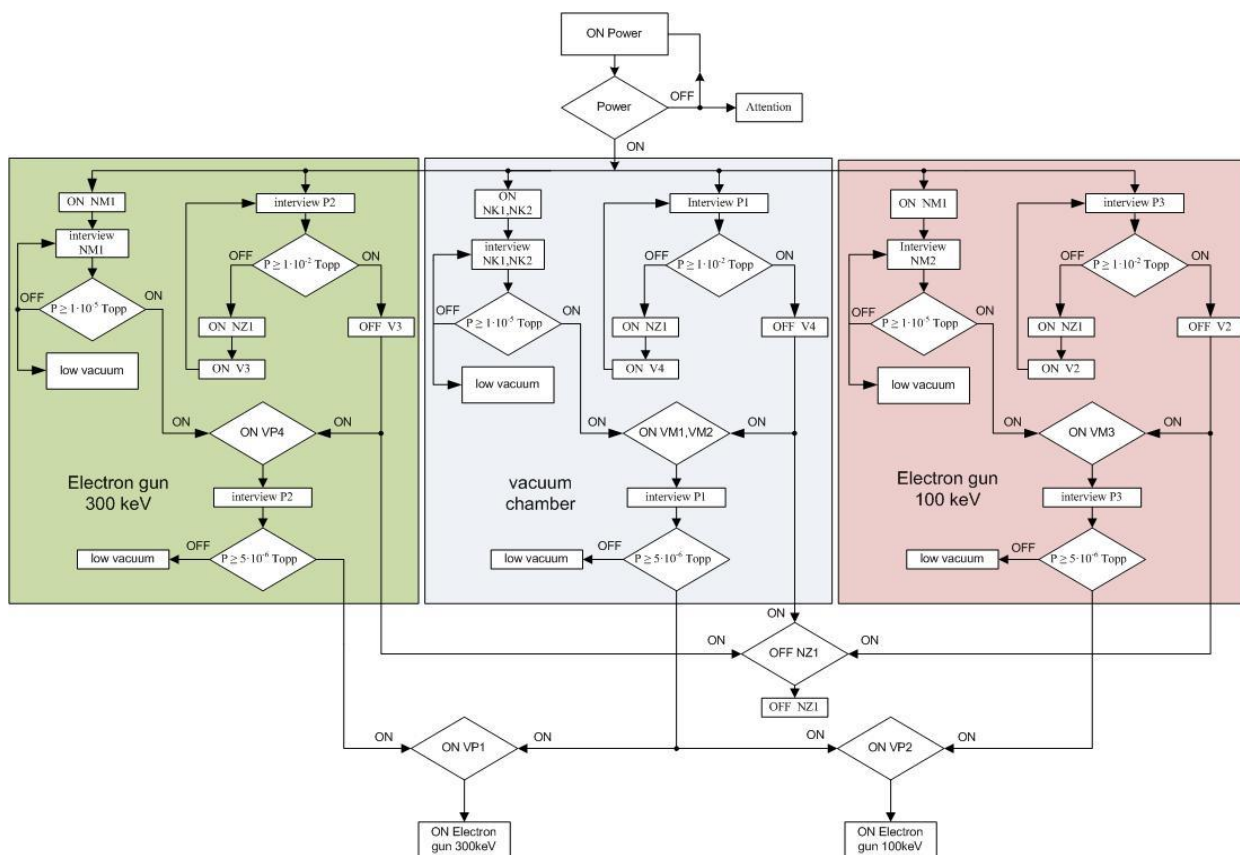


Рисунок 9 - Алгоритм программы автоматизации стенда «Прогноз – 2»

Основной концепцией программы является проверка условий готовности эксперимента, что обуславливает появление дополнительных цепей обратных связей. На каждом этапе работы программы проверяется выполнение всех условий готовности, лишь потом начинают работу насосы, нагревательные тэны, электронные пушки.

Программа начинается с проверки наличия питания, затем включаются насосы до тех пор, пока на вакуумметрах не будет достигнуто пороговое значение в 0,1 Торр – таким образом создаётся предвакуум, необходимый для начала работы вакуумных криогенных насосов. Когда необходимое давление в системе достигнуто, перекрываются клапаны форвакуумных насосов. Следующий этап – создание вакуума, необходимого для проведения

эксперимента. Цикл повторяется, но уже начинают работать криогенные насосы и пороговое значение становится 0,00001 Торр. Когда достигнуты показатели высокого вакуума, отключаются насосы, перекрываются клапаны, расположенные максимально близко к камере, чтобы минимизировать утечки. Финальным этапом эксперимента является активация электронных пушек на заданное время.

Стойка системы управления или другими словами силовой интерфейс неотъемлемая часть практически любой системы, работающей в автоматическом режиме. Так как все вычисления проводятся на устройстве, в котором рабочие напряжения не превышают 4,5 Вольт, а приводы, клапаны, насосы работают от более высоких напряжений, то появляется необходимость в блоке, способном преобразовать низковольтные операции в высоковольтные.

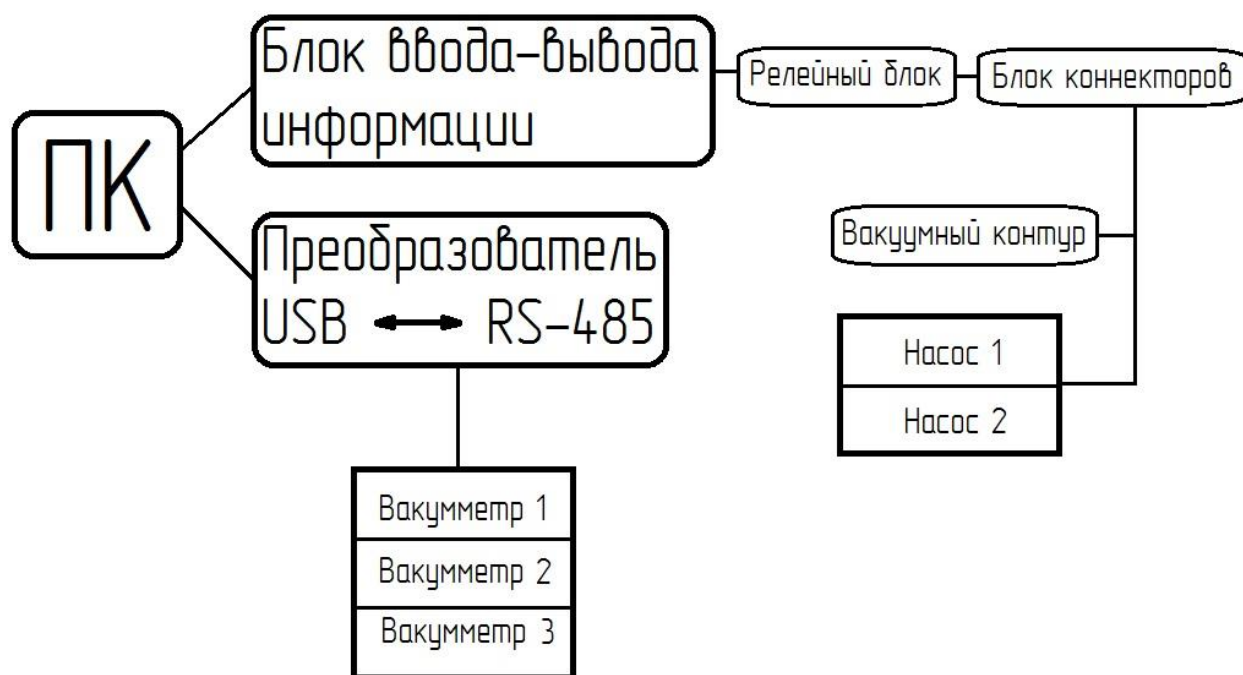


Рисунок 10 - Схема аппаратной части – щита управления

Стойка представляет собой металлический щит с закреплёнными на нём направляющими проводников, релейного блока и блока ввода-вывода информации.

