

Министерство образования и науки Российской Федерации



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт Кибернетики

Наименование подготовки Стандартизация и метрология

Кафедра Систем управления и мехатроники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Автоматизированная поверочная установка</b>
УДК 681.2.089-027.43

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Сенкевич Алёна Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер1 категории	Вергасов Олег Юрьевич	—		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менедж. ИСГТ	Конотопский Владимир Юрьевич	Кандидат эконом. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ ИНК	Извеков Владимир Николаевич	Кандидат технич. наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	Кандидат технич. наук		

Томск – 2017 г.

## Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Выполнять разработку и экспертизу новых технических регламентов, национальных стандартов, стандартов организаций и другой нормативной документации, а также пересмотр и гармонизацию действующих нормативно-правовых документов в области стандартизации, сертификации, метрологического обеспечения и управления качеством.
P3	Проводить анализ состояния и динамики метрологического и нормативного обеспечения производства, стандартизации и сертификации с использованием необходимых методов и средств анализа.
P6	Проводить сертификацию продукции, технологических процессов, услуг, систем менеджмента качества, производств и систем экологического управления предприятия.
P15	Осуществлять контроль за испытаниями готовой продукции и поступающими на предприятие материальными ресурсами, внедрением современных методов и средств измерений, испытаний и контроля; проводить аккредитацию органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий.
P19	Обеспечивать адаптацию нормативно-технической документации к прогнозируемому усовершенствованию, модернизации, унификации выпускаемой продукции и функционирования самого предприятия.
P25	Проводить моделирование процессов и средств измерений, испытаний и контроля с использованием современных информационных технологий проектирования и проведения исследований; разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний с анализом их результатов.
<i><b>Универсальные компетенции</b></i>	
P1	Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровни.
P3	Способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности.
P4	Способность собирать, обрабатывать с использованием современных информационных технологий и интерпретировать необходимые данные для формирования суждений по соответствующим социальным, научным, техническим и этическим проблемам.
P6	Способность проявлять гражданскую позицию, интегрированность в современное общество, нацеленность на его совершенствование на принципах гуманизма и демократии.
P10	Способность ставить и решать прикладные исследовательские задачи, проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с принятыми моделями для проверки их адекватности и при необходимости предлагать измерения для улучшения моделей.
P12	Способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.

Министерство образования и науки Российской Федерации



федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт Кибернетики

Наименование подготовки Стандартизация и метрология

Кафедра Систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ В. Е. Губин  
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ51	Сенкевич Алёне Андреевне

Тема работы:

Автоматизированная поверочная установка	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 13.03.2017 г. № 1653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2017 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(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.).</i>	Автоматизированная поверочная установка источников питания и электронных нагрузок (АПУ).
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(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)</i></p>	<p>Проведение аналитического обзора. Описание установки и принципа ее работы. Разработка комплекта документов: технические условия, руководство по эксплуатации.  Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, и ресурсосбережение», «Социальная ответственность», раздел на английском языке.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация Power Point</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский Владимир Юрьевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Извеков Владимир Николаевич</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.11.2015 г</p>
--	---------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер1 категории	Вергасов Олег Юрьевич	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Сенкевич Алёна Андреевна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ГМ51	Сенкевич Алёне Андреевне

<b>Институт</b>	<b>ИК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>СУМ</b>
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	
2. Планирование и формирование бюджета НИ	
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. «Портрет» потребителя результатов НИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	3.03.2017
---	-----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. менедж. ИСГТ	Конотопский Владимир Юрьевич	Кандидат эконом. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ГМ51	Сенкевич Алёна Андреевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ГМ51	Сенкевич Алёне Андреевне

<b>Институт</b>	<b>ИК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>СУМ</b>
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Разработка метрологического обеспечения автоматизированной поверочной установки источников питания и электронных нагрузок (АПУ)
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– метеопараметры;</li> <li>– напряженность зрения;</li> <li>– напряженность труда;</li> <li>– освещенность;</li> <li>– электромагнитные излучения;</li> <li>– шум.</li> </ul> <p>– электрический ток.</p> <p>Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта магистерской диссертации и области его использования на ОС;</li> <li>– разработка решений по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	4.03.2017
---	-----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ ИНК	Извеков Владимир Николаевич	Кандидат технич. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Сенкевич Алёна Андреевна		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**



федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Наименование подготовки Стандартизация и метрология

Уровень образования Магистратура

Кафедра Систем управления и мехатроники

Период выполнения \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2017 г
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.11.2015	1 Обзор литературы	20
10.03.2016	2 Практическая часть работы	20
15.03.2017	3 Выполнение раздела «Финансовый менеджмент»	10
15.04.2017	4 Выполнение раздела «Социальная ответственность»	10
1.05.2017	5 Выполнение раздела на английском языке	10
25.05.2017	6 Оформление необходимых приложений и пояснительной записки ВКР (ТУ, РЭ)	15
28.05.2017	7 Выполнение презентации для выступления	15

Составил:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер 1 категории	Вергасов Олег Юрьевич	—		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	Кандидат технич. наук		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 176 страниц, 22 рисунка, 28 таблиц, 34 источника, 13 нормативных ссылок, 3 приложения.

Ключевые слова: автоматизированная поверочная установка, источник питания, электронная нагрузка, поверка, средство измерений.

Целью работы является разработка метрологического обеспечения автоматизированной поверочной установки источников питания и электронных нагрузок (АПУ).

Объектом исследования является аттестация в области обеспечения единства измерений (ОЕИ) оборонной продукции.

В результате магистерской диссертации будет готов комплект документов для проведения испытаний и аттестации автоматизированной поверочной установки источников питания и электронных нагрузок (АПУ).

Основной областью применения устройства является выполнение работ по проведению поверки источников питания и электронных нагрузок в поверочной лаборатории на базе предприятия АО «НПЦ «Полюс».

Данная установка поможет сократить сроки проведения поверки средств измерений (СИ), что в свою очередь облегчит условия труда для сотрудников лаборатории, сократит время проведения поверки СИ, повысит производительность труда, а так же повысит достоверность результатов поверки СИ.

Экономический эффект для предприятия заключается в экономии внутренних ресурсов, затрачиваемых на проведение поверки СИ.

## Определения

**метрологическое обеспечение (МО):** Установление и применение метрологических норм, правил и методик выполнения измерений, а также разработка, изготовление и применение технических средств для обеспечения единства и требуемой точности измерений.

**средство измерений (СИ):** Техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики.

**рабочий эталон (РЭ):** эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

**поверка:** совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

## Обозначения и сокращения

АПУ – автоматизированная поверочная установка;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

БД – база данных;

БУ – блок управления;

БК – блок коммутации;

МС – метрологическая служба;

МХ – метрологические характеристики;

НТД – нормативно-техническая документация;

ОЕИ – область обеспечения единства измерений;

ПК – персональный компьютер;

ПО – программное обеспечение;

РЭ – рабочий эталон;

СИ – средство измерений;

ТО – техническое обслуживание;

ТУ – технические условия;

ЦПУ – цифровое печатающее устройство.

### **Нормативные ссылки**

1 РМГ 51 – 2002 ГСИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения.

2 ГОСТ 12.2.007.0 – 75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

3 ГОСТ 12.2.007.3 – 75 Система стандартов безопасности труда. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности.

4 ГОСТ 12.3.019 – 80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.

5 ГОСТ 12.3.019 – 80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.

6 ГОСТ 8.395 – 80 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования.

7 ГОСТ 2.114 – 2016 Единая система конструкторской документации. Технические условия.

8 ГОСТ 16504 – 81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

9 ГОСТ 2.610 – 2006 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

10 ГОСТ 23216 – 78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний.

11 ГОСТ 12.0.003 – 74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

12 ГОСТ Р 12.4.026 – 2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

13 ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

## Оглавление

Введение	С. 16
1 Автоматизация в области метрологического обеспечения	18
1.1 Уровни автоматизации поверочных работ	19
1.2 Проблемы автоматизации поверочных работ	24
1.3 Требования к выполнению поверочных работ	27
2 Автоматизированные поверочные установки	32
2.1 Автоматизированная поверочная установка источников питания и электронных нагрузок (АПУ)	34
2.2.1 Аппаратное обеспечение АПУ	38
2.2.2 Программное обеспечение АПУ	43
2.2.3 Структурные схемы определения метрологических характеристик поверяемых средств измерений	48
2.3 Требования к проведению поверочных работ источников питания и электронных нагрузок	55
3 Разработка документации	60
3.1 Требования, предъявляемые к разработке технических условий	60
3.2 Требования, предъявляемые к разработке руководства по эксплуатации	62
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	66
4.1 Организация и планирование работ	66
4.1.1 Продолжительность этапов работ	66
4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	69
4.2.1 Расчет затрат на материалы	69
4.2.2 Расчет заработной платы	69
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог	70
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	70
4.2.5 Расчет амортизационных расходов	71
4.2.6 Прочие расходы	72
4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки	73

4.2.8	Расчет прибыли	73
4.2.9	Расчет НДС	73
4.2.10	Цена разработки НИР	74
4.2.11	Определение экономического эффекта	74
5	Социальная ответственность	75
5.1	Производственная безопасность	76
5.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	76
5.1.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования	77
5.1.3	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)	78
5.1.3.1	Требования к помещениям для работы с ПЭВМ	78
5.1.3.2	Микроклимат	79
5.1.3.3	Освещение	81
5.1.3.4	Шум	86
5.1.3.5	Электромагнитные излучения	86
5.1.3.6	Психофизиологические факторы	87
5.1.3.7	Электрический ток	88
5.2	Экологическая безопасность	89
5.2.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	89
5.2.2	Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду	89
5.2.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	90
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
5.3.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	90
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
5.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	93

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	94
5.4.2.1 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ	94
Заключение	96
Список используемых источников	97
Приложение А Технические условия	101
Приложение Б Руководство по эксплуатации	136
Приложение В Раздел на английском языке	168

## Введение

Метрологические работы охватывают практически все сферы деятельности человека: научные исследования, промышленность, образование, медицину и т.д. Расширение диапазона разнообразных метрологических работ приводит, как правило, к разработке соответствующих технических средств.

Ключевой возможностью улучшения качества услуг, увеличения пропускной способности, является автоматизация. Так как в основе деятельности отдела метрологии лежат процессы поверки, калибровки, испытаний, об их автоматизации стоит задумываться в первую очередь.

Внедрение автоматизации рабочих мест продиктовано рядом факторов:

- высокая сложность ряда методик поверок;
- сложность современных СИ;
- множество контролируемых параметров при испытаниях в рамках подтверждения соответствия;
- увеличивающийся парк СИ на предприятиях приводит к увеличению объема работ.

Так же процессу автоматизации способствует обновление парка СИ, большинство приборов поддерживают управление по интерфейсу.

Автоматизация – одно из магистральных направлений повышения эффективности метрологических работ, призванное обеспечить высокие темпы научно-технического прогресса за счет:

- повышения качества исследований на основе уточнения моделей изучаемых объектов, явлений, процессов;
- получения более полных данных об исследуемых СИ;
- сокращения сроков метрологических исследований и снижения затрат на основе уменьшения трудоемкости измерений, ускорения экспериментов, уменьшения ошибок;
- оптимизации измерительного эксперимента, повышения точности измерений;

– оптимизации работ по ведению учета СИ и измерительного оборудования, составлению планов и графиков поверки, калибровки, проверки работоспособности, аттестации, ремонта;

– создания баз данных (БД), содержащих сведения о стандартах, технических условиях (ТУ) и др.

## 1 Автоматизация в области метрологического обеспечения

В общем смысле под автоматизацией понимают применение методов, технических средств и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации. Автоматизация является одним из основных направлений научно-технического прогресса.

Целью автоматизации является повышение производительности и эффективности труда, повышение достоверности измерительной информации, оптимизация планирования измерений (контроля) и деятельности метрологической службы (МС).

Основные направления автоматизации в сфере измерений, контроля и испытаний приведены на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Основные направления автоматизации

Все это позволяет автоматизировать следующие процессы:

- расширение функциональных возможностей;
- управление функционированием;
- выбор режимов и пределов измерений, ускорение процессов контроля;
- снижение субъективных погрешностей;
- настройка и калибровка СИ, контроля и испытаний;
- поиск, сбор, запоминание и обработка измерительной информации;
- оформление результатов измерений, контроля и испытаний;
- разработка и внедрение автоматизированных комплексов и систем.

## 1.1 Уровни автоматизации поверочных работ

В области создания автоматизированных средств поверки существуют три основных направления работ:

- создание специализированных поверочных установок, ориентированных на узкую номенклатуру СИ;

- создание специализированных агрегатных (приборно-модульных) систем, ориентированных на автоматизированную поверку СИ относительно широкой номенклатуры, т.е. создание автоматизированных рабочих мест (АРМ) поверителей;

- создание универсальных измерительно-поверочных комплексов, ориентированных на автоматизированную поверку СИ широкой номенклатуры, т.е. создание автоматизированных метрологических комплексов (АМК), включающих в себя заданную совокупность создание АРМ поверителей и создание АРМ руководителей.

В зависимости от схемно-конструктивных возможностей рабочих эталонов, поверяемых СИ и вспомогательных устройств, средств вычислительной техники, а также экономической целесообразности различают три уровня автоматизации метрологических комплексов.

На первом уровне с помощью персонального компьютера (ПК) организуется БД нормативно-технической документации (НТД) по поверке СИ, осуществляется обработка результатов измерений и оформление результатов поверки. Это дает возможность автоматизировать некоторые рутинные, «механические» операции деятельности поверителя при поверке СИ, не оснащенных приборными интерфейсами, снизить утомляемость поверителя и уменьшить вероятность субъективных ошибок.

АРМ поверителя первого типа включает в себя:

- ПК;
- цифровое печатное устройство (ЦПУ);
- поверяемое СИ;

– рабочий эталон (РЭ) и вспомогательные СИ.

Структурная схема АРМ поверителя первого типа представлена на рисунке 1.2.

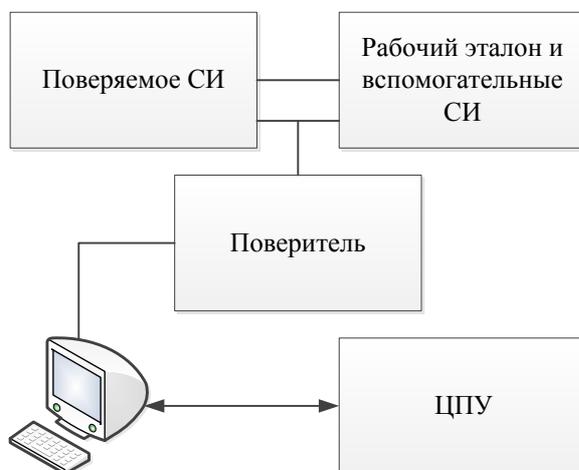


Рисунок 1.2 – Структура АРМ поверителя первого типа

АРМ поверителя первого типа могут быть созданы для любых СИ. В этих АРМ поверителя информацию в ПК вводят и управляют РЭ и поверяемым СИ вручную. Поверитель вызывает на дисплей ПК содержание методики поверки из соответствующей документации к проводимой поверке, записанную в виде БД в памяти ПК. На экране появляется информация об операциях поверки, а также об использовании СИ метрологического комплекса.

Поверитель, выбрав нужные ему данные из числа представленных на экране дисплея, выполняет соответствующие операции, воздействуя вручную на поверяемое СИ и РЭ. О выполнении каждой операции и её результатах поверитель сообщает ПК. Результаты измерений и вычислений высвечиваются на экране, а протокол поверки печатается на ЦПУ. В программном обеспечении (ПО) таких АРМ поверителя могут быть введены типовые ситуации (как например, несоответствие условий внешней среды, ошибки в действиях поверителя и др.). ПК может быть поручен и контроль за соблюдением условий поверки. Через устройства связи она может быть объединена с другими ПК.

АРМ поверителя первого уровня целесообразно внедрять в небольших метрологических подразделениях.

На втором уровне автоматизации требуется наличие в СИ метрологического комплекса приборных интерфейсов и управляемого коммутатора. Это позволяет дополнительно автоматизировать операции коммутации СИ и управления режимами работы СИ в процессе поверки. Степень автоматизации повышается, снижается утомляемость поверителя и уменьшается вероятность субъективных ошибок, но поверяются только СИ, имеющие приборный интерфейс.

АРМ поверителя второго типа (рисунок 1.3) обладает не только возможностями АРМ поверителя первого типа, но и обеспечивает управление по заданной программе РЭ, вспомогательными СИ и поверяемым СИ полностью или частично без участия поверителя.

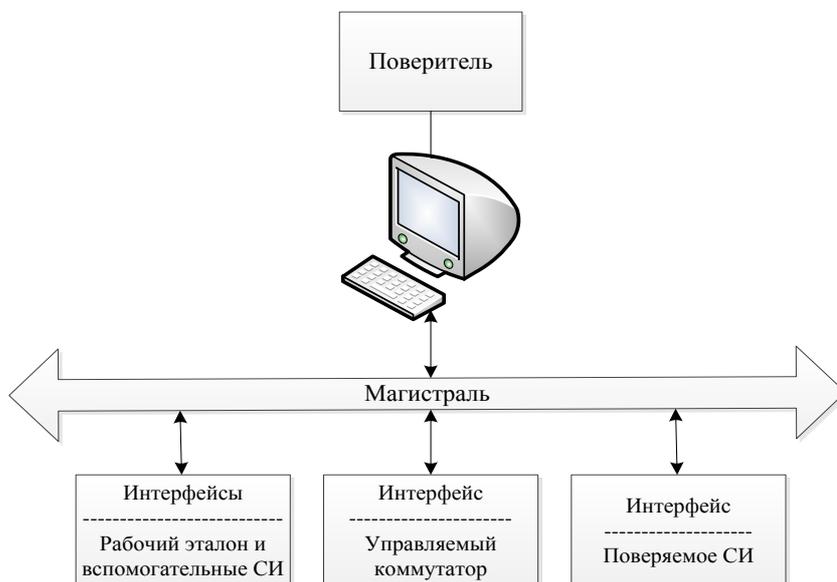


Рисунок 1.3 – Структура АРМ поверителя второго типа

Эта возможность значительно повышает эффективность поверки, но требует разработки специального ПО, создания управляемого коммутатора цепей и наличия у СИ приборных интерфейсов. Такие АРМ делают специализированными, т.е. предназначенными для поверки определенной номенклатурной группы СИ.

В данном случае ПК по заданной программе через интерфейс и управляемый коммутатор или поверитель по требованию ПК вручную коммутирует и устанавливает на СИ необходимые параметры сигнала. Далее ПК через интерфейс считывает с поверяемого СИ или РЭ значение сигнала, сравнивает полученный результат с хранящимся в ее памяти нормированным значением сигнала,

рассчитывает поверяемый метрологический параметр, сравнивает его значение с допустимым и делает вывод о метрологической пригодности к применению поверяемого СИ по данному пункту поверки. Эта процедура повторяется в каждой поверяемой точке исследования. По результатам поверки ПК с помощью ЦПУ оформляет протокол поверки по данному параметру. Подобная процедура повторяется по всем автоматизированным операциям поверки. Такие АРМ поверителей особенно эффективны при наличии большого количества однотипных поверяемых СИ. Одновременно автоматизируется и процедура оформления свидетельств о поверке и извещений о непригодности к применению.

Создание агрегатных комплексов для автоматизации поверки СИ совпадает с общим направлением развития современного приборостроения, которое характеризуется переходом к созданию комплексов СИ, совместимых в информационном, конструктивном, эксплуатационном и метрологическом отношении.

Агрегатный принцип построения автоматизированных метрологических комплексов, при котором комплекс образуется путем сочетания унифицированных функциональных модулей, позволяет получить ряд модификаций АРМ поверителей и автоматизированных метрологических комплексов в целом, соответствующих заданным масштабам поверки, степени автоматизации, а также создает условия для конструктивного и технологического усовершенствования образцов.

Третий уровень автоматизации поверочных работ нацелен на перспективный парк компьютерных СИ (интеллектуальных, виртуальных СИ). При этом операции поверки осуществляются не с сигналами, а с кодами сигналов.

Условие создания АРМ поверителя третьего типа следующее: все СИ метрологического комплекса должны иметь микропроцессорные системы управления и интерфейсные блоки. Методики поверки программируемых СИ пока находятся в стадии разработки, хотя сами виртуальные СИ уже достаточно широко применяются на практике.

Адаптер обеспечивает коммутацию сигналов и СИ, а также преобразование измерительных сигналов к виду, удобному для измерений. Управление системой,

обработка измерительной информации, оформление результатов поверки производится ПК.

В качестве РЭ обычно используется программно-управляемая многозначная мера. В этом случае на поверяемое СИ с управляемого РЭ подается эталонный сигнал, значение которого соответствует записанному в памяти ПК. Показания поверяемого СИ, как реакция на эталонный сигнал, поступают в виде цифрового кода в ПК для сравнения с кодом эталонного сигнала. После этого ПК рассчитывает поверяемый метрологический параметр поверяемого СИ и сравнивает его значение с допустимым. Эта процедура по заранее разработанной программе повторяется в каждой поверяемой точке для всех операций поверки. В процессе выполнения операций поверки ПК распечатывает протокол поверки на ЦПУ.

Таким образом, АРМ поверителя третьего типа обеспечивает почти полную автоматизацию поверки в пределах каждой ее операции, не автоматическим остается лишь процесс подключения СИ к АРМ. Этим и объясняется наивысшая степень автоматизации АРМ поверителя третьего типа, но лишь для ограниченного парка программируемых СИ. Однако специальное ПО может обеспечить и выполнение функций АРМ поверителя первого и второго типа в диалоговом режиме.

Структурная схема АРМ поверителя третьего типа приведена на рисунке 1.4.

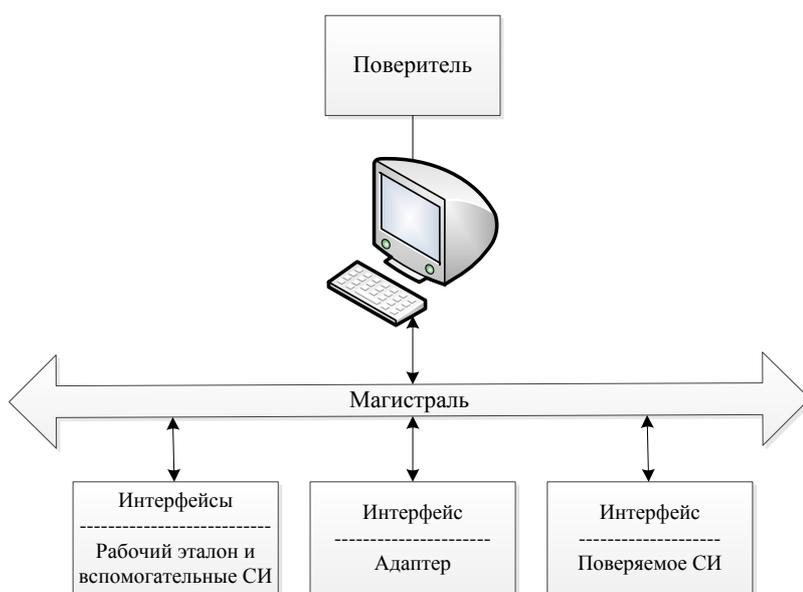


Рисунок 1.4 – Структура АРМ поверителя третьего уровня

АРМП второго и третьего уровня целесообразно внедрять на базах измерительной техники, где есть квалифицированные специалисты и поверяется большое количество СИ.

Таблица 1.1 – Характеристики АРМ поверителя различного уровня

Параметр	АРМ поверителя		
	1-го уровня	2-го уровня	3-го уровня
<b>Автоматизированные функции</b>	БД по НД; обработка и оформление результатов	БД по НД; управление операциями поверки; обработка и оформление результатов	БД по НД; управление операциями поверки на уровне кодов сигналов; обработка и оформление результатов
<b>Средства</b>	ПК	ПК; СИ с интерфейсом; управляемый коммутатор	ПК; программируемые СИ с интерфейсом; адаптер
<b>Поверяемые СИ</b>	Все	Современные СИ с интерфейсом	Программируемые СИ со стандартным интерфейсом
<b>Достоинства</b>	Применимо для всех СИ без интерфейса	Высокая степень автоматизации	Высокая степень автоматизации
<b>Недостатки</b>	Низкая степень автоматизации	Не все СИ имеют интерфейс;	Применим только для СИ с интерфейсом

## 1.2 Проблемы автоматизации поверочных работ

Существенно повысить производительность труда и качество поверочных работ, сделать процесс поверки более объективным возможно лишь путем автоматизации процедур поверки с применением всего арсенала новейших средств автоматики, электроники и вычислительной техники.

В целом процесс поверки является эргодическим, т.е. предполагающим взаимодействие человека (оператора/поверителя) с автоматом – поверочной установкой. Это обусловлено в первую очередь тем, что рекомендуемые до настоящего времени в действующей НТД методы, образцовые и вспомогательные средства поверки ориентированы преимущественно на применение ручного труда оператора и не могут в большинстве случаев непосредственно использоваться для

автоматизации без потери точности и надежности. Во-вторых, некоторые операции поверки не поддаются однозначному описанию языком математической логики.

В-третьих, ряд операций связан с распознаванием образов и учетом не только формальных, но и субъективных факторов, и автоматизация их возможна только с применением специальных автоматических средств, объем и стоимость которых на сегодняшний день достаточно большая.

Поэтому под автоматизацией поверки в настоящее время понимают не автоматизацию процесса поверки в целом, а автоматизацию определенных операций или отдельных процедур.

Перечень операций поверки, направленных на выявление пригодности конкретных СИ, весьма разнообразен и регламентируется НТД на методы и средства их поверки. Анализ НТД позволяет выявить ряд операций, которые являются общими для всех СИ. К ним относятся: внешний осмотр, опробование и определение основной погрешности. Первые две операции связаны с распознаванием образов и трудно формализуются, поэтому вряд ли стоит говорить о целесообразности их автоматизации. Определение же основной погрешности преследует своей целью получение объективной измерительной информации о реальных метрологических характеристиках (МХ) поверяемого СИ и является одной из главных операций. В процессе проведения этой операции поверитель должен совершить некоторую последовательность действий, которые формально можно разделить на следующие процедуры:

- подключение поверяемого СИ к средствам поверки;
- выработка и подача на вход поверяемого СИ контрольного (или тестового) сигнала;
- наблюдение за реакцией поверяемого СИ на входной тестовый сигнал;
- статистическая обработка результатов наблюдений;
- установление факта пригодности поверяемого СИ;
- выдача документа с результатами поверки и заключением.

Практически все из перечисленных процедур возможно автоматизировать при современном уровне развития средств автоматики и вычислительной техники.

После определения формального перечня процедур, подлежащих автоматизации, необходимо решить ряд проблем. Первая из них связана с наличием или отсутствием электрического выхода у поверяемого СИ.

Поверяемые СИ могут быть разделены на три группы:

- СИ без электрического выхода;
- СИ с электрическим выходом;
- СИ с интерфейсом.

От наличия у поверяемого СИ электрического выхода и приборного интерфейса зависит эффективность автоматизации поверки.

Степень автоматизации поверки СИ с электрическим выходом будет выше, поскольку снижается доля участия оператора в процессе измерения (отпадает функция наблюдения за реакцией поверяемого СИ на входной тестовый сигнал), что ведет к повышению производительности труда, возможности применения программно-управляемых мер, облегчает статистическую обработку результатов измерений с помощью ПК и, в свою очередь, повышает достоверность результатов поверки.

СИ без электрического выхода для наблюдения реакции на входной тестовый сигнал требуют специальных отсчетных устройств для автоматизации этой процедуры и возможности введения результатов наблюдения в ПК для дальнейшей обработки.

В настоящее время разработаны различные отсчетные устройства для считывания показаний поверяемых СИ без электрического выхода на основе оптико-электронных преобразователей и телеизмерительных систем. Однако область применения этих преобразователей ограничена из-за их высокой стоимости и сложности как изготовления, так и эксплуатации.

Вторая проблема связана с разработкой и унификацией алгоритмов процедуры поверки, т. к. наличие четко разработанного алгоритма определяет выбор необходимых средств вычислительной техники и соответствующего алгоритмического языка.

Разработка алгоритмов проведения такой операции поверки, как определение основной погрешности, в настоящее время не вызывает особых затруднений. Названные алгоритмы разработаны и изложены в НТД для таких современных СИ, как, например, цифровые измерительные приборы.

Для реализации автоматизированной поверки СИ также необходимо разработать номенклатуру образцовых и вспомогательных средств поверки, способных работать в составе автоматизированных систем. К ним относятся программно-управляемые меры электрических величин, активные масштабные преобразователи, устройства сравнения, коммутаторы и т.д.

Решению этой проблемы уделяется большое внимание, и уже в настоящее время в практике поверочных работ, например, в области электро- и радиоизмерений, широкое распространение получили программно-управляемые меры сопротивления, калибраторы тока, напряжения, угла сдвига фаз и т. д.

Следующая проблема, которую необходимо решить, связана с выбором оптимального уровня автоматизации поверочных работ применительно к конкретной группе СИ.

### **1.3 Требования к выполнению поверочных работ**

В настоящее время требования к выполнению поверочных работ детально урегулированы Законом об обеспечении единства измерений [6] и подзаконными актами к нему.

ФЗ № 102 [6] устанавливает правила поверки СИ:

– СИ, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, подлежат первичной поверке – до ввода в эксплуатацию, а так же периодической поверке – в процессе эксплуатации. Все СИ, применяемые в сфере государственного регулирования ОЕИ, обязаны своевременно предоставляться на поверку;

– поверку СИ могут осуществлять только лица, аккредитованные на право проведения поверки СИ, в соответствии с законодательством РФ;

– правительством РФ устанавливается перечень СИ, поверку которых могут осуществлять только аккредитованные центры метрологии;

– результаты поверки СИ должны удостоверяться знаком поверки и (или) свидетельством, и (или) соответствующей записью в паспорте (формуляре) на СИ. Результаты должны быть заверены подписью и знаком поверки поверителя;

– сведения о результатах поверки СИ, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования ОЕИ, передаются в Росстандарт лицами, проводящими поверку СИ [6].

На основании Закона об обеспечении единства измерений [6] требования, касающиеся порядка проведения поверки СИ, знака поверки и содержания свидетельства о поверке, установлены и описаны в приказе Минпромторга России № 1815 [7].

В соответствии с приказом Минпромторга № 1815 [7]:

– показатели точности, интервал между поверками СИ, а также методика поверки каждого типа СИ должны устанавливаться при утверждении типа СИ;

– эталоны единиц величин, используемые при поверке СИ, должны быть аттестованы;

– если СИ по результатам поверки признано непригодным к применению, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности к применению;

– в целях предотвращения доступа к узлам регулировки и (или) элементам конструкции СИ, на СИ устанавливаются специальные пломбы. Количество и расположение пломб определяются при утверждении типа СИ.

При предоставлении СИ на поверку необходимо соблюдать следующие требования:

– СИ представляются на поверку чистыми, расконсервированными, с руководством по эксплуатации, методикой поверки, паспортом и свидетельством о последней поверке, техническим описанием, а также необходимыми комплектующими устройствами. Представление этих документов на поверку

является необязательным и указывается при заключении договора (контракта) на проведение поверки СИ, в случае наличия эксплуатационной документации у поверителя;

– СИ, эксплуатируемые в агрессивных (специальных) средах, должны представляться на поверку обеззараженными, нейтрализованными, дезактивированными.

В разделе поверка СИ установлены следующие требования:

– результаты поверки действительны в течение межповерочного интервала;

– срок действия результатов поверки СИ:

а) для СИ, на которые выдается свидетельство о поверке – до даты, указанной в свидетельстве о поверке СИ;

б) для СИ, на которые наносится знак поверки, но свидетельство о поверке не выдается:

1) если указан месяц поверки – до конца месяца, предшествующего месяцу проведения поверки (с учетом межповерочного интервала);

2) если указан квартал поверки – до конца квартала, предшествующего кварталу поверки;

3) если указан только год поверки – до 31 декабря года, предшествующего году поверки;

– при выпуске из производства до ввода в эксплуатацию допускается проведение первичной поверки однотипных СИ на основании выборки, если это установлено методикой поверки;

– поверка может проводиться на контрольно-поверочных пунктах (КПП) при изготовителях СИ и организациях, производящих ремонт СИ;

– периодической поверке подвергается каждый экземпляр СИ.

Периодическую поверку СИ, предназначенных для измерений нескольких величин или имеющих несколько поддиапазонов измерений, но используемых на их меньшем числе, допускается проводить на основании письменного заявления

владельца СИ, оформленного в произвольной форме, при условии наличия в методике поверки соответствующих указаний;

– внеочередная поверка осуществляется, в том числе в случаях:

- а) несоответствия знака поверки формам (нарушенные знаки поверки);
- б) повреждения пломбы;
- в) проведения повторной регулировки или настройки, с вскрытием пломб;

– в случае утраты свидетельства о поверке или паспорта на СИ выдается дубликат свидетельства о поверке с пометкой «Дубликат» в одном экземпляре.

Требования к знаку поверки, установленные приказом Минпромторга № 1815 [7] содержат следующее:

– знак поверки представляет собой оттиск, наклейку или иное условное изображение нанесенное на СИ, свидетельство или паспорт и содержит следующую информацию:

- а) знак Федерального агентства по техрегулированию и метрологии;
- б) условный шифр аккредитованного лица;
- в) две последние цифры года нанесения знака поверки;
- г) индивидуальный шифр поверителя;

– в случае наличия в методике поверки указания в поле знака поверки размещается информация о квартале или месяце года нанесения знака поверки, в частности:

- а) месяц поверки - если когда межповерочный интервал менее 3 лет;
- б) квартал , если межповерочный интервала не более 10 лет;
- в) если интервал более 10 лет - месяц или квартал не указываются;

– в целях автоматизации идентификации СИ, а также в целях накопления информации о результатах поверок знак поверки содержит штрих-коды (рисунок 1.5);



Рисунок 1.5 – Знак поверки

– знак поверки можно наносить различными способами (ударный, давление на пломбу или специальную мастику, наклеивание, другие способы (пескоструйный, методом выжигания и др.));

– знак поверки имеет следующие формы:

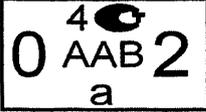
<p>Научный метрологический институт</p> 	<p>Региональный центр метрологии</p> 	<p>Юридические лица и индивидуальные предприниматели</p>	
		<p>первичная</p> 	<p>периодическая</p> 

Рисунок 1.6 – Формы знака поверки

За поверителем могут закрепляться индивидуальные поверительные клейма, имеющие индивидуальный знак поверителя. Передача таких клейм другим лицам запрещается.

Индивидуальный знак поверителя обозначается одной из строчных букв, взятых из русского, латинского или греческого алфавитов. Символы могут наноситься с поворотом на 90°, 180° или 270°.

Месяц года обозначается арабскими цифрами. Квартал года обозначается римскими цифрами.

С каждого поверительного клейма снимается по одному оттиску (оставляется по одному экземпляру наклеек). Хранятся не менее двух периодов действия знака поверки.

По истечении срока использования знаков поверки они уничтожаются путем приведения их в состояние, не допускающее их дальнейшее применение. Уничтожение поверительного клейма фиксируется актом.

