

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

---

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрические сети и электротехника

**МАГИСТЕРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы	
<b>Создание генератора тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации</b>	
УДК 621.311.004.67:621.397.083.7	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Д	Алехин Роман Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарев С.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	Прохоров А.В.	к.т.н.		

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>P1</b>	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
<b>P2</b>	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
<b>P3</b>	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
<b>P4</b>	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
<b>P5</b>	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
<b>P6</b>	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>P7</b>	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
<b>P8</b>	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
<b>P9</b>	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
<b>P10</b>	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
<b>P11</b>	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
<b>P12</b>	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

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

Институт Энергетический  
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
 Кафедра Электрические сети и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой ЭСиЭ  
 А.В. Прохоров

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      \_\_\_\_\_  
 (Дата)

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

В форме:

<b>Магистерской диссертации</b>
---------------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5Д	Алехин Роман Александрович

Тема работы:

Создание генератора тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации	
Утверждена приказом	От 08.02.2017 № 626/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	1. Оперативно-информационный комплекс СК-2007. 2. Интегрированная среда разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Провести исследование принципов работы систем телемеханики, а также оперативно-информационных комплексов. Проанализировать варианты аварийных и нештатных ситуаций, возникающих на объектах электроэнергетики и в системах сбора и передачи информации. Разработать программное обеспечение, способное по заранее определенному алгоритму записывать информацию в базу данных оперативно-информационного комплекса СК-2007. Привести подробное описание алгоритма работы разрабатываемого программного обеспечения Особые требования: изучение факторов, приводящих к некорректной работе программного

	обеспечения, экономический анализ.
<b>Перечень графического материала</b>	Алгоритмы работы программного модуля
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко Аркадий Альбертович
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич
Dispatch control systems	Исакова Юлия Ивановна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Разделы 1-5 – Русский язык	
Раздел 6 «Dispatch control systems» - Английский язык	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	08.02.2017
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭЭС	Свечкарев Сергей Владимирович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Д	Алехин Роман Александрович		

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистратура

Кафедра Электрические сети и электротехника

Период выполнения \_\_\_\_\_ 2015/2016 и 2016/2017 учебные годы

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2017 г.	Обзор литературы	20
09.04.2017 г.	Выбор и изучение программного обеспечения для разработки	20
14.05.2017 г.	Создание ПО Генератор тестовых сигналов	40
16.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
20.05.2017 г.	Социальная ответственность	5
26.05.2017 г.	Dispatch control systems	5
29.05.2017 г.	Оформление работы	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭЭС	Свечкарев С.В.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров А.В.	к.т.н.		

## Реферат

**Актуальность.** Актуальность проблемы заключается в отсутствии программного обеспечения способного моделировать аварийные и нештатные ситуации, происходящие на объектах электроэнергетических систем и системах сбора и передачи информации, для проверки алгоритмов работы оперативно-информационного комплекса СК-2007. Существующие аналоги способны выполнять только простой заранее заложенный разработчиками алгоритм, либо не в полной мере реализуют потенциальные возможности тестовых программ.

**Цель и задачи исследования.** Целью настоящей работ является разработка программного модуля, позволяющего по заранее определенному алгоритму записывать информацию в базу данных оперативно-информационного комплекса СК-2007.

### **Задачи:**

1. Рассмотреть технические средства, используемые в системах сбора и передачи информации.
2. Провести анализ методов и средств, позволяющих организовать обмен информацией между программными комплексами.
3. Разработать алгоритм работы и интерфейс программы, который позволит обслуживающему персоналу сократить время для проведения тестов и увеличит эффективность тестирования.

**Методологическая основа.** При работе над диссертацией использовались положения о принципах обработки информации и возможных нештатных ситуациях наблюдаемых в ОИК СК-2007, описания существующих программных комплексов, позволяющих решать поставленную задачу.

**Информационная база.** Поставленная цель достигается в процессе анализа современного состояния отрасли; изучения научной и специальной литературы; собственных исследований.

**Новизна исследования и научные результаты.** Предложен оригинальный способ создания сценариев и проведения тестирования ОИК СК-2007.

**Объектом исследования** является программа, способная воспроизводить различные аварийные и нештатные ситуации, происходящие на объектах электроэнергетики и в системах сбора и передачи информации.

**Предметом исследования** являются способы организации хранения данных для проведения тестирования, а также запись информации в базу данных ОИК.

**Апробация работы:** публикация материалов в сборниках VII Международной молодежной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи - 2016» (г. Казань 19-23 сентября 2014 г.) и IV Международном молодежном форуме «Интеллектуальные энергосистемы» (г. Томск 10-14 октября 2016 г.).

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Требования к системам тестирования оперативно-информационного комплекса.
2. Алгоритм и программа для проведения испытаний качества обработки поступающей в ОИК СК-2007 информации.

**Практическая значимость.** Материалы, представленные в работе, могут быть использованы в целях внедрения разработанного программного модуля в ОАО «СО ЕЭС».

**Структура работы.** Работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, двух приложений. Текстовая часть проиллюстрирована 21 рисунком, список источников включает в себя научную и специальную литературу.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

РД 34.20.501-95.

ГОСТ 26.005-82

ГОСТ 32144-2013

ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93.

IEEE Std 610.12-1990.

В работе использованы следующие обозначения и сокращения:

БДРВ – база данных реального времени

ВМ - вычислительная машина

ГТС – генератор тестовых сигналов

ИМ – исполнительный механизм

КДД – компонент доступа к данным

КИП - контрольно-измерительный прибор

ЛВС – локальная вычислительная сеть

ОИК – оперативно-информационный комплекс

ПО – программное обеспечение

РТД – режимный тренажер диспетчера

СТМ – система телемеханики

ТИ – телеизмерение

ТМ - телеметрия

ТС – телесигнал

ТУ – телеуправление

OSI - open systems interconnection basic reference model

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

UML - Unified Modeling Language



## Оглавление

Введение.....	11
Глава 1. Обзор литературы.....	13
1.1. Задачи диспетчерского управления.....	13
1.2. Характеристика автоматизированных систем управления .....	14
1.3. Отличие систем телемеханики от других систем .....	16
1.4. Задачи и функции систем телемеханики .....	19
1.5. Состав систем телемеханики.....	21
1.6. Характеристика оперативно-информационных комплексов.....	25
1.7. Компоненты оперативно-информационных комплексов .....	29
Выводы к главе 1 .....	32
Глава 2. Объект и методы исследования .....	33
Глава 3. Тестирование программного обеспечения. Методы и средства .....	35
3.1. Виды и функции тестирования программного обеспечения .....	35
3.2. Унифицированный язык моделирования UML.....	39
3.2.1. Диаграмма прецедентов .....	40
3.2.2. Диаграмма деятельности .....	41
3.2.3. Диаграмма последовательности .....	42
3.3. Расширяемый язык разметки XML.....	42
Выводы к главе 3 .....	47
Глава 4. Разработка программного модуля генератора тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации .....	48
4.1. Задачи программного обеспечения .....	48
4.2. Функции программного обеспечения .....	48
4.3. Описание алгоритма работы программного модуля .....	56
Выводы к главе 4.....	65
Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	67
5.1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	67
5.2. SWOT-анализ .....	70

5.3.	Организация и планирование работ .....	73
5.4.	Календарное планирование .....	74
5.5.	Бюджет разработки программного обеспечения .....	77
5.5.1.	Расчет материальных затрат .....	78
5.5.2.	Заработная плата исполнителей работ.....	78
5.5.3.	Отчисления во внебюджетные фонды .....	79
5.5.4.	Амортизация .....	80
5.5.5.	Накладные расходы .....	81
5.5.6.	Формирование бюджета затрат на разработку программного обеспечения .....	81
	Выводы по главе 5.....	83
	Глава 6. Социальная ответственность.....	85
6.1.	Введение .....	85
6.2.	Причины, вызывающие некорректную работу программного обеспечения .....	86
6.3.	Причины, приводящие к неправильному функционированию ОИК СК-2007 .....	90
6.4.	Причины, приводящие к неправильному функционированию Генератора тестовых сигналов .....	92
	Выводы по главе 6.....	94
	Заключение .....	95
	Список публикаций студента.....	96
	Список использованных источников .....	97
	Приложение А. Диаграмма Ганта.....	100
	Приложение Б. Dispatch control systems.....	101

## **Введение**

Современные энергосистемы являются одними из самых сложных технических систем, когда-либо созданных человеком. Это объясняется большим объемом оборудования, вырабатывающего как электрическую, так и тепловую энергию, электрических и тепловых сетей, а также автоматических устройств, непрерывно работающих и оказывающих влияние друг на друга через общие режимы в энергосистеме.