4.2 ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

Программная часть средств автоматизации представляет собой на данный момент две программы, разработанные в разных средах. Основной программой управления является программа, разработанная в среде LabView. Данная программа имеет рабочее название «VACUUM». Интерфейс и структура программы показана на рисунке 12 и рисунке 11. Данная программа на сегодня представляет собой средство управления вакуумным контуром и насосами, от несанкционированного запуска отдельных элементов и для индикации представлена система обратной связи.

На языке «Си» в среде «Qt» была создана маленькая программа, позволяющая одновременно выводить на экран значения со всех трёх вакуумметров, также инициализировать порты, к которым подключены датчики и производить настройку передачи данных. Данная программа была создана для дублирования показаний вакуумметров и обеспечения наблюдения за давлением в системе без запуска основной программы.

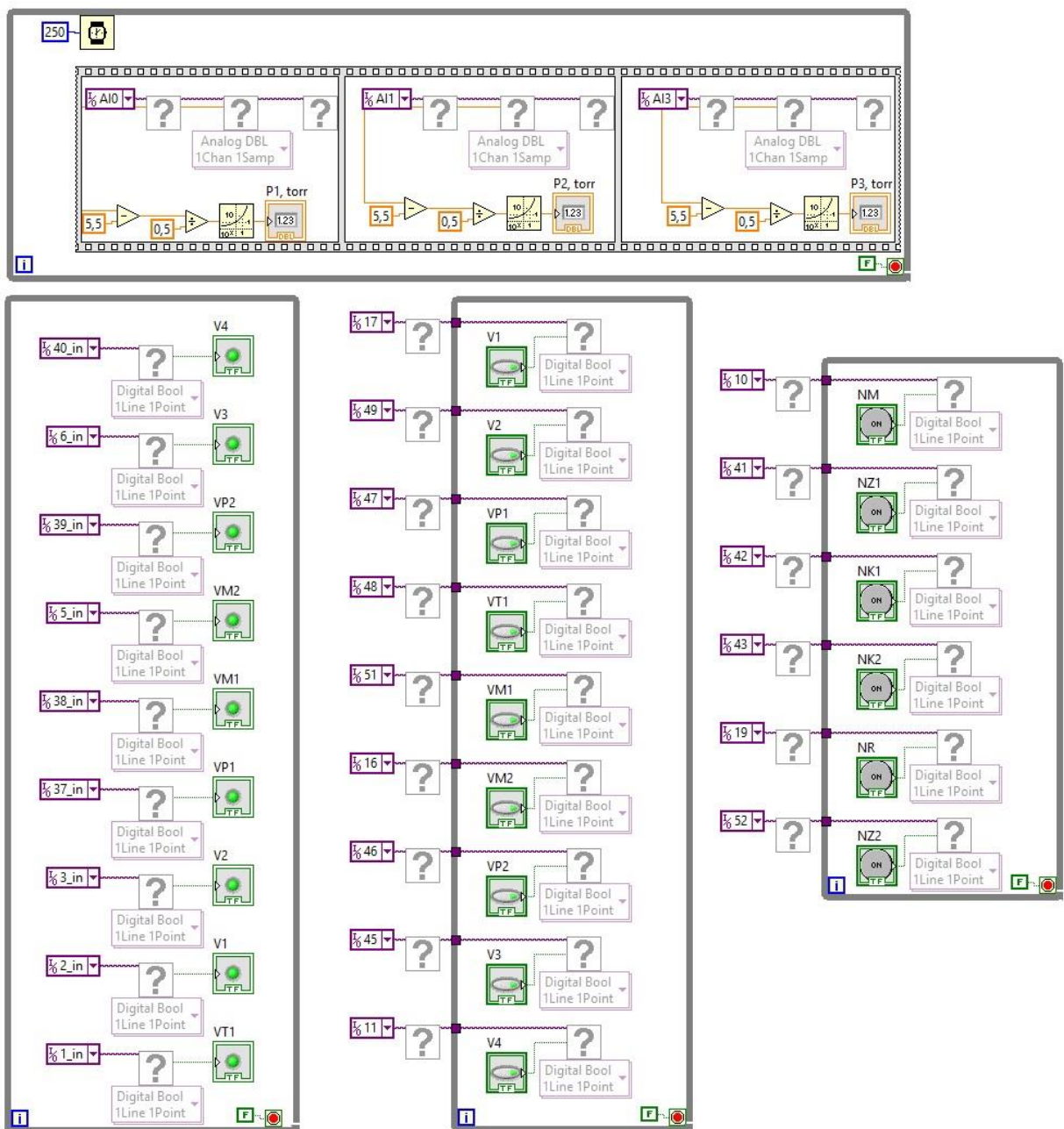


Рисунок 11 - Структура программы

В структуре программы присутствуют несколько основных блоков-циклов. На верхнем осуществляется опрос всех трёх вакуумметров по очереди, создавая эффект многопоточности. На цикле справа изображён блок управления насосами, на центральном – управление вакуумным контуром, на блоке слева – контур обратной связи.

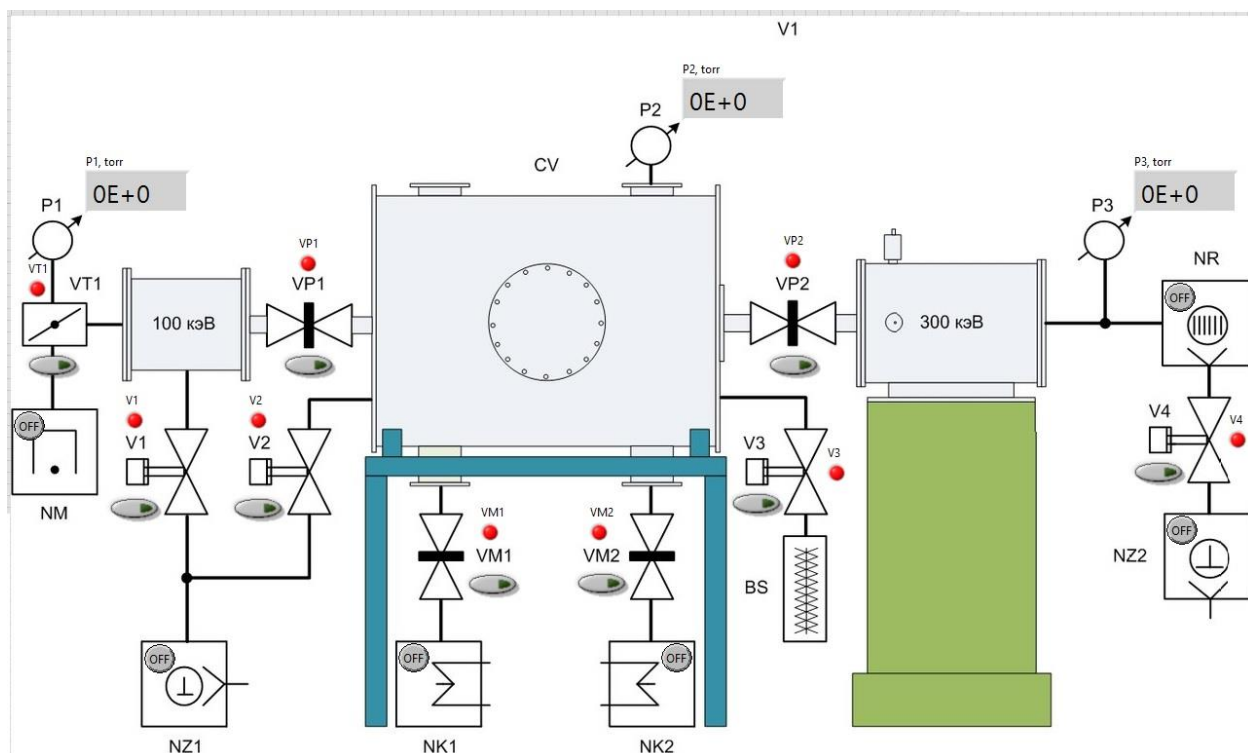


Рисунок 12 - Интерфейс программы «VACUUM»

На фоне главного окна программы изображена схема испытательного стенда, чтобы оператору было проще ориентироваться при управлении стендом. Индикаторы рядом с каждым переключателем – это индикаторы обратной связи, которые активируются на клапанах и насосах при успешном совершении действия. Возле каждого вакуумметра (P1, P2, P3) расположено виртуальное «табло», на котором отображается действующее значение, так как это избавляет от нужды подходить к каждому вакуумметру и узнавать значение.

4.3 АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

Твердотельные реле применяют в промышленном оборудовании, там где нужна большая надежность и малые габариты. В твердотельном реле есть управляющее напряжение (постоянное или переменное, разного уровня, зависит от типа реле), и есть «контакты», которые замыкаются. Почему «контакты» в кавычках – потому что их реально нет, их роль выполняют

полупроводниковые (твердотельные, отсюда и название) приборы. Как правило, тиристоры или симисторы (для коммутации переменного тока) и транзисторы (для постоянного тока). Так же, как и в обычных реле, в твердотельных существует гальваническая развязка между напряжением катушки и напряжением на силовых контактах. Только в «электромеханических» реле это достигается за счет разнесения в пространстве, а в твердотельных – за счет оптической развязки.

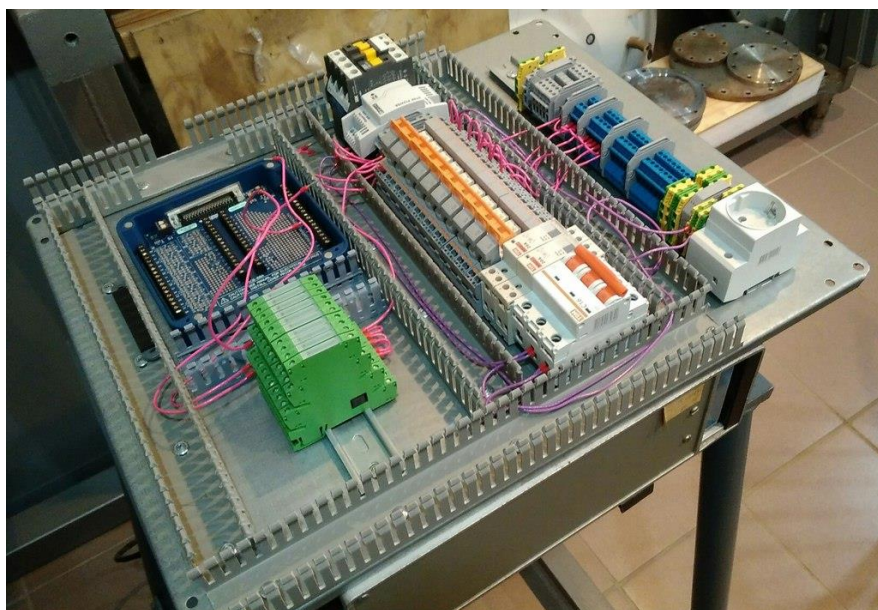


Рисунок 13 - Общий вид щита управления

Релейный блок состоит из 10 твердотельных реле, закреплённых на стойке, что обеспечивает удобство коммутации и повышает прочность конструкции.

Блок ввода-вывода информации - это устройство, которое в нашем случае считывает значение с устройств обратной связи и управляет релейным блоком. В данном блоке доступны только логические значения, которые воспринимаются как «правда» и «ложь». Если на входе-выходе разъёма есть напряжение, то это воспринимается как «правда», если отсутствует, то «ложь».

Роль блока ввода-вывода информации выполняет коммутационный блок прибора от компании National Instruments модели PCIe-6320. На рисунке ниже представлен внешний вид этого блока.

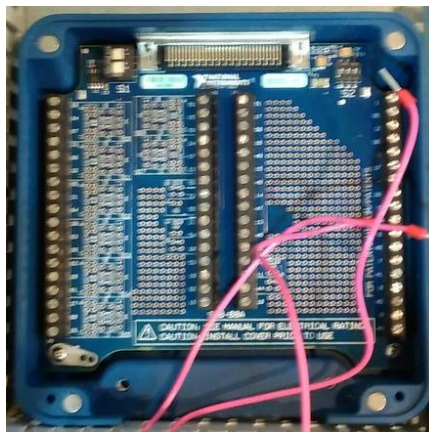


Рисунок 14 - Блок ввода – вывода информации

5 КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ СТЕНДОМ «ПРОГНОЗ – 2»

5.1 СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

Данный блок системы представляет собой промежуточный узел, соединяющий программную и аппаратную часть испытательного стенда. Назначение данного устройства – управление силовой частью установки посредством низковольтных сигналов, а также, обработка данных, поступающих с датчиков. Силовая часть подразумевает клапаны, насосы и оборудование терморегуляции системы. К датчикам относятся вакуумметры и концевые переключатели цепи обратной связи, которые обеспечивают безопасность и подтверждение выполненных действий.

5.2 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

В данном устройстве подразумевается наличие нескольких основных частей, деталей. Базовой деталью служит металлический лист, толщиной 2мм с загнутыми краями для обеспечения жесткости, и отверстиями для монтажа как самого щита, так и его компонентов.

На базовой детали (металлическом листе) расположены дин рейки, которые определяют расположение компонентов в щите.

Для безопасного и удобного монтажа проводников на лист смонтированы пластиковые направляющие стандартного размера.

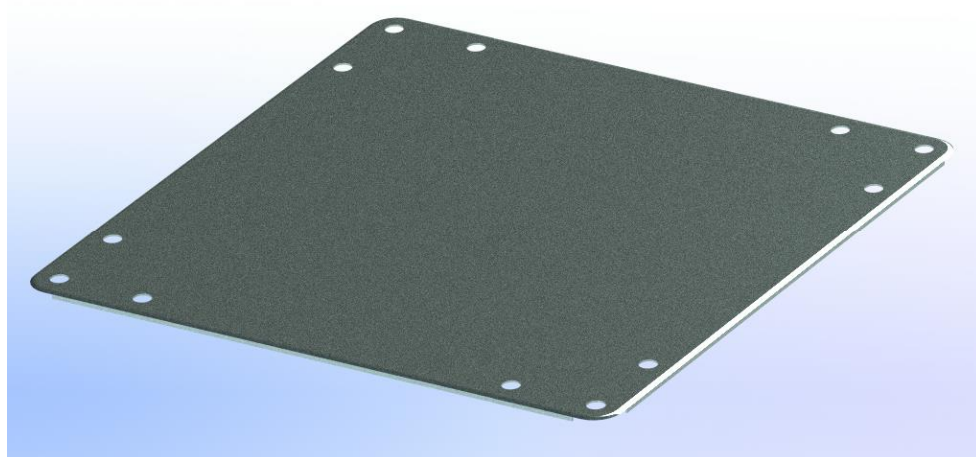


Рисунок 15 - Общий вид базовой детали (Лист)

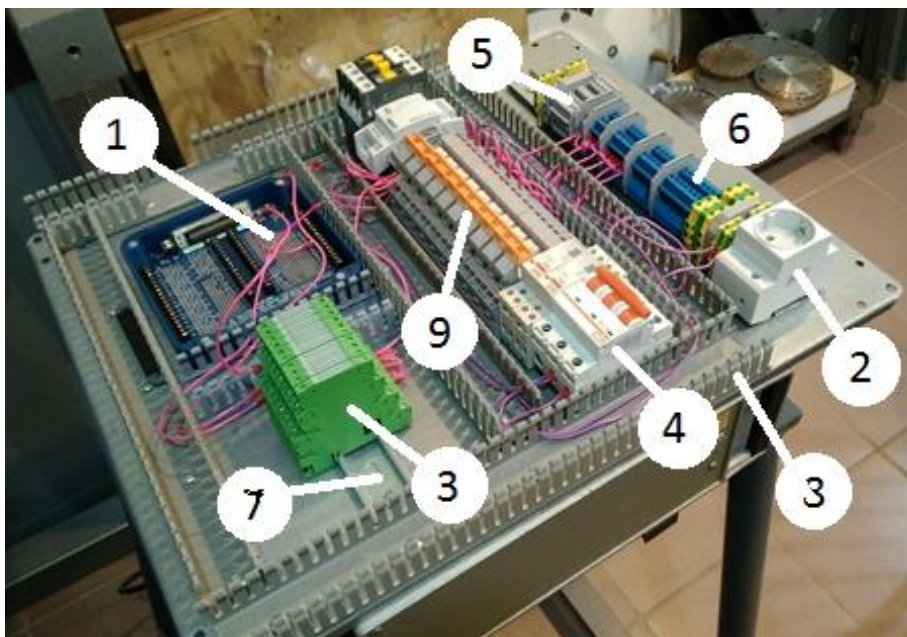


Рисунок 16 - Общий вид щита управления

Таблица 1 – перечень элементов.

Позиция	Наименование элемента	Количество, шт.
1	Блок ввода-вывода	1
2	Гнездо питания 220В	1
3	Твердотельное реле	15
4	Блок предохранителей	3
5	Коннектор	24
6	Блок коннекторов	1
7	Дин рейка	3
8	Направляющая проводников	5
9	Блок реле	1

5.3 СБОРОЧНЫЙ СОСТАВ

В сборочный состав входят: лист металлический, дин рейки, направляющие проводников, электрические элементы управления.

5.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС МОНТАЖА ЩИТА

- Монтаж дин реек
- Монтаж направляющих для проводников
- Монтаж электронных компонентов
- Монтаж проводников согласно схеме
- Контроль

5.5 ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ

Оценке подлежит изделие из базовой детали (листа), дин реек, направляющих.

Коэффициент точности обработки:

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{D_{m.ч}}{D} \quad (1)$$

где $D_{m.ч}$ – число точных деталей по 7 качеству и точнее,

D – общее число деталей

$$K_{т.о} = 1 - \frac{0}{9} = 1 \quad (2)$$

Чем больше значение этого коэффициента, тем технологичней конструкция.

Коэффициент прогрессивности формообразования:

$$K_{\phi} = \frac{D_{np}}{D} \quad (3)$$

где D_{np} – число деталей, полученных прогрессивными формообразованиями (литье, штамповка, прессование пластмасс в прессформы)

$$K_{\Phi} = \frac{9}{9} = 1 \quad (4)$$

Коэффициент сложности обработки:

$$K_{c.o} = 1 - \frac{D_m}{D} \quad (5)$$

где D_m – число деталей, требующих обработки со снятием стружки

$$K_{c.o.} = 1 - \frac{0}{9} = 1 \quad (6)$$

Коэффициент повторяемости деталей и узлов:

$$K_{пов.д} = 1 - \frac{D_m + E_m}{D + E} \quad (7)$$

где D_m – число типоразмеров деталей;

E_m – число типоразмеров узлов;

E – число узлов.

$$K_{пов.д} = 1 - \frac{D_m - E_m}{D + E} = 1 - \frac{3-2}{9+3} = 0,917 \quad (8)$$

Коэффициент сборности изделия:

$$K_{сб} = \frac{E}{E + D} = \frac{3}{3+9} = 0,25 \quad (9)$$

Коэффициент сложности сборки:

$$K_{сб} = 1 - \frac{E_{т.ст}}{E} = 1 - \frac{2}{3} = 0,33 \quad (10)$$

где $E_{т.ст}$ – число типоразмеров узлов в изделии, требующих регулировки или совместной обработки с последующей разборкой и сборкой.

Технологичность изделия оцениваем комплексным показателем, определяемым на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} \quad (11)$$

$$\frac{1 \times 0,75 + 1 \times 0,5 + 0,917 \times 0,25 + 0,5 \times 0,33}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,917 + 0,33} = \frac{3,356}{4,568} = 0,734$$

Уровень технологичности разрабатываемого изделия при известном нормативном комплексном показателе согласно ГОСТ 14.202-73, оцениваем отношением достигнутого комплексного показателя к нормативному K_n [4]

Это отношение должно удовлетворять условию $\frac{K}{K_n} \leq 1$.

Для щита управления $K_n = 0,8$.

В результате получаем: $\frac{0,734}{0,8} = 0,917$ что удовлетворяет условию.

Таким образом, видно, что блок очень технологичен для штучного производства, так как все блоки стандартные и ни единой детали не было изготовлено собственными средствами.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В работе осуществляется воспроизведение условий космического пространства, а также оценивается влияние различных факторов на систему. Расчеты проводятся в системе инженерного анализа, результаты выводятся на монитор ПК. Таким образом, выполняемые работы сводятся к взаимодействию с ПК. Работа производится сидя и сопровождается незначительным физическим напряжением, поэтому можно говорить о категории работ Ia. В рассматриваемой ситуации рабочее место представляет собой компьютерный стол, оборудованный ПК, что определяет наличие следующих физических факторов, влияющих на здоровье человека: длительное неизменное положение тела, напряжение глаз, воздействие электромагнитных и электростатических полей (ЭМП и ЭСП), повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне, повышенный уровень вибрации, повышенный уровень шума на рабочем месте.

В связи с возникающими при работе за компьютером опасностями, в данной работе разрабатывается комплекс мероприятий, которые позволят ликвидировать или свести к минимуму негативные влияния факторов.

6.1 ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Вредные проявления факторов рассматриваемой рабочей зоны выражаются, прежде всего, в электромагнитном и электростатическом излучениях (ЭМИ и ЭСИ). Это объясняется тем, что ПК часто оснащают сетевыми фильтрами, источниками бесперебойного питания и другим вспомогательным электрооборудованием, что формирует сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя. Кроме того, источниками ЭМИ могут являться линии электропередач, трансформаторные подстанции, распределительные щиты, электропроводка, бытовые приборы. Техногенные ЭМП приводят к десинхронизации функциональных процессов в организме. ЭМП может привести к повышению температуры тела, появлению головной боли, вызвать ожоги, катаракты, нарушения развития

утробного плода. Радиочастотное ЭМП влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы согласно [9].

Источником ЭСП является дисплей ПК, трение поверхности клавиатуры и мыши, трения поверхности клавиатуры и мыши. ЭСП может способствовать нарушениям гормональной и иммунной систем.

Показатели ЭМИ и ЭСИ на рабочих местах с ПК представлены в таблице 1 в соответствии с [10].

Таблица 1 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Защита персонала от воздействия ЭМИ осуществляется путем проведения организационных и инженерно-технических мероприятий. К организационным мероприятиям относится выбор рациональных режимов оборудования, выделение зон воздействия ЭМП, разработка маршрутов движения персонала таким образом, чтобы исключалась возможность облучения людей при уровнях, превышающих предельно допустимые согласно [9]. К инженерно-техническим мероприятиям относится рациональное размещение оборудования, использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, установка отражающих и поглощающих экранов), использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) – очков со спектральными фильтрами в соответствии с [10].

Защита от статического электричества осуществляется уменьшением генерации электрических зарядов, устранением образовавшихся зарядов [15].

Воздействие ЭСП на человека связано с протеканием через него слабого тока. При этом электротравм не бывает. Однако вследствие

рефлекторной реакции на раздражение анализаторов на коже человек отстраняется от заряженного тела, что может привести к механической травме от удара о рядом расположенные элементы конструкций, падение с высоты, испуг с возможной потерей сознания.

Электростатическое поле большой напряженности (несколько десятков киловольт) способно изменять и прерывать клеточное развитие, вызывать катаракту с последующим помутнением хрусталика.

К воздействию электростатического поля наиболее чувствительны центральная нервная и сердечно-сосудистая системы, анализаторы. Люди жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита и др. Длительное пребывание человека в условиях, когда напряженность ЭСП имеет величину более 1 кВ/м, вызывает нервно-эмоциональное напряжение, утомление, снижение работоспособности, нарушение суточного биоритма, снижение адаптационных резервов организма.

Предельно допустимое значение напряженности ЭСП устанавливается СанПиН 2.2.4.1191-03 в зависимости от времени его воздействия на работника за смену, равным 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в поле не регламентируется.

При напряженности ЭСП, превышающей 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

При работе с ПК должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата: температура воздуха, поверхностей, относительная влажность воздуха, его скорость движения. На рабочих местах при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением оптимальные величины показателей микроклимата должны соответствовать представленным в таблице 2 согласно [11].

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на самочувствие, состояние здоровья и работоспособность человека. Отклонение параметров микроклимата приводит к нарушению теплового

баланса. Например, понижение температуры окружающего воздуха приводит к увеличению теплоотдачи от организма за счет теплопроводности, конвекции и излучения. Слишком сильное понижение температуры может привести к чрезмерному переохлаждению организма. Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха также увеличивает теплоотдачу от организма и может привести к переохлаждению организма за счет возрастания отдачи теплоты конвекцией и при испарении пота.

При переохлаждении организма уменьшается функциональная деятельность органов человека, скорость биохимических процессов, снижается внимание, затормаживается умственная деятельность и, в конечном счете, снижается активность и работоспособность. При повышении температуры тепловыделения человека начинают превышать теплоотдачу, может возникать перегрев организма. Ухудшается самочувствие и падает работоспособность. Действие высокой температура воздуха на организм нередко вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, наблюдаются изменения со стороны дыхания, снижается секреция желудочного и поджелудочного сока, желчи, угнетается моторика желудка, снижается сила условных рефлексов, ослабляется внимание, ухудшается координация движения, что может быть причиной роста травматизма, снижение работоспособности и производительности труда.

Таблица 2 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °C						Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	
			верхняя		нижняя						
			на рабочих местах								
		постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных						
Холодный	Легкая — Ia	22—24	25	26	21	18	40—60	75	0,1	0,1	
Теплый	Легкая — Ia	23—25	28	30	22	20	40—60	55 при 28 °C	0,1	0,1—0,2	

Оптимальные значения показателей температуры воздуха и поверхностей обеспечиваются водяной отопительной системой и вентиляцией.

Немаловажным является и нормирование производственного освещения, так как яркость дисплея, частота обновления изображения и общая освещенность в рабочей зоне оказывают влияние на зрение. Например, необходимо размещать рабочие столы таким образом, чтобы естественный свет падал слева. Искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения, а при работе с документами применяется комбинированное освещение. Работу за компьютером можно отнести к IV зрительному разряду (работа средней точности), т.к. наименьший размер объекта различения от 0,5 до 1 мм. Тогда при комбинированном освещении в соответствии с [12] освещенность помещения должна составлять не менее 400 лк, в том числе 200 лк общего освещения. Для местного освещения кроме разрядных источников света следует использовать лампы накаливания, в том числе галогенные. Так как при работе предъявляются невысокие требования к цветоразличению, то заявленная освещенность общего освещения может быть обеспечена следующими типами ламп согласно [12]: люминесцентная лампа белого свечения (ЛБ) или холодного белого свечения (ЛХБ), металлогалогенная лампа (МГЛ), ртутная лампа высокого давления (ДРЛ), натриевая лампа высокого давления (НЛВД). В таблице 3 также представлены значения минимального индекса цветопередачи и диапазон цветовой температуры источников света в соответствии с [12].

Таблица 3 – Рекомендуемые источники света при системе комбинированного освещения

Характеристики зрительно-й работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность при комбинированного освещения, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, R_a		Диапазон цветовой температуры источников света, T_c , °К		Примерные типы источников света для освещения	
		общего	Местного	общего	местного	общего	местного
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению	400	40	50	3200-5000	3500-5000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД +МГЛ	ЛБ, (ЛХБ)

Освещенность поверхности экрана ПК не должна превышать 300 лк. Яркость светящихся поверхностей в поле зрения должна быть не более 200 кд/м². Яркость бликов на экране ПЭВМ должна составлять не более 40 кд/м², а яркость потолка не должна превышать 200 кд/м². Коэффициент пульсации должен быть не более 5 %. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПК следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп. К СИЗ относятся

защитные очки со спектральными фильтрами, приэкранные защитные фильтры согласно [10].

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных ПРА для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

При работе с ПК возникают также акустические поля.

Воздействие шума может привести к ухудшению слуха. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте приводит к снижению внимания персонала, замедлению скорости психических реакций, что снижает производительность работ согласно [13]. Характеристикой шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ. В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПК допустимые уровни звукового давления и уровни звука, создаваемые ПК, не должны превышать значений, представленных в таблице 4 согласно [14].

Таблица 4 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПК

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

В соответствии с [15] защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, мерами по снижению шума

(например, замена вентилятора в системном блоке ПК), акустической обработкой помещений, звукоизоляцией. В случае невозможности устранения шума используются СИЗ – беруши.

Источниками электрической опасности могут быть ПК, электроприборы, проводка. Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям применяют следующие способы и средства согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009: защитные оболочки, защитные ограждения (временные или стационарные), безопасное расположение токоведущих частей, изоляцию токоведущих частей, изоляцию рабочего места, малое напряжение, защитное отключение, предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

Для защиты от поражения электрическим током, при прикосновении к металлическим, токоведущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют в соответствии с [4]: защитное заземление, зануление, выравнивание потенциала, систему защитных проводов, защитное отключение, изоляцию нетоковедущих частей, электрическое разделение сети, малое напряжение, контроль изоляции, компенсация токов замыкания на землю, средства индивидуальной защиты.

6.2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Утилизация и переработка ртути в люминесцентных лампах.

Количество люминесцентных ламп, используемых только в приборостроительной области, исчисляется миллионами и через 1,5-2 года выбрасывается на свалки.

В связи с этим большое практическое значение приобретает разработка и внедрение технологии извлечений дорогостоящих материалов из люминесцентных ламп после окончания срока их эксплуатации, в частности, технология извлечения ртути.

Разработка технологии извлечения ртути является составной частью создания ресурсосберегающей технологии и природоохранительной системы.

Ртуть (Hg) имеет атомный вес 200,59. Она мало распространена в природе: ее содержание в земной коре составляет всего 0,000005 вес.%. Изредка ртуть встречается в самородном виде, вкрапленная в горные породы, но главным образом она находится в природе в виде сульфида ртути HgS, или киновари. Ртуть — единственный металл, жидкий при обыкновенной температуре, ее плотность составляет 13,546 г/см.куб. Ртуть является весьма дорогостоящим элементом. Добыча ее отличается трудоемкой технологией, которая приводит к нарушению земель по форме рельефа, т.е. к нарушению экологического равновесия. Кроме того, неутилизированные люминесцентные лампы могут приводить к попаданию паров ртути в атмосферный воздух, через почву и в воду. Ртуть относится к веществам первого класса опасности, а ее величина ПДК-0,0003 мг/м.куб. согласно СНиП 2.04.05-86, т.е. ртуть является чрезвычайно опасным веществом, оказывающим пагубное влияние на окружающую среду и живой мир.

Каждая лампа содержит 60... 120 мг ртути. Примерно 100 г ртути можно получить из 1000 ламп. Испарение такого количества ртути из разбитых ламп приводит к загрязнению 10 млн. м. куб. воздуха до ПДК. Переработка использованных люминесцентных ламп исключает это воздействие.

Отделение по извлечению ртути из люминесцентных ламп может располагаться на территории предприятия по изготовлению ламп или на предприятии любой отрасли, где эксплуатируется большое количество люминесцентных ламп.

Утилизация переработка отходов, которые образуются после окончания срока эксплуатации ПЭВМ, ЭВМ.

Работа с ПК не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Обратим внимание, что в результате реализации ПК могут возникнуть следующие виды негативного воздействия на окружающую среду:

- выбросы в атмосферу углекислого газа, образование тепла (в случае пожара);
- загрязнение почвы (в результате утилизации как твердого отхода).

При завершении срока службы ПК, его можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования (например, кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы) согласно [15].

Пластмассовые части ПК утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха.

Стоит отметить, что ПК может содержать тяжелые металлы, а также печатные платы с замедлителями горения, которые при горении могут выделять опасные диоксиды. Для опасных отходов существуют специальные печи, позволяющие использовать теплоту сжигания. Однако этот способ затратный и не исключает вероятность образования токсичных выбросов.

Отходы, не подлежащие переработке и вторичному использованию, подлежат захоронению на полигонах или в почве. Важное значение, в таком случае, имеют нормативы предельно допустимых концентраций токсичных веществ в почве (ПДКп, мг/кг) в соответствии с [15].

Сточные воды предприятия сливаются в сеть канализации, если уровень их загрязнения не превышает установленных норм. В противном случае сначала осуществляется локальная очистка с помощью решеток, отстойников, нейтрализационных установок и др. затем может использоваться биологическая очистка. Биологическое разрушение (окисление) загрязняющих органических веществ, производимое биоценозом, позволяет достичь высокого качества воды. Кроме того, по сравнению с химическими методами, биологическая очистка имеет меньшую

стоимость. Также проводится дезинфекция запасов воды хлорированием согласно [19].

6.3 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Техносферными источниками чрезвычайных ситуаций (ЧС) на рассматриваемом рабочем месте могут быть пожары и взрывы, обрушение здания, затопления при разрушении плотин согласно [18].

Причинами возникновения пожаров являются: нарушение противопожарного режима, неосторожное обращение с огнем; нарушение мер пожарной безопасности при проектировании и строительстве зданий. К первичным средствам пожаротушения в соответствии с [15] относятся: огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком, противопожарные щиты с набором инвентаря и др.

Для обеспечения безопасности при пожаре должна включаться предупредительная сигнализация. При автоматической пожарной сигнализации используются датчики, реагирующие на появление открытого огня, дыма, повышение температуры согласно [15].

Профилактические мероприятия по пожаровзрывобезопасности при проектировании и строительстве зданий включают решение таких вопросов, как повышение огнестойкости зданий и сооружений, зонирование территории, применение противопожарных разрывов, применение противопожарных преград, обеспечение удаления из помещения дыма при возникновении пожара, обеспечение безопасной эвакуации людей при возникновении пожара [15].

В производственных помещениях должно быть не менее двух эвакуационных выходов.

К мероприятиям, повышающих устойчивость и механическую прочность зданий, сооружений, оборудования и их конструкций, относятся в соответствии с [8]:

- проектирование сооружений с жестким каркасом (металлическим или железобетонным, со стеновым заполнением из облегченных материалов, с легкой и огнестойкой кровлей).

- применение для несущих конструкций высокопрочных и легких материалов (сталей повышенной прочности, алюминиевых сплавов)

- применение облегченных междуэтажных перекрытий и лестничные марши;

- дополнительное крепление воздушных линий связи, электропередач, наружных трубопроводов на высоких эстакадах в целях защиты от повреждения при ЧС;

- повышение устойчивости оборудования путем усиления его наиболее слабых элементов, а также созданием запасов этих элементов (прочное закрепление установок на фундаментах), размещение тяжелого оборудования на нижних этажах производственных зданий;

- устройство дополнительных конструкций для быстрой эвакуации людей при ЧС.

Для устойчивости производственных и хозяйственных связей по снабжению объекта всеми видами энергии, водой, газом проводятся следующие мероприятия согласно [19]:

- определение необходимых запасов сырья, топлива и других материалов для выпуска запланированной продукции в течение заданного времени, и прекращение поставок и хранение этих запасов на территории предприятия с неопасным производством;

- создание дублирующих источников электроэнергии, газа, воды и пара путем прокладки нескольких подводящих электро-, газо-, водо- и пароснабжающих коммуникаций и последующего их закольцовывания.

- создание резерва автономных источников электро- и водоснабжения, т.е. использование передвижных электростанций, насосных агрегатов с автономными двигателями и т.д;

- установка при монтаже новых и реконструкции электрических сетей автоматических выключателей, которые при коротких замыканиях и при образовании перенапряжений отключают поврежденные участки.

- создание обводных линий и устройств перемычек, по которым подают воду в обход поврежденных участков;

- размещение пожарных гидрантов и отключающих устройств на территории, которая не будет завалена в случае разрушений зданий и сооружений;

- внедрение автоматических и полуавтоматических устройств, которые отключают поврежденные участки без нарушения работы остальной части сети.

6.4 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Организация рабочих мест пользователей ПК должна осуществляться в соответствии со следующими требованиями согласно [10]:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;

- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы; поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;

- конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПК, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и

спины; тип рабочего стула выбирается с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПК.

Кроме того, в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 нормируются следующие параметры:

- высота рабочей поверхности стола;
- ширина стола, глубина;
- ширина и глубина поверхности сиденья;
- регулируемая высота поверхности сиденья;
- регулируемый угол наклона стула;
- высота опорной поверхности спинки стула.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПК, должны использоваться диффузно отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка от 0,7 до 0,8, для стен от 0,5 до 0,6, для пола от 0,3 до 0,5. Помещения должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Для обеспечения зрительной комфортности необходимо соблюдение требований к визуальным параметрам дисплеев (таблица 5) согласно [13].

Таблица 5 – Визуальные параметры дисплеев, контролируемые на рабочих местах

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более $\square$ 20 %
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3 : 1
Временная нестабильность изображения (мелькание)	Не должна фиксироваться
Пространственная нестабильность	Не более $2 \square 10^{-4L}$, где L -

изображения (дрожание)	проектное расстояние наблюдения, мм
------------------------	--

Работа с ПК относится к работам в режиме диалога с ПК, соответственно, к III категории работ с ПК.

Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ПК, которые определяются: для группы А - по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60000 знаков за смену; для группы Б - по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40000 знаков за смену; для группы В - по суммарному времени непосредственной работы с ПЭВМ за рабочую смену, но не более 6 ч за смену согласно [10].

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПК устанавливается суммарное время регламентированных перерывов (таблица 6) согласно [10].

Таблица 6 – Суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида и категории трудовой деятельности с ПК

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	при 8- часовой смене	при 12- часовой смене
II	до 40000	до 30000	до 4	70	110

Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПК рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием ПК и без него.

В случаях, когда характер работы требует постоянного взаимодействия с ПК, внимания и сосредоточенности, при исключении

возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПК, рекомендуется организация перерывов длительностью от 10 до 15 мин через каждые 45 мин работы. Работающим на ПК с высоким уровнем напряженности, во время регламентированных перерывов и в конце рабочего дня, рекомендуется психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях (комната психологической разгрузки) согласно [10].

Производственный экологический контроль осуществляется на предприятиях службами производственного контроля в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды согласно [16].

В организации должны быть назначены ответственные лица за проведение производственного экологического контроля.

Информация об организации экологической службы, а также результаты производственного экологического контроля должны быть предоставлены в орган исполнительной власти, осуществляющий государственный экологический контроль в соответствии с [16].

В соответствии с [16] Экологический контроль преследует следующие задачи:

- обеспечения органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами исполнения законодательства в области охраны окружающей среды;
- соблюдения требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды;
- обеспечения экологической безопасности.

Охрана окружающей среды не ограничивается соблюдением требований соответствующего законодательства. Для разработки научных прогнозов и планов сохранения и восстановления окружающей среды, оценки последствий негативного воздействия на окружающую среду деятельности человека, совершенствования законодательства в области охраны окружающей среды необходимо проведение научных исследований в области охраны окружающей среды. Кроме того, в [16] предусмотрены основы создания экологической культуры.

За нарушение законодательства в области охраны окружающей среды устанавливается имущественная, дисциплинарная, административная и уголовная ответственность в соответствии с законодательством. Споры в области охраны окружающей среды разрешаются в судебном порядке в соответствии с законодательством.

В организации должна быть сформирована комиссия по чрезвычайным ситуациям (КЧС). В ряде случаев при отсутствии КЧС предусмотрено возложение координирующих функций на руководителя организации согласно [17].

Основными задачами объектовой КЧС являются в соответствии с [17]:

- руководство разработкой и осуществлением мероприятий по предупреждению ЧС, повышению надежности работы объекта, обеспечению устойчивости его функционирования при возникновении ЧС;
- организация работ по созданию на потенциально опасном объекте локальной системы оповещения, поддержание ее в постоянной готовности;
- обеспечение готовности органов управления, сил и средств к действиям при чрезвычайных ситуациях, руководство их ликвидацией и эвакуацией персонала объекта;
- руководство созданием и использованием резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- организация подготовки руководящего состава, сил и средств, а также всего остального персонала объекта к действиям при ЧС.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данной работе осуществляется диагностика температурных полей центральных вкладышей электромагнита бетатрона, а, также, предлагается альтернативный вариант материала для центральных вкладышей. Необходимо установить целесообразность внедрения с точки зрения экономики. Прежде всего, необходимо рассчитать цену разработки, складывающуюся из затрат на исходные материалы, заработную плату исполнителей, электроэнергию, амортизационных и накладных расходов. Затем определяется предполагаемый экономический эффект, на основании которого вычисляется срок окупаемости. Значение срока окупаемости позволяет сделать вывод о целесообразности внедрения.

7.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ РАЗРАБОТКИ

7.1.1 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Затраты на проект группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты (за вычетом возвратных отходов);
- затраты по основной заработной плате исполнителей;
- затраты по дополнительной заработной плате исполнителей;
- социальный налог;
- амортизация основных средств;
- накладные расходы.

7.1.1.1 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

Поскольку все исходные материалы для разработки уже имелись в распоряжении разрабатывающей кафедры, в материальных затратах будут

учтены только затраты на канцелярские принадлежности и картриджи для принтера.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$C_{MAT} = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх_i}, \quad (2)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх_i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., пачка);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./пачка).

Материалы необходимые для данной разработки представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Листы бумаги (А4)	Пачка	1	160	160
Ручка шариковая	Шт.	1	30	30
Картридж	Шт.	1	1000	1000
Итого				1190

7.1.1.2 ЗАТРАТЫ ПО ОСНОВНОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЕ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Для расчета затрат на оплату труда на этапе проектирования необходимо сначала определить продолжительность каждой работы (начиная с составления технического задания и до оформления документации включительно). Перечень работ и продолжительность их выполнения в

процентном соотношении для научного руководителя (НР) и исполнителя (И) представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей, %
Постановка задачи	НР	НР – 100 %
Разработка и утверждение технического задания	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 10 % И – 100 %
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Определение метода диагностирования	НР, И	НР – 100 % И – 50 %
Определение ограничений	НР, И	НР – 100 % И – 70 %
Проектирование трехмерной модели	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
Разработка алгоритма анализа	И	И – 100 %
Наложение сетки на модель, используя метод конечных элементов	И	И – 100 %
Расчеты, анализ результатов и корректировка ограничений	И	И – 100 %
Анализ картины температурных полей	И	И – 100 %
Проверка модели на адекватность	И	И – 100 %
Оценка влияния различных факторов на характеристики температурных полей	И	И – 100 %

Выводы по результатам работы	НР, И	НР – 60 % И – 100 %
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100 %

Определим ожидаемую продолжительность работ $t_{ож}$ с помощью экспертных оценок по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (3)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, дни;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, дни.

Определим рабочее время по формуле:

$$T_{раб} = t_{ож} \cdot K_d, \quad (4)$$

где K_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_d=1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K, \quad (5)$$

где $T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (6)$$

где $T_{КАЛ}$ – количество календарных дней ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – количество выходных дней ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней ($T_{ПД} = 12$).

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 12} = 1,212.$$

Размер основной заработной платы $C_{ОСН}$ устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день по формуле:

$$C_{осн} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot CЗП \cdot K, \quad (7)$$

$CЗП$ – среднедневная заработная плата исполнителя, выполняющего i -ый вид работ, руб./день.

Где n - количество работников на i -ой работе

K – коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{ПР} = 1,1$, районный коэффициент $K_{РК} = 1,3$ ($K = 1 \cdot K_{ПР} \cdot K_{РК} = 1,43$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается следующим образом:

$$CЗП = \text{месячный оклад} / \text{количество рабочих дней в месяце}. \quad (8)$$

Количество рабочих дней в месяце принимают равным 25,17 дней.

Оклад научного руководителя составляет 25000 руб./мес. Оклад исполнителя составляет 15000 руб./мес.

Расчет затрат на заработную плату представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднеднев ная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффици циент	Фонд з/платы, руб.
НР	25000	993,25	20	1,43	28407
И	15000	595,95	72	1,43	61359
Итого:					89766

Таким образом, затраты на основную заработную плату научного руководителя и исполнителя составили $C_{осн} = 89766$ руб.

7.1.1.3 ЗАТРАТЫ ПО ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЕ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Затраты на дополнительную заработную плату исполнителей $C_{доп}$ рассчитываются по формуле:

$$C_{доп} = C_{осн} \cdot K_{доп}, \quad (9)$$

где $K_{ДОП}$ – коэффициент дополнительной заработной платы ($K_{ДОП} = 0,2$).

Затраты на дополнительную заработную плату составили 17953 руб.

7.1.1.4 СОЦИАЛЬНЫЙ НАЛОГ

Величина социального налога $C_{СОЦ}$ рассчитывается по формуле:

$$C_{СОЦ} = (C_{ОСН} + C_{ДОП}) \cdot K_{СОЦ}, \quad (10)$$

где $K_{СОЦ}$ – коэффициент социального налога ($K_{СОЦ} = 0,3$).

Затраты по социальному налогу составили 32316 руб.

7.1.1.5 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования, а именно компьютера и принтера. Затраты на электроэнергию при работе оборудования $\mathcal{E}_{ОБ}$ рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}_{ОБ} = P_{ОБ} \cdot \mathcal{C}_{\mathcal{E}} \cdot t_{ОБ}, \quad (11)$$

где $P_{ОБ}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$ – тарифная цена за 1 кВт·час, $\mathcal{C}_{\mathcal{E}} = 1,8$ руб./кВт·час;

$t_{ОБ}$ – время работы оборудования, час.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{УСТ.ОБ} \cdot K_C, \quad (12)$$

где $P_{УСТ.ОБ}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

K_C – коэффициент спроса, зависящий от количества, загрузки групп электроприемников (для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$).

Установленная мощность компьютера составляет 0,3 кВт, принтера – 0,1 кВт.

Время работы оборудования $t_{ОБ}$ вычисляется на основе данных для $T_{РД}$ таблицы для исполнителя из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов, а работа на компьютере проводилась по 6 часов каждый день:

$$t_{ОБ} = T_{РД} \cdot t_{РАБ}. \quad (13)$$

$$t_{\text{ОБ}} = 72 \cdot 6 = 288 \text{ (ч)}.$$

Тарифная цена за 1 кВт·час составляет 1,82 руб./кВт·час.

Затраты на электроэнергию при работе оборудования приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер	432	0,3	234,6
Струйный принтер	30	0,1	5,5
Итого:			240,1

7.1.1.6 РАСЧЕТ АМОРТИЗАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

В статье «Амортизационные отчисления» от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{H_{\text{А}} \cdot C_{\text{ОБ}}}{F_{\text{Д}}} \cdot t_{\text{ВТ}} \cdot n, \quad (14)$$

где $H_{\text{А}}$ – годовая норма амортизации, $H_{\text{А}} = 25\%$;

$C_{\text{ОБ}}$ – цена оборудования, $C_{\text{ОБ}} = 45000$ руб.;

$F_{\text{Д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени, $F_{\text{Д}} = 2416$ часов;

$t_{\text{ВТ}}$ – время работы вычислительной техники, $t_{\text{ВТ}} = 432$ часа;

n – число задействованных ПЭВМ, $n = 1$.

Итак, затраты на амортизационные отчисления составляют:

$$C_{AM} = \frac{0,25 \cdot 45000 \cdot 432}{2416} = 2011,6 \text{ руб.}$$

7.1.1.7 НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ

Накладные расходы $C_{НАКЛ}$ учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{НАКЛ} = 0,5 \cdot (C_{ОСН} + C_{ДОП} + C_{СОЦ}). \quad (15)$$

Таким образом, накладные расходы составили 70018 руб.

7.1.2 РАСЧЕТ ОБЩЕЙ СЕБЕСТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ

Проведя расчет сметы затрат на разработку (таблица 11), можно определить общую стоимость диагностики температурных полей.

Таблица 11 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
1 Материалы и покупные изделия	$C_{МАТ}$	1190
2 Основная заработная плата	$C_{ОСН}$	89766
3 Дополнительная заработная плата	$C_{ДОП}$	17953
4 Социальный налог	$C_{ОТЧ}$	32316
5 Расходы на электроэнергию	$\mathcal{E}_{ОБ}$	240
6 Амортизационные отчисления	$C_{АМ}$	2012
7 Накладные расходы	$C_{НАКЛ}$	70018
Итого:		213495

Таким образом, расходы на диагностику температурных полей составили $C = 213495$ руб.

7.1.3 ПРИБЫЛЬ

Прибыль принимается равной 20 % от расходов на разработку и составляет 42699 руб.

7.1.4 НАЛОГ НА ДОБАВЛЕННУЮ СТОИМОСТЬ

Налог на добавленную стоимость (НДС) равен 18 % от суммы затрат на разработку и составляет 38429 руб.

7.1.5 ПОЛНАЯ СМЕТА ЗАТРАТ

Полная смета затрат на выполнение диагностики температурных полей приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Полная смета затрат на выполнение испытаний

Наименование статьи	Затраты, руб.
Материалы и покупные изделия	1190
Основная заработная плата	89766
Дополнительная заработная плата	17953
Отчисления в социальные фонды	26930
Расходы на электроэнергию	240,1
Амортизационные отчисления	2011,6
Накладные расходы	64186
Общая себестоимость проекта	213495
Прибыль	38429
НДС	42699
Цена разработки	294623

7.2 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТКИ

Результаты данной работы показывают, что применение устаревших методов проведения испытаний несет слишком много затрат. Применение новых технологичных материалов и автоматизация позволяет достичь более низкой цены эксперимента.

Увеличение срока гарантированной службы влечет за собой снижение затрат на техническое обслуживание и замену вышедших из строя деталей.

7.3 РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ РАЗРАБОТКИ

Срок окупаемости затрат определяется по формуле:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{C}{\mathcal{E}}, \quad (14)$$

где C – затраты на разработку, руб.;

$\mathcal{E}$ – годовая экономия от использования бетатрона с новыми вкладышами, руб.

$$T_{\text{окуп}} = \frac{213495}{225000} \approx 1 \text{ год.}$$

Значение срока окупаемости позволяет сделать заключение, что затраты на внедрение средств автоматизации являются оправданными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе проделанной работы был предложен метод автоматизации испытательного стенда «Прогноз – 2», было разработано необходимое программное обеспечение и подобраны компоненты аппаратной части.

На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Средства разработки программного обеспечения выбраны правильно и не конфликтуют между собой.
2. Подобные методы автоматизации и компьютеризации испытательных стендов минимизируют возможность провала эксперимента по причине человеческого фактора.
3. При разработке применялись различные средства разработки, но это не повлияло на надёжность программного комплекса.
4. Аппаратная часть системы автоматизации (щит управления) изготовлен полностью из готовых компонентов, которые можно легко заменить на новые в случае выхода из строя.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Исайченко, Вадим Игоревич. Аналого-цифровой преобразователь на базе "ARDUINO" [Электронный ресурс] / В. И. Исайченко; науч. рук. А. Н. Гормаков //Космическое приборостроение: сборник научных трудов III Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, г. Томск, 8-10 апреля 2015 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 111-112]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader.
2. Исайченко, Вадим Игоревич. Совместное использование "Arduino" и "LabVIEW" [Электронный ресурс] / В. И. Исайченко, Е. В. Татарников, М. Е. Потехин; науч. рук. В. Н. Борилов //Космическое приборостроение: сборник научных трудов II Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, г. Томск, 10-12 апреля 2014 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — [С. 93-94]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader.
3. Исайченко Вадим Игоревич. Испытательный стенд для моделирования факторов космического пространства «Прогноз – 2» [Электронный ресурс] / В. И. Исайченко; науч. рук. В. М. Зыков // Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного форума с международным участием, г. Томск, 12-14 апреля 2016 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 60-64]. — Заглавие с экрана. — Свободный доступ из сети Интернет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Розанов Л. Н. Вакуумная техника. - 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк. 1990. — 320 с.
2. Нестеров С.Б., Васильев Ю.К., Андросов А.В. Методы расчета вакуумных систем. — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 220 с.
3. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс. – 536с.
4. Чахлов В. Л., Бронников А. Г. и др. «Разработка, организация и применение малогабаритных источников рентгеновского и электронного излучений». Известия Томского политехнического университета, т. 312, № 2, 2008. с. 23-32.
5. Бамдас А. М., Савиновский Ю. А. «Дроссели переменного тока радиоэлектронной аппаратуры». М., Изд-во «Советское радио», 1969, 248 с
6. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении: Уч. пособ. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 207 с
7. Справка по T-FLEX Анализ. Тепловой анализ, Топ Системы. 2012 г. – Москва.
8. Тренделенбург, Э. Сверхвысокий вакуум : пер. с нем. / Э. Тренделенбург. — Москва: Мир, 1966. — 287 с.: ил. — Библиогр.: с. 277-284. Магда Ю., LabVIEW. Практический курс для инженеров и разработчиков, М., Изд-во «ДМК Пресс», 208 с.
9. Ашкинази, Леонид Александрович. Вакуум для науки и техники / Л. А. Ашкинази. — Москва: Наука, 1987. — 127 с.: ил. — Библиотечка "Квант". Вып. 58. В.Ф. Панин, А.И. Сечин, В.Д. Федосова. Экология для инженера // под ред. проф. В.Ф. Панина. – М: Издательский дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.

10. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно – вычислительным машинам и организации работы» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>. – Загл. с экрана (дата обращения: 15.05.2015).
11. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>. – Загл. с экрана (дата обращения: 3.05.2015).
12. СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001026>. – Загл. с экрана (дата обращения: 12.05.2015).
13. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие/ Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.
14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901703278>. – Загл. с экрана (дата обращения: 15.05.2015).
15. О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский

- политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.
16. ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/okrsred>. – Загл. с экрана (дата обращения: 18.05.2015).
17. В.М. Нагорный, Г.М. Федоров. Организация работы комиссии по чрезвычайным ситуациям объекта / Под ред. В.В. Шевченко. – [Электронный ресурс]: Информация по гражданской обороне, предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. – Режим доступа: <http://gochs.info/download/Organizacija-raboty-KChS.pdf>. – Загл. с экрана (дата обращения: 18.05.2015).
18. А.М. Козлитин, Б.Н. Яковлев. Чрезвычайные ситуации техногенного характера: Учеб. / Под. ред. А.И. Попова. – Саратов: Сар. гос. тех. ун-т, 2000. – 124 с.
19. Мероприятия, направленные на повышение устойчивости функционирования объектов экономики [Электронный ресурс]: Информация по гражданской обороне, предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. – Режим доступа: <http://gochs.info/p287.htm>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.05.2015).