

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка импульсного киловольтметра</b>

УДК 621.317.725.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2Б	Рябов Андрей Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Редько Виталий Владимирович	к. т. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	к. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д. ф. - м. н., профессор		

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Уровень образования Бакалавриат  
Кафедра физических методов и приборов контроля качества  
Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.11.2015	Обзор литературы	
23.12.2015	Методы измерения высокого импульсного напряжения	
16.02.2016	Обзор по измерительным кабелям	
16.03.2016	Обзор по регистрирующим устройствам	
13.04.2016	Заключение и выводы по работе	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Редько Виталий Владимирович	к. т. н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д.ф.-м.н., профессор		

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-14, ПК-1,6,7,8,10,11.12,13,17,23, 24,27), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-14,15,19,20,21,28,29,30,33) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-5,18,31,32), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-1,2,8,11,12, ПК-2,9), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	Требования ФГОС (ПК-3,4,9,16,22,26), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	Требования ФГОС (ПК-33), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
	<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-28), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-13), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-4,14,15, ПК-8) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
 Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) Суржиков А.П.  
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
---

Студенту:

Группы	ФИО
1Б2Б	Рябову Андрею Евгеньевичу

Тема работы:

Разработка импульсного киловольтметра	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 14.12.2015 № 9687/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<p>Объектом исследования – импульсный киловольтметр</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>1. Исследование методов измерения высокого импульсного напряжения                  2. Выявление оптимального метода</p>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация выпускной квалификационной работы в программе Microsoft Office Power Point 2013
---	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы** *(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
	-
	-
	-

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	16.12.15
---	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Редько Виталий Владимирович	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2Б	Рябов Андрей Евгеньевич		

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

Студенту:

<b>Группы</b>	<b>ФИО</b>
1Б2Б	Рябову Андрею Евгеньевичу

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ФМПК</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; опрос, наблюдение.
1. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей, задач, результатов и требований к результатам проекта.
2. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости выполнения работ, расчет бюджета научно - технического исследования.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности проекта.
1. Альтернативы проведения НИ 2. График проведения и бюджет НИ 3. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	к.э.н.		24.03.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Б2Б	Рябов Андрей Евгеньевич		24.03.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группы</b>	<b>ФИО</b>
1Б2Б	Рябову Андрею Евгеньевичу

<b>Институт</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ФМПК</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность Приборостроение

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочее место – учебная лаборатория 18 корпуса, рабочий стол, ЭВМ.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b>  1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения  1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого	Анализ выявленных вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• недостаточность освещения</li> <li>• повышенный уровень электромагнитных излучений</li> <li>• повышенная или пониженная температура</li> </ul> Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• поражение электрическим током</li> <li>• повышенный уровень статического электричества</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность</b>	Охрана окружающей среды: <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализ воздействия объекта на окружающую среду</li> </ul>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	Защита в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> <li>• сверхнизкие температуры зимой</li> <li>• пожар (наиболее типичная ЧС)</li> </ul> Подробный анализ наиболее типичной чрезвычайной ситуации
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> <li>• специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	29.03.2016
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Мезенцева И. Л.			29.03.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Б2Б	Рябов Андрей Евгеньевич		29.03.2016

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 73 с., 16 рис., 15 табл., 21 источников.

Ключевые слова: Электростатический киловольтметр, делитель напряжения, трансформатор напряжения, осциллограф, плата сбора данных.

Объектом исследования является импульсный киловольтметр.

Цель работы – обзор методов измерения высокого импульсного напряжения.

В процессе работы проводились: исследование методов и способы их представлений.

Степень внедрения: изучение методов измерения высокого импульсного напряжения.

Область применения: Используется киловольтметр для проведения ремонтных и измерительных работ на участках цепи и с приборами, которые питаются от высоковольтных источников. Помимо этого широкое применение киловольтметры нашли в качестве лабораторно-измерительного и контрольного оборудования в демонстрационных обучающих стендах, обучающих экспериментальных приборах и установках, а также промышленном оборудовании в качестве контрольно-измерительного прибора.

## **Определения, обозначения, сокращения**

### **Определения**

Вольтметр – измерительный прибор непосредственного отсчёта для определения напряжения или ЭДС в электрических цепях.

Делитель напряжения - это измерительное устройство для деления постоянного или переменного напряжения, то есть получения части от исходного напряжения, представляющее из себя цепочку последовательно соединенных элементов, имеющих активное или реактивное сопротивление, один конец которой заземляется, а на другой конец подается измеряемое напряжение.

Регистрирующее устройство - прибор для автоматической записи на носитель информации данных, поступающих с датчиков или других технических средств. Очень часто, в измерительной технике под регистрирующими устройствами понимают совокупность элементов средства измерений, которые регистрируют значение измеряемой или связанной с ней величины.

Осциллограф – незаменимый инструмент для тех, кто проектирует, производит или ремонтирует электронное оборудование. В современном быстро изменяющемся мире специалистам необходимо иметь самое лучшее оборудование для быстрого и точного решения своих насущных, связанных с измерениями задач.

### **Обозначения и сокращения**

ДН - делитель напряжений

РУ – регистрирующее устройство

ПСД – плата сбора данных

АЦП - аналого-цифровой преобразователь

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

## Оглавление

Введение.....	13
Глава 1. Измерение высоких импульсных напряжений.....	14
1.1 Методы измерения высокого напряжения .....	14
1.1.1 Электростатические киловольтметры.....	15
1.1.2 Измерение напряжения с использованием трансформатора напряжения .....	17
1.1.3 Измерение напряжения с использованием делителей .....	19
1.1.3.1 Омический делитель напряжения .....	20
1.1.3.2 Емкостной делитель напряжения.....	26
1.1.3.2.1 Согласование кабеля в плече низкого напряжения емкостного делителя.....	30
1.2 Измерительные кабели .....	33
1.3 Регистрирующие устройства .....	38
1.3.1 Осциллограф.....	38
1.3.2 Плата сбора данных .....	41
Глава 2. Планирование научно-исследовательских работ.....	43
2.1 Структура работ в рамках научного исследования. ....	43
2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	44
2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	49
2.3.1 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы... 50	
2.3.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..... 52	
2.3.3. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	53
2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	54
Глава 3. Профессиональная социальная ответственность.....	57
3.1 Анализ вредных факторов.....	57
3.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны ... 58	
3.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	59
3.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	60
3.1.4 Электрический ток.....	62

3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	64
3.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	66
3.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	66
3.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	68
Заключение: .....	71
Список используемых источников.....	72

## Введение

Данная выпускная квалификационная работа посвящена актуальной на сегодняшний день теме: разработка импульсного киловольтметра.

Измерение высоких напряжений является одной из сложных проблем в высоковольтной технике. Сложность измерения высоких напряжений обусловлена тем, что на точность измерения оказывают влияние факторы, имеющие сложные и случайные зависимости от частоты, напряжения, тепловых явлений и внешних условий. Влияние этих факторов не представляется возможным полностью исключить, поэтому их необходимо уметь учитывать. К таким факторам относятся емкостные связи между элементами измерительной системы, сопротивление утечки, коронный разряд, частичные разряды в изоляционных конструкциях, зависимость величины сопротивления резисторов от напряжения и температуры и т.п. Выполнение конструкции измерительных устройств и приборов в соответствии с требованиями техники высоких напряжений позволяет уменьшить влияние мешающих факторов и тем самым обеспечить достаточно высокую точность получения измеряемой величины и формы напряжения.

## **Глава 1. Измерение высоких импульсных напряжений**

Вольтметр – измерительный прибор непосредственного отсчёта для определения напряжения или ЭДС в электрических цепях.

Идеальный вольтметр должен обладать бесконечно большим внутренним сопротивлением. Поэтому чем выше внутреннее сопротивление в реальном вольтметре, тем меньше влияния оказывает прибор на измеряемый объект и, следовательно, тем выше точность и разнообразнее области применения.

Назначение киловольтметра:

Киловольтметр предназначен для снятия показаний напряжения сети, а также оперативного контроля этой величины при эксплуатации или ремонте приборов высоковольтного типа, соответствующих емкостных накопителей и в лабораторных целях, для изучения и демонстрации работы высоковольтных приборов.

### **1.1 Методы измерения высокого напряжения**

Существующие высоковольтные измерительные устройства и методы измерения можно разбить на две основные группы.

- Методы и устройства, позволяющие измерить полную величину напряжения.
- Методы и устройства, позволяющие измерять часть напряжения и определять полное напряжение по коэффициенту пропорциональности устройства.

Наиболее широкое распространение при измерении переменных, постоянных и импульсных напряжений в научно-исследовательских и промышленных лабораториях получили электростатические киловольтметры, трансформаторы напряжения и делители напряжений в сочетании с низковольтными регистрирующими и измерительными приборами.[2]

### 1.1.1 Электростатические киловольтметры

Принцип работы электростатического вольтметра основан на действии сил электрического поля. Если рассматривать источник напряжения и емкость измерительного прибора как замкнутую систему с постоянной потенциальной энергией, то с помощью закона сохранения энергии можно рассчитать силы, действующие на обкладки плоского конденсатора, с которыми обкладки притягиваются друг к другу.

При приближении электродов друг к другу часть электрической энергии системы превращается в механическую, а часть идет на повышение энергии конденсатора. Обе составляющие энергии равны и получаются за счет энергии источника. Можно составить следующий баланс энергии в зависимости от перемещения подвижного электрода:

$$W = \int F(x)dx + \frac{C(x)U^2}{2} + W_0 - 2\left[\frac{C(x)U^2}{2} - \frac{C_0U^2}{2}\right] = const \quad (1)$$

где  $W$  - общая энергия;  $\int F(x)dx$  - совершенная механическая работа;  $C(x)U^2/2$  - повышение потенциальной энергии конденсатора в результате перемещения обкладки;  $W_0$  - энергия источника перед перемещением;  $C_0, C(x)$  - емкости конденсатора перед перемещением и после перемещения обкладки на расстояние  $x$ . Член в квадратных скобках - возрастание энергии конденсатора, компенсирующее удвоенную потребленную от источника энергию.

Определив изменение энергии по пути  $dx$ ,

$$\frac{dW}{dx} = \frac{F(x)d}{dx} \left( \frac{U^2 A \epsilon \epsilon_0}{2(s-x)^2} \right) \quad (2)$$

получим

$$F(x) = \frac{U^2 A \epsilon \epsilon_0}{2(s-x)^2} \quad (3)$$

Эту силу можно измерить с помощью указателя перемещения электрода, связанного с подвижным электродом. В электростатических киловольтметрах обычно перемещается не весь электрод, а только подвешенная на оси пластинка, находящаяся в круглом вырезе одного из электродов. Сила пропорциональна

квадрату приложенного напряжения, поэтому электростатические приборы измеряют действующее значение приложенного переменного напряжения. При постоянном напряжении отклонение активного элемента измерительного устройства не зависит от полярности. Расчет силы по геометрическим размерам обычно связан с трудностями, так как значение емкости может быть рассчитано только для простейших конструкций. В тех случаях, когда соответствующим выбором конструкции (например, для устройства с охраным электродом) емкость может быть определена точно, электростатический вольтметр может быть использован для абсолютных измерений напряжения, так как при этом измерение напряжения сводится к измерению длин и сил. Из-за того что сила пропорциональна квадрату напряжения, шкала прибора нелинейна. Однако в результате соответствующего выбора электродов на определенном участке может быть выполнена линейной.

Особенно важным преимуществом электростатических вольтметров является их незначительное воздействие на измеряемую цепь, что очень важно при измерениях постоянного напряжения и электростатических зарядов. Воздействие вольтметра на источник напряжения ограничивается только зарядом емкости вольтметра при его подключении к источнику высокого напряжения. Так как емкость имеет значения от 5 до 50 пФ, а сопротивление утечки при выборе хорошего изолятора может быть очень большим (до  $10^{13}$  Ом), то электростатические вольтметры можно считать свободными от влияния на источник напряжения. Потребляемая при переменном напряжении реактивная мощность  $U^2\omega C$  обычно должна учитываться лишь при очень высоких частотах.

Верхняя граничная частота электростатического вольтметра зависит от его конструкции и определяется собственным резонансом цепи из подводящего провода и емкости вольтметра, сопротивлением механизма возврата подвижного элемента в исходное состояние и его емкостью, а также характеристиками изолятора, поскольку при высоких частотах диэлектрические

потери в материале изолятора могут вызвать его нагрев. Обычно верхняя граничная частота составляет несколько мегагерц.

Пример практического выполнения электростатического киловольтметра показан на рисунке 1. Рабочая область частот - переменный ток от 20 Гц до 14МГц. Предел допускаемой основной погрешности  $\pm 1,0\%$  от конечного значения диапазона измерений. Диапазоны показаний прибора: 0-7,5кВ; 0-15кВ и 0-30кВ. [11]



Рисунок 1. Электростатический киловольтметр С-196.

### **1.1.2 Измерение напряжения с использованием трансформатора напряжения**

Подключение регистрирующих приборов с помощью трансформатора напряжения существенно повышает безопасность производства работ, но погрешности при выполнении измерения могут достигать значений нескольких десятков процентов. Такие высокие погрешности объясняются значительными постоянными времени обмоток трансформаторов напряжения, нелинейностью

магнитной цепи, изменением динамической проницаемости трансформаторной стали при существенном отличии частоты переходного процесса от номинальной. Последнее как раз и имеет место при возникновении коммутационных перенапряжений.

Трансформаторный делитель напряжения (рис.2), содержащий несколько каскадов, которые соединены параллельно и выполнены в виде двухобмоточных трансформаторов, с тесной индуктивной связью и магнитопроводом из ферромагнитного материала. Первичная обмотка выполнена в виде измерительной декады, а вторичная в виде обмотки возбуждения, присоединенной к измерительной декадной обмотке последующего каскада, отличающийся тем, что в него введен дополнительный трансформаторный делитель напряжения который содержит обмотку возбуждения в виде одного или нескольких витков, которые намотаны на магнитопровод первого каскада основного делителя, при этом к обмотке возбуждения присоединена первичная обмотка первого каскада дополнительного делителя, одна из вторичных обмоток которого выполнена по типу обмотки автотрансформатора и соединена последовательно и согласно с обмоткой возбуждения первого каскада основного делителя, а другая вторичная обмотка - обмотка возбуждения присоединена к первичной обмотке второго каскада дополнительного делителя, при этом последующие каскады дополнительного делителя присоединены к соответствующим последующим каскадам основного делителя по аналогии с соединениями в первом каскаде, а магнитопроводы основного и дополнительного делителей напряжения выполнены из низконикелевых пермаллоев или высококачественной электротехнической стали.

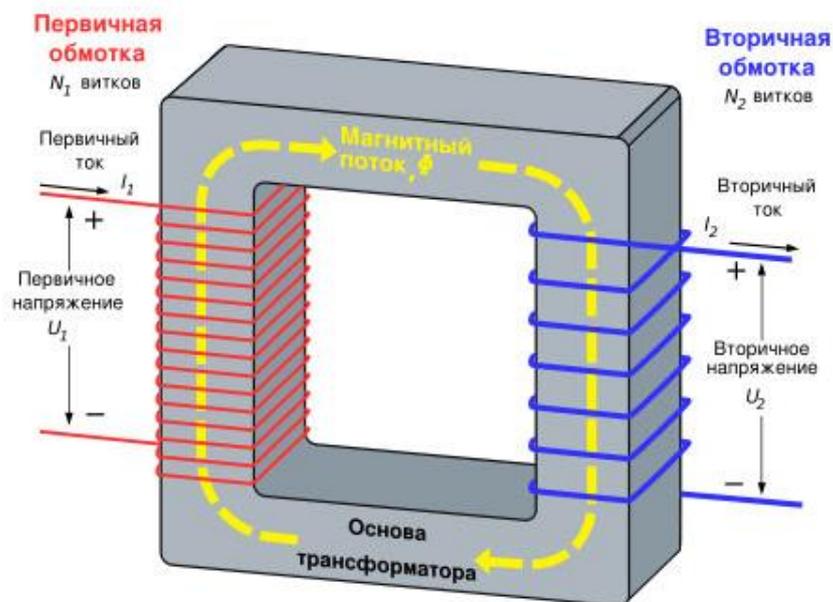


Рисунок 2. Трансформатор.

При использовании трансформаторов напряжения для подключения регистрирующих приборов к исследуемой цепи индукция шинпровода трансформатора напряжения в течение всего цикла испытаний не должна достигать значений, соответствующих насыщению. Даже при сравнительно невысоких кратностях перенапряжений это требование может быть выполнено только в том случае, если применяется трансформатор напряжения на существенно более высокое напряжение. Например, для цепей напряжением 35кВ необходимо использовать трансформатор напряжения напряжением 110 кВ. При измерениях в трехфазных сетях это нереально[3]

### 1.1.3 Измерение напряжения с использованием делителей

Делитель напряжения (ДН) - это измерительное устройство для деления постоянного или переменного напряжения, то есть получения части от исходного напряжения, представляющее из себя цепочку последовательно соединенных элементов, имеющих активное или реактивное сопротивление, один конец которой заземляется, а на другой конец подается измеряемое напряжение. Делитель напряжения содержит низковольтное плечо, к которому присоединяется измерительный прибор, и высоковольтное плечо.

Делитель должен удовлетворять основному требованию: напряжение на низковольтном плече должно по форме повторять измеряемое напряжение, приложенное к высоковольтному плечу. Для этого необходимо, чтобы:

- коэффициент деления не зависел от частоты;
- коэффициент деления не зависел от величины и полярности измеряемого напряжения;
- величина сопротивления делителя не зависела от напряжения, температуры и включение делителя не оказывало влияния на измеряемое напряжение.

Делители напряжения используются для измерения постоянных, переменных и импульсных напряжений. Однако из-за существенного различия в требованиях к делителям при напряжениях различного вида обычно делители изготавливают для измерения какого-либо одного вида напряжения. Делители изготавливаются:

- омическими;
- емкостными;
- емкостно-омическими.

Делители напряжения (ДН) позволяют не только измерять напряжение, но и зафиксировать форму воздействующего сигнала при помощи электронного осциллографа или плате сбора данных .

### **1.1.3.1 Омический делитель напряжения**

Делитель напряжения, построенный исключительно на активных сопротивлениях (рис. 3). Под коэффициентом деления понимают отношение воздействующего на делитель напряжения  $U_1(t)$  к напряжению, снимаемому с  $R_2$   $U_2(t)$ :

$$K = \frac{U_1(t)}{U_2(t)} = \frac{(R_1+R_2)}{R_2} \quad (4)$$

На практике параллельно сопротивлению  $R_2$  включено входное сопротивление измерительного прибора, и поэтому в зависимости от значения

входного сопротивления коэффициент деления изменяется. При измерениях крутых импульсов напряжения измеряемый сигнал подается к осциллографу по кабелю, согласованному у осциллографа. Подключение параллельно сопротивлению  $R_2$  волнового сопротивления  $Z_c$  влияет на коэффициент деления во всем диапазоне частот. В некоторых измерительных устройствах требуется соединение сопротивления  $R_2$  с осциллографом выполнять несогласованным кабелем. Полное входное сопротивление осциллографа обычно представляется в форме активного сопротивления, примерно равного  $1\text{МОм}$ , и емкости  $10\text{—}50\text{ пФ}$ , соединенных параллельно. К ним добавляется емкость измерительного кабеля, составляющая от  $30$  до  $50\text{ пФ/м}$ . [5]

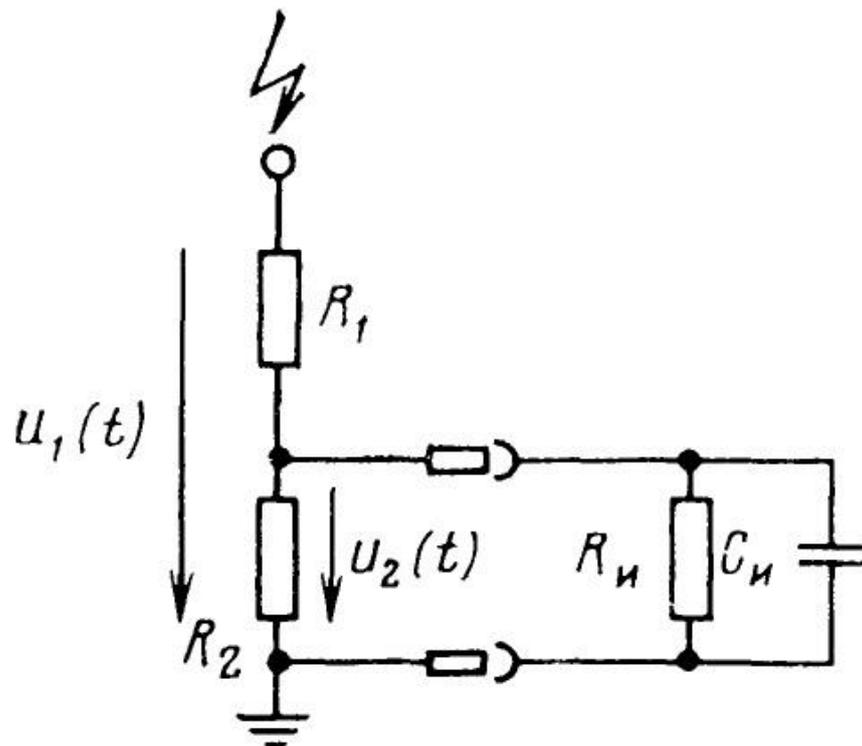


Рисунок 3. Омические делители напряжения.

В то время как влиянием входного сопротивления на коэффициент деления почти всегда можно пренебречь, этого нельзя сказать в отношении емкостной нагрузки при высоких частотах и несинусоидальных формах импульса. Следовательно, коэффициент деления зависит от частоты. В случае синусоидального сигнала получается новый коэффициент деления

$$\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} = \frac{R1+R2/(1+j\omega R2Cи)}{R2/(1+j\omega R2Cи)} \quad (5)$$

где  $Cи$ —суммарная емкость, подключенная к сопротивлению  $R2$ .

При несинусоидальных процессах величина, обратная коэффициенту деления, равна комплексному коэффициенту передачи:

$$\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} = \frac{R2/(1+j\omega R2Cи)}{R1+R2/(1+j\omega R2Cи)} \quad (6)$$

с помощью которого методами системного анализа можно рассчитать выходное напряжение  $U_2(t)$ .

Чтобы облегчить эти расчеты, делитель компенсируют, т. е. включают параллельно  $R1$  емкость  $C1$  (рис. 4). Этим самым процессы на ступени высокого напряжения делителя ( $R1, C1$ ) при высоких частотах аналогичны процессам на ступени низкого напряжения ( $R2, Cи$ ). Расчет выходного напряжения  $U_2(t)$  такого делителя напряжения при прямоугольном импульсе на входе  $U_0$  дает реакцию на прямоугольный импульс в ненормированном виде:

$$U_2(t) = U_0 \frac{R2}{R1+R2} \left[ 1 + \frac{R1C1-R2Cи}{R2(C1+Cи)} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] \quad (7)$$

При  $t < 0$  конденсаторы разряжены и в первый момент представляют собой коротки. Выходное напряжение быстро возрастает, как и входное напряжение, до значения  $U_2(0)$ , которое определяется коэффициентом деления по емкостям:

$$U_2(0) = C1U_0/(C1 + Cи) \quad (8)$$

После достижения этого значения выходное напряжение экспоненциально стремится к величине, определяемой коэффициентом деления по сопротивлениям:

$$U_2(\infty) = R2U_0/(R1 + R2) \quad (9)$$

Постоянная времени экспоненты изменения напряжения равна:

$$\tau = (C_1 + C_{\text{и}})R_1R_2/(R_1 + R_2) \quad (10)$$

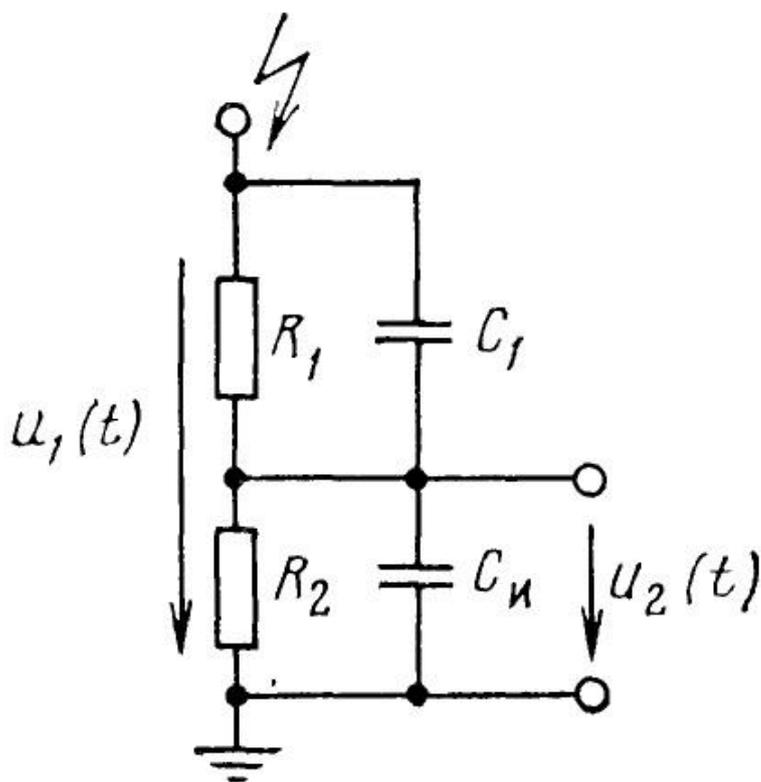
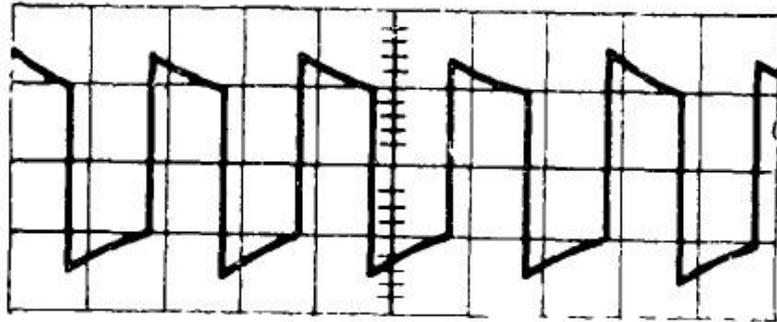


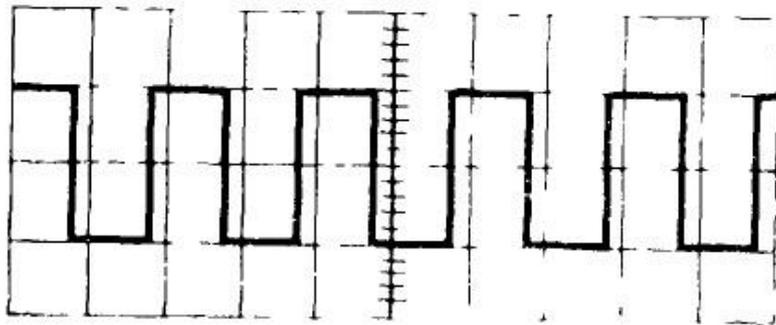
Рисунок 4. Смешанный делитель с параллельным соединением элементов

На рисунке 5 показаны осциллограммы выходного напряжения смешанного делителя при прямоугольном входном импульсе. В случае рисунок 5, а емкость \$C\_1\$ взята слишком большой, делитель перекомпенсирован. В случае рисунок 5, в емкость \$C\_1\$ слишком мала, делитель недокомпенсирован. Идеальная компенсация будет иметь место, если  $R_1/R_2 = C_{\text{и}}/C_1$ . Этот случай отражен на рисунок 5, б, при этом коэффициент деления по емкостям совпадает с коэффициентом деления по сопротивлениям. Приведенное выше уравнение можно интерпретировать и как равенство постоянных времени ступеней высокого и низкого напряжений делителя:

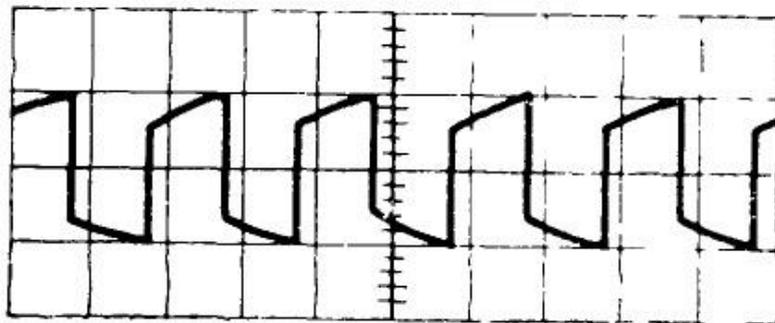
$$R_1C_1 = R_2C_{\text{и}} \quad (11)$$



a)



б)



в)

Рисунок 5. Передача прямоугольного импульса смещенным делителем от степени компенсации

Описанный выше принцип часто используется при конструировании входных пробников осциллографов. При этом стремятся в пробнике реализовать невысокий коэффициент деления и как можно большее входное сопротивление. В обычных делителях с учетом волновых процессов в кабеле входное сопротивление осциллографа выбирается в пределах от 50 до 150 Ом.

Пробники можно применять только в том случае, если не важны переходные процессы в соединительном кабеле, т. е.  $R_2$  выбирается не по условию согласования кабеля. В этом случае в качестве сопротивления  $R_2$  может служить сопротивление цепи смещения входной сетки первой лампы входа осциллографа. Оно зашунтировано входной емкостью лампы и схемы. Эта емкость компенсируется встроенным в пробник дополнительным конденсатором. В действительности эти соотношения несколько более сложные, так как между выводами и сеткой первой лампы включаются переключающий аттенюатор, а в осциллографах с защитой входа от перегрузок – защитное устройство. Однако наличие этих элементов не противоречит высказанным соображениям.

При настройке делителей напряжения емкости  $C_1$  и  $C_2$  оказываются несколько другими по сравнению с расчетными, так как к ним добавляются собственные емкости конструкции.

Пример практического выполнения пробника на напряжение 39 кВ с временем нарастания 1,6 нс показан на рисунке 6,7. Входное сопротивление пробника составляет 900 МОм, емкость - 2 пФ и коэффициентом деления 1000:1.[4]



Рисунок 6. Пробник на напряжение 39 кВ с собственным временем нарастания  $T_a=1.6$  нс  
(фирма АКТАКОМ)

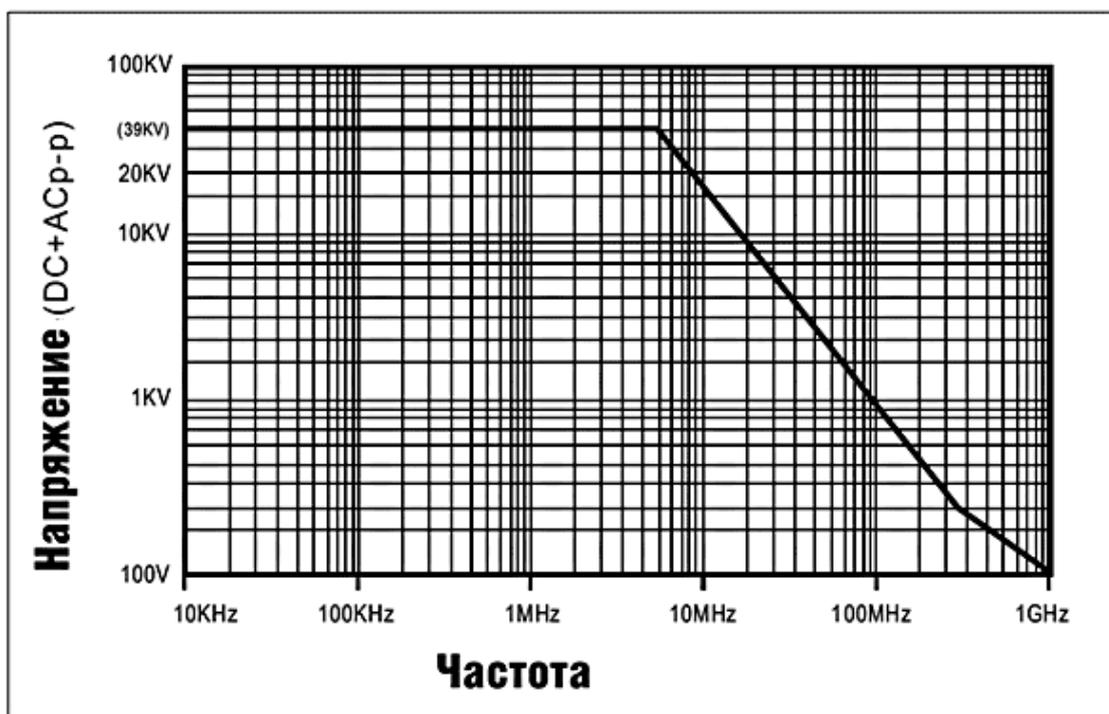


Рисунок 7. Зависимость входного напряжения от частоты пробника (фирма АКТАКОМ)

### 1.1.3.2 Емкостной делитель напряжения

Емкостные делители напряжения можно разделить на две группы: делители с сосредоточенными емкостями на стороне высокого напряжения и делители с распределенными емкостями на стороне высокого напряжения. Первые состоят из одного конденсатора емкостью  $C_1$  изоляция которого рассчитана на полное измеряемое напряжение (рис. 8).[5]

Входное напряжение  $U_1(t)$  и выходное напряжение  $U_2(t)$  связаны между собой коэффициентом деления  $K$ , не зависящим от частоты:

$$K = \frac{U_1(t)}{U_2(t)} = \frac{(C_1+C_2)}{C_1} \quad (12)$$

Это уравнение справедливо вплоть до частот  $\omega_r$ , при которых падение напряжения на плечах высокого и низкого напряжений делителя определяются их емкостными сопротивлениями, а не индуктивностями рассеяния. Критерии этого условия можно представить как

$$\frac{1}{\omega_r C_1} \geq 100 \omega_r L_1 \quad \text{и} \quad \frac{1}{\omega_r C_2} \geq 100 \omega_r L_2 \quad (13)$$

Другими словами, коэффициент деления не зависит от частоты, пока можно пренебречь влиянием паразитных индуктивностей на сторонах высокого и низкого напряжений делителя. При более высоких частотах схема замещения на рисунке 8 должна быть дополнена индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  и сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 9).

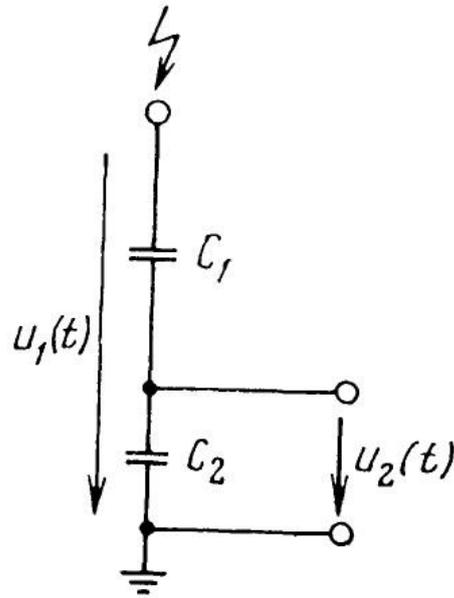


Рисунок 8. Емкостной делитель напряжения с сосредоточенной емкостью плеча высокого напряжения.

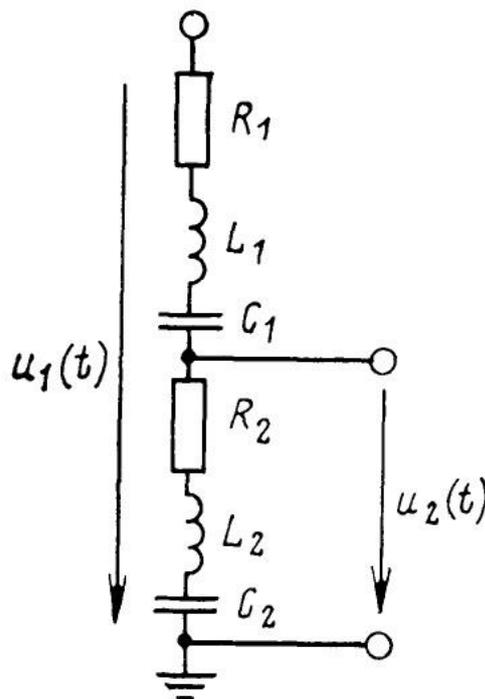


Рисунок 9. Схема замещения емкостного делителя напряжения с учетом его индуктивностей и сопротивлений.

Передаточные характеристики компенсированного омического делителя не зависят от частоты, если постоянные времени плеч высокого и низкого напряжений равны. В одинаковой мере это относится и к емкостному делителю напряжения с заметными паразитными индуктивностями: наряду с выполнением условий  $R_1C_1 = R_2C_2$  должны быть обеспечены соотношения  $L_1C_1 = L_2C_2$ , т. е. равны собственные частоты плеч высокого и низкого напряжений. В общем виде для любого делителя должны выполняться равенства

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{C_2}{C_1} \quad (14)$$

причем в зависимости от параметров делителя отдельные отношения играют различные роли.

Если исходить из того, что плечи высокого и низкого напряжений емкостного делителя выполнены с предельно малыми индуктивностями и обе индуктивности эквивалентны индуктивностям проводников соответствующей длины, то для делителя на напряжение 100 кВ при его высоте около 30 см длина плеча низкого напряжения должна быть около 0,3 мм. Однако практически размер этой части гораздо больше: он составляет десятки процентов общей высоты делителя. Другими словами, требование одинаковых собственных частот выполнить трудно из-за низкого требуемого значения индуктивности плеча низкого напряжения. Однако можно искусственно увеличить индуктивность плеча высокого напряжения, но следует иметь в виду, что при этом возрастает время пробега волны и сужаются возможности применения делителя

Если емкостный делитель с неодинаковыми собственными частотами должен обладать приемлемой реакцией на прямоугольный импульс, путем выбора  $R_1$  и  $R_2$  необходимо позаботиться о том, чтобы в области собственных частот деление напряжения осуществлялось не по индуктивностям, а по сопротивлениям  $(R_1+R_2)/R_2$ . Это практически выполняется, если  $R_1 \geq 100\omega_r L_1$  и  $R_2 \geq 100\omega_r L_2$ . [6]

Чем меньше различаются собственные частоты, тем меньшими сопротивлениями должен обладать делитель. При равенстве собственных частот коэффициент деления не зависит от частоты при отсутствии сопротивлений. Однако поскольку равенство частот на практике не выполняется и всегда имеется в измерительной цепи некоторое затухание, значение  $R_1$  всегда конечно и влияние сопротивления  $R_1$  необходимо компенсировать сопротивлением  $R_2$ .

При очень высоких напряжениях емкость  $C_1$  делителя можно выполнить в виде воздушного конденсатора, один электрод которого связан с контуром высокого измеряемого напряжения, а второй — с измерительной кабиной. На рисунке 10 показано такое решение, причем конденсатор низкого напряжения кратчайшим путем связан с осциллографом, находящимся в измерительной кабине.

Так как из-за малого значения емкости  $C_1$  мало и значение  $C_2$ , то делитель чувствителен к нагрузке измерительным прибором и коэффициент деления должен быть скорректирован с учетом этого влияния. Емкость плеча низкого напряжения складывается из собственно емкости делителя, емкости соединительного кабеля и входной емкости осциллографа. Преимущество показанного на рисунке 10 измерительного устройства состоит в незначительном влиянии измерительной схемы на источник напряжения: делитель напряжения в этом случае представляет собой некоторую часть емкости элементов контура высокого напряжения относительно земли. Затраты на создание конденсатора емкости  $C_1$  незначительны. Малое значение емкости  $C_1$  приводит к чувствительности измерительного устройства к окружающей обстановке: при любых изменениях положения предметов вблизи такого делителя необходимо проверять его градуировку.

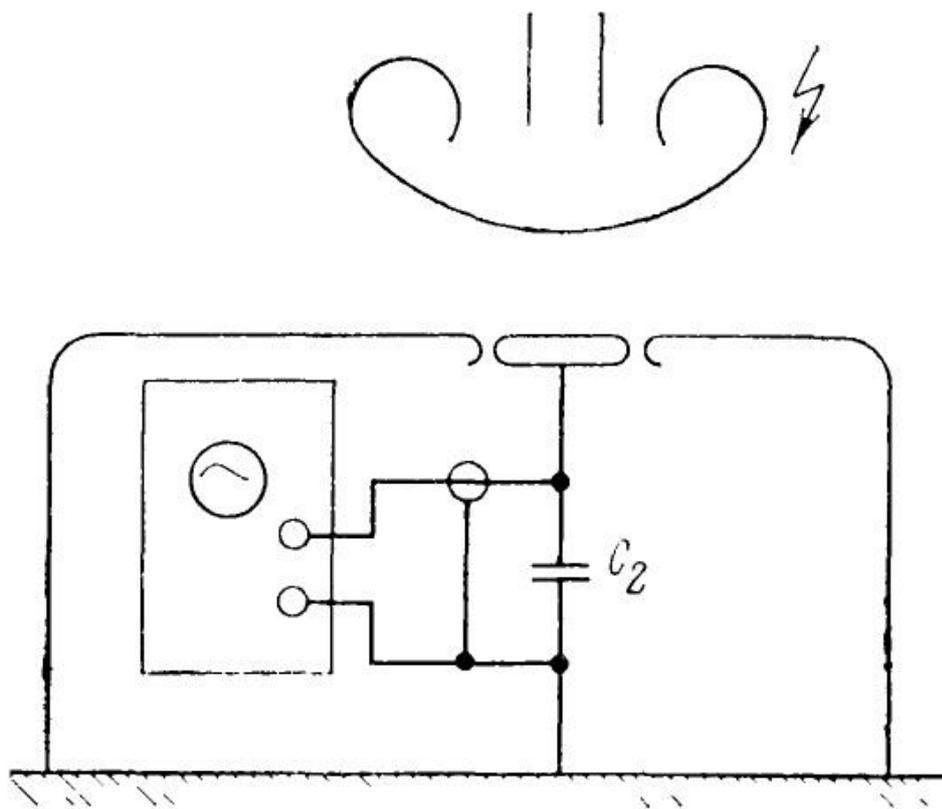


Рисунок 10. Специальный емкостной делитель на сверхвысокие напряжения.

В коаксиальных системах, применяемых при исследованиях термоядерных установок, и в элегазовых распределительных устройствах делители напряжения представляют собой составную часть конструкции. В зависимости от выполнения плеча низкого напряжения таких делителей при напряжениях около нескольких мегавольт достижимы времена реакций до 50 пкс.

### 1.1.3.2.1 Согласование кабеля в плече низкого напряжения емкостного делителя

Соединение емкостного делителя напряжения с осциллографом выполняется коаксиальным кабелем. Обычно измеряемый сигнал подводится непосредственно к отклоняющим пластинам и кабель разомкнут на концах (х. х.). Чтобы отражения на этом конце кабеля не привели к возникновению колебаний, начальная часть кабеля должна быть включена через волновое сопротивление (рис. 11). При очень быстро протекающих процессах возникающий сигнал  $U_2(t)$  делится пополам сопротивлением, включенным на

входе кабеля, и волновым сопротивлением кабеля. Бегущая волна в кабеле  $U_2(t)/2$  на конце кабеля удваивается, и на отклоняющие пластины воздействует первоначальное напряжение  $U_2(t)$ . Отраженная от конца кабеля волна при приходе к началу кабеля встречает волновое сопротивление  $Z_c$  и полностью поглощается на нем, если предположить, что емкость плеча низкого напряжения делителя в рассматриваемом диапазоне частот представляет собой практически короткую. При быстро протекающих процессах и соответственно высоких частотах получается известная формула для коэффициента деления:

$$K = \frac{U_1(t)}{U_2(t)} = \frac{(C_1+C_2)}{C_1} \quad (15)$$

По истечении двойного времени пробега можно рассматривать кабель как емкость  $C_k$ , подключенную параллельно емкости плеча низкого напряжения, т. е. при низких частотах несколько увеличивается коэффициент деления.

Когда кабель не слишком длинный и его емкость мала по сравнению с  $C_2$ , изменение коэффициента деления может быть незаметным. При больших длинах кабеля, как и при малых значениях  $C_2$ , можно уменьшить погрешность, вызванную присоединением кабеля, способом, предложенным в . Если выбрать  $C_1+C_2 = C_3+C_k$  (рис. 12), то коэффициент деления получится одинаковым как при высоких, так и при низких частотах. При высоких частотах цепочка  $Z_c C_3$  обеспечивает согласование на конце кабеля и с учетом дополнительного деления напряжения на сопротивлениях  $Z_c$  получается в 2 раза больший коэффициент деления:

$$K_\infty = 2 \frac{(C_1+C_2)}{C_1} \quad (16)$$

При низких частотах коэффициент деления

$$K_0 = (C_1 + C_2 + C_3 + C_k)/C_1 \quad (17)$$

совпадает с коэффициентом деления  $K_\infty$ . Но при промежуточных частотах коэффициент деления отличается от значений, определяемых по приведенным формулам, что проявляется в некотором запаздывании реакции на прямоугольный импульс. Однако с помощью методов синтеза можно

реализовать цепочку, устраняющую эффект запаздывания с требуемой точностью .

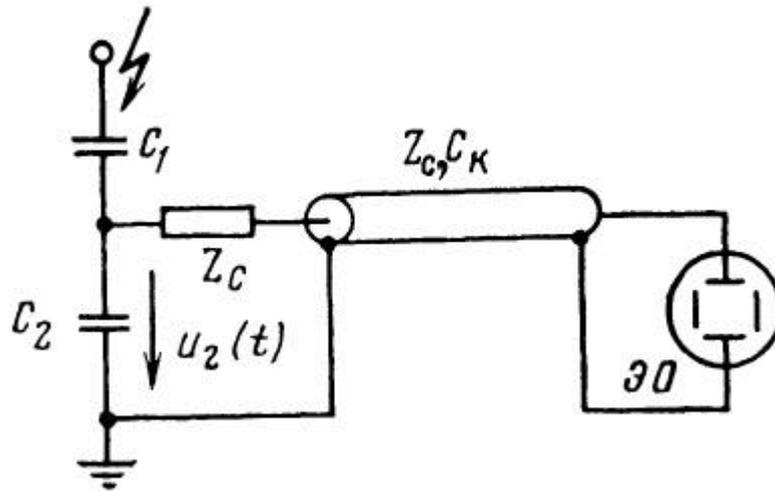


Рисунок 11. Соединение осциллографа и емкостного делителя напряжения:  $Z_c$ -волновое сопротивление;  $C_k$ -емкость кабеля

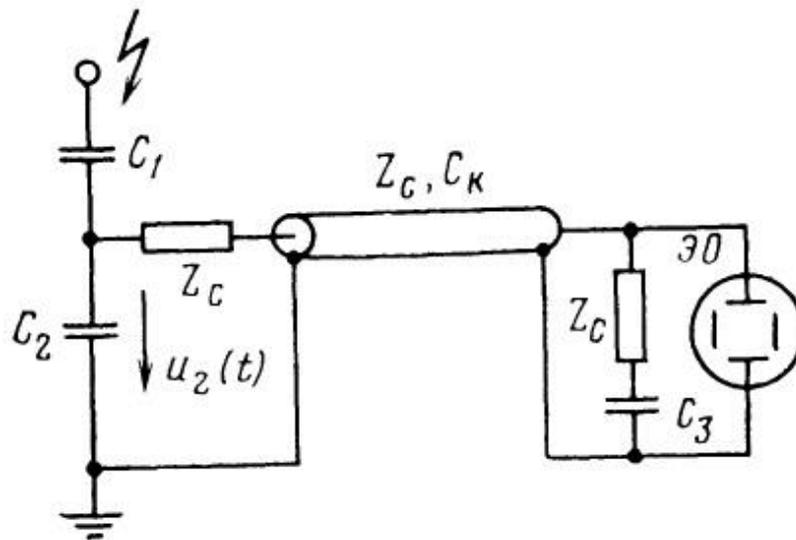


Рисунок 12. Компенсация емкости кабеля цепочкой  $Z_c C_3$  при больших его длинах

Смешанный делитель напряжения с последовательно соединенными сопротивлениями и емкостями ведет себя в отношении согласования кабеля так же, как и емкостный. Следует лишь иметь в виду, что сопротивление резистора, включаемого между жилой кабеля и делителем, должно быть меньше на величину  $R_2$  (рис. 13).[ 7]

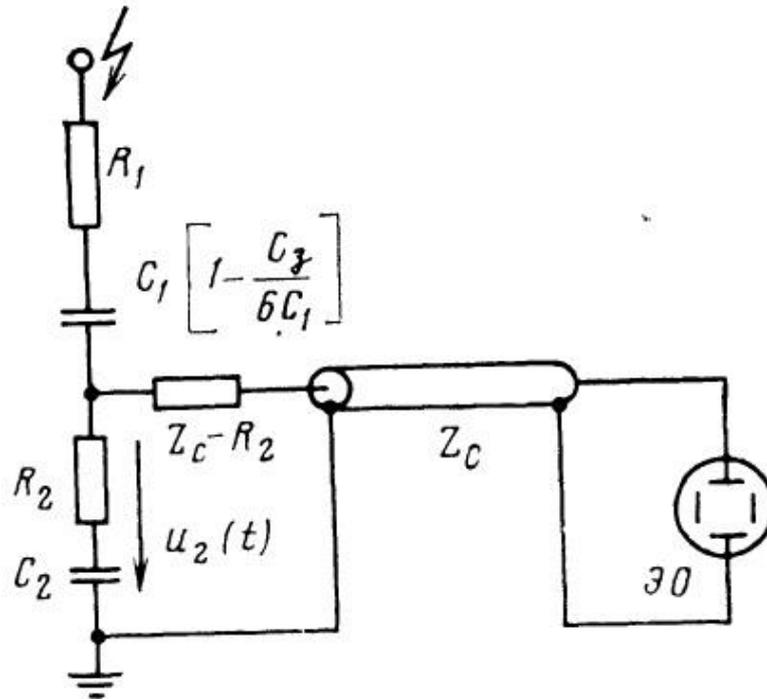


Рисунок 13. Согласование кабеля со смешанным емкостно-омическим делителем напряжения

Чтобы на стороне низкого напряжения не образовывалось постоянное напряжение вследствие осаждения зарядов, возникших при коронном разряде на стороне высокого напряжения, рекомендуется параллельно пластинам осциллографа включать резистор с сопротивлением около 1 МОм. В этом случае, а также при включении на конце кабеля согласующего сопротивления (последнее возможно обычно только при измерениях наносекундных процессов) емкостный делитель имеет ограниченную нижнюю частоту:

$$f_H = 1/2\pi R_{вх}(C1 + C2) \quad (18)$$

## 1.2 Измерительные кабели

Плата сбора данных или осциллограф располагается обычно вдали от делителя напряжения или шунта. Это связано с требованиями техники безопасности, со стремлением ослабить влияние мешающих полей, а также с необходимостью упростить обслуживание. Измеряемый сигнал  $U(t)$  поэтому необходимо передать ко входу осциллографа или плате сбора данных по коаксиальному кабелю. При измерениях сравнительно медленно

изменяющихся напряжений коаксиальная форма измерительного кабеля служит лишь для экранировки измерительной цепи от напряжений помех. На рисунке 14, а приведена схема измерения для случая, когда в непосредственной близости от измерительных проводов находится третий провод с протекающим по нему током. Этот ток  $i(t)$  создает переменное во времени электромагнитное поле, пронизывающее измерительный контур. Индуцированное в измерительном контуре напряжение накладывается на измеряемый сигнал и является составляющей помех. Наряду с этим возникает еще одна составляющая помех за счет емкостей связи  $C$ . Чтобы подавить помехи обоих видов, выполняют измерительные провода в виде коаксиального кабеля (рис. 14, б). Помеха, возникающая за счет емкости связи, устраняется полностью, так как все силовые линии между проводом с током и собственно измерительными проводами замыкаются на оболочку кабеля. Экранирование от электрического поля не вполне идеально, так как в обычных коаксиальных измерительных кабелях оболочка представляет собой проволочную плетенку. Поэтому имеется возможность некоторого проникновения внешнего поля внутрь кабеля. В гибких кабелях, экранирование которых выполняется гофрированной металлической трубой, внутренний провод полностью экранирован от электрических полей.[7]

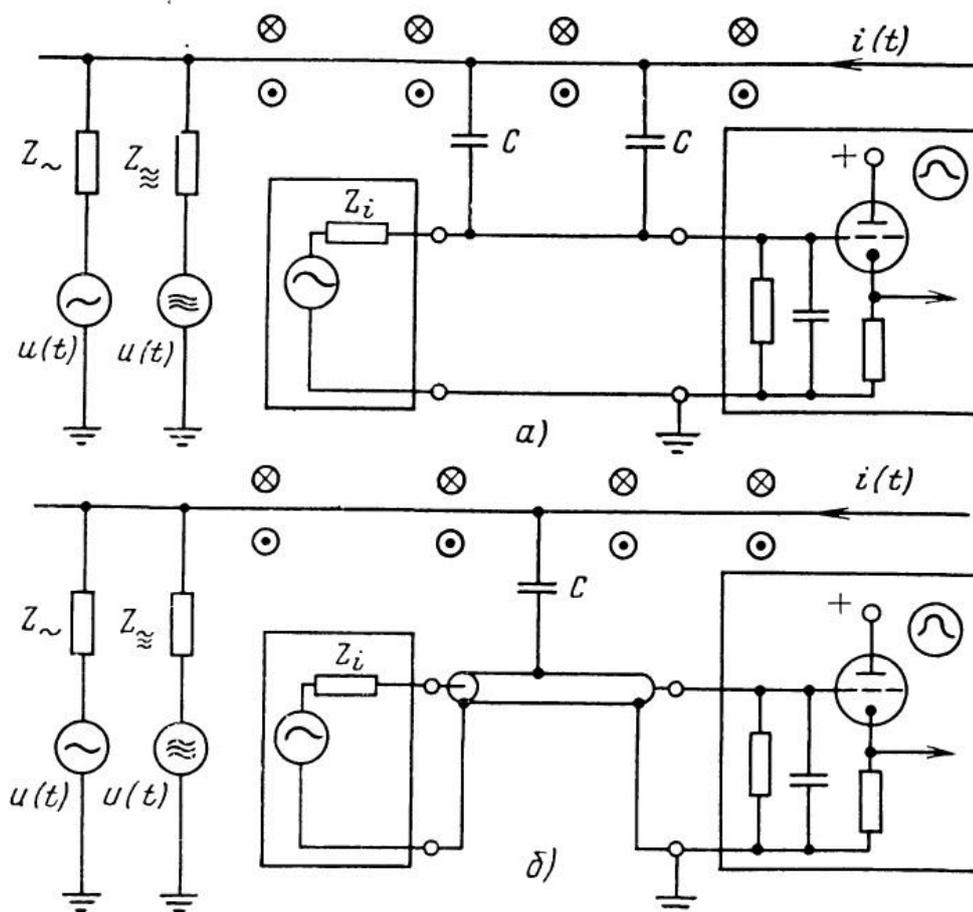


Рисунок 14. Схемы, поясняющие возникновение помех от провода с током

Экранирование магнитной составляющей осуществляется путем создания магнитного поля противоположного направления, возникающего за счет индуцированных вихревых токов. Обычная немагнитная экранировка коаксиальных кабелей совсем не влияет на постоянное магнитное поле и лишь слабо снижает магнитное поле низкой частоты, так как эти поля почти совсем не вызывают вихревых токов. Однако это не очень существенно, так как индуцированные помехи пропорциональны частоте тока помех, и соответственно при низких частотах помехи невелики. С увеличением частоты экранирующее действие оболочки возрастет и достигает предельного значения, определяемого плотностью плетенки. В гибких кабелях со сплошной металлической оболочкой степень экранирования магнитного поля возрастает неограниченно при увеличении частоты вследствие эффекта вытеснения тока.

Однако и при применении коаксиальных измерительных кабелей при измерениях переходных процессов возникают помехи, причины которых и способы их подавления будут рассмотрены подробно ниже.

Для медленных процессов, спектр которых не содержит сравнительно высоких частот, измерительный кабель или провода в зависимости от условий на концах представляют собой емкости или индуктивности. При очень быстрых изменениях напряжения в кабеле возникает бегущая волна напряжения, определяемая только волновым сопротивлением кабеля  $Z$ , независимо от того, замкнут или разомкнут кабель на конце или к нему подсоединено любое сопротивление. Вид включенной на конце нагрузки скажется на напряжении в начале кабеля спустя удвоенное время пробега. Кабель необходимо рассматривать как линию с распределенными параметрами, если время пробега электромагнитной волны по нему имеет тот же порядок, что и время нарастания передаваемого импульса, или больше его.

Скорость распространения сигнала в линии

$$v = c / \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \quad (19)$$

где  $c$  - скорость электромагнитной волны в вакууме;  $\epsilon_r$  и  $\mu_r$  - соответственно относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости материала изоляции кабеля.

Для обычных измерительных кабелей  $\mu_r = 1$  и

$$v = c / \sqrt{\epsilon_r} \quad (20)$$

Часто дается отношение скорости распространения сигнала в кабеле к скорости электромагнитной волны в вакууме:  $v_{\text{отн}} = v/c$ .

Для применяемых в кабелях диэлектриков это отношение составляет 0,5-0,7.

Величина, обратная скорости распространения сигнала в кабеле, является временем пробега волной единицы его длины:  $T = 1/v$ . Оно обычно дается в микросекундах на метр. Абсолютное время пробега по кабелю длиной

$$l\tau = Tl = l\sqrt{\epsilon_r/c}$$

С помощью этого уравнения определяется необходимая длина кабеля для заданной задержки измеряемого сигнала.

Для того чтобы измеряемый сигнал передать по длинной линии без искажений, кабель должен быть по крайней мере на одном конце нагружен волновым сопротивлением (рис. 15). При его включении на конце (рис. 15, а) приходящая волна напряжения не отражается

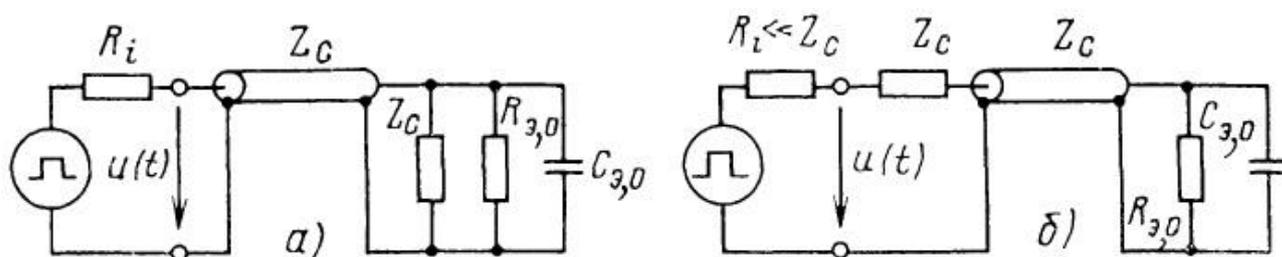


Рисунок 15. Схемы соединения источника импульсного напряжения с осциллографом через длинный кабель: а - согласование на конце кабеля; б – согласование в начале кабеля;  $R_i$  – внутреннее сопротивление источника;  $Z_c$  – волновое сопротивление;  $R_{э,о}$  и  $C_{э,о}$  – входное сопротивление и емкость осциллографа

В случае источника с малым внутренним сопротивлением (шунт, емкостный делитель) кабель часто согласуется только в самом начале путем последовательного включения резистора, сопротивление которого равно  $Z_c$  (рис. 12, б). Это сопротивление вместе с волновым сопротивлением кабеля образует делитель напряжения, вдвое уменьшающий напряжение  $x$ .  $x$ . источника. Уменьшенный импульс распространяется по кабелю, и на его разомкнутом конце удваивается, поэтому на экране осциллографа наблюдается напряжение  $x$ .  $x$ . источника. Отраженная от конца кабеля волна без отражения поглощается на сопротивлении, включенном на его входе.

К сожалению, нельзя осуществить идеальное согласование, так как, например, при согласовании в конце кабеля согласующее сопротивление всегда включено параллельно с входными элементами осциллографа (обычно 1 МОм, 10—50 пФ). При низких частотах это параллельное соединение практически не влияет. Однако при очень высоких частотах входное емкостное сопротивление становится соизмеримым с  $Z_c$ , и не может уже идти речь об отсутствии отражений от конца кабеля (например, для входной емкости 20 пФ и частоты

100 МГц емкостное сопротивление составляет 80 Ом). Для того чтобы отраженный от конца кабеля сигнал еще раз не отражался в начале кабеля, рекомендуется по возможности выбирать внутреннее сопротивление источника равным волновому. Однако при этом следует иметь в виду, что при согласовании (сопротивлении источника, равном волновому, и включенный согласующего резистора в конце кабеля) на экране осциллографа наблюдается сигнал в 2 раза меньший, чем напряжение х.х. источника. Если, например, омический делитель с  $R_2 = Z_c$  имеет коэффициент деления

$$K = (R_1 + R_2)/R_2 = 1000$$

и снимаемое с него напряжение подводится к осциллографу кабелем с согласованием на конце, то практически коэффициент деления становится равным 2000, так как результирующее сопротивление ступени низкого напряжения уменьшается вдвое за счет сопротивления, включенного на конце кабеля.[8]

### **1.3 Регистрирующие устройства**

Регистрирующее устройство - прибор для автоматической записи на носитель информации данных, поступающих с датчиков или других технических средств. Очень часто, в измерительной технике под регистрирующими устройствами понимают совокупность элементов средства измерений, которые регистрируют значение измеряемой или связанной с ней величины. По результатам регистрации измеряемых величин можно определить текущие значения измеряемой величины, установить функциональные связи между несколькими измеряемыми величинами и т.д.

Поговорим о современных регистрирующих устройствах, таких как осциллограф и платы сбора данных с использованием компьютера.

#### **1.3.1 Осциллограф**

Осциллографы используют для наблюдения и записи быстро протекающих процессов.

Осциллографы – незаменимый инструмент для тех, кто проектирует, производит или ремонтирует электронное оборудование. В современном быстро изменяющемся мире специалистам необходимо иметь самое лучшее

оборудование для быстрого и точного решения своих насущных, связанных с измерениями задач.

Все вместе взятые узлы и системы осциллографа, их характеристики в зависимости от режимов работы, вносят свой вклад в его способность отражать на экране наиболее достоверную информацию об исследуемом сигнале. Пробники (или щупы) также оказывают воздействие на целостность сигнала в измерительной системе.

Простейшая диаграмма способна поведать о сигнале:

- значение напряжения в определенный момент времени;
- частота колебаний сигнала;
- участки схемы с изменяющимися характеристиками, представленные конкретным сигналом;
- частота, с которой определённая часть сигнала соотносится с другими его составляющими;
- насколько сильно искажается сигнал за счет наличие неисправных компонентов;
- каково соотношение в сигнале постоянной и переменной составляющих;
- какова шумовая составляющая сигнала и изменяется ли это значение во времени.

Первым функциональным узлом осциллографа является усилитель вертикального отклонения. Органы управления вертикальным отклонением позволяют регулировать амплитуду и положение развертки сигнала. Далее, аналого-цифровой преобразователь в системе горизонтального отклонения осуществляет выборку сигнала в дискретных точках определенного временного интервала и преобразует напряжение исследуемого сигнала в этих точках в цифровые значения, называемые элементами выборки. Весь этот процесс называется оцифровкой сигнала. Схема синхронизации системы горизонтального отклонения устанавливает частоту, с которой АЦП делает выборки. Эта величина называется частота выборки и измеряется в выборках в

секунду (выб/с). Выборки, полученные от АЦП, сохраняются в оперативной памяти прибора в качестве элементов описания формы сигналов. Некоторое количество выборок могут составить одну точку развертки сигнала. Взятые вместе точки развертки сигнала составляют одну развертку сигнала. Используемое количество точек, необходимое для создания развертки сигнала называется длина записи. Система запуска осциллографа определяет момент пуска и останова процесса записи. Сигнальный тракт цифровых осциллографов включает в себя микропроцессор, через который проходит измеряемый сигнал. Микропроцессор обрабатывает сигнал, управляет выводом данных на дисплей, органами управления передней панели прибора, а также решает другие задачи. Затем сигнал поступает в память дисплея, а из нее – выводится на экран. В зависимости от производительности осциллографа, может выполняться дополнительная обработка выборок, что значительно повышает качество и достоверность отображаемой информации. Также возможно использование режима упреждающего запуска, который позволяет просматривать сигнал непосредственно перед моментом запуска. Большинство современных цифровых осциллографов обладают широким набором режимов автоматического измерения параметров, что в целом, упрощает процедуру исследования сигналов. Цифровые запоминающие осциллографы обеспечивают высокую производительность в режиме одиночного захвата по нескольким каналам. Эти осциллографы идеальны для исследований высокоскоростных сигналов в нескольких каналах с невысокой скоростью захвата или с одиночными захватами. При проектировании цифровых устройств инженеры обычно анализируют от четырёх и более сигналов одновременно – в таких задачах цифровые запоминающие осциллографы становятся незаменимыми. На рисунке 16 приведена блок-схема осциллографа.

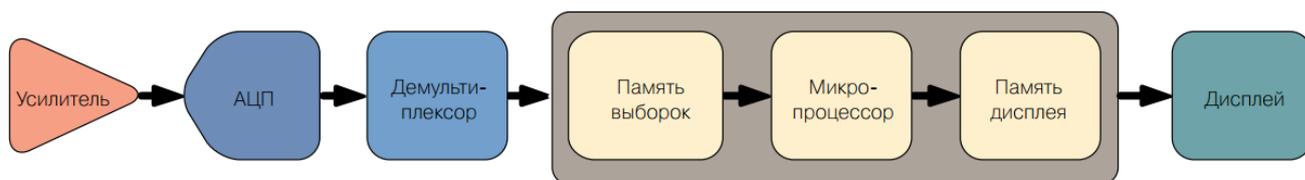


Рисунок 16. Схема последовательной обработки цифрового запоминающего осциллографа

### 1.3.2 Плата сбора данных

В современном мире мы уже привыкли к тому, что повсюду используются компьютеры. Поэтому, для решения задач автоматизации или измерения надо оснастить компьютер платой сбора данных и воспользоваться соответствующим программным обеспечением, при этом потребность в самих стационарных приборах отпадает. Новые приборы состоят из компьютера, наличие которого сегодня является необходимым условием качественных и быстрых измерений, и одной-двух плат сбора данных, причем программа управления платой позволяет сформировать на экране дисплея переднюю панель стационарного измерительного устройства, которая становится его панелью управления. В процессе работы можно менять её конфигурацию, в отличие от реальной. Такой подход позволяет на экране компьютера задавать пределы измерений, режимы работы, совмещать измерения и обработку данных с представлением результатов в графической форме. Компьютерные измерительные приборы функционально заменяют стандартные измерители: вольтметры, самописцы, осциллографы и т.д. Эти устройства позволяют не только автоматизировать и ускорить процесс измерения, но и сделать его исключительно удобным для пользователя. Они могут в большинстве конкретных случаев эффективно заменить существующий парк измерительных приборов.

Плата сбора данных может представлять из себя:

- Аналого-цифровые преобразователи - одного из самых сложных устройств, входящих в состав плат сбора данных. Служит для преобразования

непрерывных сигналов в цифровую форму, воспринимаемую компьютером. Основные параметры - время преобразования, число разрядов, погрешность преобразования в конечной точке шкалы, интегральная и дифференциальная нелинейности.

- Цифро-аналоговые преобразователи - применяются для моделирования аналоговых сигналов и управления некоторыми видами оборудования. Основные параметры - время установления напряжения, скорость нарастания сигнала, разрядность и диапазон изменения выходного напряжения.

- Счетчики и таймеры, которые могут использоваться для запуска АЦП, генерации прерываний, подсчета внешних импульсов (событий), измерения частоты, измерения длительности цифровых сигналов и генерации прямоугольных импульсов. Основные параметры — разрядность и тактовая частота.

- Аналоговые фильтры - предназначены для фильтрации нежелательных частотных составляющих входного аналогового сигнала и устранения частотных наложений в спектре сигнала на выходе АЦП.

- Пиковые детекторы, которые регистрируют превышение сигналом пиковых, заранее установленных значений входного сигнала.

## **Глава 2. Планирование научно-исследовательских работ.**

### **2.1 Структура работ в рамках научного исследования.**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе были составлены перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 1.

Таблица 1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	8	Составление блок-схем	
Практические исследования	10	Математический расчет	Научный руководитель, студент
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	Научный руководитель, студент

## 2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3*t_{mini}+2*t_{maxi}}{5}, \quad (21)$$

где:  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (22)$$

где:  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта–горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (23)$$

где  $T_{ki}$ – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (24)$$

где:  $T_{\text{кал}} = 366$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 120$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 19$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 120 - 19} = 1.61$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 2).

После заполнения таблицы 2 строим календарный план-график (табл. 3). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 2 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{\min}$ , чел-дни			$t_{\max}$ , чел-дни			$t_{ож}$ , чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение темы ВКР	1	2	2	3	5	5	2	3	3	Науч. рук.	1	2	2	1	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	2	2	2	1	2	2	Студ. и науч. рук.	1	1	1	1	1	1
Постановка задач	1	1	1	3	2	2	2	2	2	Студент	2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков написания ВКР	2	1	2	5	2	4	3	2	3	Студ. и науч. рук.	2	1	2	3	1	3
Подбор литературы по тематике работы	4	6	7	6	8	10	5	7	8	Студент	5	7	8	7	10	12
Сбор материалов и анализ	7	14	14	9	17	17	8	15	15	Студент	8	15	15	12	22	22
Выбор оптимальной конструкции	3	7	7	5	9	9	4	8	8	Студ. и науч. рук.	4	8	8	6	12	12
Проведение математического расчета	10	5	5	15	7	7	12	6	6	Студ. и науч. рук.	6	3	3	9	4	4
Оценка и анализ полученных результатов	3	2	3	6	4	3	4	2	3	Студ. и науч. рук.	2	1	2	3	1	3
Работа над выводами по проекту	5	1	2	8	3	4	6	2	3	Студ. и науч. рук.	3	1	2	4	1	3
<b>Итого</b>														<b>49</b>	<b>58</b>	<b>66</b>

Таблица 3 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководитель	3	■												
2	Анализ актуальности темы	Студент и научный руководитель	1		▨											
3	Постановка задач	Студент	3			■										
4	Определение стадий, этапов и сроков написания ВКР	Студент, научный руководитель	3				▨	■								
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	12				■	■								
6	Сбор материалов и анализ	Студент	22					■	■	■						
7	Выбор оптимальной конструкции	Студент и научный руководитель	12								▨	■				
8	Проведение математического расчета	Студент и научный руководитель	4									▨	■			
9	Оценка и анализ полученных результатов	Студент и научный руководитель	3										▨	■		
10	Работа над выводами по проекту	Студент, научный руководитель	3												▨	■

■ – студент; ▨ – научный руководитель.

### 2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (25)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 4– Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	165	115	180	2,09	2	1,99	345	230	359
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1150	1181,1	1174,2	1150	1181,1	1174,2
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	440,5	402,5	452,5	440,5	402,5	452,5
Ручка	шт.	1	1	1	23	123	23	23	123	23
Флэшка USB	(Гб)	8	16	8	87,2	126,5	78,2	698	2024	625,6
<b>Итого</b>								<b>2656,5</b>	<b>3960,6</b>	<b>2624,3</b>

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 5 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/ п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования,			Общая стоимость оборудования,		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Ноутбук с программным обеспечением	1	1	1	47	47	47	54,05	54,05	54,05
<b>Итого</b>								<b>54,05</b>	<b>54,05</b>	<b>54,05</b>

### 2.3.1 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы ВКР	Науч. рук.	2	3	3	1374,7			2749,4	4124,1	4124,1
2.	Анализ актуальности темы	Студ. и науч. рук.	1	2	2	1786,9			1786,9	3573,8	3573,8
3.	Постановка задач	Студент	2	2	2	412,2			824,4	824,4	824,4
4.	Определение стадий, этапов и сроков написания	Студ. и науч. рук.	3	2	3	1786,9			5360,7	3573,8	5360,7
5.	Подбор литературы по тематике работы	Студент	5	7	8	412,2			2061	2885,4	3297,6
6.	Сбор материалов и анализ	Студент	8	15	15	412,2			3297,6	6183	6183
7.	Выбор оптимальной конструкции	Студ. и науч. рук.	4	8	8	1786,9			7147,6	14295,2	14295,2
8.	Проведение математического расчета	Студ. и науч. рук.	6	6	6	1786,9			10721,4	10721,4	10721,4
9.	Оценка и анализ полученных результатов	Студ. и науч. рук.	4	2	3	1786,9			7147,6	3573,8	5360,7
10.	Анализ результатов, заключение	Студ. и науч. рук.	6	2	3	1786,9			10721,4	3573,8	5360,7
11.	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации,	Студент	9	9	9	412,2			3709,8	3709,8	3709,8
<b>Итого</b>			<b>56</b>	<b>58</b>	<b>62</b>	<b>13744,9</b>			<b>55527,8</b>	<b>57038,5</b>	<b>62811,4</b>

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент.

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (26)$$

где:  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доцент, кандидат технических наук) равна примерно 23264.86 рублей, а студента 6976.22 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} \quad (27)$$

где :  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 7 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	22864,4	23486,4	25863,5	0,12	2743,7	2818,4	3103,6
Студент	32663,4	33552	36947,9		3919,6	4026,2	4433,7
<b>Итого</b>					<b>6663,3</b>	<b>6844,6</b>	<b>7537,3</b>

### 2.3.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (28)$$

где:  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	22864,4	23486,4	25863,5	2743,7	2818,4	3103,6
Студент-дипломник	32663,4	33552	36947,9	3919,6	4026,2	4433,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	62191,1 руб.					
Исполнение 2	63883,1 руб.					
Исполнение 3	70348,7 руб.					

### Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр}, \quad (29)$$

где:  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### 2.3.3. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НИИ	2656,5	3960,6	2624,3	Пункт 3.4.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	192,05	185,15	178,25	Пункт 3.4.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	55527,8	57038,5	62811,4	Пункт 3.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6663,3	6844,6	7537,3	Пункт 3.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	62191,1	63883,1	70348,7	Пункт 3.4.5
Накладные расходы	20356,9	131911,9	143499,9	16 % от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НИИ	147587,6	263823,9	286999,9	Сумма ст. 1- 6

Исходя из данных, приведенных в таблице 9, наиболее бюджетным вариантом является исполнение 1. Самым затратным является исполнение 3.

## 2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (30)$$

где  $I_{финр}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно – исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп.1} = \frac{147587,6}{286999,9} = 0,51; \quad I_{финр}^{исп.2} = \frac{263823,9}{286999,9} = 0,92;$$

$$I_{финр}^{исп.3} = \frac{286999,9}{286999,9} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (31)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 10).

Таблица 10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2	4
3. Ремонтопригодность	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	5	5
5. Надежность	0,15	4	4	2
6. Пусковой период	0,1	5	3	3
7. Материалоемкость	0,15	5	4	4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>4,5</b>	<b>3,55</b>	<b>3,55</b>

$$I_{p-исп1} = 5*0,1+4*0,15+5*0,15+4*0,2+4*0,15+5*0,1+5*0,15=4,5$$

$$I_{p-исп2} = 3*0,1+2*0,15+3*0,15+5*0,2+4*0,15+3*0,1+4*0,15=3,55$$

$$I_{p-исп3} = 3*0,1+4*0,15+3*0,15+5*0,2+2*0,15+3*0,1+4*0,15=3,55$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}$$

$$I_{исп.1}^1 = \frac{4,5}{0,51} = 8,82; \quad I_{исп.1}^2 = \frac{3,55}{0,92} = 3,85; \quad I_{исп.1}^3 = \frac{3,55}{1} = 3,55. \quad (32)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта

(см.табл.11) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.  
Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} \quad (33)$$

Таблица 11. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,51	0,92	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,55	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	8,82	3,85	3,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,3	0,43	0,40

### Вывод

В результате проделанной работы, определена трудоемкость выполнения работ и разработан график проведения научного исследования.

Посчитана заработная плата научного руководителя и студента.

Был сформирован бюджет затрат проекта. Наиболее бюджетным оказалось исполнение 1, а наиболее затратным исполнение 3. По окончании выполнения данного раздела была определена эффективность исследования.

Реализация технологии в первом исполнении, является наиболее эффективным вариантом, для решения задачи, поставленной в данной работе и равно 2,3, а наименее эффективным является исполнение 3, равное 0,4.

## Глава 3. Профессиональная социальная ответственность

### 3.1 Анализ вредных факторов

Проведем анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при постановке практических экспериментов, в лаборатории приборостроения в 18 корпусе, на кафедре ФМПК Томского политехнического университета.

Таблица 12 – Опасные и вредные факторы при постановке практического эксперимента

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение экспериментов с киловольтметром	Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны  Недостаточная освещенность рабочей зоны  Повышенный уровень электромагнитных излучений	Электрический ток  Пожар (замыкание в проводе)	СанПиН 2.2.4-548-96 [11]  СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [12]  ГОСТ 12.1.033-81 [13]  ГОСТ Р 12.1.019-2009 [14]  СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [15]  ГОСТ 12.1.002-84 [16]

Далее более подробно изучим выявленные вредные и опасные факторы и обоснуем мероприятия по защите персонала предприятия от действия этих факторов.

Анализ условий труда в лаборатории является одной из основных задач организации рабочего места. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный трудовой процесс, и эффективное использование орудий и предметов труда, что повышает производительность и способствует снижению утомляемости работающих.

Удобное и рациональное расположение органов управления позволяет исключить лишние движения. Рабочие места операторов выполняем также с учетом требований технической эстетики:

- Планировка рабочего места избавляет работающих от лишних и утомительных трудовых движений, и обеспечивает удобную рабочую позу;
- Рабочее место обеспечено инструментами и приспособлениями, необходимыми для работы, а также для личной безопасности; вблизи рабочего места установлены ящики или шкафы для хранения инструмента и личных вещей;
- Рабочее место в соответствии с санитарными нормами освещено и провентилировано, постоянно содержится в чистоте; не захламлено, нет хаотичного хранения инструмента и материалов.

### **3.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны**

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Нормы учитывают:

- время года – холодный и переходный ( $+10^{\circ}\text{C}$  и ниже), теплый ( $+10^{\circ}\text{C}$  и выше) периоды;

- категорию работ – легкая, средней тяжести и тяжелая;
- характеристику помещения по тепловому облучению.

Отклонения микроклимата от нормы, могут вызвать:

- повреждения или нарушения состояния здоровья;
- общие и локальные ощущения теплового дискомфорта;
- напряжение механизмов терморегуляции;
- ухудшению самочувствия и понижению работоспособности

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 [10]. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 13 для категории Ia, к ней относятся работы с интенсивностью энерго-затрат до 139 ккал/ч.

Таблица 13 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период Года	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
Верхняя		Нижняя							
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	55	0,1	0,1

### 3.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В лаборатории производятся работы средней точности IV (минимальная величина различия составляет от 0.5 до 1 мм).

Согласно СП 52.13330.2011 необходимо создать искусственное освещение при системе общего освещения не ниже 200 лк, при системе комбинированного освещения не ниже 400 лк в соответствии с разрядом зрительной работы.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Необходимо предусмотреть на окнах солнцезащитные устройства, например, жалюзи, предотвращающие проникновение прямых солнечных лучей, которые создают на рабочих местах резкие тени.

В качестве источников света для освещения помещения используются люминесцентные лампы, которые обладают большим сроком службы и высокой световой отдачей. Выбираем светильники типа ОДОР-2-40 с люминесцентными лампами типа ЛД-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

### **3.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Длительное воздействие электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) приводит к расстройствам в головном мозге и центральной нервной системе. В электрическом поле (ЭП) атомы и молекулы поляризуются. Полярные молекулы ориентируются по направлению распространения электромагнитного поля, что изменяет ориентацию клеток или цепей молекул, ослабляя биохимическую активность белковых молекул. В результате у человека наблюдаются головная боль в височной и затылочной областях, вялость, ухудшение памяти, боли в области сердца, угнетенное настроение, апатия, своеобразная депрессия с повышенной чувствительностью к яркому свету и интенсивному звуку, расстройство сна, сердечно-сосудистой системы (ССС), органов пищеварения, дыхания, повышенная раздражительность. Могут

наблюдаться функциональные нарушения в ЦНС, а также изменения в составе крови.

Воздействие постоянного магнитного поля (ПМП) и с частотой 50 Гц на человека проявляется в индуцировании в теле человека вихревых токов.

При длительном систематическом воздействии могут возникнуть изменения функционального состояния нервной системы, иммунной системы и сердечно-сосудистой системы. Длительное воздействие ЭМП промышленной частоты может спровоцировать онкологические заболевания.

Обязательным требованием к помещениям, где размещены рабочие места с персональными компьютерами, является оборудование помещений защитным заземлением. В этих помещениях следует проводить ежедневную влажную уборку и после каждого часа работы на ЭВМ необходимо проводить систематическое проветривание помещения.

Для обеспечения наиболее оптимальной работоспособности, а также сохранения здоровья пользователя, в течение рабочей смены должны быть установлены регламентированные перерывы.

При работе с компьютером допустимые уровни электромагнитных полей указаны в таблице. Они нормируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. [15]

Таблица 14 – 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		15 кВ/м

Длительность рабочей смены не превышает 8 ч (480 мин); установление 2 регламентированных перерывов, учитываемых при установлении нормы

выработки: длительностью 20 мин через 1- 2 ч после начала смены, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин примерно в середине смены. Регламентированные перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур. Так же имеется комната психологической разгрузки

### **3.1.4 Электрический ток**

В процессе использования электроприборов и электрооборудования может возникнуть опасность поражения электрическим током.

Чтобы исключить опасность поражения необходимо соблюдать следующие правила электробезопасности:

- перед включением прибора в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети устройство и устранить неисправность;
- запрещается при включенном устройстве одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.)
- запрещается эксплуатация оборудования в помещениях с повышенной опасностью;
- запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки. Штепсельную вилку включать и выключать из розетки можно только при выключенном устройстве [15].

В соответствии с ГОСТ 12.1.002–84 [16] нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается

в течение 8 часов.

Существуют следующие способы защиты от поражения током в электроустановках:

- предохранительные устройства;
- защитное заземление;
- применение устройств защитного отключения (УЗО);
- зануление.

Самый распространенный способ защиты от поражения током при эксплуатации измерительных приборов и устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения «замыкания электричества на корпус» в «замыкание тока на землю» для уменьшения напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных величин (выравнивание потенциала) [15].

### **3.2 Экологическая безопасность**

Для рассмотрения характера воздействия проводимого эксперимента на окружающую среду, проведем анализ его «жизненного цикла», который состоит из стадий использования и утилизации.

В результате постановки экспериментов, выбросов вредных веществ в атмосферу не происходит. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и картриджи должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

Для утилизации прибора необходимо сдать его в перерабатывающую компанию. Первичные преобразователи подходят для вторичной переработки. Самым опасным загрязнителем окружающей среды в устройстве является аккумулятор, который необходимо сдать в специальную утилизирующую организацию.

### **3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, диверсии и пожары.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае заморозки труб отопления, должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их мощности должно хватать для того, чтобы работа не прекратилась. Масляные обогреватели нагреваются до температуры 110-150 градусов, поэтому довольно быстро способны отопить помещение. Некоторые модели масляных радиаторов наделены вентилятором, с помощью которого теплый воздух быстрее распространяется по всему помещению. Масляный обогреватель с термостатом, можно вообще не выключать. Обогреватель будет самостоятельно отключаться, когда температура поднимется до заданной. То есть на время отсутствия сотрудников можно выставить на термостате температуру около 15 градусов, тогда температура в рабочей зоне будет соответствовать установленным нормам. Главное, учитывать, что суммарная мощность обогревателей была меньше электрической мощности источника их питания. А также желательно наличие дополнительного автоматического выключателя в распределительном щите для защиты от перегрузок.

Еще одним вероятным чрезвычайным происшествием является пожар. Пожар – это неконтролируемое горение вне специально отведенного очага, приносящее материальный ущерб. В соответствии с положениями ГОСТ 12.1.033-81 [13], термин пожарная безопасность обозначает такое состояние объекта, при котором с определенной вероятностью исключается вероятность

возникновения и развития бесконтрольного пламени и воздействия на людей опасных критериев пожара, и обеспечение сохранности материальных ценностей.

Пожарная безопасность объектов народного хозяйства, в том числе электрических установок, регламентируется ГОСТ 12.1.004-91 [18], а также строительными нормами и правилами, межотраслевыми типовыми правилами пожарной безопасности на отдельных объектах.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Возникновение пожара в кабинете может быть обусловлено следующими факторами: в современных ПК очень высокая плотность размещения электронных схем. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество тепла, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 100 °С. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение, как следствие - короткое замыкание, сопровождаемое искрением.

Следовательно, для целей обеспечения пожарной безопасности эксплуатация ПК связана с необходимостью проведения обслуживающих, ремонтных и профилактических работ. При этом используются различные смазочные материалы, легковоспламеняющиеся жидкости, прокладываются временные электропроводки, ведут пайку и чистку отдельных узлов и деталей. Также всегда есть вероятность дополнительной пожарной опасности, которая требует соответствующих мер пожарной профилактики.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом

зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожароопасности, анализируемое в данной работе помещение относится в категории В.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности

Для тушения пожаров используются воздушно-механическая пена, углекислый газ, а также галогидрированные углеводороды. Так как основная опасность – неисправность электропроводки, то при пожаре необходимо немедленно обесточить электросеть в помещении. Главный рубильник должен находиться в легкодоступном месте. До момента выключения рубильника, очаг пожара можно тушить сухим песком или углекислотными огнетушителями. Одновременно с этим необходимо сбить пламя, охватившее горючие предметы, расположенные вблизи проводников.

Водой и химическими пенными огнетушителями горящую электропроводку следует тушить только тогда, когда она будет обесточена.

При возникновении пожара обязанности по его устранению должны быть четко распределены между работниками лаборатории.

### **3.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **3.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства**

В Российской Федерации вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере [21]. При работе инженера-конструктора с персональным компьютером очень важную роль играет соблюдение правильного режима труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Согласно типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере определяются следующие требования:

1. К работе на персональном компьютере допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте.

2. Работник обязан:

- выполнять только ту работу, которая определена его должностной инструкцией.
- содержать в чистоте рабочее место.
- соблюдать меры пожарной безопасности.
- соблюдать режим труда и отдыха в зависимости от продолжительности, вида и категории трудовой деятельности.

Длительность рабочей смены не более 8 ч (480 мин); установление 2 регламентированных перерывов, учитываемых при установлении нормы выработки: длительностью 20 мин через 1 – 2 ч после начала смены, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин примерно в середине смены. Регламентированные перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

При 12 часовой рабочей смене регламентированные перерывы должны устанавливаться в первые 8 часов работы аналогично перерывам при 8-часовой рабочей смене, а в течение последних 4 часов работы, независимо от категории и вида работ, каждый час продолжительностью 15 минут.

Таблица 15 – Время регламентированных перерывов при работе на компьютере

Категория работы	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с компьютером			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, часов	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2,0	30	70
II	до 40 000	до 30 000	до 4,0	50	90
III	до 60 000	до 40 000	до 6,0	70	120

3. Женщины со времени установления беременности и в период кормления грудью к выполнению всех видов работ, связанных с использованием компьютеров, не допускаются.

### 3.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место является первичным звеном производства, оно представляет собой определенный участок производственной площади цеха, предназначенный для выполнения одним рабочим порученной работы, специально приспособленный и технически оснащенный в соответствии с характером этой работы. От того, насколько правильно и рационально будет организовано рабочее место, зависит безопасность и производительность труда. Как правило, каждое рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием и соответствующим инструментом. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного или нерациональное расположение, захламленность создают условия для возникновения травматизма.

Рабочее место инженера-конструктора должно отвечать требованиям к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей [15].

1. Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

2. Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

3. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

4. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углам наклона вперед до 15 град. и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки 300 +/- 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +/- 30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм;

- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 +/- 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

5. Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 град. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

6. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Создание благоприятных условий труда и правильное оформление рабочих мест, имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

## **Заключение:**

В ходе проделанной выпускной квалификационной работы были изучены методы измерения высокого импульсного напряжения.

В ходе анализа методов, был выявлен метод наиболее точный для измерения высокого импульсного напряжения, это использования емкостного-оммического делителя с низковольтным регистрирующим устройством.

Была проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Определены возможные альтернативы проведения научных исследований, распланированы научно-исследовательских работы, рассчитан бюджет научно-технического исследования.

Проведен анализ опасных и вредных факторов воздействующих на разработчика ВКР, приведены способы защиты от них. Проанализированы основные источники загрязнения на НПЗ и их влияния на окружающую среду и человека в частности. А также рассмотрена наиболее вероятная чрезвычайная ситуация на объекте (НПЗ), после чего приведены мероприятия по предупреждению ЧС.

## Список используемых источников

1. Рябов, Борис Михайлович. Измерение высоких импульсных напряжений / Б. М. Рябов. - Ленинград: Энергоатомиздат, 1983. -123 с.: ил.
2. Техника высоких напряжений / В. А. Бутенко [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).-Томск: Изд-во ТПУ, 2010.
3. «АТАКОМ» сайт разработчика электроники URL: [http://www.aktakom.ru/kio/index.php?SECTION\\_ID=13638&ELEMENT\\_ID=2290](http://www.aktakom.ru/kio/index.php?SECTION_ID=13638&ELEMENT_ID=2290)
4. Техника высоких напряжений / В. А. Бутенко [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 116 с.: ил.
5. Техника высоких напряжений : учебное пособие / В. Ф. Важов [и др.]; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006.- 104 с.: ил.
6. Важов, Владислав Фёдорович. Техника высоких напряжений : курс лекций / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович, С. А. Лопаткин. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. — 123 с.: ил.
7. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений : пер. с англ. / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 517 с.: ил.
8. Важов, Владислав Фёдорович. Техника высоких напряжений : учебное пособие / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович; Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 163 с.: ил.
9. Закарюкин В.П. Техника высоких напряжений: Конспект лекций. – Иркутск: ИрГУПС, 2005. – 137 с.
10. ООО«Метр» Магазин электроники. URL: <http://www.metr-sm.ru/elektroprib/ampermvoltmetr/voltperemenn/c96/>

11. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
13. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
14. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
16. ГОСТ 12.1.002-84. Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
17. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергия, 1981. – 590 с.
18. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
19. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
20. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху.
21. ТОИ Р-45-084-01. Типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере.