

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

---

Институт – Физико-технический  
Направление – Ядерные физика и технологии  
Кафедра – Электроника и автоматика физических установок  
Специальность – Электроника и автоматика физических установок

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ ФОРМ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ПУЛЬТЕ УПРАВЛЕНИЯ ТОКАМАКА КТМ</b>

УДК 004.415:004.932:621.039.62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0712	Виграненко К.И.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Павлов В.М.	канд. техн. наук, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е.В.	канд. филос. наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акимов Д.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭАФУ	Горюнов А.Г.	д-р техн. наук, доцент		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, а также культурных ценностей; понимать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности, защите интересов личности, общества и государства; быть готовым к анализу социально-значимых процессов и явлений, применять основные положения и методы гуманитарных, социальных и экономических наук при организации работы в организации, к осуществлению воспитательной и образовательной деятельности в сфере публичной и частной жизни.
P2	Обладать способностями: действовать в соответствии с Конституцией РФ, исполнять свой гражданский и профессиональный долг, руководствуясь принципами законности и патриотизма, правилами и положениями, установленные законами и другими нормативными правовыми актами; к логическому мышлению, обобщению, анализу, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения; понимать основы национальной и военной безопасности РФ; работать в многонациональном коллективе; формировать цели команды, применять методы конструктивного разрешения конфликтных ситуаций; использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ.

Р3	Самостоятельно, методически правильно применять методы самостоятельного физического воспитания для повышения адаптационных резервов организма и укрепления здоровья, готовностью к достижению и поддержанию должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р4	Свободно владеть литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, навыками публичной и научной речи. Уметь создавать и редактировать тексты профессионального назначения, владеть одним из иностранных языков как средством делового общения.
Р5	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; быть готовым к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, принимать решения в нестандартных условиях обстановки и организовывать его выполнение, самостоятельно действовать в пределах предоставленных прав; самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций.
Р6	Применять основные законы естественнонаучных дисциплин, математический аппарат, вычислительную технику, современные методы исследований процессов и объектов для формализации, анализа и выработки решения профессиональных задач.
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
Р7	Уметь самостоятельно повышать уровень знаний в области профессиональной деятельности, приобретать с помощью

	<p>информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт, методы научно-исследовательской и практической деятельности, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях; оценивать перспективы развития АСУ и АСНИ физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), использовать современные достижения в научно-исследовательских работах.</p>
P8	<p>Применять знания о процессах в ядерных энергетических и физических установках, и о технологических процессах ядерного топливного цикла используя методы математического моделирования отдельных стадий и всего процесса для разработки АСУ ТП и АСНИ с применением пакетов автоматизированного проектирования и исследований.</p>
P9	<p>Использовать знания о протекающих процессах в ядерных энергетических установках, аппаратах производств ядерного топливного цикла, теории и практики АСУ ТП, при проектировании, настройке, наладке, испытаниях и эксплуатации современного оборудования, информационного, организационного, математического и программного обеспечения, специальных технических средств, сооружений, объектов и их систем; организовать эксплуатацию физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), современного оборудования и приборов с учетом требований руководящих и нормативных документов; быть готовым к освоению новых</p>

	образцов физических установок, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний.
P10	Использовать технические средства и информационные технологии, проводить предварительное технико-экономического обоснования проектных расчетов устройств и узлов приборов и установок, расчет, концептуальную и проектную проработку программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач с учетом неопределенностей объекта управления, разрабатывать способы применения программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, решать инженерно-физические и экономические задачи, применяя знания теории и практики АСУ, включающее математическое, информационное и техническое обеспечения, для проектирования, испытания, внедрения и эксплуатации АСУ ТП и АСНИ.
P11	Понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, соблюдать основные требования безопасности и защиты государственной тайны; выполнять мероприятия по восстановлению работоспособности физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики) при возникновении аварийных ситуаций, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; проводить анализ и оценку обстановки для принятия решения в случае возникновения аварийных ситуаций, экологическую безопасность, нормы и правило производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности.
P12	Разрабатывать проекты нормативных и методических

	<p>материалов, технических условий, стандартов и технических описаний средств АСУ ТП и АСНИ, регламентирующих работу в сфере профессиональной деятельности; осуществлять разработку технического задания, расчет, проектную проработку современных устройств и узлов приборов, установок (образцов вооружения, программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ), использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов.</p>
P13	<p>Использовать в профессиональной деятельности нормативные правовые акты в области защиты государственной тайны, интеллектуальной собственности, авторского права и в других областях; осуществлять поиск, изучение, обобщение и систематизацию научно-технической информации, нормативных и методических материалов в сфере своей профессиональной деятельности.</p>
P14	<p>Проявлять и активно применять способность к организации и управлению работой коллектива, в том числе: находить и принять управленческие решения в сфере профессиональной деятельности; разрабатывать планы работы коллективов; контролировать соблюдение технологической дисциплины, обслуживания, технического оснащения, размещения технологического оборудования; организовывать учет и сохранность физических установок (вооружения и техники), соблюдение требований безопасности при эксплуатации; использовать основные методы защиты персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.</p>
P15	<p>Демонстрировать способность к осуществлению и анализу научно-исследовательских, технологических и пуско-наладочных</p>

	<p>работ, разработке планов и программ их проведения, включая ядерно-физические эксперименты, выбору методов и средств решения новых задач с применением современных электронных устройств, представлению результатов исследований и формулированию практических рекомендаций их использования в формах научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных работ; выполнять полный объем работ, связанных с техническим обслуживанием физических установок с учетом требований руководящих и нормативных документов.</p>
--	--

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

---

Институт – Физико-технический  
Направление – Ядерные физика и технологии  
Кафедра – Электроника и автоматика физических установок  
Специальность – Электроника и автоматика физических установок

**УТВЕРЖДАЮ**  
Зав. кафедрой ЭАФУ ФТИ  
\_\_\_\_\_ А.Г. Горюнов  
«03» октября 2016 г.

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

**В форме:**

Дипломной работы
------------------

**Студенту:**

Группа	ФИО
0712	Виграненко К.И.

**Тема работы:**

Разработка специальных форм отображения информации на пульте управления токамака КТМ
--

<b>Утверждена приказом директора ФТИ</b>	от 31.10.2016 № 9286/с
--	------------------------

<b>Дата сдачи студентом выполненной работы</b>	23 января 2017 г.
--	-------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	ПО должно функционировать в операционной системе Windows. ПО для работы с видеофайлами должно быть реализовано в формате ActiveX компонента. ПО для работы с видеофайлами должно интегрироваться в SCADA Trace Mode. ПО для работы с видеофайлами должно отображать на экране видеофайлы формата AVI, получаемые с видеокамер диагностических систем. ПО для работы с видеофайлами должно иметь возможность обмена данными со SCADA Trace Mode. После формирования сценария разряда должен создаваться файл States.diag в каталоге CONTROL_KERNEL\etc, содержащий сценарий с
---------------------------------	--

	указанными параметрами. После формирования настроек систем, использующихся в эксперименте, должен создаваться файл Kernel.conf в каталоге CONTROL_KERNEL\etc, содержащий конфигурацию системы автоматизации эксперимента.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Аналитический обзор по литературным источникам с целью изучения процесса подготовки сценария разряда на токамаке КТМ. Разработка графического интерфейса пользователя для взаимодействия с файлом конфигурации и с файлом со сценарием разряда. Разработка графического интерфейса пользователя для взаимодействия с видеофайлами экспериментов. Проведение экспериментов с разработанным ПО. Заключение по работе.
<b>Перечень графического материала</b>	«Пользовательский интерфейс для работы с Kernel.conf», «Пользовательский интерфейс для работы с States.diag», «Алгоритм программы для подготовки сценария разряда», «Понятие ActiveX компонента», «Пользовательский интерфейс для работы с видеофайлами», «Алгоритм программы для работы с видеофайлами», «Результаты экспериментальной части», «Экономические затраты».
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент, канд. филос. наук Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	ассистент Акимов Д.В.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	03 октября 2016 г.
---	--------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Павлов В.М.	канд. техн. наук, доцент		03.10.16

**Задание принял к исполнению студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0712	Виграненко К.И.		03.10.16

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 103 с., 10 рис., 15 табл., 16 источников, 1 прил.

СЦЕНАРИЙ РАЗРЯДА, ТОКАМАК КТМ, ACTIVEХ, НОМЕР РАЗРЯДА, ВИДЕОФАЙЛ ЭКСПЕРИМЕНТА, ЧАСТОТА КАДРОВ, ВИДЕОПРОИГРЫВАТЕЛЬ, ПАНЕЛЬ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке ПО, необходимого для повышения работоспособности оператора токамака КТМ.

Цель работы – улучшение интерфейса АРМ оператора, повышение уровня автоматизации пультовых операций путём создания новых форм отображения информации.

В процессе исследования проводились изучения процесса подготовки сценария разряда на токамаке КТМ, работы оператора с видеофайлами экспериментов, особенностей взаимодействия ПО Trace Mode со встраиваемыми ActiveX компонентами.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработано программное обеспечение, позволяющее ускорить создание файла настройки используемых в экспериментах систем и файла сценария разряда, а также облегчить оператору работу с видеофайлами проведённых экспериментов. В будущем планируется заключение контракта сотрудниками кафедры ЭАФУ ТПУ с руководством токамака КТМ на поставку разработанного ПО.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе применены следующие сокращения:

personal computer – персональный компьютер; РС.

rapid application development – быстрая разработка приложений; RAD.

supervisory control and data acquisition – диспетчерское управление и сбор данных; SCADA.

автоматизированное рабочее место; АРМ.

автоматизированные системы управления технологическими процессами; АСУ ТП.

информационно-измерительная система; ИИС.

казахстанский токамак материаловедческий; КТМ.

монитор реального времени; МРВ.

операционная система; ОС.

предельно допустимые концентрации; ПДК.

персональный компьютер; ПК.

программное обеспечение; ПО.

персональная электронно-вычислительная машина; ПЭВМ.

система автоматизации экспериментов; САЭ.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	16
1 Аналитический обзор .....	17
1.1 Токамак КТМ .....	17
1.2 Панель коллективного пользования .....	18
1.3 Среда разработки ПО Delphi .....	19
1.4 SCADA Trace Mode .....	20
1.5 ActiveX компонент.....	22
2 Разработка специальных форм отображения информации.....	24
2.1 Разработка ПО для просмотра видеофайлов.....	24
2.1.1 Описание программы .....	24
2.1.2 Блок-схема алгоритма программы.....	24
2.1.3 Описание конфигурационного файла.....	26
2.1.4 Описание пользовательского интерфейса.....	26
2.1.5 Механизм создания ActiveX компонента.....	27
2.1.6 Используемые процедуры и функции.....	31
2.2 Разработка ПО для создания сценария разряда и файла с настройками систем .....	35
2.2.1 Описание программы .....	35
2.2.2 Блок-схема алгоритма программы.....	35
2.2.3 Описание конфигурационного файла.....	37
2.2.4 Описание пользовательского интерфейса.....	40
2.2.5 Используемые процедуры и функции.....	42
3 Проверка работоспособности ПО .....	60

3.1 ПО для просмотра видеофайлов.....	60
3.2 ПО для создания сценария разряда и файла с настройками систем	64
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	24
4.1 Введение .....	24
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	24
4.3 SWOT-анализ .....	26
4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	27
4.5 Инициация проекта.....	29
4.6 План проекта .....	32
4.7 Бюджет научного исследования.....	34
4.7.1 Основная заработная плата.....	34
4.7.2 Расчет потребляемой электроэнергии .....	37
4.7.3 Амортизация используемого оборудования .....	38
4.7.4 Группировка затрат по статьям.....	38
4.8 Реестр рисков проекта.....	40
4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	41
5 Социальная ответственность .....	92
5.1 Введение .....	92
5.2 Анализ опасных факторов в пультовой комнате на токамаке КТМ	92
5.3 Общие требования безопасности при работе с ПЭВМ.....	93
5.4 Требования к электробезопасности .....	94
5.5 Требования к микроклимату.....	94
5.6 Требования к освещению .....	95

5.7	Требования к электромагнитному излучению.....	96
5.8	Требования к пожаробезопасности.....	97
5.9	Требования к уровню шума.....	97
5.10	Охрана окружающей среды.....	98
5.11	Выводы по разделу.....	99
	Заключение.....	100
	Список использованных источников.....	101
	Приложение А. Презентация.....на отдельных листах	
	Титульный лист	
	Актуальность работы	
	Цели и задачи	
	Объект исследования	
	Требования к ПО для подготовки сценария разряда	
	Требования к ПО для работы с видеофайлами	
	Пользовательский интерфейс для работы с Kernel.conf	
	Пользовательский интерфейс для работы с States.diag	
	Алгоритм программы для подготовки сценария разряда	
	ПО Control_Kernel	
	Понятие ActiveX компонента	
	Пользовательский интерфейс для работы с видеофайлами	
	Алгоритм программы для работы с видеофайлами	
	Результаты экспериментальной части	
	Экономические затраты	
	Результаты работы	
	Диск CD-R.....в конверте на обороте обложки	
	643.ФЮРА.00010-01 81 01 Пояснительная записка ВКР. Файл	

Виграненко К.И. \_ВКР.docx

Презентация к ВКР. Файл Виграненко К.И.\_ВКР\_ЭАФУ.pptx

643.ФЮРА.00010-01 12 01 Текст программы для просмотра видеофайлов. Каталог VideoPlayer\_AH.

643.ФЮРА.00010-01 12 02 Текст программы для создания сценария разряда и файла с настройками систем. Каталог Script\_Diag.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на токамаке КТМ для создания файла со сценарием разряда и файла конфигурации систем для проведения эксперимента необходим специально обученный человек, который вручную прописывает все необходимые команды в текстовые файлы. Эти файлы затем используются в специальном ПО для автоматизации подготовки всех необходимых систем и проведения эксперимента. Естественно, в силу человеческого фактора могут возникать ошибки при написании сценария, и к тому же, это занимает достаточно много времени. Следовательно, есть необходимость в автоматизации процесса создания вышеуказанных файлов.

Также у оператора после проведения экспериментов должна быть возможность просмотра видеофайлов из камеры токамака. А в силу того, что некоторые видеофайлы могут составлять всего лишь несколько кадров, оператору было бы удобнее самому задавать необходимую скорость или проигрывать видео покадрово.

Целью данной работы является улучшение интерфейса АРМ оператора, повышение уровня автоматизации пультовых операций путём создания новых форм отображения информации.

					<i>643.ФЮРА.00010-01 81 01</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Визраненко</i>				<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Павлов</i>							
<i>Консульт</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ефремов</i>					<i>ТПУ</i>	<i>ФТИ</i>	
<i>Утверд.</i>	<i>Горюнов</i>					<i>Группа</i>	<i>0712</i>	

# 1 Аналитический обзор

## 1.1 Токамак КТМ

Токамак – Тороидальная Камера с Магнитными Катушками, предназначенная для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза.

Система автоматизации экспериментов токамака КТМ (САЭ КТМ) служит для обеспечения контроля и управления технологическими процессами основных и вспомогательных систем токамака во всех режимах его работы с целью получения высокотемпературной плазмы, обладающей необходимыми параметрами, и её удержания. Также данная система необходима для сбора, измерения, обработки, архивации и представления диагностической и технологической информации при подготовке к экспериментам, в реальном масштабе времени экспериментов, и в послеэкспериментальном режиме работы. Важность этой системы заключается ещё и в синхронизации работы установки, и защите оборудования от выхода из строя в нештатных ситуациях [1].

САЭ КТМ имеет трехуровневую структуру. Первый уровень системы управления включает в себя:

- малоканальные контроллеры для управления отдельными блоками и агрегатами технологических систем;
- системы цифрового управления источниками питания электромагнитной системы;
- модули сбора данных диагностических систем.

					<i>643.ФЮРА.00010-01 81 01</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Виграненко</i>			<i>Аналитический обзор</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Павлов</i>						
<i>Консульт</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Ефремов</i>				<i>ТПУ</i>	<i>ФТИ</i>	
<i>Утверд.</i>		<i>Горюнов</i>				<i>Группа</i>	<i>0712</i>	

Второй уровень включает промышленные контроллеры и компьютеры, которые обеспечивают координацию работы контроллеров уровня I в рамках технологической подсистемы, а также их синхронизацию во время проведения эксперимента.

Третий уровень включает в себя:

- многотерминальный пульт главного оператора, состоящий из пульта общего управления экспериментом, пульта оператора-технолога и пульта ведущего физика, которые обеспечивают визуализацию на мнемосхемах параметров технологических систем и результатов проведённого эксперимента;
- панель коллективного пользования, которая служит для отображения мнемосхемы комплекса установки КТМ, предупредительной и аварийной сигнализации, а также для представления основных параметров эксперимента;
- стойку серверов информационно-измерительной системы (ИИС).

## **1.2 Панель коллективного пользования**

Панель коллективного пользования представляет собой сборку из восьми LCD TFT дисплеев с диагональю 40". Данные LCD-дисплеи представляют собой специализированный комплекс, ориентированный на построение видеостен. В состав каждого дисплея входит контроллер, работающий под управлением ОС Windows XP Embedded. Подобное решение, позволяет управлять выводом графических данных на экран с различной компоновкой дисплеев. Конфигурирование дисплеев производится с помощью ПО MDC, которое поставляется вместе с LCD-дисплеями.

Контроллер дисплея позволяет работать LCD сборке в двух режимах: в режиме функциональных областей и в режиме видеостены. В первом случае, на каждом дисплее отображается отдельная картинка. Во втором случае на всех восьми панелях отображается одна картинка, при этом сама LCD-сборка с

точки зрения управления считается единым целым экраном.

Первый вариант управления используется при подготовке к эксперименту на физической установке, когда каждая функциональная область (LCD-дисплей) отображает параметры конкретной технологической системы или всей установки в целом (по требованию оператора). Режим видеостены используется в период разряда, когда, например, требуется проследить динамику горения плазмы.

### **1.3 Среда разработки ПО Delphi**

На данный момент программирование имеет бурное развитие, как со стороны увеличения круга решаемых задач, так и со стороны множественного усложнения используемых в программировании технологий. А с учётом больших объёмов разрабатываемых программных продуктов, требуется максимально упростить и ускорить процесс разработки приложений. Всё это привело к созданию многочисленных RAD-систем, которые являются интегрированными средами разработчика, и включают в себя [2]:

- встроенные компиляторы и отладчики;
- средства быстрого и удобного построения программ, в том числе визуального;
- системы коллективной разработки проектов и т. д.

Одной из таких RAD-систем является программное обеспечение Delphi. Delphi – это объектно-ориентированная среда программирования для визуального проектирования Windows-приложений с развитыми механизмами повторного использования программного кода. Главным конкурентом Delphi является Microsoft Visual C++, которая имеет ряд преимуществ и недостатков, но являющаяся более популярной в силу того, что разработана известной фирмой Microsoft. Отличительной чертой Delphi является компонентная модель разработки программ. Суть модели заключается в поддержке системой

постоянно расширяемого набора объектных компонентов, из которых и строится программа. Компоненты в Delphi просты для использования и развития, поскольку скрывают значительную часть программы, которая близка к взаимодействию с ОС.

Наибольший отрыв Delphi от аналогичного программного обеспечения состоит в действительно быстрой разработке приложений, обладающих сложным пользовательским интерфейсом, особенно тех, которые имеют взаимосвязи между элементами управления, находящимися в различных окнах программы. Также Delphi располагает большим набором компонентов для взаимодействия с базами данных. Важным преимуществом Delphi в этой области является возможность управления базами данных на логическом уровне, соответствующим понятиям самих баз данных, без низкоуровневых запросов к драйверам. Такие возможности Delphi обусловили ее широкую применяемость при разработке автоматизированных систем управления предприятиями. Delphi является языком программирования широкого назначения и позволяет разработать программное обеспечение для любой области и любой сложности. При этом, если какие-либо возможности не поддерживаются напрямую, этот недостаток может быть исправлен добавлением соответствующих компонентов в систему.

Подпрограммы, разработанные в других Windows языках программирования, могут также быть использованы в Delphi через механизм динамически компонуемых библиотек. Многие системные библиотеки Windows изначально подключены к Delphi, а вызов функций из них ничем не отличается от использования обычных библиотек Pascal.

## **1.4 SCADA Trace Mode**

Для контроля и управления производством служат автоматизированные системы управления технологическими процессами, которые подразделяются на два уровня. Нижний уровень непосредственно управляет технологическими

процессами и оборудованием, а с верхним уровнем связаны системы диспетчерского управления производством. Последнее, как правило, осуществляется при помощи ПК на базе SCADA-систем. Ранее данные системы поддерживали лишь верхний уровень АСУ ТП, а программирование контроллеров производилось при помощи специальных средств. Однако с развитием IBM PC-совместимых контроллеров появилась возможность применять SCADA-системы и для непосредственного управления технологическими процессами и оборудованием, сделав их более универсальным инструментом автоматизации.

Одним из представителей SCADA-систем является Trace Mode – высокотехнологичная российская программная система для автоматизации технологических процессов, телемеханики, диспетчеризации, учета ресурсов и автоматизации зданий.

АСУ ТП нижнего уровня создается на базе микромонитора реального времени (микроМРВ) Trace Mode. Эта программа размещается в энергонезависимой памяти промышленного контроллера и осуществляет весь комплекс функций по сбору данных с объектов, их обработке, регулированию технологических процессов, непосредственному цифровому управлению, а также ведению локальных архивов. МикроМРВ программируется средствами Trace Mode и имеет единую базу данных с АСУ ТП верхнего уровня. МикроМРВ основан на ядре реального времени Trace Mode и защищен от сбоев и отказов оборудования.

Автоматизация цехового уровня осуществляется на основе мониторов реального времени (МРВ) Trace Mode, которые предоставляют богатые средства визуализации технологических процессов с использованием объемной графики и анимации. Кроме того, они имеют около сотни встроенных алгоритмов обработки данных и регулирования технологических параметров.

Собранная и обработанная на уровне диспетчерского управления производством информация поступает в систему управления предприятием в виде сводок о расходе сырья, энергии и материалов, произведенной продукции,

работе и загрузке оборудования. Trace Mode предусматривает свободный обмен информацией с базами данных и системами автоматизации финансово-хозяйственной деятельности различных производителей [3].

## **1.5 ActiveX компонент**

Элементы управления ActiveX компонентов представляют собой библиотеки, которые содержат исполняемый код. Данные библиотеки могут быть задействованы в различных приложениях как встроенные элементы управления, поэтому они обладают свойствами, событиями и методами, доступными посредством автоматизации. Средства разработки высокого уровня, как правило, позволяют интегрировать такие элементы в создаваемые с их помощью приложения. Более того, ActiveX компоненты часто используются в виде расширений web-браузеров для увеличения их функциональности [4].

После создания ActiveX компонента, обладающего определённой функциональностью, можно позволить пользователям интегрировать этот элемент в другие приложения или программы, отображать его в web-браузере, включать его в состав документов MS Office, при этом нет необходимости предоставлять исходный код этого компонента.

Незачем создавать ActiveX компонент, который реализует функциональность кнопки или текстового редактора – понятно, что подобных элементов управления более чем достаточно. Однако, создание компонента, который реализует, к примеру, часть АРМ какой-либо категории сотрудников предприятия может оказаться очень полезным. Особенно если на предприятии используются различные средства разработки, например, Visual Basic и С++Builder. В этом случае один разработчик может встраивать в свои программные продукты ActiveX компоненты, созданные другим разработчиком в другой среде программирования.

После создания ActiveX элемента встаёт вопрос о его переносе на другой компьютер. Ведь собрав и скомпилировав элемент на своем

компьютере, он автоматически регистрируется в системе. Для этого существует два варианта. Первый – создать REG файла и при переносе компонента вносить данные в реестр с его помощью. Второй способ основывается на том, что элемент ActiveX умеет регистрировать сам себя, используя утилиту RegSrv32.exe. Благодаря утилите, можно как зарегистрировать компонент, так и удалить сведения о его регистрации следующим образом:

- регистрация: regsrv32 "путь\имя\_файла\_элемента";
- отмена регистрации: regsrv32 /u "путь\имя\_файла\_элемента".

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Введение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

### **4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Единственным конкурентным решением является неавтоматизированная работа человека – Бк.

					<i>643.ФЮРА.00010-01 81 01</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Виграненко</i>				<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Павлов</i>							
<i>Консульт</i>	<i>Меньшикова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ефремов</i>							
<i>Утверд.</i>	<i>Горюнов</i>							
						<i>ТПУ</i>	<i>ФТИ</i>	
						<i>Группа</i>	<i>0712</i>	

Анализ конкурентных технических решений целесообразно проводить с помощью оценочной карты (таблица 1).

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк	Кф	Кк
1 Повышение производительности труда пользователя	0,25	4	1	1	0,25
2 Надёжность	0,15	4	2	0,6	0,3
3 Удобство в создании сценария	0,1	4	1	0,4	0,1
4 Обслуживание при эксплуатации	0,1	2	3	0,2	0,3
5 Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
6 Возможность быстрого изменения сценария	0,1	4	2	0,4	0,2
7 Потребность в ресурсах памяти	0,05	4	4	0,2	0,2
8 Конкурентоспособность продукта	0,05	3	2	0,15	0,1
9 Энергосбережение	0,05	3	4	0,15	0,2
10 Простота получения файла со сценарием	0,05	4	2	0,2	0,1
Итого	1	36	25	3,7	2,15

Как видно из таблицы 1, наиболее значимыми критериями являются повышение производительности труда и надёжность разрабатываемого ПО. Помимо этого, немаловажными являются предоставляемые возможности, а также удобство эксплуатации.

Из соотношения коэффициентов  $\frac{3,7}{2,15} = 1,72$  видно, что разрабатываемое

ПО более конкурентоспособно, чем единственный существующий аналог.

### **4.3 SWOT-анализ**

Для объективного оценивания конкурентоспособности и перспектив развития разработки необходимо проанализировать сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, которые могут повлиять на разработку. SWOT-анализ позволит сформировать направление, в котором необходимо работать, чтобы повысить конкурентоспособность научной разработки. Матрица SWOT-анализа приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Повышение производительности оператора.</p> <p>С2. Понятный интерфейс.</p> <p>С3. Отсутствие аналогов.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Трудоемкость создания.</p> <p>Сл2. Узкая направленность применения.</p>
<p>Возможности проекта:</p> <p>В1. Заключение контракта с руководством токамака КТМ на поставку разработанного ПО</p>	<p>Создание максимальной заинтересованности у руководства токамака КТМ путём гибкой ценовой политики</p>	<p>Разработка ПО с большими возможностями с привлечением команды разработчиков</p>
<p>Угрозы проекта:</p> <p>У1. Изменение способа хранения информации.</p> <p>У2. Изменение в работе программы для управления разрядом.</p> <p>У3. Недостаточность финансирования.</p>	<p>Обслуживание ПО на срок эксплуатации</p>	<p>Разработка наиболее универсального ПО</p>

#### 4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла проекта полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации. Для этого необходимо оценить степень проработанности научного проекта и уровень имеющихся знаний разработчика (таблица 3).

Таблица 3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
Определены перспективные направления коммерциализации задела	3	3
Проработаны вопросы финансирования научной разработки	2	3
Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
Итого баллов	13	14

Исходя из оценок степени готовности проекта к коммерциализации видно, что проект имеет среднюю степень готовности. По вопросам маркетинговых исследований, финансирования коммерциализации, необходимо привлечение в команду проекта специалистов из данных областей.

В качестве метода коммерциализации будет использоваться инжиниринг – то есть, на основе договора с консультантом предоставляется комплекс инженерно-технических услуг заказчику, которые связаны с проектированием, разработкой и вводом в эксплуатацию, например, программного обеспечения.

## 4.5 Инициация проекта

Инициация проекта состоит из процессов, которые выполняются для нового проекта или новой стадии проекта. Для этого определяются начальные цели, содержание, фиксируются ресурсы. Также определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта.

Заинтересованные стороны проекта отображены в таблице 4.

Таблица 4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ИАЭ НЯЦ РК, г. Курчатов	Внедрение ПО в тех. решение
НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ	Специальные формы для отображения информации на пульте управления токамака для заключения договора с ИАЭ НЯЦ РК, г. Курчатов

В таблице 5 представлена информация о целях проекта, критериях достижения целей, а также требования к результатам проекта.

Таблица 5 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Разработка ПО для отображения информации на пульте управления токамака
Ожидаемые результаты проекта	ПО для создания файла сценария разряда и конфигурационного файла настройки систем для проведения эксперимента
	ПО для отображения видеофайлов с результатами проведённых экспериментов
Критерии приемки результата проекта	Работоспособность ПО, способность видеопроигрывателя обмениваться данными с Trace Mode, проверка правильности созданных файлов сценария разряда
Требования к результату проекта	Разработанное ПО должно быть способно проигрывать файлы формата AVI
	Новые видео должны проигрываться 2 раза с настраиваемой скоростью
	Видеопроигрыватель должен интегрироваться в Trace Mode
	В результате работы с программой создания сценария разряда должны создаваться два текстовых файла – Kernel.conf, описывающий параметры настройки систем, участвующих в эксперименте, и States.diag, являющийся файлом для управления самим экспериментом

Рабочая группа проекта отображена в таблице 6.

Таблица 6 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, ч
Павлов В.М., НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ, доцент	Руководитель проекта	Консультирование, определение задач, контроль выполнения.	138
Виграненко К.И., НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ, студент	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, программирование, экспериментальная проверка.	588

Ограничения и допущения проекта приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	82484,97
Источник финансирования	–
Сроки проекта:	
Дата утверждения плана управления проектом	3 октября 2016
Дата завершения проекта	25 января 2017
Прочие ограничения и допущения	–

#### 4.6 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта.

Календарный план в виде диаграммы Ганта представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Календарный план-график

Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, декада														
			окт			ноя			дек			янв					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Составление ТЗ	Руководитель	4	■														
Изучение литературы	Дипломник	12	■	■													
Разработка алгоритма ПО для работы с видеофайлами	Дипломник	5		■	■												
Разработка программы для работы с видеофайлами	Дипломник	20			■	■	■	■									
Проведение экспериментов с ПО для работы с видеофайлами	Руководитель, Дипломник	8 11						■	■								

Продолжение таблицы 8

Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
			окт			ноя			дек			янв					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Разработка алгоритма ПО для создания сценария разряда	Дипломник	13															
Разработка программы для создания сценария разряда	Дипломник	24															
Проведение экспериментов с ПО для создания сценария разряда	Руководитель, Дипломник	11 13															



– Руководитель



– Дипломник

## 4.7 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

### 4.7.1 Основная заработная плата

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов определяется из трудоемкости выполняемых работ. Расчет основной заработной платы по этапам представлен в таблице 9.

Основная заработная плата работника рассчитывается по формуле 1:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (1)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, р.;

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 2:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (2)$$

где  $Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot K_{\text{р}}$  – месячный оклад работника, р.;

$Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, р.;

$K_{\text{р}}$  – районный коэффициент;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течении года, мес.;

$F_D$  – годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала,  
раб. дн.

Оклад руководителя составляет 26300 рублей.

Оклад дипломника составляет 7483,58 рублей.

Месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_M^{\text{Рук}} = 26300 \cdot 1,3 = 34190 \text{ рублей.}$$

Месячный должностной оклад дипломника:

$$Z_M^{\text{Дип}} = 7483,58 \cdot 1,3 = 9728,654 \text{ рублей.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{Дн}}^{\text{Рук}} = \frac{34190 \cdot 10,4}{299} = 1189,22 \text{ рублей.}$$

Среднедневная заработная плата дипломника:

$$Z_{\text{Дн}}^{\text{Дип}} = \frac{9728,65 \cdot 10,4}{299} = 338,39 \text{ рублей.}$$

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы по этапам

Этап	Исполнитель	Трудоемкость, чел. дн.	З/п на один чел. дн., р.	Всего з/п, р.
Составление ТЗ	Руководитель	4	1189,22	4756,88
Изучение литературы	Дипломник	12	338,39	4060,68
Разработка алгоритмов	Дипломник	18	338,39	6091,02
Разработка программ	Дипломник	44	338,39	14889,16
Проведение экспериментов	Дипломник	24	338,39	8121,36
Проведение экспериментов	Руководитель	19	1189,22	22595,18
Итого				60514,28

Основная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{Рук}} = 1189,22 \cdot 23 = 27352,06 \text{ рублей.}$$

Основная заработная плата дипломника:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{Дип}} = 338,39 \cdot 98 = 33162,22 \text{ рублей.}$$

Вычисленные данные сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет заработной платы

Исполнители	З <sub>б</sub> , р.	К <sub>ГР</sub>	К <sub>д</sub>	К <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , р.	З <sub>дн</sub> , р.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , р.
Руководитель	26300	0,5	0,5	1,3	34190	1189,22	23	27352,06
Дипломник	7483,58	0,5	0,5	1,3	9728,65	338,39	98	33162,22

В таблице 10 использованы следующие обозначения:

$Z_B$  – базовый оклад;

$K_{ПР}$  – премиальный коэффициент;

$K_D$  – коэффициент доплат и надбавок;

$K_R$  – районный коэффициент;

$Z_M$  – месячный должностной оклад;

$Z_{ДН}$  – среднедневная заработная плата;

$T_P$  – продолжительность работ;

$Z_{ОСН}$  – основная заработная плата.

#### 4.7.2 Расчет потребляемой электроэнергии

Основным потребляемым сырьем в данной научной разработке является потребление электроэнергии компьютером. Для расчета стоимости (3) потребляемой электроэнергии необходимо знать потребляемую мощность компьютера, время работы и текущий тариф на электроэнергию.

$$C_{ЭЭ} = 6 \cdot Д \cdot Т \cdot М, \quad (3)$$

где  $6$  – 6-часовой рабочий день;

$Д$  – продолжительность работ;

$Т$  – тариф на электроэнергию;

$М$  – мощность, потребляемая ноутбуком.

По техническим характеристикам, ноутбук потребляет 58 Вт электроэнергии. Стоимость одного киловатт-часа электроэнергии составляет 5,8 рублей. Значит, за 6-часовой рабочий день затраты на работу ноутбука

составят:  $\frac{6 \cdot 1 \cdot 5,8 \cdot 58}{1000} = 2,02$  рубля.

Соответственно, за всё время выполнения дипломной работы стоимость электроэнергии составит:  $2,02 \cdot 102 = 206,04$  рублей.

#### **4.7.3 Амортизация используемого оборудования**

Для разработки ПО использовался ноутбук. Амортизация – это способ переноса стоимости, в данном случае, ноутбука на стоимость производимой продукции с его помощью.

При применении линейного метода амортизации сумма начисленной амортизации за один месяц определяется как произведение первоначальной стоимости объекта основных средств и соответствующей нормы амортизации, которая рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $K$  – норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости объекта;

$n$  – срок полезного использования объекта (в месяцах).

Стоимость ноутбука Acer V17 составляет 85 000 рублей. Срок полезного использования – 8 лет. Таким образом, норма амортизации: 1,0417%. Месячная амортизация: 885,45 рублей. Дневная амортизация: 29,52 рублей. За всё время разработки ПО ноутбук использовался 102 дня, соответственно, амортизация составляет: 3011,04 рублей.

#### **4.7.4 Группировка затрат по статьям**

При планировании бюджета должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для

его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 11.

Таблица 11 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Статьи				
	Осн. зар. плата	Отчисления на соц. нужды (30%)	Расходы на электроэнергию	Амортизация использованного оборудования	Итого плановая себестоимость
1 Составление ТЗ	4756,88	1427,06	8,08	118,08	6310,10
2 Изучение литературы	4060,68	1218,20	24,24	354,24	5657,36
3 Разработка алгоритма ПО для работы с видеофайлами	1691,95	507,59	10,1	147,60	2357,24
4 Разработка программы для работы с видеофайлами	6767,80	2030,34	40,4	590,40	9428,94
5 Проведение экспериментов с ПО для работы с видеофайлами (дипломник)	3722,29	1116,69	22,22	324,72	5185,92
6 Проведение экспериментов с ПО для работы с видеофайлами (руководитель)	9513,76	2854,19	16,16	236,16	12620,27
7 Разработка алгоритма ПО для создания сценария разряда	4399,07	1319,72	26,26	383,76	6128,81

Продолжение таблицы 11.

Вид работ	Осн. зар. плата	Отчисления на соц. нужды (30%)	Расходы на электроэнергию	Амортизация используемого оборудования	Итого плановая себестоимость
8 Разработка программы для создания сценария разряда	8121,36	2436,41	48,48	708,48	11314,73
9 Проведение экспериментов с ПО для создания сценария разряда (дипломник)	4399,07	1319,72	26,26	383,76	6128,81
10 Проведение экспериментов с ПО для создания сценария разряда (руководитель)	13081,42	3924,43	22,22	324,72	17352,79
Итого					82484,97

#### 4.8 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация о рисках сведена в таблицу 12.

Таблица 12 – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Ур. риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Отказ заказчика	Потеря прибыли	1	4	Сред	Повысить заинтересованность заказчика	Кто-то разработает данное ПО раньше
Качество ПО	Отказ заказчика	2	4	Сред	Провести множество различных экспериментов	Заказчик при проверке выявит ошибки
Непонятный интерфейс	Дольше обучаемость операторов	1	2	Низк	Разработать понятный интерфейс, согласовать его с заказчиком	Не согласовывать интерфейс с заказчиком

#### 4.9 Оценка сравнительной 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 показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат для вариантов исполнения научного исследования. Для разрабатываемого ПО затраты составляют 82484,97 рублей. В качестве аналога выступает оператор с зарплатой 30000 рублей, который затрачивает на выполнение ручную действий, аналогичных функционалу разрабатываемого ПО, 50% своего рабочего времени. Таким образом, примем стоимость аналога – 15000 рублей. Сравним их эффективности в течение одного года.

Интегральный финансовый показатель разработки  $I_{\phi}^p$  рассчитывается следующим образом:

$$I_{\phi}^p = \frac{82484,97}{15000 \cdot 12} = 0,46. \quad (5)$$

Интегральный финансовый показатель аналога  $I_{\phi}^a$ :

$$I_{\phi}^a = \frac{15000 \cdot 12}{15000 \cdot 12} = 1. \quad (6)$$

Показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения определяется как сумма произведений балла критерия на его оценку. Интегральный показатель ресурсоэффективности расписан в таблице 13.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог
1 Способствует росту производительности	0,25	5	1
2 Удобство в эксплуатации	0,2	4	2
3 Надежность	0,2	4	4
4 Простота получения файла со сценарием	0,15	4	1
5 Энергосбережение	0,1	3	3
6 Потребность в ресурсах памяти	0,1	3	2
Итого	1	22	13

Интегральные показатели ресурсоэффективности:

$$I_m^p = 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 = 4,05.$$

$$I_m^a = 0,25 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 1 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 = 2,1.$$

Интегральный показатель эффективности разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_f^p} = \frac{4,05}{0,46} = 8,80. \quad (7)$$

Интегральный показатель эффективности аналога определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{2,1}{1} = 2,1. \quad (8)$$

Сравнение интегральных показателей эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} = \frac{8,80}{2,1} = 4,19. \quad (9)$$

Результаты расчетов сравнительной эффективности проекта приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Сравнительная эффективность проекта

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,46
Интегральный показатель ресурсоэффективности	2,1	4,05
Интегральный показатель эффективности	2,1	8,80
Сравнительная эффективность проекта	4,19	

Из сравнительной эффективности проекта видно, что разрабатываемое программное обеспечение по эффективности превосходит в несколько раз аналог – человеческую неавтоматизированную работу.