Требования к содержанию свидетельства о поверке устанавливают:

- правила содержания информации свидетельства о поверке СИ;
- форму свидетельства о поверки СИ;
- правила его заполнения.

## **2 Автоматизированные поверочные установки**

Стремление получить все более обширные и точные сведения о физических объектах, интенсификация потоков получаемой и перерабатываемой измерительной информации стимулируют непрерывный процесс развития СИ, выражающийся в повышении точности измерений и увеличении быстродействия СИ, что обеспечивает повышение достоверности полученной при измерениях информации.

Измерительная информация, получаемая в процессе выполнения измерений и современных научных исследований, в основном не может быть воспринята и интерпретирована человеком без дополнительной ее обработки и представления в форме, удобной для анализа (цифровое значение, функциональная зависимость выходной величины от входной в виде графика, таблицы, гистограммы и т. п.). Сложность алгоритмов обработки измерительной информации различна, и часто время, затрачиваемое на обработку информации без использования вычислительной техники, оказывается существенно большим, чем требуется для обеспечения нормального функционирования управляемого объекта исследований или производственного процесса. Это вызывает необходимость создания автоматических устройств, которые позволяют максимально освободить человека от сбора и обработки измерительной информации.

Автоматизированный процесс проведения поверки и калибровки обеспечивает гарантию того, что надлежащим образом будет выполнена требуемая последовательность калибровки или поверки в соответствии с техническими требованиями оборудования или утвержденной методикой поверки.

Если говорить непосредственно о ПО поверочных установок, то оно должно отвечать за автоматизацию поверки и управления как образцовыми, так и поверяемыми СИ.

Все больше и больше технических специалистов так или иначе связанных в области метрологии с обеспечением поверки приходят к выводу, что поверочные установки является наиболее полным и оптимальным решением при обеспечении

процесса поверки, особенно это актуально в организациях, где поверка является основным видом деятельности и требует больших временных и людских затрат.

Автоматизация процессов поверки и калибровки одновременно становится и более легкой, и более продуктивной. На первый взгляд видно, что процесс поверки и калибровки становится более быстрым. Но реально наиболее важным является последовательность всех операций в целом. Самодокументирование процесса дает уверенность в том, что все действия с СИ и все последовательности измерений выполнены правильно, последовательность измерений каждый раз повторяется, как это заложено в программе, информация о результатах поверки и калибровке записывается и хранится на сервере.

Поверочные установки так же помогают упростить комплексную задачу организации процесса поверки, делая этот процесс измерения более производительным. И конечно сократить время выполнения поверки и калибровки со снижением стоимости проводимых работ.

На сегодняшний день автоматизированные поверочные установки находят свое применение в различных отраслях промышленности. Используются для измерений различного рода величин: механических, электрических и магнитных, параметров потока вещества и расхода веществ, давления и тд.

И в настоящее время на рынке представлено достаточное количество компаний, выпускающих установки для поверки радиоэлектронных параметров. Выбор той или иной установки осуществляется с учетом требуемых параметров, условий ее эксплуатации и целого ряда экономических факторов. Основные требования, предъявляемые к этим устройствам — это диапазон создаваемых магнитных полей и однородность магнитного поля.

В рамках решения задачи процесса автоматизации поверки источников питания и электронных нагрузок возникает вопрос о приобретении специальных установок, предусмотренных для этих целей. В связи с этим был проведен сравнительный анализ различных установок, предлагаемых как отечественными, так и зарубежными производителями.

Результаты анализа показали, что несмотря на достаточный выбор изделий, стоимость данных установок во много превышает затраты на их изготовление. Также, данные установки имеют короткий жизненный цикл ПО. Как правило, через два-три года после внедрения ПО, меняются методики поверки, закупаются новые эталоны, поступают новые типы СИ для поверки. Как следствие – возникает задача по внесению изменений в ПО. Это бывает очень затратно, как по времени, так и по стоимости, при условии покупки ПО у сторонних организаций.

В связи с этим была разработана автоматизированная поверочная установка источников питания и электронных нагрузок (АПУ), которую предполагается использовать для проведения поверочных работ в АО «НПЦ «Полюс».

## **2.1 Автоматизированная поверочная установка источников питания и электронных нагрузок (АПУ)**

АПУ предназначена для поверки следующих СИ:

- источников питания;
- электронных нагрузок.

Установка АПУ применяется для комплектации поверочной лаборатории АО «НПЦ «Полюс».

АПУ выполняет следующие функции:

- автоматическая настройка и поверка СИ при помощи генерации и измерения электрических сигналов;
- расчет погрешностей поверяемых СИ с формированием и выдачей протокола поверки СИ;
- двусторонний обмен информацией и управление поверяемыми СИ с использованием ПО «АПУ».

Принцип работы установки основан на сличении МХ поверяемого СИ с эталоном единицы величины.

В состав АПУ входят:

- прецизионный мультиметр KEITHLY 2002;
- программируемый источник питания EA-PS 9500-90 3U;
- программируемый источник питания переменного тока АКПП 1202/4;
- шунт токовый прецизионный PCS-71000;
- электронная нагрузка постоянного тока ВК8526;
- блок управления (БУ);
- блок коммутации (БК);
- приборная стойка;
- ПО «АПУ» на CD-диске;
- комплект технической документации.

Функциональная схема АПУ приведена на рисунке 2.1.

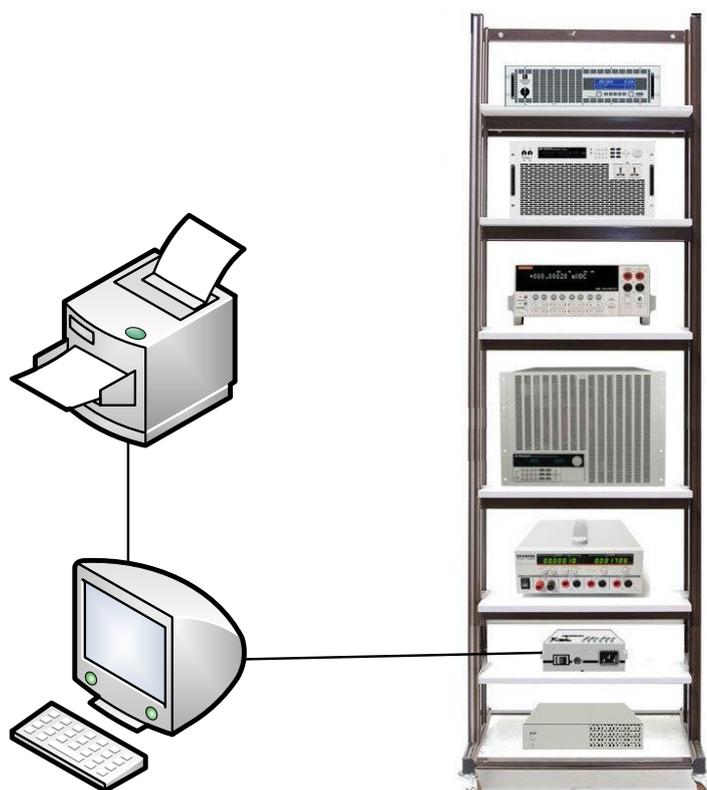


Рисунок 2.1 – Функциональная схема АПУ

Основные технические характеристики АПУ приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики АПУ

Функция	Диапазон	Разрешающая способность	Кол-во индицируемых разрядов
Измерение напряжения постоянного тока	от 0 до 200 мВ от 0 до 2 В от 0 до 20 В от 0 до 200 В от 0 до 1000 В	1 нВ 10 нВ 100 нВ 1 мкВ 10 мкВ	6
Измерение силы постоянного тока	от 0 до 30 мА от 0 до 300 мА от 0 до 3 А от 0 до 30 А от 0 до 300 А	0,01 мкА 0,1 мкА 1 мкА 10 мкА 0,1 мА	6
Генерация напряжения постоянного тока	от 0 до 500 В	0,1 В	4
Генерация силы постоянного тока	от 0 до 90 А	0,01 А	4
Мощность поверяемых приборов	от 0 до 5 кВт	0,001 кВт	4
Количество поверяемых каналов одного прибора	от 1 до 3	-	-

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности в режиме измерения и генерации электрических сигналов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности

Функция	Диапазон	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности
Измерение напряжения постоянного тока	от 0 до 200 мВ	$\pm (0,0015 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0008 \cdot U_{\text{пред}})$
	от 0 до 2 В	$\pm (0,0006 \cdot U_{\text{изм}} + 0,00008 \cdot U_{\text{пред}})$
	от 0 до 20 В	$\pm (0,0006 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0015 \cdot U_{\text{пред}})$
	от 0 до 200 В	$\pm (0,0014 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0002 \cdot U_{\text{пред}})$
	от 0 до 1000 В	$\pm (0,0014 \cdot U_{\text{изм}} + 0,00004 \cdot U_{\text{пред}})$
Измерение силы постоянного тока	от 0 до 30 мА	$\pm (0,0001 \cdot I_{\text{изм}} + 0,00005 \cdot I_{\text{пред}})$
	от 0 до 300 мА	
	от 0 до 3 А	
	от 0 до 30 А	

Функция	Диапазон	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности
Измерение силы постоянного тока	от 0 до 300 А	$\pm (0,0002 \cdot I_{\text{изм}} + 0,00005 \cdot I_{\text{пред}})$
Генерация напряжения постоянного тока	от 0 до 500 В	$\pm 0,5 \text{ В}$
Генерация силы постоянного тока	от 0 до 90 А	$\pm 0,18 \text{ А}$

Количество каналов коммутации БК и характеристики переключений указаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Характеристики каналов коммутации БК

Параметр	Канал	
	Коммутация напряжения	Коммутация тока
Количество каналов	4	6
Пропускаемый ток, А не более	5	390
Коммутируемое напряжение, В, не более	3000	40
Коммутируемая мощность, Вт, не более	50	380
Сопротивление, Ом, не более	0,1	0,002
Сопротивление изоляции, МОм, не менее	100	4
Время срабатывания, мс, не более	3	0,001

Рабочие условия применения:

- температура окружающего воздуха от плюс 18 до плюс 28 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 % без конденсации влаги при температуре 25 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- температура транспортирования и хранения от 0 до плюс 50 °С.

Питание установки осуществляется от сети переменного тока частотой  $(50,0 \pm 0,4)$  Гц и напряжением  $(220 \pm 22)$  В,  $(380 \pm 38)$  В.

Потребляемая мощность установки не более 750 В·А.

Средний срок службы не менее 10 лет.

## 2.2.1 Аппаратное обеспечение АПУ

АПУ выполнена в виде функционально законченного рабочего места поверителя, состоящего из приборной стойки, в которой установлены:

- прецизионный мультиметр KEITHLY 2002;
- программируемый источник питания EA-PS 9500-90 3U;
- программируемый источник питания переменного тока АКПП 1202/4;
- шунт токовый прецизионный PCS-71000;
- электронная нагрузка постоянного тока ВК8526;
- БУ;
- БК.

На рисунке 2.2 приведена структурная схема АПУ.

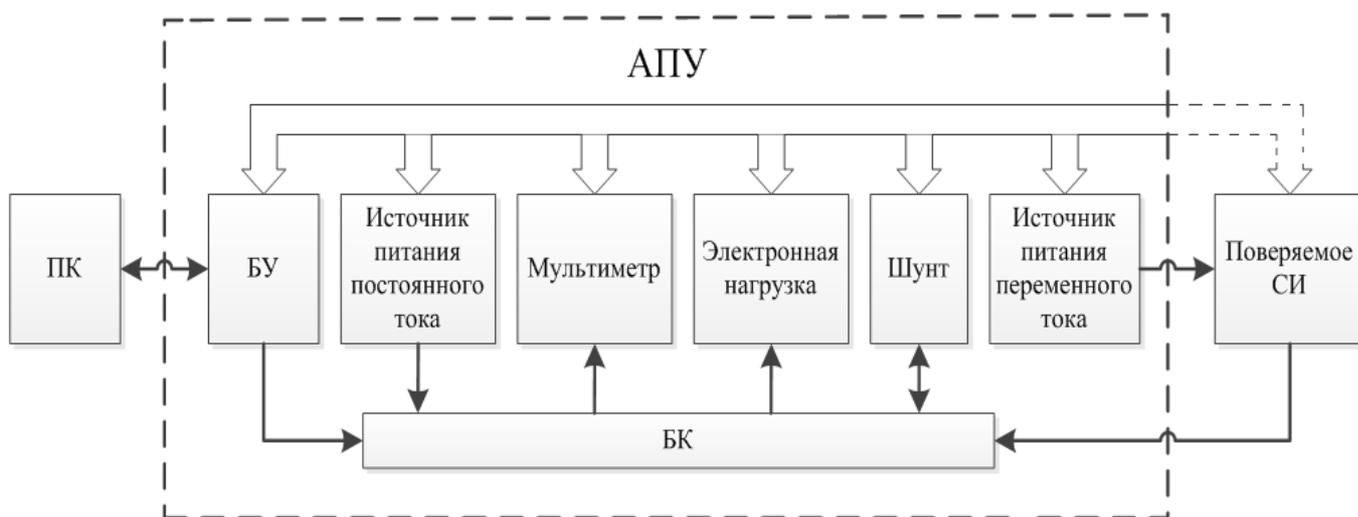


Рисунок 2.2 – Структурная схема АПУ.

АПУ имеет 4 канала для формирования и измерения напряжений и 6 независимых каналов для формирования и измерения токов. Задание параметров сигнала осуществляется записью данных в БУ из библиотеки ПК по интерфейсу USB с помощью ПО «АПУ». Отображение параметров сигналов осуществляется на ПК в ПО «АПУ». Установка АПУ обеспечивает формирование токов и напряжений с параметрами и в диапазонах, указанными в формуляре.

На рисунке 2.3 представлен вид приборной стойки и СИ, расположенных в ней.



1 – источник питания EA-PS 9500-90 3U; 2 – источник питания АКПП 1202/4; 3 – мультиметр KEITHLEY 2002; 4 – электронная нагрузка ВК8526; 5 – шунт токовый PCS-71000; 6 – блок управления; 7 – блок коммутации; 8 – приборная стойка

Рисунок 2.3 – Приборная стойка

Прецизионный цифровой мультиметр Keithley 2002 обладает высокой точностью измерений, высокой разрешающей способностью и чувствительностью, в сочетании с высокой производительностью.

Основные характеристики мультиметра Keithley 2002 приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Характеристики мультиметра Keithley 2002

Диапазон	Разрешение	Входное сопротивление	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности
200 мВ	1 нВ	> 100 ГОм	$\pm (0,0015 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0008 \cdot U_{\text{пред}})$
2 В	10 нВ	> 100 ГОм	$\pm (0,0006 \cdot U_{\text{изм}} + 0,00008 \cdot U_{\text{пред}})$
20 В	100 нВ	> 100 ГОм	$\pm (0,0006 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0015 \cdot U_{\text{пред}})$
200 В	1 мкВ	10 Моm $\pm 1\%$	$\pm (0,0014 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0002 \cdot U_{\text{пред}})$
1000 В	10 мкВ	10 Моm $\pm 1\%$	$\pm (0,0014 \cdot U_{\text{изм}} + 0,00004 \cdot U_{\text{пред}})$

Программируемый источник питания постоянного тока EA-PS 9500-90 3U предназначен для установки заданных значений напряжения и силы постоянного тока.

Основные характеристики источника питания приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Основные характеристики источника питания EA-PS 9500-90 3U

Параметр	Значение	
Максимальные значения	напряжение, В	500
	сила тока, А	90
	мощность, Вт	15000
Уровень пульсаций, не более	по напряжению, мВ (ампл.)/(скз)	300 / 70
	по току, мА (ампл.)/(скз)	50 / 23
Напряжение питания частотой от 45 до 66 Гц, В	диапазон	от 340 до 460
	номинальное	380 (3 фазы)
Пределы допускаемой основной приведенной к максимальному значению погрешности установки воспроизводимого сигнала	1,2 %	
Пределы допускаемой приведенной к максимальному значению погрешности индикации воспроизводимого сигнала	0,85 %	

Программируемый источник питания переменного тока АКПП 1202/4 предназначен для стабилизированного питания поверяемого СИ напряжением переменного тока.

Основные характеристики источник питания переменного тока АКПП 1202/4 приведены в таблицах 2.6, 2.7.

Таблица 2.6 – Характеристики источника питания переменного тока АКПП 1202/4

Параметр	Значение
Диапазон напряжений	от 0 до 300 В (2 поддиапазона 150В/300 В)
Дискретность установки	0,1 В
Погрешность установки	$\pm (0,2 \% + 0,6 \text{ В})$
Нестабильность	0,1% при изменении напряжения питания ( $\pm 10 \%$ ), $\leq 0,5 \%$ при изм. тока нагрузки
Коэффициент гармоник	$\leq 0,5 \%$ (резистивная нагрузка)

Коэффициент амплитуды	$\geq 4$
Время установления	$< 100$ мкс
Диапазон частот	от 45 до 500 Гц
Дискретность установки	0,1/1 Гц
Погрешность установки	0,1 Гц

Таблица 2.7 – Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности источника питания переменного тока АКПП 1202/4

Диапазон измерения	Разрешение	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности
от 0 до 120 мА	0,1 мА	$\pm (0,002 \cdot I_{\text{изм}} + 0,4 \text{ мА})$
от 0 до 1,2 А	1 мА	$\pm (0,002 \cdot I_{\text{изм}} + 4 \text{ мА})$
от 0 до 3 А	10 мА	$\pm (0,002 \cdot I_{\text{изм}} + 20 \text{ мА})$
от 0 до 12 А	10 мА	$\pm (0,002 \cdot I_{\text{изм}} + 20 \text{ мА})$
от 0 до 96 А	0,01 А	$\pm (0,01 \cdot I_{\text{изм}} + 120 \text{ мА})$

Шунт токовый прецизионный PCS–7100 предназначен для расширения пределов измерения тока электроизмерительными приборами, измерения постоянного и переменного тока с повышенной точностью.

Основные технические характеристики шунта токового прецизионного PCS–7100 приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Характеристики шунта токового прецизионного PCS–7100

Значения сопротивлений	Диапазон токов	Погрешность сопротивления на постоянном токе	Погрешность сопротивления на переменном токе при частотах до 400 Гц
0,001 Ом	от 0 до 300 А	0,02 %	0,1 %
0,01 Ом	от 0 до 30 А	0,01 %	
0,1 Ом	от 0 до 3 А		
1 Ом	от 0 до 300 мА		
10 Ом	от 0 до 30 мА		

Электронная нагрузка постоянного тока ВК8526 предназначена для стабилизации силы тока посредством изменения и отображения сопротивления в режиме реального времени.

Основные технические характеристики электронной нагрузки постоянного тока представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Характеристики электронной нагрузки постоянного тока нагрузки ВК8526

Параметр	Диапазон	Дискретность	Погрешность
Напряжение	от 0 до 500 В	–	–
Ток	от 0 до 120 А		
Мощность	от 0 до 5000 Вт		
Режим стабилизации CV	от 0,1 до 18 В	1 мВ	$\pm (0,05 \% + 0,02 \% \text{ FS})$
	от 0,1 В до макс. В	10 мВ	$\pm (0,05 \% + 0,025 \% \text{ FS})$
Режим стабилизации CC	от 0 до 12 А	1 мА	$\pm (0,1 \% + 0,1 \% \text{ FS})$
	от 0 до макс. А	10 мА	$\pm (0,2 \% + 0,15 \% \text{ FS})$
Измерение тока	от 0 до 12 А	1 мА	$\pm (10,1 \% + 0,1 \% \text{ FS})$
	от 0 до макс. А	10 мА	$\pm (0,2 \% + 0,15 \% \text{ FS})$
Измерение напряжения	от 0 до 18 В	1 мВ	$\pm (0,02 \% + 0,02 \% \text{ FS})$
	от 0 до макс. В	10 мВ	$\pm (0,02 \% + 0,025 \% \text{ FS})$

Коммутатор цифровых сигналов – блок управления (БУ) предназначен для управления процессом поверки. БУ имеет интерфейсы GPIB, USB и UART. К GPIB подключаются эталоны АПУ, поверяемый прибор и контролируется процесс поверки. По USB происходит обмен данными между ПК и БУ (так же возможно подключение СИ не имеющего GPIB). БУ управляет блоком коммутации БК по UART (так же возможно подключение СИ не имеющего GPIB).

Таблица 2.10 – Характеристики БУ

Интерфейс	Максимальная скорость передачи данных	Поддержка
GPIB	1000 кб/с	IEEE488.1
USB	12 Мб/с	USB 2.0
UART	1 Мб/с	RS-485 и RS-232

Коммутатор силовой части – блок коммутации предназначен для коммутации цепей токов и напряжений между эталонами АПУ и поверяемым СИ. Основные технические характеристики приведены в таблице 2.3. БК управляется с помощью БУ по интерфейсу UART.

### 2.2.2 Программное обеспечение АПУ

ПО «АПУ» предназначено для организации проведения автоматизированной поверки СИ. Выполняет следующие функции: сбор, отображение и регистрирование информации о параметрах СИ в ходе проведения поверки, генерация отчётов о результатах проведения поверки СИ, а также хранение и редактирование БД с информацией о поверяемых СИ.

Перед началом работы следует проверить работоспособность, исправность АПУ в соответствии с эксплуатационной документацией. Если АПУ исправна, то можно приступать к поверке СИ. Перед началом проведения поверки необходимо подключить поверяемое СИ к АПУ. На ПК поверителя запустить ПО «АПУ», которое реализует управление функционированием установки.

В основу построения ПО «АПУ» положен принцип визуализации технологической информации АПУ, полученной в реальном масштабе времени.

Перечень МХ, определяемых АПУ при проведении поверки СИ, приведен в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Перечень МХ, определяемых АПУ при проведении поверки СИ

Наименование поверяемого СИ	Характеристика
Источник питания	Нестабильность силы постоянного тока на выходе при изменении напряжения электропитания источника
	Нестабильность напряжения постоянного тока на выходе при изменении силы тока в нагрузке
	Уровень пульсации напряжения постоянного тока на выходе
	Нестабильность напряжения постоянного тока на выходе при изменении напряжения электропитания источника
	Нестабильность силы постоянного тока на выходе при изменении напряжения на нагрузке
	Уровень пульсации силы постоянного тока на выходе

Электронная нагрузка	Абсолютная погрешность установки силы постоянного тока
	Абсолютная погрешность установки напряжения постоянного тока
	Абсолютная погрешность установки и измерений силы постоянного тока при работе в режиме стабилизации силы постоянного тока
	Абсолютная погрешность установки и измерений напряжения постоянного тока в режиме стабилизации напряжения
	Абсолютная погрешность установки и измерений электрической мощности при работе в режиме стабилизации мощности
	Проверка ПО

Для отображения текущей информации, а также для ввода и указания различных параметров используются стандартные элементы управления Windows (кнопки, списки, текстовые поля и т.д.), что делает работу с программой «АПУ» простой и удобной. Для хранения информации о поверяемых СИ используется БД, для облегчения последующих поверок приборов одних типов. Вся технологическая информация о ходе проведения поверки, а также справочная информация из БД отображается на экране в удобной для оператора форме, а процессы проведения поверки и редактирования информации БД автоматизированы, для упрощения проведения поверки.

Перед началом работы с АПУ поверителю необходимо:

- изучить руководство по эксплуатации (приложение Б);
- провести внешний осмотр АПУ;
- проверить правильность подключения аппаратной части.

Для включения АПУ поверителю необходимо выполнить следующие действия:

- включить питание АПУ;
- включить ПК, в соответствии с эксплуатационной документацией;
- по окончании загрузки операционной системы запустить на ПК ПО

«АПУ».

На экране появится главное окно ПО «АПУ» (рисунок 2.4).

Главное окно программы «АПУ» состоит из четырех панелей: «ПРЕДУСТАНОВКИ», «ПОВЕРЯЕМОЕ СИ», «ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ», «РЕЗУЛЬТАТ ПОВЕРКИ».

Для проведения диагностики АПУ на панели «ПРЕДУСТАНОВКИ» необходимо нажать кнопку «Диагностика АПУ». По завершению диагностики в окне «Состав АПУ», появится перечень устройств (с подробной информацией), входящих в состав АПУ, которые находятся в исправном состоянии и готовы к работе.

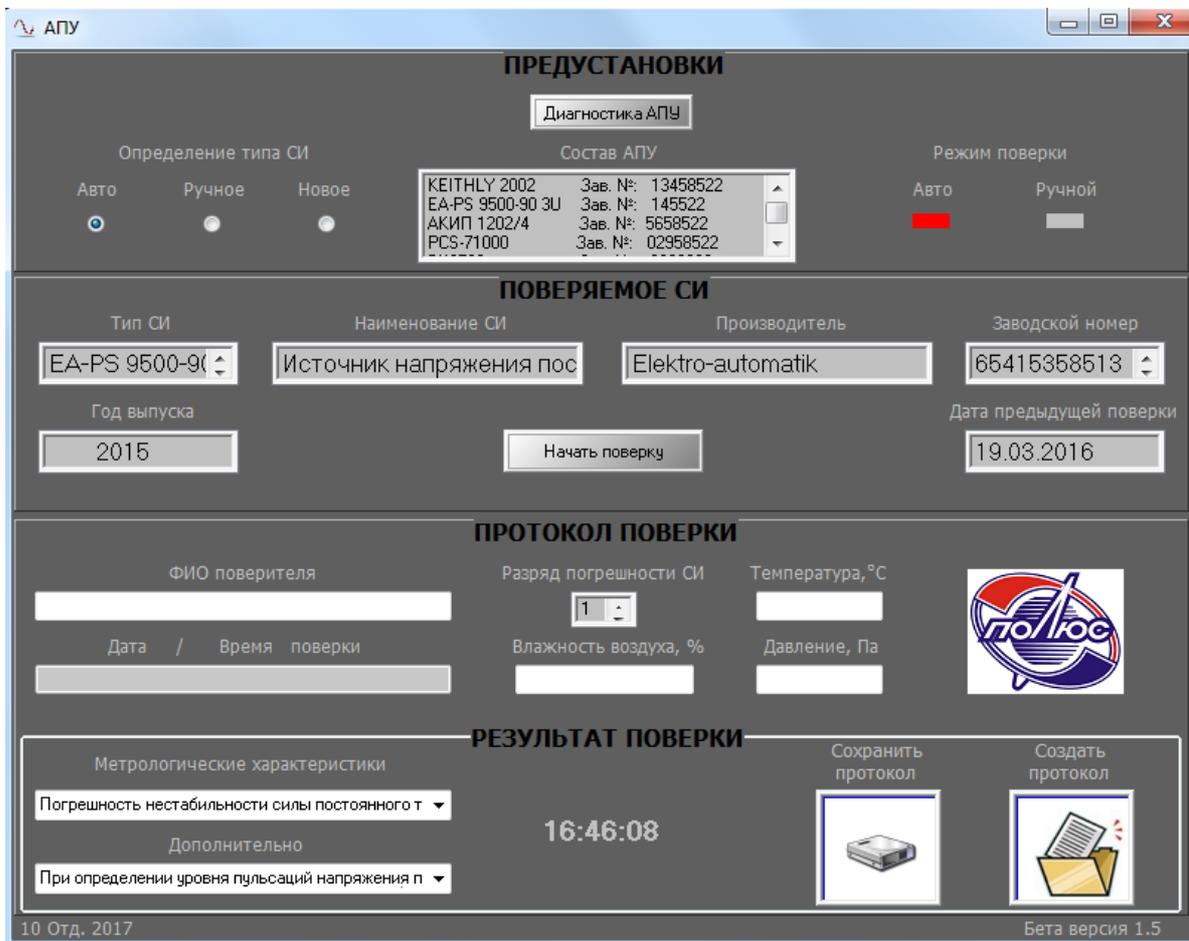


Рисунок 2.4 – Главное окно ПО «АПУ»

Для подготовки к поверке необходимо определить тип поверяемого СИ одним из трех возможных вариантов:

– «Авто» (при выборе этого пункта ПК посылает «запрос» на БУ, который в свою очередь по GPIB опрашивает поверяемое СИ. Информация, полученная БУ, автоматически отображается в ПО «АПУ» в соответствующих полях панели «ПОВЕРЯЕМОЕ СИ», а именно: тип СИ, описание СИ, производитель, заводской номер, год выпуска и дата предыдущей поверки);

– «Ручное» (используется при отсутствии у поверяемого СИ интерфейсного управления. Поверителю необходимо выбрать на панели «ПОВЕРЯЕМОЕ СИ» тип СИ и соответствующий ему заводской номер. При этом поля «Производитель», «Год выпуска» и «Дата предыдущей поверки» будут заполнены автоматически);

– «Новое» (используется в случае, если СИ нет в БД ПО «АПУ». Поверителю необходимо заполнить вручную все текстовые поля панели «ПОВЕРЯЕМОЕ СИ»: «Тип СИ», «Описание СИ», «Производитель», «Заводской номер», «Год выпуска» и «Дата предыдущей поверки». Данные о СИ автоматически сохраняются в БД ПО «АПУ»);

При определении типа СИ «Ручное» или «Авто» индикаторные кнопки поля «Режим поверки» неактивны. Режим поверки устанавливается автоматически (рисунок 2.5).

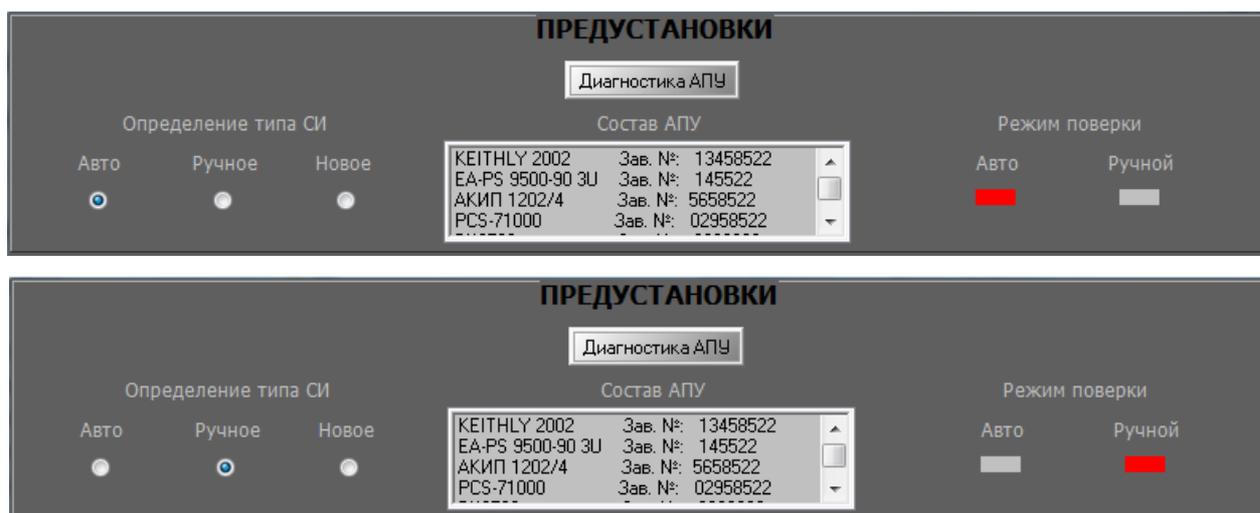


Рисунок 2.5 – Определение типа СИ

При добавлении нового поверяемого СИ индикаторные кнопки поля «Режим поверки» активны. Оператору необходимо выбрать самостоятельно режим «Ручной» (процесс проведения поверки выполняется оператором) или «Авто» (процессом проведения поверки управляет АПУ).

Заполнить текстовые поля на панели «ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ». Установить значение количества разрядов погрешности СИ. Неактивное окно «Дата / Время поверки» будет заполнено автоматически (рисунок 2.6).

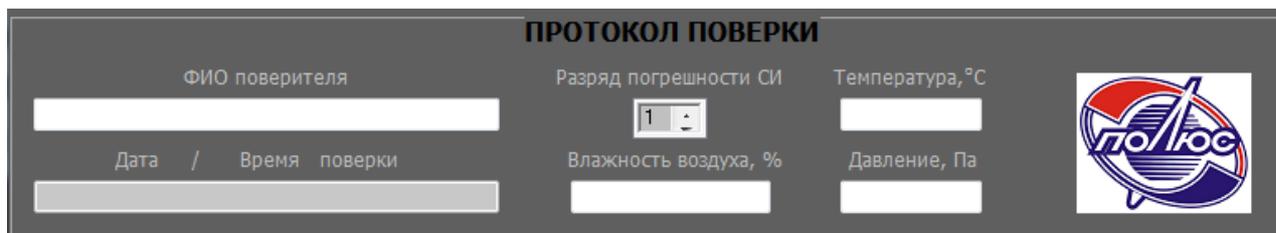


Рисунок 2.6 – раздел «ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ»

Для запуска процедуры проведения поверки СИ необходимо нажать кнопку кнопки «Начать поверку» в главном окне ПО «АПУ».

По окончании поверки СИ появляется дополнительное всплывающее окно, которое информирует поверителя о результате проведенной поверки СИ. Изображение всплывающих окон приведено на рисунке 2.7.

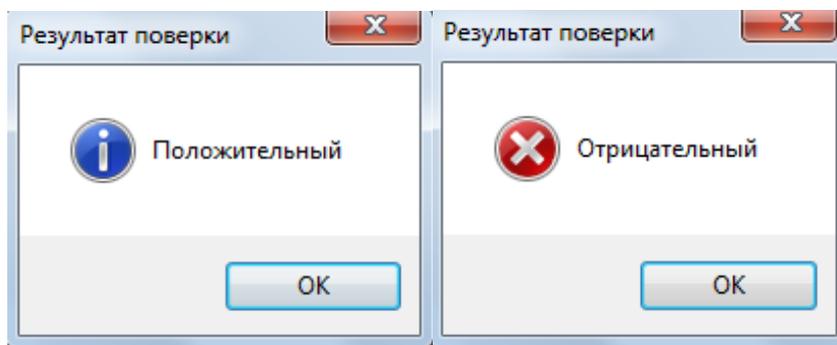


Рисунок 2.7 – Результат поверки

При нажатии на кнопку «Сохранить протокол» на панели «РЕЗУЛЬТАТ ПОВЕРКИ» (рисунок 2.8) данные, полученные в ходе поверки, заносятся в БД ПО «АПУ».

При нажатии кнопки «Создать протокол» на панели «РЕЗУЛЬТАТ ПОВЕРКИ» (рисунок 2.8) формируется протокол о результатах поверки в программе Microsoft Word и отображается на экране ПК в виде текстового документа в формате «.rtf».

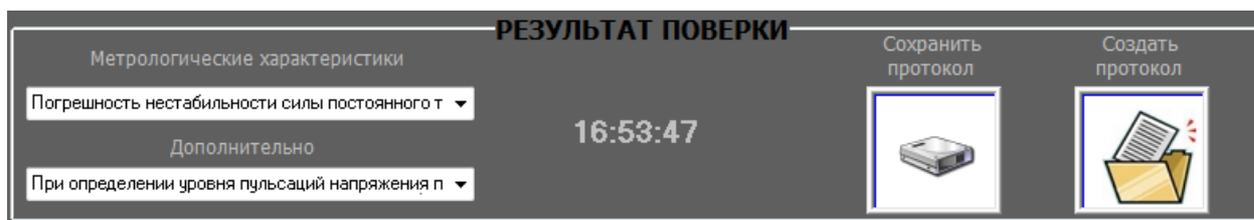


Рисунок 2.8 – Панель «РЕЗУЛЬТАТ ПОВЕРКИ»

### 2.2.3 Структурные схемы определения метрологических характеристик поверяемых средств измерений

Проведение поверки источников питания и электронных нагрузок – сложный трудоемкий процесс, который занимает большое количество времени, поскольку для определения МХ поверителю необходимо собирать несколько схем подключений приборов.

При проведении поверки СИ с помощью АПУ поверителю необходимо всего лишь подсоединить поверяемое СИ к АПУ и задать необходимые настройки в ПО «АПУ» в соответствии с эксплуатационной документацией.

В дальнейшем, схемы подключения СИ, при проведении поверки, «собирает» БК посредством команд, исходящих от БУ.

Схемы подключений СИ, реализованные в АПУ, соответствуют методикам поверки на поверяемые СИ.

При проведении поверки источников питания определяют МХ, приведенные в таблице 2.11.

Для этого в АПУ реализуются следующие схемы поверки:

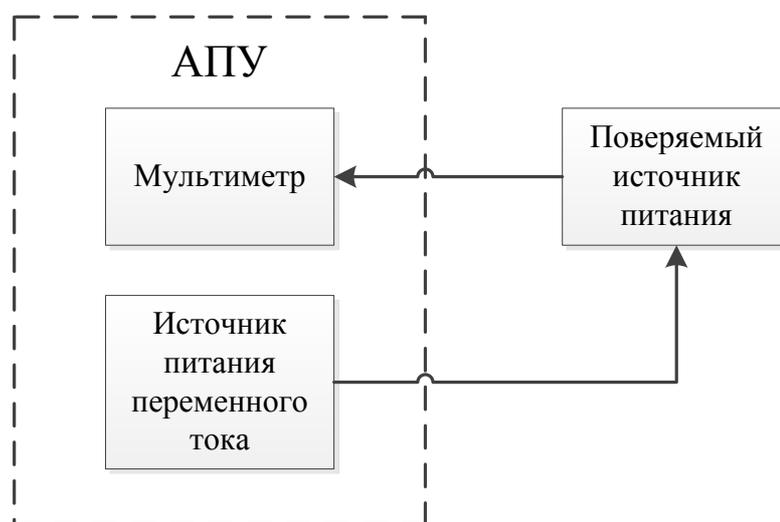


Рисунок 2.9 – Структурная схема для определения абсолютной погрешность установки напряжения постоянного тока, нестабильности напряжения постоянного тока на выходе при изменении напряжения электропитания

Абсолютная погрешность установки напряжения постоянного тока определяется по формуле:

$$\Delta = U_{уст} - U_{изм}, \quad (2.1)$$

где  $U_{уст}$  – значение напряжения по показаниям поверяемого прибора;

$U_{изм}$  – значение напряжения по показаниям мультиметра KEITHLY 2002.

Значение нестабильности выходного напряжения постоянного тока при изменении напряжения электропитания источника определяется по формуле:

$$\Delta = U_{уст} - \sqrt{\frac{\sum_1^n U_{н\text{ ср}}^2}{n}}, \quad (2.2)$$

где  $U_{уст}$  – значение напряжения по показаниям поверяемого прибора;

$U_{н\text{ ср}}$  – значение напряжения по показаниям мультиметра KEITHLY 2002;

$n$  – количество произведенных измерений.

Структурная схема для определения нестабильности напряжения постоянного тока на выходе при изменении силы тока в нагрузке, уровня пульсации напряжения постоянного тока на выходе приведена на рисунке 2.10.

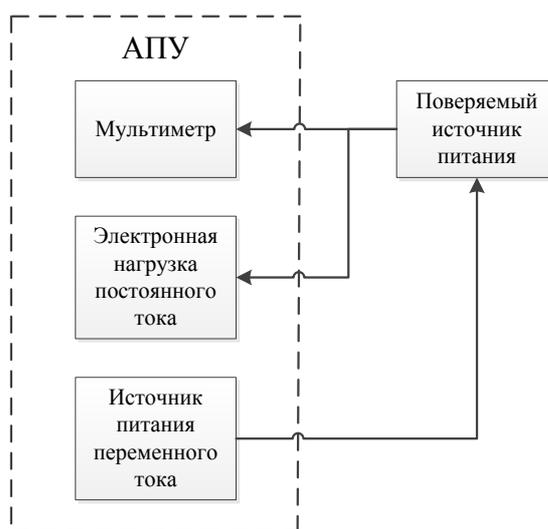


Рисунок 2.10 – Структурная схема для определения нестабильности напряжения постоянного тока на выходе при изменении силы тока в нагрузке, уровня пульсации напряжения постоянного тока на выходе

При определении абсолютной погрешности установки силы постоянного тока, а так же при определении нестабильности силы постоянного тока на выходе при изменении напряжения электропитания источника в АПУ коммутируется схема, приведенная на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Структурная схема для определения абсолютной погрешности установки силы постоянного тока и нестабильности силы постоянного тока на выходе при изменении напряжения электропитания источника

Абсолютная погрешность установки постоянного тока определяется по формуле:

$$\Delta = I_{уст} - U_{изм}/R, \quad (2.3)$$

где  $I_{уст}$  – значение силы тока на выходе по показаниям поверяемого прибора;

$U_{изм}$  – значение напряжения по показаниям мультиметра KEITHLY 2002;

$R$  – значение сопротивления по показаниям катушки.

Значение нестабильности постоянного тока на выходе при изменении напряжения электропитания источника определяется по формуле:

$$\Delta = I_{уст} - \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\sum_1^n U_{н\text{сп}}^2}{n}}, \quad (2.4)$$

где  $I_{уст}$  – значение силы тока на выходе по показаниям поверяемого прибора;

$U_{н\text{сп}}$  – значение напряжения по показаниям мультиметра KEITHLY 2002;

$R$  – значение сопротивления катушки;

$n$  – количество произведенных измерений.

Для определения нестабильности силы постоянного тока на выходе при изменении напряжения на нагрузке и уровня пульсации силы постоянного тока на выходе в АПУ реализована следующая схема:



Рисунок 2.12 – Структурная схема для определения нестабильности силы постоянного тока на выходе при изменении напряжения на нагрузке и уровня пульсации силы постоянного тока на выходе

Значение уровня пульсации выходного постоянного тока определяется по формуле:

$$I_{\text{пульс}} = U/R, \quad (2.5)$$

где  $U$  – значение напряжения по показаниям мультиметра KEITHLY 2002;

$R$  – значение сопротивления катушки.

При проведении поверки электронных нагрузок выполняют следующие операции:

– абсолютную погрешность установки и измерений силы постоянного тока при работе в режиме стабилизации силы постоянного тока;

- абсолютную погрешность установки и измерений напряжения постоянного тока в режиме стабилизации напряжения;
- абсолютную погрешность установки и измерений мощности при работе в режиме стабилизации мощности;
- проводят проверку ПО.

Для определения абсолютной погрешности установки и измерений силы постоянного тока при работе в режиме стабилизации силы постоянного тока в АПУ реализована следующая схема:



Рисунок 2.13 – Структурная схема для определения абсолютной погрешности установки и измерений силы постоянного тока при работе в режиме стабилизации силы постоянного тока

Абсолютная погрешность установки постоянного тока определяется по формуле:

$$\Delta = I_{уст} - I_{действ}, \quad (2.6)$$

где  $I_{уст}$  – значение силы постоянного тока, установленное на нагрузке;

$I_{действ}$  – действительное значение силы постоянного тока, протекающего через нагрузку, измеренное с помощью токового шунта.

Ток, протекающий через нагрузку, определяется по следующей формуле:

$$I_{действ} = U/R, \quad (2.7)$$

где  $U$  – значение падения напряжения на шунте, измеренное мультиметром KEITHLY 2002;

$R$  – действительное сопротивление токового шунта.

Абсолютная погрешность измерений силы постоянного тока определяется по формуле:

$$\Delta = I_{\text{изм}} - I_{\text{действ}}, \quad (2.8)$$

где  $I_{\text{изм}}$  – значение силы постоянного тока, измеренное поверяемой нагрузкой;

$I_{\text{действ}}$  – действительное значение силы постоянного тока, протекающего через нагрузку, измеренное с помощью токового шунта.

Для определения абсолютной погрешности установки и измерений напряжения постоянного тока в режиме стабилизации напряжения в АПУ реализована следующая схема:

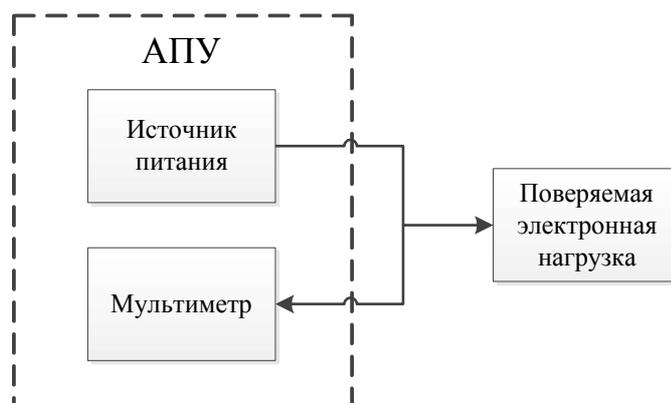


Рисунок 2.14 – Структурная схема для определения абсолютной погрешности установки и измерений напряжения постоянного тока в режиме стабилизации напряжения

Абсолютная погрешность установки напряжения постоянного тока определяется по формуле:

$$\Delta = U_{\text{уст}} - U, \quad (2.9)$$

где  $U_{\text{изм}}$  – значение напряжения постоянного тока, установленное на поверяемой нагрузке;

$U$  – значение напряжения постоянного тока, измеренное с помощью мультиметра KEITHLY 2002.

Абсолютную погрешность измерений напряжения постоянного тока определить по формуле:

$$\Delta = U_{\text{изм}} - U, \quad (2.10)$$

где  $U_{\text{изм}}$  – значение напряжения постоянного тока, измеренное поверяемой нагрузкой;

$U$  – значение напряжения постоянного тока, измеренное с помощью мультиметра KEITHLY 2002.

Для определения абсолютной погрешности установки и измерений мощности при работе в режиме стабилизации мощности в АПУ происходит коммутация следующей схемы:



Рисунок 2.15 – Структурная схема для определения абсолютной погрешности установки и измерений мощности при работе в режиме стабилизации

Значение мощности, протекающей через нагрузку, определяется по формуле:

$$P_{\text{действ}} = U \cdot I_{\text{действ}}, \quad (2.11)$$

где  $P_{\text{действ}}$  – действительное значение мощности, протекающей через нагрузку;

$U$  – значение напряжения постоянного тока, измеренное с помощью мультиметра KEITHLY 2002;

$I_{\text{действ}}$  – действительное значение силы постоянного тока, протекающего через нагрузку, вычисленное по формуле (2.7).

Абсолютную погрешность установки мощности, протекающей через нагрузку, определить по формуле:

$$\Delta = P_{\text{уст}} - P_{\text{действ}}, \quad (2.12)$$

где  $P_{\text{уст}}$  – установленное значение мощности на поверяемой нагрузке;

$P_{\text{действ}}$  – действительное значение мощности, протекающей через нагрузку.

Абсолютную погрешность измерений мощности определяют по формуле:

$$\Delta = P_{\text{изм}} - P_{\text{действ}}, \quad (2.13)$$

где  $P_{\text{уСИЗМТ}}$  – значение мощности, измеренное поверяемой нагрузкой;

$P_{\text{действ}}$  – действительное значение мощности, протекающей через нагрузку.

### **2.3 Требования к проведению поверочных работ источников питания и электронных нагрузок**

Поверка СИ производится по документам, разработанным и утвержденным в установленном порядке.

Рекомендации по классификации документов по поверке, а также порядок их разработки, согласования, утверждения, регистрации, издания, пересмотра и отмены приведены в РМГ 51. Кроме того, РМГ 51 регламентирует правила построения методики поверки СИ.

Документы по поверке могут разрабатываться в виде:

– национальных (межотраслевых) стандартов групп однотипных (одного типа) СИ (при наличии стандартов общих ТУ к соответствующим СИ);

– рекомендаций по поверке групп однотипных (одного типа) СИ, принимаемых национальным органом по метрологии или (по его поручению) его организациями.

Кроме того, методика поверки может быть изложена в отдельных документах (например, инструкция по поверке) в составе эксплуатационной документации или разделов эксплуатационных документов (например, инструкций по эксплуатации), представляемых на испытания с целью утверждения типа СИ.

Однако, и как отдельный документ, и в виде раздела какого-либо эксплуатационного документа он должен быть утвержден государственными научными метрологическими центрами.

В соответствии с РМГ 51 документы по поверке должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующем порядке:

- операции поверки;
- средства поверки;
- требования безопасности;
- условия поверки;
- подготовка к поверке;
- проведение поверки;
- обработка результатов измерений;
- оформление результатов поверки;
- приложения.

Может быть дополнительно включён раздел «Требования к квалификации поверителей» (если к ней предъявляются особые требования). В обоснованных случаях допускается объединять или исключать отдельные разделы.

При проведении поверки источников питания и электронных нагрузок, составляющих парк СИ АО «НПЦ «Полус», предъявляются требования к каждому из выше перечисленных разделов.

В разделе «Операции поверки» устанавливают перечень операций, проводимых при поверке СИ. Операции поверки источников питания и электронных нагрузок были приведены в таблице 2.11.

Раздел «Средства поверки» содержит перечень СИ, необходимых для проведения поверки. Приведенные в перечне СИ подбираются таким образом, чтобы обеспечивалось измерение значений соответствующих величин с требуемой точностью. А так же все СИ, используемые при поверке, должны быть поверены в срок и иметь свидетельства с действующими сроками поверки.

Далее, раздел «Требования к квалификации поверителей». К поверке приборов допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, прошедшие инструктаж по технике безопасности, изучившие техническую документацию на поверяемые СИ, основные и вспомогательные СИ и методики поверки на поверяемые СИ. Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже III.

Раздел «Требования безопасности» содержит требования, которые обеспечивают безопасность труда, производственную санитарию, охрану окружающей среды при проведении поверочных работ.

При проведении поверки источников питания и электронных нагрузок должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.3, ГОСТ 12.3.019, ГОСТ 12.3.019 правила эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденный Главгосэнергонадзором. Требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г № 328Н [16].

Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

Раздел «Условия поверки» содержит перечень величин, которые необходимо нормировать при поверке, влияющих на МХ поверяемых СИ, с указанием

номинальных значений влияющих величин и допускаемых отклонений от номинальных значений с учетом требований ГОСТ 8.395.

Раздел «Подготовка к поверке» содержит перечень работ, которые проводят перед поверкой, и способы их выполнения.

При подготовке к проведению поверки поверитель должен:

- провести технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ;
- проверить наличие действующих свидетельств поверки на основные и вспомогательные средства поверки;
- подготовить к работе средства поверки и поверяемое СИ согласно их эксплуатационной документации;
- провести контроль условий проведения поверки перед ее началом.

Раздел «Проведение поверки» содержит подразделы: внешний осмотр, опробование, определение МХ.

Процедура поверки СИ должна проводиться строго по методике поверки.

Раздел «Обработка результатов измерений» включают в документ по поверке только при наличии сложных способов обработки результатов измерений или приводят ссылку на документ, в котором установлены способы обработки результатов измерений.

Требования к оформлению результатов поверки СИ указываются в соответствующем разделе методики поверки «Оформление результатов поверки». [7].

При положительных результатах поверки источников питания и электронных нагрузок оформляется свидетельство о поверке в соответствии с приказом Минпромторга России № 1815 [7].

Знак поверки наносится в месте, установленном в описании типа СИ.

При несоответствии результатов поверки требованиям любого из пунктов настоящей методики нагрузки к дальнейшей эксплуатации не допускаются, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности в соответствии с приказом Минпромторга России № 1815 [7].

В соответствии с РМГ 51 в приложениях к документу по поверке могут быть приведены:

- программа обработки результатов измерений на ПК;
- методика расчета погрешности поверки;
- форма протокола поверки;
- пояснение терминов;
- методики приготовления аттестованных смесей и отбора проб;
- научно-техническое обоснование требований к параметрам методики поверки (пределу допускаемой погрешности поверки; контрольному допуску, по которому принимают решение о годности СИ, числу поверяемых точек, числу измерений в каждой поверяемой точке и т.д.);
- другие требования, способствующие исключению ошибок при поверке и повышению производительности поверочных работ, например, указания по применению вычислительной техники.

### **3 Разработка документации**

В ходе магистерской диссертации были разработаны следующие документы: ТУ (приложение А), руководство по эксплуатации (приложение Б).

Данные документы разрабатывались с целью проведения испытаний и аттестации АПУ.

#### **3.1 Требования, предъявляемые к разработке технических условий**

В соответствии с ГОСТ 2.114 ТУ являются конструкторской документацией (КД), которая содержит требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке.

В соответствии с ГОСТ 2.114 ТУ разрабатываются по решению разработчика или заказчика, если это никак не отражено в ТЗ.

ТУ можно разрабатывать как на 1 изделие, так и сразу на несколько материалов, веществ, изделий (включая серийное производство). При этом они не должны находиться в противоречии с обязательными стандартами, распространяющимися на это изделие.

ТУ разработаны согласно ГОСТ 2.114 и СТО АО «НПЦ «Полнос» и распространяются на автоматизированную поверочную установку источников питания и электронных нагрузок.

ТУ содержит вводную часть и разделы, которые расположены в следующем порядке:

- технические требования;
- требования безопасности;
- правила приемки;
- методы испытаний;
- транспортирование и хранение;
- указания по эксплуатации;
- гарантии предприятия-изготовителя.

В разделе «Технические требования» приведены требования, основные параметры, характеристики и нормы, которые определяют показатели качества и эксплуатационные характеристики установки. Установлены требования назначения, надежности, стойкости к внешним воздействиям, требования эргономики, требования к видам обеспечения, материалам, комплектности и конструкторские требования. Помимо этого указаны требования к маркировке и упаковке изделия.

В разделе «Требования безопасности», установлены требования, содержащие все виды допустимой опасности, таким образом, чтобы была обеспечена безопасность автоматизированной поверочной установки АПУ источников питания и электронных нагрузок в течение всего срока ее службы.

В раздел «Правила приемки» указаны порядок контроля изделия, виды испытаний и программа, которым должна подвергаться установка. Для проверки соответствия требованиям, разрабатываемых ТУ должны проводиться предъявительские и приемо-сдаточные испытания.

Предъявительские испытания проводятся службой контроля АО «НПЦ «Полюс» перед предъявлением установки для приемки заказчику в лице научно-исследовательской лаборатории метрологии АО «НПЦ «Полюс», для подтверждения выполнения установленных требований.

Согласно ГОСТ 16504 приемо-сдаточные испытания являются контрольными испытаниями установки при приемочном контроле.

Приемо-сдаточные испытания проводятся в следующем порядке: внешний осмотр, проверка комплектности, проверка схемы подключения, проверка электрического сопротивления изоляции в нормальных условиях, проверка электрической прочности изоляции, проверка электрических параметров в нормальных условиях климатических условиях, проверка функционирования ПО «АПУ», проверка массы, проверка упаковки, оформление результатов испытаний (см. ТУ, раздел 4.2).

На изделие прошедшие приемо-сдаточные испытания с положительным результатом, должны быть поставлены клейма и пломбы ОТК, сделаны отметки в формуляре, оформляется протокол испытаний, который включается в состав

сопроводительной документации АПУ. Все испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях с учетом ТУ.

### **3.2 Требования, предъявляемые к разработке руководства по эксплуатации**

Руководство по эксплуатации разработано согласно ГОСТ 2.610 и СТО АО «НПЦ «Полюс» является документом, удостоверяющим основные параметры и технические характеристики АПУ. Руководство по эксплуатации позволяет ознакомиться с АПУ и принципом его работы, а также устанавливает правила эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, применения, хранения, транспортирования и утилизации АПУ.

Для работы с АПУ персоналу необходима профессиональная подготовка. Также необходимы навыки работы с ПК и знать принцип работы АПУ и ПО «АПУ», для этого необходимо внимательно изучить руководство по эксплуатации (приложение Б).

Разработанное руководство по эксплуатации (приложение Б) включает в себя введение и следующие разделы:

- описание и работа АПУ;
- подготовка АПУ к использованию;
- использование АПУ;
- техническое обслуживание;
- характерные неисправности и способы их устранения;
- транспортирование;
- хранение;
- утилизация.

В части «Описание и работа АПУ» приведены сведения о назначении АПУ, её составе и основных технических характеристиках, а так же сведения о конструкции, устройстве и работе АПУ.

В разделе «Подготовка АПУ к использованию» содержится информация о мерах безопасности, подготовке АПУ к установке, непосредственно установка и подготовка ПО «АПУ» к работе.

Основным условием соблюдения мер безопасности является твердое знание обслуживающим персоналом АПУ и принципа ее работы и проверяемых ею СИ, правил их эксплуатации и требований технической документации.

«Подготовка АПУ к установке» – подраздел, в котором даны указания по проверке АПУ и приведению ее к установке.

Подраздел «Установка АПУ» содержит сведения о размещении АПУ на рабочем месте. Размещать АПУ на рабочем месте необходимо таким образом, чтобы обеспечивался доступ ко всем составным частям АПУ.

В подразделе «Подготовка ПО «АПУ» к работе» подробно описаны процессы установки и удаления ПО «АПУ», а так же условия запуска программы.

Для установки программы необходим CD-диск с ПО «АПУ». Управление программой осуществляется при помощи компьютерной мыши.

Часть «Использование АПУ» состоит из разделов:

- эксплуатационные ограничения;
- подготовка АПУ к работе;
- порядок работы.

Раздел «Эксплуатационные ограничения» содержит технические сведения, несоблюдение которых является недопустимым по правилам безопасности и которые могут привести к выходу АПУ из строя.

В разделе «Подготовка АПУ к работе» содержатся правила и порядок осмотра АПУ, особенности подготовки АПУ к использованию, указания о соединениях устройств, входящих в состав АПУ, указания по включению.

Перед работой с АПУ необходимо:

- изучить руководство по эксплуатации ПК;
- провести внешний осмотр АПУ;
- проверить комплектность АПУ.

Раздел «Порядок работы» содержит порядок действий поверителя при выполнении задач применения АПУ, а именно: перечень режимов работы АПУ, порядок и правила выбора режима работы АПУ, правила работы с панелями, входящими в состав ПО «АПУ», порядок работы по определению типа поверяемого СИ и заполнения соответствующих полей и порядок работы с результатами, полученными в процессе проведения поверки.

Раздел «Техническое обслуживание АПУ» содержит подразделы:

- общие указания;
- меры безопасности;
- техническое освидетельствование.

Подраздел «Общие указания» содержит характеристики технического обслуживания (ТО).

Подраздел «Меры безопасности» содержит в себе правила, которые необходимо соблюдать в соответствии с особенностями конструкции изделия в соответствии с ГОСТ 2.610.

Подраздел «Техническое освидетельствование» содержит порядок и периодичность освидетельствования – аттестации АПУ, а так же сведения о поверки СИ, входящих в состав АПУ.

Техническое освидетельствование АПУ включает работы по первичной, периодической и повторной аттестации.

Часть «Характерные неисправности и способы их устранения» содержит таблицу, в которой указаны возможные неисправности, возникающие в процессе эксплуатации АПУ, и способы их устранения.

В процессе эксплуатации и хранения допускается проводить мелкий ремонт АПУ силами обслуживающего персонала, например, замену предохранителей и ручек, устранение возможных повреждений оболочек кабелей.

Раздел «Транспортирование» включает в себя требования к:

- таре при транспортировке АПУ;
- транспорту, расстояниям, дорогам;

- скоростному режиму транспортного средства;
- порядку расположения тары.

АПУ должна транспортироваться только в штатной таре предприятия-изготовителя с учетом требований ГОСТ 23216. При транспортировании необходимо соблюдать положение укладочных ящиков в соответствии с надписями на них. Условия транспортирования должны исключать возможность попадания на укладочные ящики атмосферных осадков и пыли, а также любые их перемещения.

Раздел «Хранение» содержит информацию о условиях и сроках хранения АПУ. На период длительного хранения АПУ производится обязательная консервации.

АПУ направляется на утилизацию после окончания срока эксплуатации. Более подробные сведения содержатся в разделе «Утилизация» руководства по эксплуатации (приложение Б).

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо оценить все затраты на свою разработку. Технико-экономическое обоснование работы проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

### 4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Составим перечень работ и продолжительность их выполнения для каждого участника проекта (см. таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 20%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка документации (ТУ, РЭ)	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 50% И – 100%

НР – научный руководитель;

И – инженер (в его роли действует исполнитель ВКР).

#### 4.1.1 Продолжительность этапов работ

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется вероятностный метод – метод двух оценок  $t_{min}$  и  $t_{max}$ .

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

$t_{max}$  – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты:

- исполнитель;
- научный руководитель.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4.2)$$

где  $t_{ож}$  – трудоемкость работы, чел/дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ ( $K_{ВН} = 1$ );

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ( $K_{Д} = 1,2$ ).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4.3)$$

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

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

$T_{К}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4.4)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни ( $T_{КАЛ} = 365$ );

$T_{ВД}$  – выходные дни ( $T_{ВД} = 52$ );

$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 10$ ).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205 \quad (4.5)$$

Длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Длительность этапов и число исполнителей

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					Трд		Ткд	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	3	4	3,4	4,08	-	4,92	-
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,67	4,05	0,81
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,37	4,05	0,45
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	14	21	16,8	4,03	20,16	4,86	24,29
Разработка документации (ТУ, РЭ)	И	50	60	54	-	64,8	-	78,08
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	5	7	5,8	-	6,96	-	8,39
Подведение итогов	НР, И	5	7	5,8	3,48	6,96	4,19	8,39
<b>Итого:</b>				91,4	18,31	99,92	22,06	120,40

Ожидаемое время выполнения работ по разработке документации составляет 91,4 дня.

Таблица 4.3 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Февраль	Март				Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
1	4,92	-	■												
2	4,05	0,81		■	■										
3	4,05	0,45			■										
4	4,86	24,29			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	-	78,08						■	■	■	■	■	■	■	■
6	-	8,39												■	■
7	4,19	8,39													■

НР – ■ ; И – ■

## 4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат: материалы и покупные изделия, заработная плата, социальный налог, расходы на электроэнергию (без освещения), амортизационные отчисления, командировочные расходы, оплата услуг связи, арендная плата за пользование имуществом, прочие услуги (сторонних организаций), прочие (накладные расходы) расходы.

### 4.2.1 Расчет затрат на материалы

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке метрологического обеспечения автоматизированной поверочной установки АПУ:

Материалы необходимые для данной разработки представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Единицы измерения	Цена за единицу,руб	Затраты на материалы, руб
Бумага для ксеркса	2	пачка	160	320
Бумага для записей	2	пачка	50	100
Ручки, карандаши	10	шт	8	80
Заправка тонера	1	шт	700	700
Заправка картриджа	1	шт	600	600
<b>Итого</b>				<b>1800</b>

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 1800 \cdot 1,05 = 1890$  руб.

### 4.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и исполнителя, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет

основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.6.

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{месячный оклад}}{27} \quad (4.6)$$

В году 247 рабочих дней при пятидневной рабочей недели.

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4.5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 4.2.

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используем следующий ряд коэффициентов:  $K_{ГР} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$ ;  $K_p = 1,3$ . Таким образом, интегральный коэффициент будет равен  $K_{и} = 1,62$ .

Таблица 4.5 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка руб./раб.день	Затраты времени, раб./дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб
НР	30000	1428,6	19	1,62	27143,4
И	10000	476,2	100	1,62	47620
<b>Итого</b>					<b>74763,4</b>

#### 4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,27$ . Итак, в нашем случае  $C_{\text{соц.}} = 74763,4 \cdot 0,27 = 20186,1$  руб.

#### 4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле 4.7.

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot ЦЭ, \quad (4.7)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$ЦЭ$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ ЦЭ = 5,782 руб/кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4.2 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (4.8)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , возьмем коэффициент равный 0,9.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_C, \quad (4.9)$$

где  $P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности.

Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Расчеты затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6– затраты на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$ , кВт	Затраты $Э_{\text{об}}$ , руб.
Персональный компьютер	$799,36 \cdot 0,9 = 719,4$	0,3	1247,9
Принтер	30	0,1	15,77
<b>Итого</b>			<b>1263,67</b>

#### 4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{OB} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d}, \quad (4.10)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{OB}$  – цена оборудования;

$C_{OB}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку  $C_{AM}$  (247 рабочих дней при пятидневной рабочей недели);

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Результаты расчета представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Амортизационные расходы

Оборудование	Стоимость за ед., руб	t исп-ия, час	F <sub>d</sub> , час	H <sub>A</sub>	Кол-во исп-ых ед.	Амортизация, руб.
ПК	35000	719,4	1976	0,33	1	4204,99
Принтер	11000	30	300	0,5	1	550
<b>Итого</b>						4754,99

Командировочные расходы отсутствуют.

#### 4.2.6 Прочие расходы

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от

суммы всех предыдущих расходов, т.е.  $C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$ .

$$C_{\text{проч.}} = (180 + 7476,34 + 20186,1 + 126,37 + 475,5) \cdot 0,1 = 21157,72 \text{ руб.}$$

#### 4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта см. таблицу 4.8.

В таблице 4.8 приведена смета затрат на разработку проекта.

Таблица 4.8 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1800
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	74763,4
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	20186,1
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1263,67
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4754,99
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	21157,72
<b>Итого</b>		<b>123925,88</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 123925,88$  руб.

#### 4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль равна 18588,89 рублям, что составляет 15 % от расходов на разработку.

#### 4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(123925,88 + 18588,89) \cdot 0,18 = 25652,66$  руб.

#### **4.2.10 Цена разработки НИР**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае это

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 123925,88 + 18588,89 + 25652,66 = 168167,43 \text{руб.}$$

#### **4.2.11 Определение экономического эффекта**

Для организации данная разработка позволит пройти процедуру аттестации АПУ. В свою очередь, АПУ позволит автоматизировать процесс поверки, снизить субъективные погрешности, упростить процесс поиска, сбора, запоминания и обработки измерительной информации, а так же освободить оператора от процесса оформления результатов измерений, контроля и испытаний. Экономический эффект заключается в относительной экономии затрат на содержание работников.

## **5 Социальная ответственность**

### **Аннотация**

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) ИСО CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;

- учитывает ожидания заинтересованных сторон;

- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);

- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

### **Введение**

В данной работе предусматривается разработка метрологического обеспечения автоматизированной поверочной установки источников питания и электронных нагрузок (АПУ).

И в связи с современными условиями умственного труда, вся основная работа сосредоточена на ПК, что способствует интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии.

В данном разделе будут рассмотрены правила и нормы при работе с ПК, условия труда, организация рабочего места, опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на деятельность сотрудников, воздействия разработки на окружающую среду, а так же мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

## 5.1 Производственная безопасность

### 5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003 делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на студента-магистра в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по метрологическому обеспечению АПУ

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
– работа с ПК	– температура воздуха рабочей зоны; – влажность, скорость воздуха рабочей зоны; – напряженность зрения; – напряженность труда в течение рабочего дня; – умственное перенапряжение – естественное и искусственное освещение; – электромагнитные	– электрический ток	– гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548; – нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05; – допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003 ССБТ;

	излучения; – шум		– гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340; – защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030 ССБТ
--	---------------------	--	--

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

### **5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования**

В условиях современного интенсивного использования ПК важное значение имеет изучение психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники, обеспечивающей максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Игнорирование эргономики может привести к довольно серьезным последствиям.

При внедрении метрологического обеспечения АПУ важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340 [18].

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния рабочего помещения, где расположено рабочее место студента-магистра, оно относится к 1 классу в соответствии с классификацией помещений по степени электрической опасности (без повышенной опасности – сухое, с нормальной температурой воздуха и т.д.), т.к. отсутствуют следующие факторы: сырость, токопроводящие полы, токопроводящая пыль, высокая температура.

Основным опасным производственным фактором на рабочем месте студента-магистра является высокое напряжение в сети (таблица 5.1).

### **5.1.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)**

#### **5.1.3.1 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ**

Для начала следует отметить, что рабочее помещение должно соответствовать количеству сотрудников и объему размещаемых в нем мебели и технических средств. Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы устанавливают площадь на одно рабочее место с компьютером для взрослых пользователей не менее 6 м<sup>2</sup> и объемом не менее 20 м<sup>3</sup>. площадь помещения, выгороженного стенами или глухими перегородками не менее 4,5 м<sup>2</sup> [19].

Помещения с компьютерами должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха и эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. Для внутренней отделки помещений с компьютерами должны использоваться диффузно–отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка 0,7 – 0,8, для стен 0,5 – 0,6, для пола 0,3 – 0,5. Поверхность пола в таких помещениях должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическим свойством [19].

Рабочее место магистра находится в помещении, которое расположено на

четвертом этаже пятиэтажного здания. Окна выходят на юго-запад, оборудованы жалюзи. Естественное освещение помещения осуществляется посредством двух окон.

Таблица 5.2 – Показатели рабочего места

Показатели	Лаборатория метрологического обеспечения
Общая площадь помещения	Более 40 м <sup>2</sup>
Количество рабочих мест	5
Площадь на одно рабочее место	Около 8 м <sup>2</sup>
Система кондиционирования воздуха	Есть
Система отопления	Есть
Система приточно-вытяжной вентиляции	Есть
Покрытие стен, потолка	Во внутренние отделки помещений диффузно-отражающие материалы не использовались, пол ровный, не антистатический.

По данным таблицы 5.2 можно сделать вывод о том, что лаборатория метрологического обеспечения соответствует санитарным нормам, указанным в СанПиН 2.2.2.542 [19].

### 5.1.3.2 Микроклимат

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 5.3, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340 [18] и СанПиН 2.2.4.548 [20].

Таблица 5.3 – Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	20-25	15-75	0,1
Теплый	Ia	21-28	15-75	0,1-0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления. При недостаточной эффективности центрального отопления должны быть использованы масляные электрические нагреватели.

Радиаторы должны устанавливаться в нишах, прикрытых деревянными или металлическими решетками. Применение таких решеток способствует также

повышению электробезопасности в помещениях. При этом температура на поверхности нагревательных приборов не должна превышать 95 °С, чтобы исключить пригорание пыли.

### **5.1.3.3 Освещение**

Освещенность рабочего места – важный фактор создания нормальных условий труда. Требуемый уровень освещения определяется степенью точности зрительных работ. Утомляемость органов зрения на рабочем месте зависит от следующих вредных факторов:

- отсутствия или недостатка естественного света;
- пониженной контрастности;
- повышенной яркости света;
- повышенной пульсацией светового потока.

Действие данных факторов вызывает быструю утомляемость и снижение производительности труда, а в перспективе может привести к частичной потере зрения.

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо:

- определить требуемый для операторов уровень освещенности внешними источниками света;
- если требуемый уровень освещенности не приемлем для других операторов, работающих в данном помещении, надо найти способ сохранения требуемого контраста изображения другими средствами.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения следующие:

- между рабочими поверхностями не должно превышать 1:3 – 1:5;
- между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 1:10.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк [21]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>. Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Согласно СНИП 23-05 [21] нормы на освещение для студента-магистра берутся для производственных помещений. Эти нормы представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Нормы на освещение для оператора

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение КЕО $e_n$ , % при боковом
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации, $K_p$ , %	
Различение объектов высокой точности	Б	1	300	15	1,0

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина  $A = 4$  (м), ширина  $B = 4$  (м), высота  $H = 2,8$  (м), количество ламп  $N = 4$  (шт).

Вычисления будут, производится по методу светового потока, предназначенного для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 (м) и установлена минимальная норма освещенности  $E = 300$  (Лк).

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле 5.1.

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (5.1)$$

где:  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость, Лк [21];

$S$  – площадь освещаемого помещения, ( $m^2$ );

$K_z$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным  $Z = 1,1$ ;

$n$  – число светильников;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, %;

$\Phi$  – световой поток, излучаемый светильником.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен ( $\rho_{ст}$ ) и потолка ( $\rho_n$ ).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}. \quad (5.2)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

Произведем расчет:

$$h = H - 0,8 = 2,8 - 0,8 = 2,0 \text{ м}, \quad (5.3)$$

где  $h$  – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки зависит от отношения, представленного в формуле:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (5.4)$$

где  $L$  – расстояние между рядами светильников, м.

Рекомендуется размещать люминесцентные лампы параллельными рядами, принимая  $l = 1,4$ , отсюда расстояние между рядами светильников:

$$L = l \cdot h = 1,4 \cdot 2,0 = 2,8 \text{ м} \quad (5.5)$$

Два ряда светильников будут расположены вдоль длинной стены помещения. Расстояние между двумя рядами светильников и стенами вычисляется по формуле:

$$Л = (В - L)/2 = (4 - 2,8)/2 = 0,6 \text{ м.} \quad (5.6)$$

Определим индекс помещения вычисляя по формуле (5.2) получаем:

$$i = \frac{16}{2 \cdot (4 + 4)} = 1$$

Найдем коэффициенты отражения поверхностей стен, пола и потолка.

Так как поверхность стен окрашена в светло-серый цвет, с окнами без штор, то коэффициент отражения поверхности стен  $R_{ст} = 50 \%$ . Так как поверхность потолка окрашена в белый, то коэффициент отражения поверхности потолка  $R_{п} = 30 \%$ .

Учитывая коэффициенты отражения поверхностей стен, потолка и индекс помещения  $i$ , определяем значение коэффициента  $\eta = 36 \%$ .

Подставив все значения в формулу (5.1), по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 16 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,36} = 5500 \text{ лм.}$$

По полученному световому потоку подбираем лампу, наиболее подходящей является лампа ЛБ-125 со световым потоком 6500 лм.

Выразим  $E$  из формулы (5.1):

$$E = (F \cdot N \cdot \eta)/(k) = (6500 \cdot 4 \cdot 0,36)/(1,5 \cdot 16 \cdot 1,1) = 9360/26,4 = 354,5 \text{ лм} \quad (5.7)$$

Как видно из расчета, минимальная освещенность в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы ЛБ-125 является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)}, \quad (5.8)$$

где  $E$  – норма освещенности  $E = 300 \text{ Лк}$ ;

$k$  – коэффициент запаса учитывающий старение ламп и загрязнение светильников,  $k = 1,5$ ;

$S$  – площадь помещения,  $S = 16 \text{ м}^2$ ;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения,  $Z = 1,1$ ;

$n$  – число рядов светильников,  $n = 2$ ;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока,  $\eta = 0,36$ ;

$F$  – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (5.7), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 16 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,36 \cdot 6500} = \frac{7920}{4680} = 1,79 \approx 2 \text{ шт.}$$

Так как в рассматриваемом помещении количество ламп 4 шт (в одном светильнике две лампы), по одному светильнику в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены.

Схематичный план размещения светильников приведён на рисунке 5.1

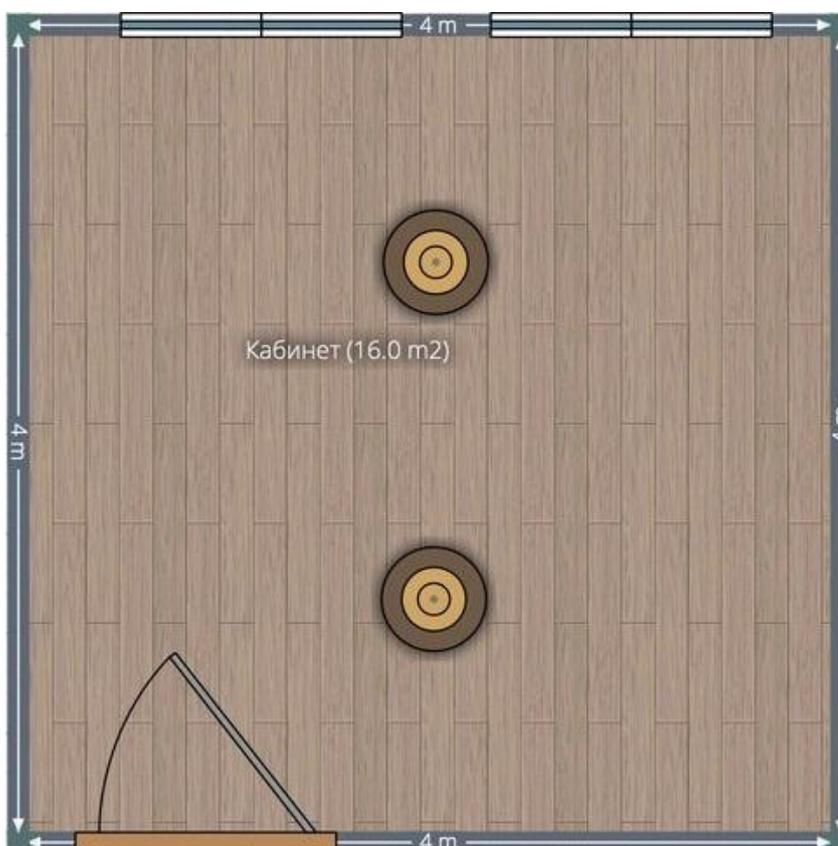


Рисунок 5.1 – План размещения светильников

### 5.1.3.4 Шум

Основными источниками шума в помещении являются:

- жесткие диски;
- система охлаждения центральных процессоров;
- шум с улицы.

Нормативные уровни звукового давления и уровней звука изложены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 [18] и должны соответствовать данным таблицы 5.6.

Таблица 5.6 – Допустимые уровни звука на рабочем месте

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентного звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для снижения уровня шума, производимого ПК, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание, а также применять звукопоглощающие материалы. Для снижения уровня шума с улицы рекомендуется установка герметичных стеклопакетов.

### 5.1.3.5 Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в таблицах 5.7 и 5.8, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [18].

Таблица 5.7 – Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

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

Таблица 5.8 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
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
Напряженность электростатического поля		

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

### 5.1.3.6 Психофизиологические факторы

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха [18].

Существуют следующие меры по снижению влияния монотонности:

- необходимо применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня;
- соблюдать эстетичность производства.

Для уменьшения физических нагрузок организма во время работы рекомендуется использовать специальную мебель с возможностью регулировки под конкретные антропометрические данные, например, эргономичное кресло.

### **5.1.3.7 Электрический ток**

Рабочее помещение студента-магистра относится к 1 классу в соответствии с классификацией помещений по степени электрической опасности (без повышенной опасности – сухое, с нормальной температурой воздуха и т.д.), т.к. отсутствуют следующие факторы: сырость, токопроводящие полы, токопроводящая пыль, высокая температура (в соответствии с ПУЭ).

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления;
- защитного зануления;
- защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Для исключения поражения человека электрическим током на рабочем месте выполнено следующее (в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019):

- рабочие места в помещении оборудованы защитным заземлением;
- устранена опасность поражения людей электрическим током, при появлении на внешних частях приборов, аппаратуры напряжения (заземление и защитное отключение).

Работнику при работе за ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока (процессора) при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока (процессора), монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держа за шнур.

На рабочем месте установлен бесперебойный источник питания для обеспечения нагрузки электроэнергией при аварии в основной силовой сети.

## **5.2 Экологическая безопасность**

### **5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

В результате выполнения магистерской диссертации было разработано МО АПУ. Рассмотрим влияние АПУ на окружающую среду.

### **5.2.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду**

АПУ спроектирована для использования в стационарных, защищенных от внешних воздействий условиях.

В своем составе АПУ не содержит опасных для обслуживающего персонала и окружающей среды элементов и материалов.

Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных СИ, входящих в состав АПУ.

### **5.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

АПУ можно утилизировать, так как она не содержит токсических материалов. Для безопасной с точки зрения охраны окружающей среды для утилизации и удаления старых устройств необходимо обратиться к компании, имеющей сертификат на утилизацию и удаления лома электронного оборудования.

Организация, в которой предполагается использовать АПУ, влияет на окружающую среду как потребитель электроэнергии.

Из этого можно сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

В современных ПК, используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое.

## **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Перечень возможных ЧС на объекте исследования может быть достаточно широк:

- наводнение;
- удар молнии;
- пожар на объекте;
- взрыв.

К наиболее вероятному виду ЧС относится пожар.

Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются специальными государственными постановлениями и решениями.

Для предотвращения несанкционированных действий разрабатывают комплекс мероприятий по противопожарной защите. Этот комплекс включает мероприятия профилактического характера и устройство систем пожаротушения и взрывозащиты.

К техническим мероприятиям относятся:

- соблюдение противопожарных правил и норм при проектировании зданий, устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования.

В случае возникновения пожара, действия работников, привлекаемых к тушению пожара, в первую очередь должны быть направлены на обеспечение безопасности персонала, их эвакуацию и спасение.

Каждый работник, обнаруживший пожар (искрение, задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

- немедленно сообщить об этом по телефону в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);
- задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации персонала из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;
- организовать встречу пожарных подразделений, принять меры по тушению пожара имеющимися в помещении средствами пожаротушения.

При проведении эвакуации и тушении пожара необходимо:

- с учетом сложившейся обстановки определить наиболее безопасные эвакуационные пути и выходы, обеспечивающие возможность эвакуации людей в безопасную зону в кратчайший срок;
- исключить условия, способствующие возникновению паники;
- эвакуацию персонала следует начинать из помещения, в котором возник пожар, и смежных с ним помещений, которым угрожает опасность распространения огня и продуктов горения;

– в зимнее время по усмотрению лиц, осуществляющих эвакуацию, если позволяет обстановка работники могут предварительно одеться или взять теплую одежду с собой;

– воздержаться от открывания окон и дверей, а также от разбивания стекол во избежание распространения огня и дыма в смежные помещения.

Покидая помещения или здание, следует закрывать за собой все двери и окна.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на организационные, технические, режимные, эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий, противопожарный инструктаж рабочих.

К техническим мероприятиям относятся соблюдения противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электроприводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Мероприятия режимного характера – это запрещение курения в неустановленных местах.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты.

Здание, в котором расположено рабочее место бакалавра, согласно определению категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности, относятся к категории Д (пониженная пожароопасность), характеризующейся отсутствием легковоспламеняющихся веществ и материалов в горячем состоянии. Помещение укомплектовано углекислым огнетушителем [22].

Для спасения людей в случае пожара разработаны пути эвакуации.

## **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

В РФ отношения между организацией и работниками (трудовой распорядок, оплата труда, особенности регулирования труда детей, людей с ограниченными возможностями, женщин и др.) регулируются законодательством.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Для работников, работающих на местах, отнесенных к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов.

Возможно установление неполных рабочих дней для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати лет). Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени. Ограничений продолжительности ежегодного основного оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других трудовых прав при этом не имеется.

При работе в ночное время продолжительность рабочей смены на один час меньше. К работе в ночные смены не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы – одиночки детей до пяти лет.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, занятых на работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни производится только с письменного согласия работника.

Организация выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы, в случаях, предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещены дискриминация по любым признакам, а также принудительный труд [23].

## **5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

### **5.4.2.1 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ**

На основании инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р – 45 – 084 – 1, утвержденной приказом Минсвязи РФ от 2 июля 2001г. №162 рабочая мебель для пользователей компьютерной техникой должна отвечать следующим требованиям:

- высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм;

- рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм;

- рабочий стул (кресло) должен быть подъемно - поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также - расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Значительное воздействие на работоспособность оператора оказывает правильный выбор типа и размещения органов и пультов управления механизмами и машинами. При компоновке постов и пультов управления необходимо учитывать то, что в горизонтальной плоскости допустимый угол обзора по горизонтали оси зрения составляет 130°, оптимальный – 40° вниз и 30° вверх. Клавиатуру следует располагать так, чтобы плоскости лицевых частей индикаторов были

перпендикулярны линиям зрения оператора, а необходимые органы управления находились в пределах досягаемости. Максимальные размеры зоны досягаемости правой руки – 70 – 110 см.

Глубина рабочей зоны не должна превышать 80 см. Панель пульта может быть наклонена к горизонтальной плоскости на  $10 - 20^\circ$ , наклон спинки кресла при положении сидя  $0 - 10^\circ$ .

Для лучшего различия органов управления они должны быть разными по форме и размеру, окрашиваться в разные цвета либо иметь маркировку или соответствующие надписи

Также необходимо обеспечить благоприятные условия в рабочем помещении путем периодического его проветривания [24].

Расположение органов управления на рабочем месте студента-магистра соответствует вышеуказанным нормам. Цвет монитора в рабочей зоне черный, органы управления: мышь – черного цвета, клавиатура – белого цвета.

## Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации были рассмотрены основные положения автоматизации в области метрологического обеспечения, проблемы, связанные с автоматизацией поверочных работ, организация и порядок проведения аттестации оборудования, в сфере оборонной промышленности.

В рамках решения задачи процесса автоматизации поверки источников питания и электронных нагрузок, составляющих парк СИ предприятия, была разработана автоматизированная поверочная установка источников питания и электронных нагрузок.

В ходе работы была разработана документация (технические условия, руководство по эксплуатации) отвечающая законодательным требованиям, а также требованиям предприятия АО «НПЦ «Полюс», с целью проведения испытаний и аттестации автоматизированной поверочной установки источников питания и электронных нагрузок.

Данная разработка позволит пройти предъявительские и приемо-сдаточные испытания, а так же процедуру аттестации АПУ. В свою очередь, АПУ позволит частично автоматизировать процесс поверки, сократить сроки ее проведения, повысить точность измерений за счет снижения субъективных погрешностей, автоматизировать процесс обработки результатов измерений, освободить оператора от процедуры оформления результатов измерений, оптимизировать работы по ведению учета СИ, упростить процесс поиска, сбора, запоминания и обработки измерительной информации.

Экономический эффект для предприятия заключается в экономии внутренних ресурсов, затрачиваемых на содержание работников.

## Список используемых источников

- 1 Основы автоматизации измерений : учебное пособие / В. Б. Коркин [и др.]. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 256 с.
- 2 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие / К. К. Ким, [и др.]. – СПб.: Питер, 2008. – 368 с.
- 3 Агамалов Ю.Р. Новый подход к построению и поверке средств измерений // Научно-техн. конф. «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» М.: ИПУ РАН. 2008.
- 4 Клаассен, К. Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике / К. Б. Клаассен. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с., ил.
- 5 Туричин А.О. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC; пер. с англ.; под ред. У. Томпкинса, Дж. Уэбстера. – М.: Мир, 1992. – 592 с.
- 6 Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102 – 102 «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]: Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». – Режим доступа: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2056/docs/>, публичное пользование ограничено. – Загл. с экрана. – Яз. Рус. Дата обращения: 12.12.2016 г.
- 7 Приказ Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверки» [Электронный ресурс]: Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». – Режим доступа: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2056/docs/>, публичное пользование ограничено. – Загл. с экрана. – Яз. Рус. Дата обращения: 12.12.2016 г.
- 8 ПРИСТ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.prist.ru> , свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 03.04.2016).
- 9 ПРИСТ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.prist.ru> , свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 05.04.2016).
- 10 Описание типа: Цифровые мультиметры компании Keithley моделей 2001 и 2002. – М, 2005. – 4 с.

- 11 Руководство по эксплуатации: PS 9000 3U. Источник питания постоянного тока с высоким КПД. – М, 2004. – 66 с.
- 12 Описание типа: Источники питания серии АКИП-1202. – М, 2016. – 6 с.
- 13 Описание типа: Шунты токовые PCS-71000. – М, 2015. – 6 с.
- 14 Методика поверки: Источники питания постоянного тока серии N8700. – М, 2009. – 9 с.
- 15 Методика поверки: Нагрузки электронные программируемые серий EA-EL 9000 B, EA-EL 9000 DT, EA-ELR 5000. – М, 2016. – 12 с.
- 16 Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г № 328Н.
- 17 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (в ред. от 06.04.2015 с изм. от 02.05.2015) [Электронный ресурс]: Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». – Режим доступа: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2056/docs/>, публичное пользование ограничено. – Загл. с экрана. – Яз. Рус. Дата обращения: 11.04.2017г.
- 18 СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003 – 54 с.
- 19 СанПиН 2.2.2.542 – 96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996 – 19 с.
- 20 СанПиН 2.2.4.548 – 96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996 – 23 с.
- 21 СНИП 23-05 – 2010 Естественное и искусственное освещение. – М.: Минрегион, 2010 – 62 с.
- 22 НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.

23 ППБ 01–03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.

24 Р 2.2.2006 – 05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 2006.

25 Техника безопасности в электроэнергетических установках : справочное пособие / под ред. П. А. Долина. — Москва: Энергоатомиздат, 1987. — 400 с.: ил.

26 Лесенко, Георгий Георгиевич. Безопасность труда в приборостроении / Г. Г. Лесенко, Ю. И. Борисенко. — Киев: Тэхника, 1988. — 128 с.: ил. — Техника безопасности. — Библиогр.: с. 127.

27 Пряников, Виктор Иванович. Техника безопасности в химической промышленности : учебное пособие / В. И. Пряников. — Москва: Химия, 1989. — 288 с.: ил. — Библиогр.: с. 240-242.

28 Корнилович, Олег Павлович. Техника безопасности при работе с инструментами и приспособлениями / О. П. Корнилович. — Москва: Энергоатомиздат, 1992. — 93 с.: ил. — Библиотека электромонтера; Вып. 633. — Библиогр.: с. 94.

29 Давыдов, Виктор Николаевич. Техника безопасности при работах по химии / В. Н. Давыдов, Э. Г. Злотников. — СПб.; Москва: Сага Форум, 2008. — 112 с.: ил. — Библиогр.: с. 97-99.

30 Мастрюков, Борис Степанович. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий : учебное пособие / Б. С. Мастрюков. — Москва: Академия, 2011. — 368 с.: ил. — Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 364-365.

31 Жуков, Виктор Ильич. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие / В. И. Жуков, Л. Н. Горбунова; Сибирский федеральный университет (СФУ). — Москва; Красноярск: Инфра-М Изд-во СФУ, 2014. — 392 с.: ил. — Высшее образование. Бакалавриат. — Библиогр.: с. 384-387.

32 Ларионов Н. М. Промышленная экология [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / Н. М. Ларионов. – Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). – Москва : Юрайт, 2013. – 1 Мультимедиа CD-ROM. – (Электронные учебники издательства Юрайт) . – Электронная копия печатного издания. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – <URL:<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2431.pdf>>.

33 Экология: учебник / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – 19-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. – 603 с.

34 Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера // под ред. проф. В.Ф. Панина. – М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.

**Приложение А**  
(обязательное)

Технические условия на автоматизированную поверочную установку (АПУ).

**Приложение Б**  
(обязательно)

Руководство по эксплуатации на автоматизированную поверочную установку  
(АПУ).

## Приложение В

(обязательное)

### Раздел 1

#### Automation in the field of metrological support

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Сенкевич Алёна Андреевна		

Консультант кафедры СУМ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Емельянова Е. Ю.			

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузнецова И. Н.			

## 1 Automation in the field of metrological support

Generally, automation means the use of methods, technical resources and control systems that partially or completely release a person from direct participation in the processes of obtaining, converting, transmitting and using energy, materials or information. Automation is one of the main course of scientific and technological progress.

The purpose of automation is to increase productivity and efficiency, reliability of measurement information, optimise planning of measurements and the activities of metrological service.

The automation main ideas in the field of measurement, control and testing are provided in figure 1.1.

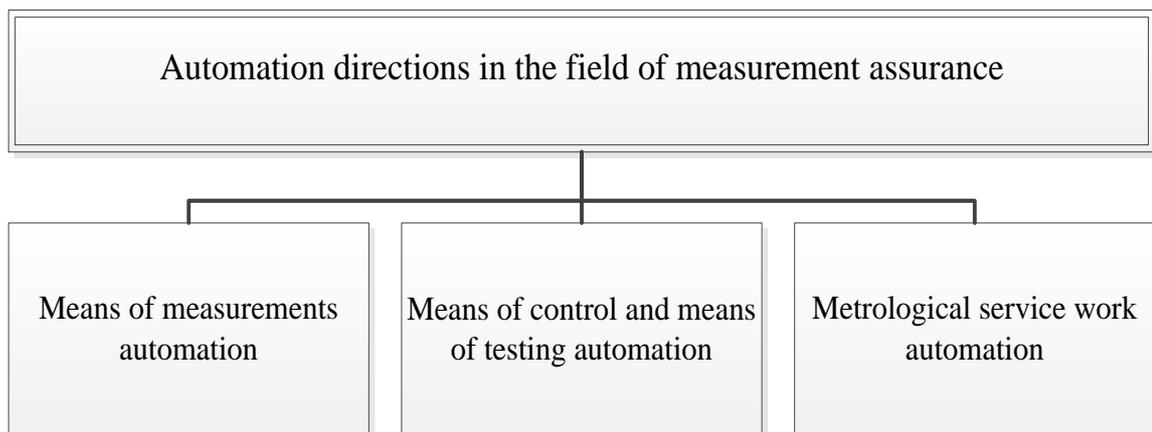


Figure 1.1 - The automation main ideas in the field of measurement, control and testing

This makes it possible to automate the following processes:

- increase the functional flexibility;
- management of the functioning;
- selection of modes and limits of measurement, acceleration of control processes;
- reduction of subjective errors;
- installation and calibration means of measurement, control and testing;
- search, collection, storage and processing of measurement information;
- measurement, control and testing results;
- development and implementation of automated systems;

## 1.1 Levels of automation of calibration works

In the field of creating automated calibration tools, there are three main areas of work:

- creation of specialised calibration rigs, oriented to a narrow nomenclature means of measurement
- creation of specialised aggregate systems, oriented to the automated calibration of means of measurement relatively wide nomenclature that is creation of automated verification officers work station;
- creation of universal measuring and calibration systems, oriented to the automated means of measurement calibration wide nomenclature that is creation of automated metrological complexes, including a given set of creation verification officers work stations and creation heads work station.

Depending on the working standards design capabilities, calibrated means of measurement and auxiliary devices, computing devices, and also economic viability, three levels of automation of metrological complexes are distinguished;

At the first level, with the help of a personal computer, a database of normative documents is organised for calibration means of measurement, processing of measuring results and calibration results registration. This makes it possible to automate some routine, «mechanical» operations of the verification officers activity when calibrating means of measurement without instrument interfaces, to reduce the fatigue of the verification officer and to reduce the possibility of subjective errors.

The first type verification officer workstation includes:

- a personal computer;
- a printer;
- calibrated means of measurement;
- a working standard and auxiliary means of measurement.

The first type verification officer workstations structural scheme is provided in figure 1.2.

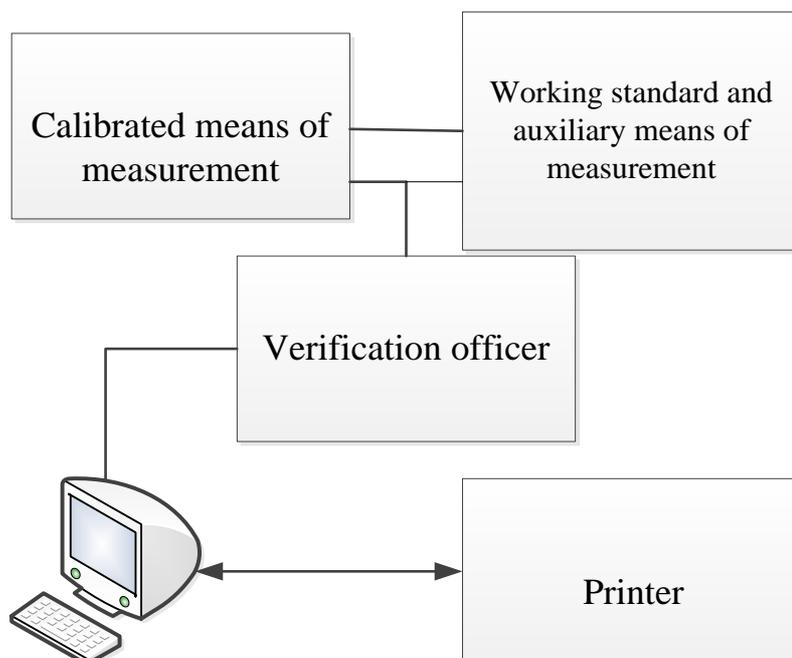


Figure 1.2 – The first type verification officer workstation structure

The first type verification officer workstation can be created for any means of measurement. In this verification officer workstations information is entered and controlled by working standard and calibrated means of measurement manually. The verification officer shows on the personal computer the content of the calibration methodology from the relevant documentation to the calibration, recorded as a database in personal computer's memory. Information on the calibration operations appears on the screen, as well as on the use of the metrological complex measurement tool.

Verification officer after selecting the necessary data from the number presented on the screen, performs the corresponding operations, manually influencing the verified means of measurement and working standard. The execution of each operation and its results the verification officer reports to the personal computer. Results of measurements and calculations are displayed on the screen, and the verification protocol is printed on the printer. In the verification officer workstations software typical situations can be introduced (i.e. inconsistency of environmental conditions, errors in actions of the verification officer, etc.). Monitoring compliance with calibration conditions also can be assigned to the personal computer. Through the communication devices it can be

combined with other PCs. It can be combined with other personal computers through the communication devices.

It is advisable to introduce the first type verification officer workstations in small metrological divisions.

At the second level of automation the metrological complex of instrument interfaces and a controlled switchboard is needed for the means of measurement. This makes it possible to automate the switching operations of the measuring means and controlling the operating modes of the measuring means during the calibration process. Degree of automation is increased, verification officer fatigue and probability of subjective error are decreased, but only means of measurement with interface could be calibrated.

The second type verification officer workstation (Figure 1.3) does not only have capabilities of the first type verification officer workstations, but also provides control over a given program of working standard, auxiliary means of measurement and calibrated means of measurement whole or in part without participation of verification officer.

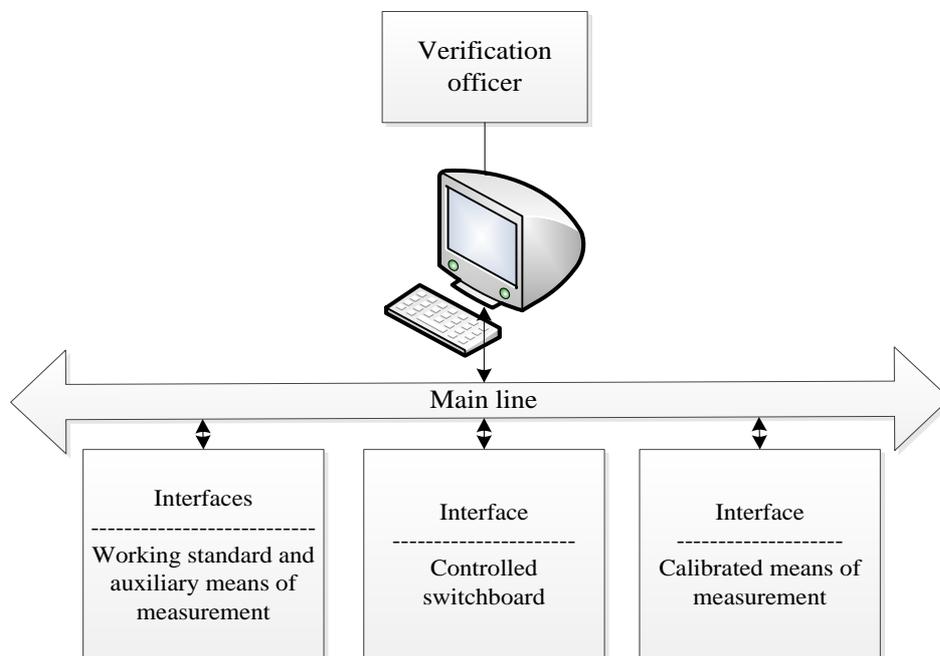


Figure 1.3 – The second type verification officer workstations structure

This capability considerably improves the calibration efficiency, but requires the development of special software, the creation of a managed circuit switchboard and the availability of a metrological complex for instrument interfaces. Such workstations are

made specialised, i.e. intended for calibration of a certain nomenclature group of means of measurement.

In this case a personal computer manually switches and sets the means of measurement of the necessary signal parameters using the specified program through the interface and the managed switchboard or the verification officer. Then the personal computer reads the value of the signal from the calibrated means of measurement or working standard, compares the result with the normalised value of the signal stored in its memory, calculates the calibrated metrological parameter, compares its value with the permissible value and makes a conclusion about the metrological suitability for using the calibrated means of measurement for this calibrated point. Based on the results of the calibration, the personal computer makes out the calibration protocol for this parameter through printer. A similar procedure is repeated for all automated calibration operations. Such verification officer workstations are especially effective in the presence of a large number of similarly calibrated means of measurement. The procedure for registration of certificates of calibration and notifications of unfitness to use is also automated.

The creation of aggregate complexes for automating calibration means of measurement matched with the general trend in the development of modern instrument-making, which is characterized by the transition to the creation of means of measurement complexes that are compatible in information, constructive, operational and metrological terms.

The aggregate principle of constructing automated metrological complexes, in which the complex is formed by a combination of unified functional modules, makes it possible to obtain a number of modifications of the verification officer workstations and automated metrological complexes in general, that correspond to the specified scales of calibration, the degree of automation and creates conditions for constructive and technological improvements of the samples.

The third level of automation of calibration works targets promising computer means of measurement fleet (intelligent or virtual means of measurement). In this case calibration operations are performed not with signals but with signal codes.

The condition for the third type verification officer workstation creation: all means of measurements of the metrological complex should have microprocessor control systems and interface units. The calibration methods for the programmed means of measurement are still under development. Although the virtual means of measurement are already widely used in practice.

The adapter provides switching of signals and means of measurement, and also measuring signal transformation to form, which is convenient for measurements. System management, processing of measurement information, registration of calibration results are carried out by a personal computer.

As the working standard, a program-controlled, multi-valued measure is usually used. In this case a reference signal is sent from controlled working standard to the calibrated means of measurement, the value of which corresponds to the personal computer stored in the memory. The readings of the calibrated means of measurement as a reaction to the reference signal arrive in the form of a digital code in the personal computer for comparison with the reference signal code. After that the personal computer calculates calibrated metrological parameter of the calibrated means of measurement and compares its value with the permissible value. This procedure, according to a previously developed program, is repeated at each calibrated point for all calibration operations. During calibration operations, personal computer prints the calibration protocols to the printer.

The third type verification officer workstations provides almost complete calibration automation within each of its operations, except process of enabling means of measurement in the workstation. This explains the highest degree of automation of the third type verification officer workstation, but only for a limited fleet of programmable means of measurement. However, special software can also provide the execution of functions of the first and the second type verification officer workstations in interactive mode.

The third type verification officer workstation structure scheme is provided in figure 1.4.

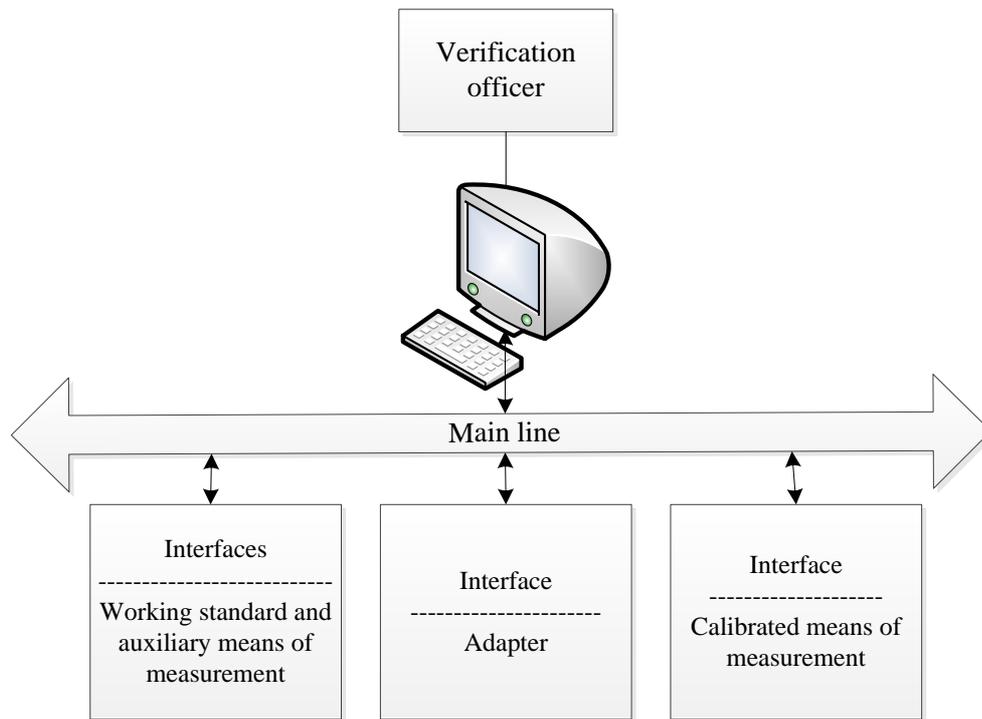


Figure 1.4 – The third type verification officer workstation structure

Verification officer workstations of the second and the third level are efficient to implement on the bases of measuring equipment, where there are qualified specialists and a large number of measuring means is verified.

Table 1 - Different level verification officer workstations characteristics

Parameter	Verification officer workstations		
	1-st level	2-nd level	3-rd level
<b>Automated functions</b>	Database on normative documents; Processing and registration of results	Database on normative documents; Control of calibration operations; Processing and registration of results	Database on normative documents; Control of calibration operations at signal code level; Processing and registration of results
<b>Means</b>	Personal Computer	Personal computer; Means of measurement with an interface; Managed switchboard;	Personal Computer; Programmable means of measurement with interface; adapter
<b>Calibrated means of measurement</b>	All	Modern means of measurement with interface	Programmable means of measurement with a standard interface

Continue table 1

<b>Dignity</b>	Applicable for all means of measurement without an interface	High degree of automation	High degree of automation
<b>Limitations</b>	Low degree of automation	Not all means of measurements have an interface;	Applicable only to means of measurement with interface