Сегодня очень тяжело представить жизнь без электричества. Оно присутствует в большинстве сфер человеческой деятельности, поэтому развитие страны и уровень жизни зависит от качества поставляемой электроэнергии. Высоких показателей в этой области можно достичь только благодаря высокой организации процесса управления электроэнергетическими системами, используя современные технические средства управления. Одними из таких средств являются SCADA-системы, предназначенные для сбора, обработки и хранения информации о режимных параметрах энергосистемы. [1]

Как и все сложные технические системы, SCADA-системы постоянно совершенствуются, появляются новые возможности и соответственно изменяются свойства их функционирования, которые могут приводить к непредвиденным последствиям. Поэтому прежде чем вводить новую версию SCADA-системы в работу на энергетических предприятиях она проходит довольно длительный этап тестирования и проверки работоспособности. Одним из вариантов тестирования является подключение тестируемой SCADA-системы к реальной телеинформации, получаемой по штатным каналам, и контролю за возникновением ошибочных ситуаций. Однако такое тестирование не гарантирует отсутствия ошибок во всех режимах энергосистемы, эти режимы могут не возникнуть за время тестирования.

Второй вариант заключается в проведении испытаний с помощью программного обеспечения, способного по заранее определенному алгоритму

записывать информацию в базу данных SCADA-системы. В настоящее время существует очень малое количество подобных программ, а функция тестирования SCADA-систем для них является вторичной. Поэтому, детально прорабатывая функционал для выполнения первостепенных задач, упускаются некоторые функции, необходимые для тестирования. В связи с этим возникает необходимость создания генератора тестовых сигналов, обладающего широким спектром возможностей, для более качественного проведения всесторонних испытаний SCADA-систем.

## **Глава 1. Обзор литературы**

### **1.1. Задачи диспетчерского управления**

В России функции централизованного оперативно-диспетчерского управления энергосистемой осуществляет Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы». СО ЕЭС имеет трехуровневую иерархическую структуру, включающую в себя Исполнительный аппарат, 7 Объединенных диспетчерских управлений и 51 Региональное диспетчерское управление. На всех уровнях решаются различные задачи, но все они направлены на обеспечение бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией допустимого качества. Согласно «Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей» во время диспетчерского управления должны быть обеспечены:

- Потребности в электроэнергии. При составлении графиков распределения нагрузок на электростанциях должны учитываться рентабельность и экономичность работы всей энергосистемы;
- Бесперебойное электроснабжение потребителей и надежная работа, как всей энергосистемы, так и отдельных её компонентов. Для этих целей диспетчерские службы производят оперативное руководство за переключениями электроэнергетического оборудования, а также осуществляют руководство по предотвращению и ликвидации аварий в энергосистеме;
- Качество энергии. Одними из наиболее важных параметров электрического тока являются частота и напряжение. Для поддержания их в допустимых пределах, необходим непрерывный контроль большого количества показателей, характеризующих качество работы энергосистемы. [2]

Для выполнения вышеуказанных требований диспетчерским службам должны быть предоставлены:

- Оперативные данные о состоянии работы оборудования на подконтрольных объектах;
- Необходимая информация о режимах работы объектов, производящих электроэнергию, а также определенных участков электрической сети;
- Возможность вызова дежурного персонала на контролируемом объекте для проведения оперативных переговоров;
- Возможность непосредственного вмешательства в режим работы оборудования энергосистемы. [1]

Таким образом, для надлежащего управления режимом работы энергосистемы диспетчерскому персоналу необходима специализированная система управления, удовлетворяющая указанным требованиям.

## 1.2. Характеристика автоматизированных систем управления

Система управления называется автоматической, если все функции контроля и управления технологическим процессом возлагаются на автоматические устройства без участия человека, при человека в управлении, то система называется автоматизированной. На рисунке 1 представлена структурная схема автоматической системы управления.

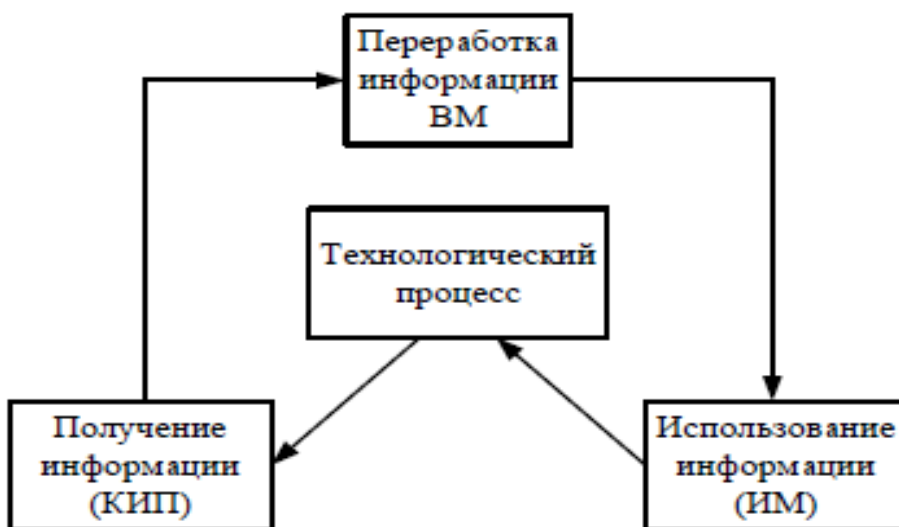


Рисунок 1 - Структурная схема автоматической системы управления

В ходе выполнения технологического процесса контрольно-измерительные приборы (КИП) выполняют измерения необходимых параметров оборудования, а результаты измерений отправляют вычислительной машине (ВМ), функции которой могут выполнять промышленные контроллеры. После обработки полученных данных контроллеры определяют, какие из параметров оборудования необходимо изменить для наиболее оптимального протекания производственного процесса и пересылают управляющие воздействия на исполнительные механизмы (ИМ). В свою очередь эти механизмы принимают информацию от контроллеров и производят изменения в режимах работы отдельного оборудования, участвующего в технологическом процессе.

Если же производственный процесс занимает на большую территорию, то к указанной автоматике добавляются системы телемеханики как показано на рисунке 2. [3]

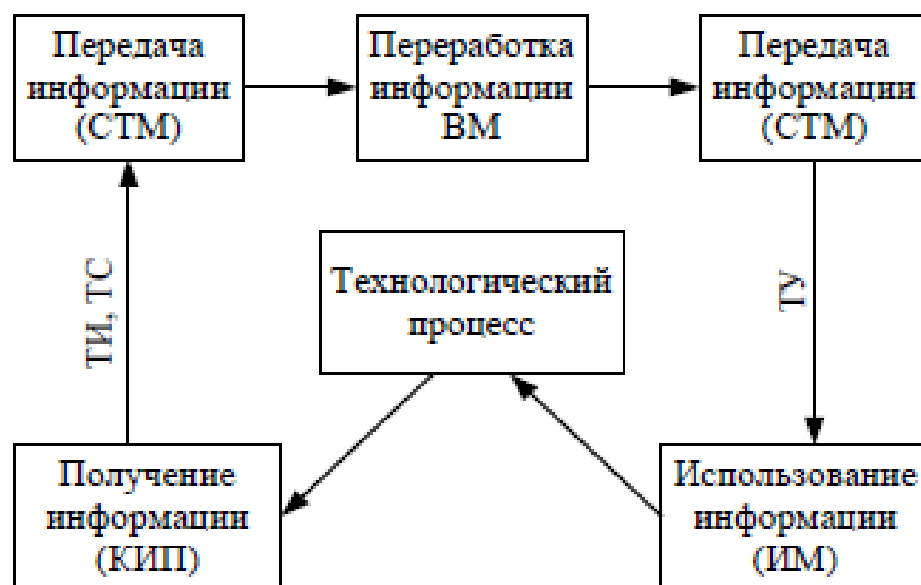


Рисунок 2 - Структурная схема телеавтоматической системы управления:

СТМ – система телемеханики; ТИ – телеизмерения; ТС – телесигнализации; ТУ – телеуправление.

Телемеханика - область науки и техники, охватывающая теорию и технические средства контроля и управления объектами на расстоянии с

применением специальных преобразований сигналов для эффективного использования каналов связи. [4]

### **1.3. Отличие систем телемеханики от других систем**

В отличие от других областей науки и техники, занимающихся передачей информации на расстояние (телефония, телевидение и другие) телемеханика имеет ряд специфических особенностей. Наиболее важными из них являются:

#### **1. Централизованность управления и обработки информации.**

Телемеханика занимается изучением и разработкой методов и средств технического и программного обеспечения централизованного контроля и управления производственными процессами сложных производственных комплексов, содержащих многочисленные территориально разобщенные, но связанные единым технологическим процессом объекты.

Эффективное управление такими производствами возможно лишь из управляющих центров, куда должна поступать необходимая контрольная информация от всех объектов, участвующих в едином процессе производства. После обработки принятых данных пункт управления вырабатывает команды для управления контролируемым процессом, которые учитывают текущее состояние всех контролируемых объектов. Процесс производства электроэнергии на электростанциях (тепловых, гидроэлектрических, атомных и др.) и распределения ее между потребителями, связанными с электрическими подстанциями высоковольтными линиями электропередачи, распределенные производства ядерного топливного цикла, являются классическими примерами сложных технологических процессов, требующих применения телемеханических методов и средств централизованного управления и контроля.

**2. Необходимость высокой точности передачи измеряемых величин (до 0,1%).**



Во всех сферах промышленности существует большое число контролируемых параметров, к значениям которых предъявляются жесткие требования, регламентированные в государственных стандартах. Отклонение этих параметров больше допустимых величин может привести к нарушению технологического производства, поломке оборудования и человеческим жертвам. Поэтому их измерения должны проходить с минимальной долей погрешности. В электроэнергетике согласно ГОСТ 32144-2013 номинальная частота тока в энергосистеме равняется 50 Гц, допустимыми считаются отклонения не более  $\pm 0,2$  Гц, а аварийными  $\pm 0,4$  Гц, поэтому замеры частоты должны производиться в высокой точностью.

3. Недопустимость большого запаздывания сигналов, возможность передачи данных в режиме реального времени.

Особенностью работы телемеханических систем является обеспечение управления и контроля в режиме реального времени. Контрольная и командная информация, доставляемая в центры и на объекты управления, должна поступать в темпе текущего управляемого технологического процесса. Это означает, что система телемеханики должна вносить минимальное запаздывание при передаче информации и управляющих воздействий. Обеспечением режима реального времени телемеханические системы отличаются от остальных систем передачи информации, таких, например, как системы передачи данных, телетайп, телеграф и т. п. В зависимости от скорости протекания контролируемых процессов допустимые запаздывания передачи информации, обеспечивающие режим реального времени, различны и могут составлять от миллисекунд до единиц секунд.

4. Высокая надежность передачи команд управления (вероятность возникновения ложной команды должна быть не более  $10^{-6} \div 10^{-10}$ ).

Системы телемеханики должны обеспечивать высокую надежность доставки информации и ее достоверность, поскольку ущерб от передачи неправильных команд или других оперативных сообщений и задержка в передаче этих сообщений могут привести к большим экономическим

потерям, а в отдельных случаях – и к гибели людей, причем требуемая надежность доставки информации и ее достоверность должны обеспечиваться в условиях повышенных уровней помех, характерных для специальных каналов связи, используемых в энергетике (высокочастотная связь по высоковольтным линиям электропередачи, каналы тональной частоты по распределительным электрическим сетям, радиосвязь в условиях сильного влияния линий электропередачи и т. п.). Для этой цели в телемеханических системах широко используются различные методы помехозащищенного кодирования сообщений, обеспечивающие заданную вероятность необнаруживаемых ошибок, дублирование (резервирование) каналов связи и т. д.

5. Самоконтроль, ремонтпригодность, расширяемость и совместимость.

Эксплуатация средств телемеханики в энергосистемах представляет весьма сложную и трудоемкую задачу для обслуживающего персонала, особенно с учетом того, что информационные объемы и функции систем телемеханики непрерывно возрастают. Поэтому первостепенное значение приобретают такие характеристики систем, как самоконтроль устройств с автоматической сигнализацией и локализацией неисправностей, ремонтпригодность отдельных плат и блоков.

Система телемеханики также должна допускать относительно несложную перестройку при расширении информационного объема и обеспечивать совместимость с существующими системами телемеханики, ОИК и аппаратурой каналов связи, находящимися в эксплуатации (желательно программным путем, без изменения электронных блоков устройств).

6. Учет условий окружающей среды.

Условия окружающей среды, в которых эксплуатируются устройства телемеханики, могут быть весьма разнообразными: от помещений с кондиционированным воздухом и постоянным обслуживанием до установки

на необслуживаемых объектах и открытом воздухе. Надежная работа устройств телемеханики в столь широком диапазоне внешних условий гарантируется различными исполнениями этих устройств – классами, ограничивающими их применение конкретными условиями эксплуатации. По многообразию классов, допускающих использование устройств в различных условиях окружающей среды, системы телемеханики родственны системам релейной защиты и автоматики, что существенно, отличает их от средств универсальных вычислительных комплексов. [3]

Указанные особенности обусловлены спецификой задач, решаемых телемеханикой. Как правило, телемеханизация применяется тогда, когда необходимо и целесообразно объединить разобщенные или территориально рассредоточенные объекты управления в единый производственный комплекс (например, при управлении энергосистемой, железно-дорожным узлом, сетью метеостанций) либо когда присутствие человека на объекте управления нежелательно (вследствие того, что работа на объекте сопряжена с риском для здоровья – например, в атомной промышленности и энергетике, на некоторых химических предприятиях) или невозможно (из-за недоступности объекта управления – например, при управлении непилотируемой ракетой, луноходом и т.д.). [3]

#### **1.4. Задачи и функции систем телемеханики**

В общем случае основными задачами, решаемыми системами телемеханики на промышленных объектах, являются:

- Сбор и обработка информации о состоянии работы как основных, так и вспомогательных объектов энергосистемы;
- Своевременная сигнализация рабочего персонала об отклонении параметров оборудования от допустимых значений, возникновении предаварийных и аварийных ситуаций;

- Ручное и автоматическое формирование управляющих воздействий с целью изменения режимов работы определенного оборудования. Кроме этого, системы телемеханики должны обеспечивать возможность регулировки отдельных параметров энергооборудования при возникновении нештатных ситуаций;

- Архивация обработанных данных телеметрии в течение указанного периода времени и предоставление необходимой информации персоналу предприятия в принятом формате отображения.

Во всех отраслях промышленности системы телемеханики имеют различные функции, необходимые для контроля и управления за процессами производства свойственной им продукции. В электроэнергетике системы телемеханики выполняют следующие функции:

- Измерение групп и отдельных параметров у необходимого оборудования электроэнергетической системы;

- Преобразование полученных результатов в форме удобной для дальнейших операций;

- Сбор информации приходящей, от отдельных блоков и узлов энергосистемы, находящихся на территории, контролируемой диспетчерским управлением;

- Обработка данных и получение информации о режиме работы отдельных объектов и по возможности отдельных элементов энергооборудования;

- Преобразование результатов обработки к виду удобному для их восприятия оперативным персоналом и вывод необходимой информации на диспетчерский щит;

- Ведение архива принятых данных для дальнейшего ретроспективного анализа режимов работы энергосистемы;

- Наличие сигнализации, предназначенной для предупреждения персонала о возникновении предаварийной или аварийной ситуации;

- По возможности телеметрическая система должна позволять формировать управляющие воздействия для изменения параметров оборудования с целью предотвращения нарушения и нормализации режима работы всей энергосистемы;
- Диагностика всех компонентов системы для своевременного выявления, локализации и устранения их некорректной работы. [5]

### **1.5. Состав систем телемеханики**

Для выполнения указанных функций система телеметрии в своем составе должна иметь:

- Набор датчиков, непосредственно воспринимающих параметры процесса и преобразующих их в электрические сигналы;
- Аппаратуру сбора и преобразования этих сигналов для представления телеметрируемых параметров в размерных величинах;
- Аппаратуру отображения с использованием одного или нескольких дисплеев;
- Инженерный пульт для ручного ввода уставок, выдачи управляющих воздействий и др.;
- Аппаратуру архивирования, обеспечивающую непрерывную регистрацию обработанных данных в течение заданного периода времени;
- Аппаратуру цветовой, звуковой и световой сигнализации для предупреждения о возникновении предаварийных и аварийных ситуаций;
- Средства контроля состояния и режимов работы системы электроснабжения.

Система телеметрии должна иметь выход на локальные регуляторы, предназначенные для управления технологическим процессом, система телеметрии также должна вырабатывать сигналы различных блокировок, отключений и т.п. в случаях возникновения нештатных и аварийных ситуаций.

Для осуществления возможности передачи данных используется структура модели системы передачи информации общего назначения OSI (англ. open systems interconnection basic reference model — базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем) — сетевая модель стека сетевых протоколов OSI/ISO, представленная на рисунке 3. Все функции системы телемеханики разделяются на 7 уровней модели. Каждый из этих уровней выполняет только свои задачи и не зависит от выше и ниже расположенных уровней. Нижестоящий по отношению к выбранному уровню выполняет обслуживающие функции, вышестоящий уровень является главным. Каждый из этих функциональных уровней ЭВМ отправителя связан с соответствующим уровнем ЭВМ получателя.



Рисунок 3 - Модель системы передачи информации OSI

1. Физический уровень. Определяет методы передачи данных, виды и совместимость линий связи.
2. Канальный уровень. Отвечает за обеспечение взаимодействия сетей на физическом уровне и контроль ошибок, возникающих при передаче.

3. Сетевой уровень. Определяет кратчайшие пути передачи данных, буферизацию и маршрутизацию информации в сети.

4. Транспортный уровень. Обеспечивает надежную передачу данных и разбивку сообщений на пакеты.

5. Сеансовый уровень. Обеспечивает поддержание сеанса передачи данных между приложениями в течение длительного времени.

6. Представительский уровень. Отвечает за преобразование информации в общий формат для передачи данных по сети и обратное преобразование информации в формат приложения при приеме.

7. Прикладной уровень. Необходим для обработки и преобразования информации в удобный для человека вид.

Относительно выполняемых функций все уровни модели OSI могут быть объединены в три группы:

1. Пользовательские функции, предоставляемые прикладным уровнем;

2. Обработка и отображение данных (сеансовый и представительский уровни);

3. Транспортировка данных (физический, канальный, сетевой и транспортный уровни).

Пользовательские функции могут быть основными и вторичными. Основные – функции, раскрывающие основное предназначение систем телемеханики: контроль и телеуправление производственным процессом промышленного предприятия. Вторичные – представляют собой дополнительные возможности систем по обработке и представлению информации персоналу.

Контроль на расстоянии, осуществляемый средствами телемеханики при помощи:

- Телеизмерений – передача значений измеренных или рассчитанных аналоговых параметров, информирующих о текущем режиме энергосистемы;

- Телесигнализации – передача значений дискретных сигналов о состоянии контролируемого оборудования. В энергетике с помощью телесигналов чаще всего передают информацию о состоянии коммутационного оборудования.

Телеуправление – передача на расстояние информации в виде команд на включение или отключение различных исполнительных механизмов. Эти команды посылает оператор или их подает вычислительное устройство через элемент управления.

Вторичные пользовательские функции расширяют возможности первичных функций за счет предоставления диспетчерскому персоналу информации удобной для использования. Выполнение этих функций может производиться как на самих устройствах телемеханики, так и на отдельных ЭВМ с использованием специализированного программного обеспечения. Выбор устройств обработки зависит от количества контролируемого оборудования. Как правило, в современной энергетике управление энергосистемой ведется при помощи отдельных вычислительных машин. Различные энергетические предприятия используют различное программное обеспечение, которое отличается от других алгоритмами работы и предоставляемыми функциями, но в основе каждого из них заложены следующие вторичные пользовательские функции:

1. Выполнение математических и логических операций с использованием поступающих телеизмерений и телесигналов;
2. Автоматическая регистрация событий и указание времени их возникновения;
3. Установка пределов для контролируемых параметров;
4. Отображение различных форм представления информации на экранах мониторов и диспетчерских щитов с указанием текущих значений телеизмерений и телесигналов. К таким формам могут относиться как оперативные схемы энергосистемы, так и различные графики, таблицы и отчеты.



5. Формирование графиков плановых и текущих значений контролируемых параметров;

6. Контроль за состоянием работы каналов связи и устройств телемеханики, регистрация ошибок и возникающих неисправностей;

7. Оценка состояния работы энергосистемы в режиме реального времени. [3]

Такие программно-аппаратные комплексы называются SCADA-системами.

### **1.6. Характеристика оперативно-информационных комплексов**

SCADA –supervisory control and data acquisition (диспетчерское управление и сбор данных) - программный пакет, предназначенный для сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления в реальном времени. Такие системы очень активно используются в энергетике, в том числе и в АО «СО ЕЭС».

В России определились несколько терминов, в зависимости от конкретного прикладного применения автоматизированных систем:

- АСУ ТП (автоматизированные системы управления технологическим процессом) предназначены для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях;
- АСКУЭ (автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии);
- ОИК (оперативно-информационный комплекс) предназначенный для приёма, обработки, передачи и хранения телеметрической информации о режиме работы энергетической системы, поступающей в реальном времени, и предоставления оперативно-диспетчерскому персоналу доступа к ней. Кроме того ОИК предоставляет такие функции как отображение принимаемой информации в виде таблиц, графиков, схем, межмашинный

обмен, универсальный дорасчет, оценка состояния энергооборудования и многое другое.

В исполнительном аппарате, а также во всех филиалах ОАО «СО ЕЭС» используется ОИК, поставляемый ЗАО «Монитор Электрик» СК-2007.

Для обеспечения надежной работы возможны два варианта развертывания комплекса: двухмашинный и трехмашинный.

Двухмашинный комплекс представляет собой группу (программный кластер) из двух серверов, один из которых постоянно работает в режиме горячего резерва. Только основной сервер группы получает данные телемеханики от программ обмена данными с внешними системами. Перенос данных на резервный сервер осуществляется в темпе процесса с использованием механизма зеркалирования. Эталонным в любой момент времени является только один из серверов ОИК. Поступающие данные ТМ, плановые параметры из внешних систем, данные, введенные персоналом объекта управления вручную, после обработки основным сервером в темпе процесса передаются резервному серверу.

Каждый сервер ОИК подключается к своему коммутатору или к двум коммутаторам параллельно. Эти устройства локальной сети, в свою очередь, могут быть связаны между собой высокоскоростной магистралью. Клиентские рабочие станции могут в этом случае быть подключены к разным коммутаторам. Выход из строя любого элемента описанной системы не приводит к потере наблюдаемости режима контролируемого объекта при условии доступности источников информации.

Двухмашинный комплекс представляет собой надёжную систему, в которой широко используются возможности резервирования аппаратных средств, синхронизации данных. Этот вариант является приемлемым для большинства центров управления, как надёжный и относительно экономичный.

В случае повышенных требований к надёжности и удобству эксплуатации комплекса может использоваться трёхмашинный вариант его

установки. Под трёхмашинным комплексом понимается 3 сервера ОИК, выполняющих единую технологическую функцию. Данные сервера находятся в одном домене ОИК, но в разных группах ОИК.

Для достижения высокого уровня надёжности следует предусматривать различные средства резервирования:

- Специально спроектированные надёжные схемы ЛВС с резервированием активного сетевого оборудования и кабельной структуры;
- Обязательное оснащение серверов ОИК двумя сетевыми картами (или картами с двумя выходами Ethernet);
- Подключение каждого сервера одновременно к разным коммутаторам;
- Питание серверов от нескольких независимых источников или сегментов систем гарантированного электроснабжения;
- Размещение компонент комплекса (например, серверов ОИК) в разных помещениях, зданиях, географически разнесённых точках.

Роли серверов в трёхмашинной конфигурации могут распределяться описанным ниже образом. Два сервера объединены в одну группу ОИК, как и в случае двухмашинного комплекса. Они принимают данные от сервера ТМ. Основной сервер:

- Обработывает поток телемеханики, плановых и прогнозных величин;
- С помощью механизма зеркалирования в режиме реального времени передаёт весь поток обработанных данных на резервный сервер, при этом с помощью механизма зеркалирования синхронизирует архивы данных реального времени;
- Принимает команды диспетчера, а также данные, введённые оперативным персоналом вручную.

Схема трехмашинного комплекса представлена на рисунке 4.

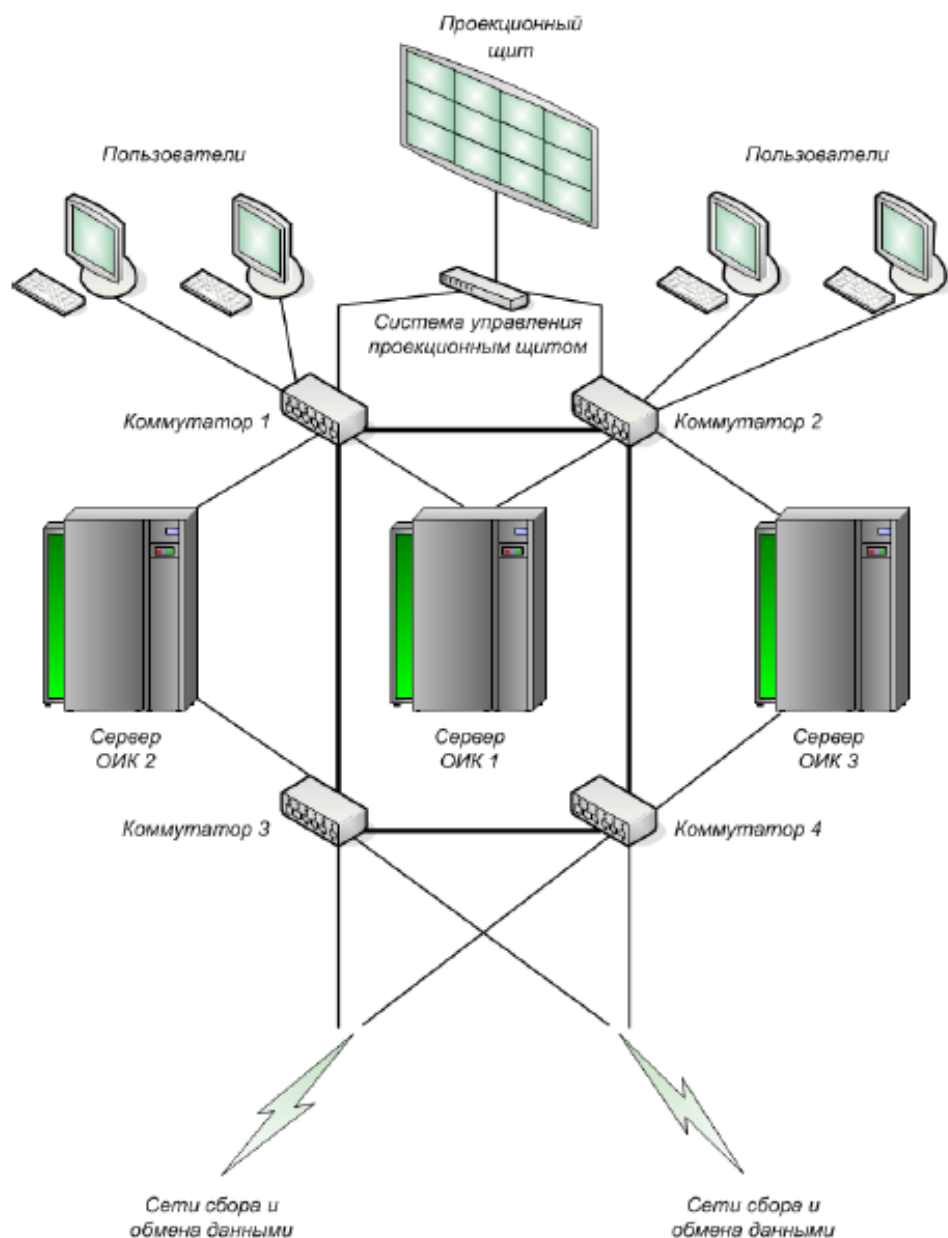


Рисунок 4 - Трёхмашинный комплекс

Третий сервер выполняет роль основного сервера запасной группы, при этом автономно выполняет приём и обработку потока телемеханики, но принимать участие в телерегулировании и передаче данных внешним системам не может. Помимо этого запасной сервер автоматически получает все плановые данные и данные, введённые вручную на основном сервере. События, возникающие на запасном сервере не сохраняются в архив, тем не менее они рассылаются клиентам БДРВ запасного сервера для поддержки работоспособности приложений. В архив запасного сервера записываются

события, возникающие на основном сервере, которые переносятся с помощью онлайн репликации. [6]

### **1.7. Компоненты оперативно-информационных комплексов**

Основные компоненты, входящие в состав СК-2007 и предназначенные для работы с данными, перечислены ниже:

- База данных реального времени (БДРВ) – играет роль центрального звена, предоставляющего клиентам ОИК, в том числе программным модулям, входящим в состав ОИК, услуги высокопроизводительной обработки запросов доступа к данным реального времени и архивам;
- Компонент хранения и извлечения данных (ХИД), осуществляющий буферизацию данных в оперативной памяти. Обслуживает запросы БДРВ на запись и извлечение исторических данных.
- Хранилище данных, организованное в виде базы данных Microsoft SQL, в которой хранятся большие массивы оперативной информации как архивного, так и планового, прогнозного характера.
- Репозиторий нормативно-справочной информации (НСИ), описывающей объект управления (энергообъект, электрическую сеть, энергосистему), систему сбора, передачи и обработки данных, права доступа и роли пользователей, конфигурацию оперативно-информационного комплекса. В базе данных НСИ хранится информация о номинальных значениях параметров оборудования, допустимые и аварийные пределы отклонения этих величин и многое другое.
- Набор модулей связи с различными внешними системами сбора и передачи данных.
- Модули обработки информации. В их задачи входят: обработка поступающей телеметрической информации, выполнение различного рода расчётов на основе поступающих данных, разбор и публикация наборов

обмена информацией, формирование ведомостей, вычисление по заданным правилам агрегированных данных, в том числе в темпе процесса.

Сбор информации осуществляется интерфейсными модулями с внешними системами. Эти модули обращаются с запросом на запись к базе данных реального времени, выполняющей роль обработчика, коммутирующего хранилище данных с остальными подсистемами комплекса. БДРВ передаёт полученные оперативные данные в ХИД, который осуществляет управление архивами данных. Обработка данных производится только после их появления в архивах комплекса. Передача данных осуществляется с помощью интерфейсных модулей с внешними системами. Ретранслируемую информацию эти программы получают из хранилища данных при непосредственном участии БДРВ. Поэтому, весь процесс сбора, обработки и передачи информации осуществляется по следующему алгоритму:

- получение данных;
- запись в архивы;
- обработка информации;
- передача данных. [7]

Основные функции подсистемы обработки ТМ:

- Контроль состояния сети обмена информацией;
- Обработка ТИ, ТС;
- Формирование вторичных ТИ, ТС;
- Сглаживание (фильтрация) ТИ;
- Расчет формул оперативного дорасчета;
- Контроль технологических пределов;
- Генерация событий и сообщений;
- Формирование статистических характеристик поведения ТИ, ТС.

Сама же обработка телеметрических данных зависит от типа поступающих сигналов, то есть алгоритм обработки телеизмерений очень

сильно отличается от алгоритма обработки телесигналов. Это обусловлено существенными различиями заложенной в них информации. Телеизмерение несет в себе измеренное значение какого-либо параметра, которое может колебаться в широком диапазоне. В свою очередь диапазон изменения дискретного значения в телесигнале невелик. Таким образом, не все функции, используемые для обработки телеизмерений, могут подойти для обработки телесигналов.

Алгоритм обработки ТИ выглядит следующим образом:

1. Применение диапазонов переопределяемых значений;
2. Достоверизация по сигналам контроля сети обмена информацией;
3. Достоверизация по физическим границам;
4. Достоверизация по 4-м технологическим пределам;
5. Достоверизация по скачку;
6. Достоверизация по отклонению от дубля;
7. Восстановление по дублям.

При обработке ТС используется следующий алгоритм:

1. Достоверизация по сигналам о состоянии сети обмена информацией;
2. Достоверизация по допустимому темпу поступления и числу быстрых изменений;
3. Достоверизация по физическим границам.

## **Выводы к главе 1**

В данной главе были описаны системы, предназначенные для автоматизации управления диспетчерским персоналом режимами работы оборудования энергосистем.

- Системы телемеханики обеспечивают сбор информации с измерительных устройств, находящихся на энергообъектах, и её передачу в диспетчерские центры. Основные требования, предъявляемые к таким системам: передача сигналов в режиме реального времени, высокая точность передачи измеряемых величин, надежность передачи команд управления, а также возможность использования устройств телемеханики при самых разнообразных погодных условиях.

- Оперативно информационные комплексы осуществляют функции непрерывного сбора, обработки и хранения данных с множества удаленных контролируемых пунктов и предоставляют необходимую информацию диспетчерскому персоналу.

От качества работы оперативно-информационного комплекса зависит точность принимаемых диспетчером решений, поэтому для оценки работоспособности комплекса необходимо проведение всесторонних испытаний ОИК.



## **Глава 2. Объект и методы исследования**

Исходными материалами являются учебный сервер, а также программное обеспечение оперативно-информационного комплекса СК-2007 фирмы ЗАО «Монитор электрик», а также интегрированная среда разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio.

Объектом исследования является программа, способная по заранее определенному алгоритму записывать информацию в базу данных оперативно-информационного комплекса СК-2007.

Основными задачами при выполнении данной работы являются:

- 1) Рассмотрение технических средства, используемые в системах сбора и передачи информации;
- 2) Анализ методов и средств, позволяющих организовать обмен информацией между программными комплексами;
- 3) Разработать алгоритм работы и интерфейс программы, который позволит обслуживающему персоналу сократить время для проведения тестов и увеличит эффективность тестирования.

Разработка программы ведется с помощью объектно-ориентированного языка программирования C#, в виду простоты в освоении, высокой функциональности, а также возможности подключения большого количества узкоспециализированных библиотек, расширяющих возможности создаваемых программ.

Взаимодействие создаваемой программы осуществляется с помощью ActiveX библиотеки Компонента доступа к данным от компании разработчика СК-2007, что позволяет производить обмен информацией между программными комплексами без использования стандартных протоколов передачи данными.

Проработка функционала разрабатываемой программы, а также алгоритмов работы осуществляется с помощью унифицированного языка моделирования UML, предназначенного для объектного моделирования в

области разработки программного обеспечения, моделирования бизнес-процессов и многого другого. Для описания работы Генератора тестовых сигналов используются следующие диаграммы:

- 1) Диаграмма прецедентов. Используется для определения основного функционала программы;
- 2) Диаграмма деятельности. Необходима для описания алгоритма работы программы;
- 3) Диаграмма последовательности. Применяется для демонстрации последовательности выполнения операций без детального учета времени их выполнения.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5Д	Алехин Роман Александрович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Автоматизированные системы диспетчерского управления электроэнергетических систем

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов при разработке программного продукта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материалов и должностные оклады
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды Налог на прибыль
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки программного продукта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценки НТУ
2. Планирование и формирование бюджета на разработку программного продукта	Расчёт текущих затрат на разработку программного продукта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки	Сравнение с тестирующими программами других производителей

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>08.02.17</b>
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Д	Алехин Роман Александрович		

## **Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Программный модуль Генератор тестовых сигналов предназначен для осуществления проверки качества обработки принимаемой информации оперативно-информационного комплекса СК-2007 компании ЗАО «Монитор Электрик». Для проведения тестирования СК-2007 в программном модуле задается сценарий изменения параметров сигналов во времени.

### **5.1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности разрабатываемой программы и определить направления для ее будущего улучшения. Для оценки выбирались программы, схожие по функционалу с Генератором тестовых сигналов, которые также необходимы для проведения тестирования ОИК СК-2007. К таким программным продуктам относятся:

- Режимный тренажер диспетчера Финист компании ЗАО «Монитор Электрик» представляет собой программный комплекс, предназначенный для подготовки оперативно-диспетчерского персонала электроэнергетических систем. Из названия можно понять, что тестирование СК-2007 данным программным комплексом не является его основной задачей, в результате чего, в РТД Финист отсутствуют некоторые параметры, присущие телеметрической информации. Кроме того, рассматриваемое программное обеспечение имеет более разнообразный, но достаточно сложный интерфейс, что приводит к увеличению времени подготовки РТД к проведению тестов;

- Программа Beacon.exe компании ЗАО «Монитор Электрик», входящая в состав оперативно-информационного комплекса СК-2007, предназначена для генерации тестовых сигналов с заданной частотой. Основными недостатками программы являются: передача только целочисленных значений, отсутствие возможности записи информации в категорию телесигналы, а также только циклическая запись параметров в ОИК и невозможность записи сигналов с регламентом «по изменению». [13]

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		РТД Финист	Beacon.exe	ГТС	РТД Финист	Beacon.exe	ГТС
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	4	3	5	0,6	0,45	0,75
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	5	0,75	0,45	0,75
3. Надежность	0,2	5	5	4	1	1	0,8
4. Потребность в ресурсах памяти	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	3	2	4	0,3	0,2	0,4
6. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
7. Цена	0,2	3	5	4	0,6	1	0,8
8. Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Итого	1	34	31	36	4,2	3,9	4,45

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя;

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Расчет конкурентоспособности Генератора тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации представляется следующим образом:

$$K_{гтс} = 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 = 4,45$$

По результатам оценки можно сделать вывод, что программа Генератор тестовых сигналов имеет гораздо больше преимуществ по сравнению с конкурирующими программами. Она имеет больший функционал, что сказывается на возможностях проведения тестирования. Благодаря удобному и интуитивно понятному интерфейсу повышается удобство в эксплуатации, а также повышается производительность труда тестирующего персонала. Существенным преимуществом создаваемого программного модуля над РТД Финист является его специализация именно на тестировании ОИК СК-2007 и отсутствии каких-либо дополнительных функций, предназначенных для других целей. За счет этого повышается качество проработки деталей, необходимых для проведения испытаний, а также сокращается время создания самого программного обеспечения, что сказывается на цене выпускаемого программного продукта. Программа Веасон.exe входит в состав комплекса СК-2007, поэтому не требует каких-либо дополнительных затрат на приобретение ПО, однако функциональность этого модуля весьма ограничена и не способна удовлетворить даже самые основные потребности в проверке принимаемой оперативно-информационным комплексом информации.

Исходя из всех вышеуказанных преимуществ, программа Генератор тестовых сигналов имеет высокую конкурентоспособность на рынке программного обеспечения для проведения тестирования ОИК СК-2007.

## 5.2.SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ проекта по созданию программного продукта и применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап проведения SWOT-анализа заключается в определении сильных и слабых сторон программы Генератор тестовых сигналов, а также в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта. Результаты первого этапа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица SWOT

<b>Сильные стороны ПО</b>	<b>Слабые стороны ПО</b>
C1. Широкий функционал для проведения тестов. C2. Более низкая стоимость разработки по сравнению с другими программами. C3. Удобство в использовании. C4. Обеспеченность оборудованием. C5. Способность модификации.	Сл1. Узкая специализация программного продукта. Сл2. Несовместимость с другими программными комплексами, кроме ОИК СК-2007. Сл3. Невысокий объем закупок. Сл4. Низкая репутация ПО ГТС. Сл5. Несовершенство алгоритмов работы программы.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
B1: Свободный вход на рынок. B2: Импортзамещение на рынке SCADA-систем. B3: Высокая стоимость конкурирующих разработок. B4: Гос. поддержка малых предприятий. B5: Повышение квалификации разработчиков.	У1: Конкуренты – крупные коммерческие фирмы. У2: Появление новых конкурентов. У3: Отсутствие спроса на ПО, тестирующее ОИК СК-2007. У4: Переход потребителей на новое ПО. У5: Несовершенство налоговой системы.

Вторым этапом SWOT-анализа является нахождение соответствий сильных и слабых сторон создаваемого программного модуля внешним условиям окружающей среды. Для проведения оценки составляется матрица, в которой рассматриваются все возможные взаимосвязи, причем, если между сильными или слабыми сторонами и возможностями или угрозами имеется сильная связь, она помечается знаком «+», если связь слабая – знаком «-». «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности	B1	+	+	-	-	-	+	0	0	+	-
	B2	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-
	B3	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	B4	-	0	-	+	-	-	-	-	-	-
	B5	+	0	+	-	+	-	0	-	+	+
Угрозы	У1	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
	У2	+	+	+	-	+	+	0	0	+	+
	У3	0	-	0	-	-	-	+	-	0	-
	У4	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
	У5	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-

Полученная информация помогает проанализировать и предпринять действия для улучшения сильных и улучшения слабых сторон проекта. В таблице 4 представлены итоговые результаты SWOT-анализа.



Таблица 4 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны ПО ГТС:</b> С1. Широкий функционал для проведения тестов. С2. Более низкая стоимость разработки по сравнению с другими программами. С3. Удобство в использовании. С4. Обеспеченность оборудованием. С5. Способность модификации.	<b>Слабые стороны ПО ГТС:</b> Сл1. Узкая специализация программного продукта. Сл2. Несовместимость с другими программными комплексами, кроме ОИК СК-2007. Сл3. Невысокий объем закупок. Сл4. Низкая репутация ПО ГТС. Сл5. Несовершенство алгоритмов работы программы.
<b>Возможности:</b> В1: Свободный вход на рынок. В2: Импортзамещение на рынке SCADA-систем. В3: Высокая стоимость конкурирующих разработок. В4: Гос. поддержка малых предприятий. В5: Повышение квалификации разработчиков.	1) Привлечение профессиональных маркетологов.	1) Непрерывный контроль квалификации разработчиков. 2) Организация стажировок и курсов повышения квалификации персонала.
<b>Угрозы:</b> У1: Конкуренты – крупные коммерческие фирмы. У2: Появление новых конкурентов. У3: Отсутствие спроса на ПО, тестирующее ОИК СК-2007. У4: Переход потребителей на новое ПО. У5: Несовершенство налоговой системы.	1) Оптимизация программы для повышения скорости и надежности работы программного продукта.	1) Увеличение функционала программного продукта. 2) Поддержание обратной связи с пользователями. 3) Создание версий программы, способной тестировать другие SCADA-системы.

Проведенный анализ показывает, что основными сильными сторонами Генератора тестовых сигналов являются широкий функционал и более низкая стоимость по сравнению с аналогами. Привлечение

высококласного маркетолога необходимо для широкого и быстрого распространения проектируемого ПО. Высокая конкурентоспособность разработки достигается благодаря надежности работы программного продукта, а также в разработке алгоритмов тестирования нескольких наиболее распространенных в электроэнергетике России SCADA-систем.

### 5.3. Организация и планирование работ

Для выполнения работы по созданию программного обеспечения Генератор тестовых сигналов собирается рабочая группа, состоящая из двух человек, в которую входят инженер и научный руководитель. Следующим этапом является составление поэтапного перечня всех работ, выбор оптимального времени их исполнения в рабочих днях и количество человек, задействованных в работе.

Перечень работ представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Поэтапный перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор направления разработки	2	Выбор направления разработки	Руководитель, инженер
	3	Подбор материалов и литературы по теме	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретическое исследование	5	Изучение материалов и литературы	Инженер
	6	Выбор программного обеспечения для разработки	Руководитель, инженер
	7	Изучение программного обеспечения для разработки	Инженер
Разработка программного обеспечения	8	Создание ПО Генератор тестовых сигналов	Руководитель, инженер
	9	Исследование ПО Генератор тестовых сигналов	Инженер

Продолжение таблицы 5

Разработка программного обеспечения	10	Внесение корректив в алгоритмы работы программы	Руководитель, инженер
Оформление отчета по разработке	11	Оценка итогов полученных результатов	Руководитель, инженер
	12	Составление отчета по проделанной работе	Руководитель, инженер

#### 5.4. Календарное планирование

Трудовые затраты определяются с помощью расчетов трудоемкости работ каждого отдельного участника проекта.

Трудоемкость выполнения разработки программного обеспечения находится экспертным путем в человеко-днях. Расчёта ожидаемой (средней) трудоемкости  $t_{ожі}$  производится по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где  $t_{ожі}$  – значение ожидаемой трудоемкости выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – значение минимально возможной трудоемкости выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – значение максимально возможной трудоемкости выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

На основе результатов расчетов трудоемкости производится расчет времени выполнения каждой работы ( $T_{pi}$ ) по указанной формуле:

$$T_{pi} = t_{ожі} / \Psi_i$$

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

$t_{\text{ожі}}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$\text{Ч}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Ожидаемая трудоемкость и продолжительность работы №10:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5} = \frac{3 \cdot 40 + 2 \cdot 50}{5} = 44;$$

$$T_{\text{pi}} = t_{\text{ожі}} / \text{Ч}_i = 44 / 2 = 22$$

Результаты расчетов длительности работ представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Длительности выполнения работ

№ п/п	Перечень работ	Минимально возможная трудоемкость работ, чел.-дн.	Максимально возможная трудоемкость работ, чел.-дн.	Трудоемкость работ, чел.-дн.	Количество исполнителей	Длительность выполнения работ, чел.-дн.
1	Составление и утверждение технического задания	1	4	2	2	1
2	Выбор направления разработки	1	4	2	2	1
3	Подбор материалов и литературы по теме	2	7	4	2	2
4	Календарное планирование работ по теме	1	4	2	2	1
5	Изучение материалов и литературы	15	25	19	1	19
6	Выбор программного обеспечения для разработки	1	3	2	2	1
7	Изучение программного обеспечения для разработки	8	14	10	1	10
8	Создание ПО Генератора тестовых сигналов	55	80	65	2	33

Продолжение таблицы 6

9	Исследование ПО Генератора тестовых сигналов	20	30	24	1	24
10	Внесение корректив в алгоритмы работы программы	40	50	44	2	22
11	Оценка итогов полученных результатов	8	15	11	2	5
12	Составление отчета по проделанной работе	10	20	14	2	7
Суммарная длительность выполнения работ		127				

Для выполнения календарного планирования составляется план-график с указанием каждого этапа работы по созданию программы, именуемый ленточным графиком Гантта. Производственный процесс разделяется на отдельные операции, каждая из которых изображается линией в масштабе времени. Последовательность всех работ определяет общее время на выполнение проекта. Вертикальная ось позволяет определить количество ежедневно занятых на работах персонала, техники, материальных ресурсов и т.д. [14]

Календарный график всех работ представлен на рисунке 16, диаграмма Гантта представлена в приложении А.

	Название задачи	Дата начала	Дата окончания	Ответственное лицо	Длительность
1	<input checked="" type="checkbox"/> Разработка технического задания	08.02.17	08.02.17		1д
2	<input checked="" type="checkbox"/> Составление и утверждение технического задания	08.02.17	08.02.17	Научный руководитель, инженер	1д
3		08.02.17	08.02.17	Научный руководитель	1д
4		08.02.17	08.02.17	Инженер	1д
5	<input checked="" type="checkbox"/> Выбор направления разработки	09.02.17	12.02.17		4д
6	<input checked="" type="checkbox"/> Выбор направления разработки	09.02.17	09.02.17	Научный руководитель, инженер	1д
7		09.02.17	09.02.17	Научный руководитель	1д
8		09.02.17	09.02.17	Инженер	1д
9	<input checked="" type="checkbox"/> Подбор материалов и литературы по теме	10.02.17	11.02.17	Научный руководитель, инженер	2д
10		10.02.17	11.02.17	Научный руководитель	2д
11		10.02.17	11.02.17	Инженер	2д
12	<input checked="" type="checkbox"/> Календарное планирование работ по теме	12.02.17	12.02.17	Научный руководитель, инженер	1д
13		12.02.17	12.02.17	Научный руководитель	1д
14		12.02.17	12.02.17	Инженер	1д
15	<input checked="" type="checkbox"/> Теоретическое исследование	13.02.17	14.03.17		30д
16	Изучение материалов и литературы	13.02.17	03.03.17	Инженер	19д
17	<input checked="" type="checkbox"/> Выбор программного обеспечения для разработки	04.03.17	04.03.17	Научный руководитель, инженер	1д
18		04.03.17	04.03.17	Научный руководитель	1д
19		04.03.17	04.03.17	Инженер	1д
20	Изучение программного обеспечения для разработки	05.03.17	14.03.17	Инженер	10д
21	<input checked="" type="checkbox"/> Разработка программного обеспечения	15.03.17	31.05.17		78д
22	<input checked="" type="checkbox"/> Создание ПО Генератор тестовых сигналов	15.03.17	16.04.17	Научный руководитель, инженер	33д
23		15.03.17	16.04.17	Научный руководитель	33д
24		15.03.17	16.04.17	Инженер	33д
25	Исследование ПО Генератор тестовых сигналов	17.04.17	10.05.17	Инженер	24д
26	<input checked="" type="checkbox"/> Внесение корректив в алгоритмы работы программы	10.05.17	31.05.17	Научный руководитель, инженер	22д
27		10.05.17	31.05.17	Научный руководитель	22д
28		10.05.17	31.05.17	Инженер	22д
29	<input checked="" type="checkbox"/> Оформление отчета по разработке	01.06.17	12.06.17		12д
30	<input checked="" type="checkbox"/> Оценка итогов полученных результатов	01.06.17	05.06.17	Научный руководитель, инженер	5д
31		01.06.17	05.06.17	Научный руководитель	5д
32		01.06.17	05.06.17	Инженер	5д
33	<input checked="" type="checkbox"/> Составление отчета по проделанной работе	06.06.17	12.06.17	Научный руководитель, инженер	7д
34		06.06.17	12.06.17	Научный руководитель	7д
35		06.06.17	12.06.17	Инженер	7д

Рисунок 16 – Календарный график

## 5.5. Бюджет разработки программного обеспечения

В процессе составления бюджета разработки программного модуля необходимо учитывать следующие затраты:

- материальные затраты;
- оплата труда;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы);
- амортизация;
- накладные расходы.

После расчета всех представленных затрат рассчитывается общий бюджет разработки программы Генератор тестовых сигналов.

#### **5.5.1. Расчет материальных затрат**

В данную статью включены стоимости всех материалов, необходимых при разработке проекта такие, как а именно затраты на канцелярские товары, запоминающие устройства и закупку программного обеспечения, необходимого для разработки программного обеспечения.

Список материальных затрат по проекту приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Материальные затраты

№	Наименование изделия	Количество единиц изделия	Цена единицы изделия, руб.	Общая стоимость изделия, руб.
1	Канцелярские товары	1	1000	1000
2	Запоминающие устройства	2	800	1600
3	Программное обеспечение Microsoft Visual Studio Professional 2017	2	35000	70000
Итого:	72600 тыс. руб.			

#### **5.5.2. Заработная плата исполнителей работ**

В данном пункте рассчитываются заработная плата инженера и научного руководителя, участвующих в разработке Генератора тестовых сигналов. Учитывая трудоемкость выполняемых работ и действующую систему окладов, определяются расходы по заработной плате для всех участников проекта.

В статью входят основная заработная плата работников, участвующих в процессе создания программного модуля, в том числе премии и доплаты, а также дополнительная заработная плата:

$$З_{зп} = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot 1,3,$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12 % от  $З_{осн}$ ),

1,3 – районный коэффициент для города Томска.

Результаты расчета заработной платы представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{м, руб}$	$З_{дн, руб.}$	$T_{р, раб. дн.}$	$З_{осн, руб.}$	$З_{доп, руб}$	$З_{зп, руб}$
Инженер	18000	600	127	76200	9144	110947,2
Руководитель(доцент)	30000	1000	73	73000	8760	106288
Итого $З_{зп}$	217235,2 руб					

### 5.5.3. Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды — обязательные денежные отчисления организаций согласно установленным законодательством нормам в фонды социального и обязательного медицинского страхования, а также пенсионный фонд. Данные отчисления включены в себестоимость производимой продукции.

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) ,$$

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

На сегодняшний день размер страховых взносов согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ составляет 30%.



Таблица 9 - Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Исполнители	$k_{\text{внеб}}, \%$	$З_{\text{зп}}, \text{руб}$	$З_{\text{внеб}}, \text{руб}$
Научный руководитель	30	106288	31886,4
Инженер	30	110947,2	33284,16
Итого	65170,56 руб.		

#### 5.5.4. Амортизация

Амортизация представляет собой перенос основных средств в процессе их физического и материального износа на стоимость выпускаемой продукции. В ходе создания программного продукта используется такое оборудование как компьютерная техника и принтеры.

Расчет амортизации проводился следующим образом:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2$$

где  $H_A$  – норма амортизации;

$n$  – срок полезного использования в количествах лет;

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 80}{12} \cdot 4 = 5,33 \text{ тыс.руб.},$$

где  $I$  – итоговая сумма в тыс.руб.;

$m$  – время использования в месяцах;

Расчет амортизации на используемую технику приведен в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет амортизации компьютерного оборудования

№	Наименование изделия	Кол-во единиц изделия	Цена единицы изделия, тыс. руб.	Общая стоимость изделия, тыс. руб.
1	Компьютерное оборудование	2	30	60
2	Принтер	2	10	20
Норма амортизации	20 %			
Амортизация	5,33 тыс. руб.			

### 5.5.5. Накладные расходы

К накладным расходам относятся расходы, не вошедшие в предыдущие элементы затрат, и рассчитываются по формуле:

$$З_{\text{накл}} = ЗП \cdot k_{\text{нр}},$$

где ЗП – заработная плата работников;

$k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов берется в размере 16%.

$$З_{\text{накл}} = 217235,2 \cdot 0,16 = 34757,63 \text{ руб.}$$

### 5.5.6. Формирование бюджета затрат на разработку программного обеспечения

Данный бюджет показывает какую часть из общих затрат составляет конкретный пункт. На основании бюджета затрат на разработку программного обеспечения принимается решение о реализации данного проекта.

Определение бюджета затрат на разработку генератора тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации приведено в таблице 11.

Таблица 11 - Расчет бюджета затрат на разработку ПО

Наименование статьи	Сумма, руб.	% от общей суммы
1. Материальные затраты на разработку ПО	72600	18.38
2. Оплата труда	217235.2	54.98
3. Отчисления во внебюджетные фонды	65170.56	16.49
4. Амортизация	5330	1.35
5. Накладные расходы	34757.63	8.8
6. Бюджет затрат на разработку ПО	395093.39	100
Прибыль	79017 руб.	
Договорная цена	474112 руб.	

Находим продажную цену разработанного программного модуля. Пусть планируемая прибыль от продажи составляет не менее 20%. Цена разработки Генератора тестовых сигналов рассчитывается по формуле:

$$Ц = З_{\text{общ}} \cdot (1 + P / 100)$$

где P - расчетная прибыль от продажи (P = 20%).

$$Ц = 395093,39 \cdot (1 + 20 / 100) = 474112 \text{ руб.}$$

## **Выводы по главе 5**

В ходе разработки настоящей главы были решены следующие задачи: определена концепция проекта, проведена экспертная оценка конкурентоспособности разрабатываемого программного модуля, составлен SWOT-анализ, разработан календарный план проекта, а также рассчитан бюджет проекта.

Приведенная экспертная оценка дает понять, что программа Генератор тестовых сигналов со всем набором заявленных функций имеет высокую конкурентоспособность среди программных продуктов данного типа. SWOT-анализ позволяет сделать выводы о факторах внутренней и внешней среды, оказывающих влияние на реализацию проекта. На основе этого анализа была разработана матрица решений, с помощью которой выявлены пути решения слабых и способы использования сильных сторон проекта. Произведенное планирование проекта позволило составить календарный план и график Ганта этапов и очередности всех работ по созданию программного обеспечения.

Таким образом, по итогам данного раздела можно сделать вывод, о том, что разрабатываемый Генератор тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации представляет высокий интерес с точки зрения конкурентоспособности и имеет низкий уровень материальных затрат.

### **Список публикаций студента**

Алехин Р.А. Создание генератора тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации. [Electronic resource] / Р.А. Алехин; науч. рук. С.В. Свечкарев // Электроэнергетика глазами молодежи: сборник докладов VII Международной молодежной научно-технической конференции, г. Казань, 19-23 сентября 2016 г. в 3 т. / Казанский государственный энергетический университет (КГЭУ); ред. кол. Э.В. Шамсутдинов и [др.]. – Т. 3. – [Р. 8-9]. – Заглавие с титульного экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader.

Алехин Р.А., Свечкарев С.В., Гурин Т.С. A test signal generator of telemetry and telesignalization. [Electronic resource] / Р.А. Алехин, С.В. Свечкарев, Т.С. Гурин; науч. рук. С.В. Свечкарев // Интеллектуальные энергосистемы: сборник докладов IV Международного молодежного форума, г. Томск, 10-14 октября 2016 г. в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); ред. кол. В.Е. Губин и [др.]. – Т. 1. – [Р. 110-113]. - Заглавие с титульного экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader.