#### Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

## «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт ЭНИН

Направление подготовки <u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u> Кафедра ЭЭС

#### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

Проектирование релейной защиты линии электропередачи 220 кВ подстанции «ТЭЦ-3» - подстанции «Дружная» Новосибирской электроэнергетической системы

УДК 621.316.925.1.621.315.1.027

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Степанченко Ольга Евгеньевна		

#### Руководитель

<b>3</b>				
Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата
		звание		
доцент	Андреев М.В.	к.т.н.		

#### консультанты:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность		ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата
			звание		
	ст. преподаватель	Потехина Н.В.			
П					

По разделу «Социальная ответственность»

The pushed in the second				
Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата
		звание		
доцент	Романцов И.И.	к.т.н		

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н.,доцент		

### Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Результат обучения	
результата	т сзультат обучения	
	Профессиональные компетенции	
ПК-1	способностью и готовностью использовать информационные технологии, в	
	том числе современные средства компьютерной графики, в своей предметной	
	области	
ПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области	
	естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные	
	законы в профессиональной деятельности, применять методы	
	математического анализа и моделирования, теоретического и	
	экспериментального исследования	
ПК-3	готовностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих	
	в ходе профессиональной деятельности, и способностью привлечь для их	
	решения соответствующий физико-математический аппарат	
ПК-4	способностью и готовностью использовать нормативные правовые	
	документы в своей профессиональной деятельности	
ПК-5	владением основными методами защиты производственного персонала и	
	населения от последствий возможных аварий, катастроф, стихийных	
	бедствий	
ПК-6	способностью и готовностью анализировать научно-техническую	
	информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике	
	исследования	
ПК-7	способностью формировать законченное представление о принятых	
	решениях и полученных результатах в виде отчета с его публикацией	
	(публичной защитой)	

#### Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

## «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт ЭНИН

Направление подготовки <u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u> Кафедра <u>ЭЭС</u>

УТВЕРЖДАЮ: Зав. кафедрой (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

#### **ЗАДАНИЕ**

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В	форме
В	форме

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа		ФИО
	5A2A	Степанченко Ольге Евгеньевне

Тема работы:

Проектирование релейной защиты линии электропередачи 220 кВ подстанции «ТЭЦ-3» - подстанции «Дружная» Новосибирской электроэнергетической системы

Утверждена приказом директора (дата, номер) от 02.02.2016 г. № 653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

# Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту,

сырвя или материал изоелия; треоования к прооукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

- 1. Параметры защищаемого объекта
- 2. Параметры прилегающей периферии
- 1. Краткая характеристика защищаемого объекта
- 2.Выбор и обоснование видов и состава РЗ линии электропередачи
- 3. Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ
- 4.Определение электрических величин для расчета выбранных РЗ с помощью ПВК «АРМ СРЗА»
- 5. Расчет параметров чувствительности РЗ

#### Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

- 1.Схема подключения токовых цепей для линий без реакторов ШЭ 2607 016
- 2.Схема района энергосистемы проектирования РЗиА

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

ДЛЯ

(с указанием разделов)					
Раздел	Консультант				
Финансовый менеджмент,					
ресурсоэффективность и	Потехина Нина Васильевна				
ресурсосбережение					
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович				
Названия разделов, которы	е должны быть написаны на русском и иностранном				
языках:					

Дата выдачи задания на выполнение выпускной	
квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

_ suguint beigni pyttobogni svizv					
Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата	
		звание			
доцент	Андреев М.В.	к.т.н.			

Задание принял к исполнению студент:

		<i>V</i> · ·		
Группа	1	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	1	Степанченко Ольга Евгеньевна		

#### Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы, 8 рисунков, 24 таблицы, 9 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: линия электропередачи, релейная защита, короткое замыкание, измерительный орган, уставка срабатывания, коэффициент чувствительности.

В данной работе объектом исследования является релейная защита линии электропередачи напряжением 220 кВ.

Цель работы — выбор и расчет уставок срабатывания релейной защиты линии электропередачи.

В процессе работы проводились замеры электрических величин с помощью программно-вычислительного комплекса.

Полученными результатами являются значения уставок срабатывания и коэффициентов чувствительности.

Область применения: непосредственная установка защит и задание ее параметров.

#### Обозначения и сокращения

АПВ автоматическое повторное включение

ДЗ дистанционная защита ИО измерительный орган КЗ короткое замыкание ЛЭП линия электропередачи

МТЗ максимальная токовая защита

НПП научно-производственное предприятие

ОАПВ однофазное автоматическое повторное включение

ПВК программно-вычислительный комплекс

ППБ правила пожарной безопасности

ПС подстанция

ПУЭ правила устройства электроустановок

РЗ релейная защита

СанПиН санитарные правила и нормы

ТЗНП токовая защита нулевой последовательности

ТН трансформатор напряжения

ТО токовая отсечка

ТТ трансформатор тока ТЭЦ теплоэлектроцентраль

УРОВ устройство резервирования при отказе выключателя

ЭЭС электроэнергетическая система

#### Оглавление

Введ	ение	8
1.	Обзор литературы	0
1.1	Дистанционная защита1	0
1.2	Токовая ступенчатая защита нулевой последовательности	2
1.3	Токовая ступенчатая защита 1	6
2.	Краткая характеристика защищаемого объекта	8
3.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 1	9
3.1	Анализ конкурентоспособности технического решения 1	9
3.2	SWOT – анализ	1
3.3	Планирование научно-технического исследования	2
3.3	.1 Определение трудоемкости выполнения работ	3
3.3	.2 Разработка графика проведения научного исследования	4
3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)2	9
3.4	.1 Расчет материальных затрат НТИ2	9
3.4	.2 Амортизационные отчисления	0
3.4	.3 Оплата труда исполнителей	0
3.4	.4 Отчисления во внебюджетные фонды	3
3.4	.5 Формирование бюджета затрат Научно-технического исследования 3	4

#### Введение

При проектировании и эксплуатации каждой электроэнергетической системы необходимо считаться с возможностью возникновения в ней ненормальных режимов работы и повреждений. Самыми распространёнными и в то же время самыми опасными видами повреждений являются короткие замыкания (КЗ).

ненормальные режимы работы и повреждения приводят к появлению аварий в системе, например вынужденные нарушения нормальной работы её части или всей системы, сопровождающиеся определённым недоотпуском энергии потребителям, недопустимым разрушением основного оборудования или ухудшениям её качества.

Причины появления таких аварий очень разнообразны, но чаще всего являются результатом вовремя не найденных и не устранённых дефектов оборудования, монтажа и эксплуатации. Экономика нашей страны, в которой огромное значение имеет энергетика, требует бесперебойного электроснабжения потребителей. Поэтому следует стремиться к безаварийной работе. Предотвращение возникновения аварий или их развития при повреждениях в электрической части энергосистемы часто может быть обеспечено путём быстрого отключения повреждённого элемента.

По условиям обеспечения бесперебойной работы неповреждённой части системы и уменьшения размеров повреждения оборудования время отключения КЗ должно быть по возможности малым, часто это десятые, а иногда и сотые доли секунды. Помимо этого КЗ в любом месте системы ввиду взаимосвязанности всех её элементов в той или иной мере немедленно отражается на работе значительной её части. Очевидно, что дежурный персонал не в состоянии в требуемое малое время отметить возникновение КЗ, выявить повреждённый элемент и дать сигнал на отключение его выключателей. Поэтому электрические установки снабжаются автоматически действующими устройствами — релейной защитой, осуществляющей защиту от повреждений и некоторых ненормальных режимов работы.

релейной Устройства защиты И системной автоматики совокупности представляют собой сложную многоступенчатую систему, устойчивой работы предназначенную ДЛЯ сохранения синхронных бесперебойного электроснабжения потребителей генераторов И электроэнергии. В настоящее время выпускаются устройства защиты электроэнергетических систем, выполненные элементов на электромеханической, микроэлектронной (линейные И логические интегральные микросхемы) и микропроцессорной элементной базе.

Целью данной работы является проектирование РЗ линии электропередачи 220 кВ. Проект включает в себя: выбор РЗ, планирование и расчет типичных аварийных режимов, расчет уставок защит и оценка их чувствительности.

#### 1. Обзор литературы

#### 1.1 Дистанционная защита

Дистанционная защита состоит из следующих элементов:

- Пусковой орган служит для пуска защиты при КЗ.
- Орган выдержки времени;
- Дистанционный орган оценивает удаленность КЗ;
- Блокировка, которая действующая при качаниях.
- Блокировка, которая действуюет при повреждении цепей напряжения, питающих защиту;

Принцип действия ДЗ основан на контроле изменения сопротивления. В нормальном режиме параметры напряжения на шинах и тока в ЛЭП близки к номинальным:

$$U_{\pi} = U_{HODM} \tag{1}$$

$$I_{\Lambda} = I_{HOPM} \tag{2}$$

$$z_{H} = \frac{U_{HODM}}{I_{HODM}} \tag{3}$$

При возникновении КЗ напряжение на шинах уменьшается, а ток в ЛЭП увеличивается, при этом контролируемое сопротивление уменьшается:

$$z_{K} = \frac{U}{I_{K}} < z_{H} \tag{4}$$

В свою очередь:

$$z_{\kappa} = z_0 \cdot l_{\kappa} \tag{5}$$

где  $z_0$  – сопротивление 1 км линии;

 $l_{\kappa}$  — длина линии.

Следовательно, контролируя изменение сопротивления, можно определить факт возникновения КЗ и оценить удаленность точки КЗ.

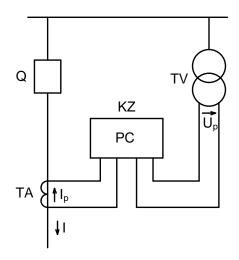


Рисунок 1 – Подключение цепей тока и напряжения реле

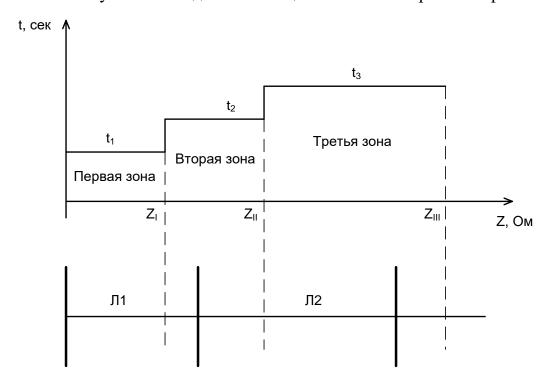


Рисунок 2 – Зависимость выдержек времени ДЗ

Обычно ДЗ выполняется в виде трех ступеней. Первая ступень предназначена для работы при КЗ на защищаемой линии, то есть сопротивление срабатывания защиты должно быть меньше сопротивления ЛЭП.

$$z_{C3} \le z_{\pi} \tag{6}$$

Как правило, первая ступень охватывает 85 % длины защищаемой ЛЭП. При КЗ в зоне первой ступени защита работает без выдержки времени.

$$t_{C3}^{I} = 0 \text{ c}$$

Вторая ступень предназначена для надежной защиты всей линии. Ее зона действия попадает на смежную ЛЭП, поэтому для исключения неселективного срабатывания защиты при КЗ на отходящей ЛЭП вводится замедление на срабатывание.

$$t_{c3}^{II} = (0.4 \div 0.5) \text{ c}$$
 (7)

Третья ступень выполняет функции ближнего и дальнего резервирования.

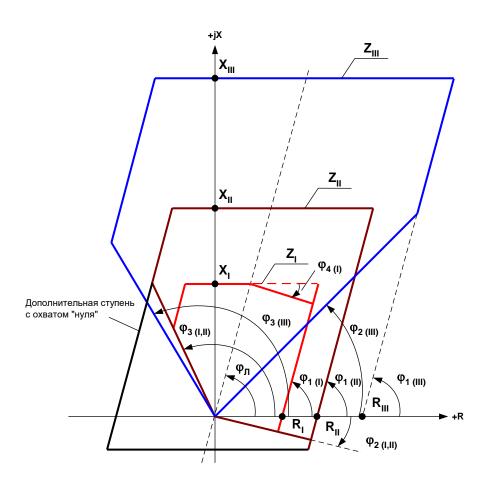


Рисунок 3 — Характеристики срабатывания реле сопротивления ДЗ.[5, стр. 233].

#### 1.2 Токовая ступенчатая защита нулевой последовательности

В сетях с эффективным заземлением нейтрали около 80 % повреждений связано с замыканием на землю, поэтому для защиты оборудования

применяют устройства, которые реагируют на составляющие нулевой последовательности. Необходимость защиты от коротких замыканий на землю связана с тем, что этот вид повреждений является преобладающим.

Защита от замыканий на землю выполняется в виде токовой ступенчатой защиты нулевой последовательности, которая содержит три или четыре ступени. Которыми в свою очередь являются токовые отсечки с выдержкой и без И выдержки времени максимальные токовые защиты нулевой последовательности. Измерительные нулевой органы защиты последовательности включаются в нулевой провод трансформаторов тока.

При возникновении замыкания на землю защита реагирует на появление тока в нулевом проводе, равному утроенному значению фазных токов:

$$I_0 = 3 \cdot I_{0\phi} \tag{8}$$

Селективность защиты обеспечивается путем введение выдержек времени на срабатывание.

Первой ступенью является токовая отсечка без выдержки времени и обеспечивает быстрое отключение короткого замыкания на начальных участках защищаемой линии. При выборе тока срабатывания первой ступени должны быть учтены следующие условия:

- Защита должна быть отстроена от тока однофазного замыкания на шинах противоположной подстанции;
- Защита не должна работать при кратковременном неполнофазном режиме, возникающем за счет неодновременности включения фаз выключателя;
- Защита не должна работать в неполнофазном режиме в цикле работы ОАПВ.

Второе условие может не рассматриваться, если первая ступень защиты отстроена по времени от неполнофазного режима, возникающего при неодновременном включении фаз выключателя [8, стр. 7]:

$$t_{C3} > t_{\text{вкл. разн}}$$
 (9)

Для выключателей с трехфазным приводом защита практически отстроена от этого режима. Для масляных выключателей с пофазным приводом задержка на срабатывание должна быть принята порядка 0,2 с. для воздушных выключателей порядка 0,1 с [8, стр. 7].

Третье условие также может не рассматриваться, так как при ОАПВ предусматривается автоматический вывод защиты из работы [8, стр. 7].

Ток срабатывания защиты первой ступени определяется по формуле:

$$I_{c3}^{I} = k_{H} \cdot 3I_{0 \, pac \, 4} \tag{10}$$

где  $k_H = (1,3 \div 1,5)$  – коэффициент надежности;

 $3I_{0\,pacu}$  — ток однофазного короткого замыкания, протекающий через защиту на защищаемой линии, при коротком замыкании на землю в конце действия первой ступени защиты.

Вторая ступень защиты должна надежно охватывать защищаемую линию. Она должна быть согласована с первой ступенью защиты следующей линии:

$$I_{c3}^{II} = k_H \cdot 3I_{0 \, pac \, q} \tag{11}$$

где  $k_H = I, I -$ коэффициент надежности;

 $3I_{0\,pacu}$  — ток однофазного короткого замыкания, протекающий через защиту на защищаемой линии, при коротком замыкании в конце действия первой ступени защиты прилегающей линии.

Ток срабатывания второй ступени защиты должен быть отстроен от режима короткого замыкания на землю за трансформатором. Точка замыкания берется на стороне напряжения сети с глухозаземленной нейтралью. Необходимость отстройки защиты от ОАПВ можно не учитывать, если вторая ступень выводится из работы в цикле ОАПВ [8, стр. 7].

Чувствительность второй ступени оценивается по току однофазного короткого замыкания на шинах противоположной подстанции. Значение коэффициента чувствительности должно быть:

$$k_{y} \geq 1.5$$

Если значение не удовлетворяет нормативным требованиям, то необходимо использовать третью ступень или если ток срабатывания был выбран из условия согласования с первой ступенью защиты следующей линии, то вторую ступень можно рассчитывать, проводя согласование со второй ступенью следующей линии.

Ток срабатывания третьей ступени выбирается из условия согласования со второй ступенью следующей линии или с первой ступенью защиты от коротких замыканий на землю трансформатора противоположной подстанции.

Чувствительность для третьей ступени оценивается так же, как и для второй ступени. Если значение коэффициента чувствительности не выполняется, то нужно третью ступень согласовать с третьей ступенью защиты отходящей линии или со второй ступенью защиты от коротких замыканий на землю трансформатора противоположной подстанции.

Четвертая ступень выполняет задачи резервирования. Ток срабатывания четвертой ступени должен отстраиваться от токов небаланса в нулевом проводе трансформатора тока. При трехфазных коротких замыканиях на стороне низшего напряжения трансформаторов, установленных на своей или противоположной подстанции. Для расчета используется следующее выражение:

$$I_{C3}^{IV} = k_{H} \cdot k_{nep} \cdot k_{H} \cdot I_{pac4}$$
 (12)

где  $k_H = 1,25$  — коэффициент надежности;

 $k_{nep} = 1$  — коэффициент, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме;

$$k_{H\tilde{0}} = 0.05$$
 — принимается, если  $I_{pacu} = \left(2 \div 3\right) \cdot I_{hom}$ 

$$k_{HO} = (0.05 \div 1)$$
 – при больших значениях.

Пользуются упрощенным выражением для определения тока срабатывания:

$$I_{C3}^{IV} = (0.05 \div 1) \cdot I_{HOM} \tag{13}$$

Чувствительность четвертой ступени оценивается по однофазному короткому замыканию в конце зоны дальнего резервирования и его значении должно быть:

$$k_{u} \geq 1,2$$

#### 1.3 Токовая ступенчатая защита

Токовые ступенчатые защиты это сочетание токовых отсечек и максимальной токовой защиты. За счет этого можно выполнить полноценную защиту с высоким быстродействием. Обычно токовые ступенчатые защиты выполняются в виде трех ступеней.

Первая ступень — это отсечка мгновенного действия, она защищает начальный участок линии. Вторая ступень — это отсечка с выдержкой времени, которая предназначена для надежной защиты оставшегося участка линии. Третья ступень — это максимальная токовая защита, которая выполняет функции ближнего и дальнего резервирования.

Токи срабатывания первых ступеней выбираются из условия отстройки от токов трехфазных КЗ на шинах противоположных ПС.

Вторая ступень защиты должна надежно охватывать защищаемую линию. Ее ток срабатывания согласуется с первой ступенью защиты смежной линии. Выдержка времени принимается равной  $(0,4\div0,5)$  с.

Чувствительность второй ступени проверяется по минимальному току двухфазного КЗ в конце линии. Значения коэффициента чувствительности должно быть:

$$k_{\mathbf{y}} \geq 1,2$$

Ток срабатывания третьей ступени отстраивается от нагрузочных режимов, а выдержка времени согласуется с защитами отходящих присоединений.

Чувствительность третьей ступени в режиме ближнего резервирования проверяется по КЗ в конце защищаемой линии. Для максимальных токовых защит значение коэффициента чувствительности должно быть:

$$k_{u} \geq 1.5$$

Если защита работает в режиме дальнего резервирования, то чувствительность проверяется по КЗ в конце резервируемой линии. Значение коэффициента чувствительности должно быть:

$$k_{u} \geq 1,2$$

#### 2. Краткая характеристика защищаемого объекта

В данной работе производится выбор устройств РЗ ВЛ 220 кВ ПС «Дружная» — «ТЭЦ-3» Новосибирской ЭЭС. Расчет производим для РЗ со стороны подстанции «Дружная».

Объектом защиты является ЛЭП напряжением 220 кВ.

Для расчета уставок РЗ выбранной ЛЭП понадобится произвести согласование с РЗ смежных объектов первой периферии, которые в свою очередь согласуются с РЗ смежных по отношению к ним объектов.

Объекты первой периферии:

- Трансформаторы 13T U=10,5 кВ;
- Трансформатор 14T U=10,5 кВ;
- Воздушная линия ТЭЦ-3 ПС Отрадная 220 кВ;
- Воздушная линия ТЭЦ-3 ПС Правобережная 220 кВ;
   Объекты второй периферии:
- Воздушная линия ПС Правобережная ПС ТЭЦ-4 110 кВ;
- Воздушная линия ПС Правобережная ПС Челюскинская 110 кВ;
- Воздушная линия ПС Правобережная ПС Вокзальная 110 кВ;
- Воздушная линия ПС Правобережная ПС Заря 220 кВ;
- Воздушная линия ПС Отрадная ПС ТЭЦ-4 110 кВ;
- Воздушная линия ПС Отрадная ПС Лесная 110 кВ;
- Воздушная линия ПС Отрадная ПС Заря 220 кВ;

Параметры объектов используются в качестве исходных данных, которые берутся из базы данных программного комплекса APM CP3A.

## 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### 3.1 Анализ конкурентоспособности технического решения

На сегодняшний день возможность реализации того или иного исследования зависит не только от технических возможностей, но и от экономических, а именно от коммерческого потенциала, привлекательности для целевой аудитории и т.д.

Целью данного раздела является оценка проводимого научного исследования с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Анализ конкурентоспособности технического решения;
- SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон исследования;
- Планирование научно-исследовательского исследования;
- Определение ресурсной и бюджетной, эффективности исследования.

В данном исследовании будет рассмотрена релейная защита линии 220 кВ подстанции «ТЭЦ-3» — подстанции «Дружная» Новосибирской электроэнергетической системы. Также необходимо выбрать наиболее оптимальный терминал для защиты линии.

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок. Критерии для анализа подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 — наиболее слабая позиция, а 5 — наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Для начала необходимо изучить варианты технических решений и выбрать наилучший из них, исходя из рассмотренных экономических критериев. Для сравнения были выбраны следующие шкафы: ШЭ 2607, ПДЭ 2802 и ЭПЗ 1643.

 Таблица 11– Оценочная карта для сравнения конкурентных технических

 решений

	Bec		Балль	I	Конкуренто- способность			
Критерии оценки	крите- рия	Б <sub>ф</sub> ШЭ	Б <sub>к1</sub> ЭПЗ	Б <sub>к2</sub> ПДЭ	$K_{\kappa 1}$	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>	
		2607	1643	2802				
1	2	3	4	5	6	7	8	
Технические критер	ии оценк	и ресур	соэфф	ективно	сти			
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
2. Помехоустойчивость	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
3. Надежность	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6	
4. Уровень шума	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
5. Безопасность	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
6. Функциональная мощность								
(предоставляемые возможности)	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52	
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
8. Возможность подключения к ПК	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	

Продолжение таблицы 11

Экономические критерии оценки эффективности								
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
2. Цена	0,12	4	3	4	0,48	0,36	0,48	
3. Предполагаемый срок								
эксплуатации	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
4. Наличие сертификации								
разработки	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35	
Итого	1	59	57	58	4,88	4,63	4,75	

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$\mathbf{K} = \sum_{i} \mathbf{F}_{i}$$
 (14)

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

 $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

 $\mathbf{F}_i$  – балл i-го показателя.

Исходя из оценки конкурентоспособности, можно сказать, что шкаф ШЭ 2607, подходит наилучшим образом, поэтому выбираем его.

#### 3.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Методология SWOT-анализа предполагает, во-первых, выявление внутренних сильных и слабых сторон фирмы, а также внешних возможностей и угроз, и, во-вторых, установление связей между ними.

В таблице представлены основные факторы, которые целесообразно учитывать в SWOT-анализе данного исследования:

Таблица 12- SWOT- анализ

	Сильные стороны научно-	Слабые стороны научно-
	исследовательского проекта:	исследовательского
	С1. Надежные источники	проекта:
	финансирования;	Сл1. Высокая стоимость;
	С2. Поставщик поставляет	Сл2. Большой срок
	оборудование готовое к вводу в	поставок материалов и
	эксплуатацию;	комплектующих;
	С3. В шкафу предусмотрен	
	одновременный ввод до восьми	
	групп уставок.	
Возможности:	Быстрый ввод защит в	Сокращение бюджета за
В1. Наличие оборудования	эксплуатацию за счет	счет покупки оборудования
российского производства;	полностью укомплектованного	у российских
В2. Наличие прямого пути с	оборудования;	производителей.
поставщиками оборудования;	Надежная защита из-за	
В3. Государственная	использования	
поддержка, в случае	микропроцессорных	
успешности проекта.	терминалов.	
Угрозы:	Вовремя проведенный ввод	Уменьшение зависимости
У1. Нестабильная	оборудования позволит	от политической
политическая обстановка	избежать проблем с	обстановки за счет покупки
(Возможно увеличение	нарушением функциональности	оборудования у российских
закупочной стоимости	энергетической в аварийных	производителей
оборудования)	ситуациях.	
У2. Ожесточение конкуренции.		

В ходе анализа были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа видно, что потенциальных сильных сторон у исследования больше, чем слабостей. Также были обдуманы методы оптимального использования сильных сторон и преодоления слабостей проекта.

#### 3.3 Планирование научно-технического исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице.

Таблица 13 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность
	раб		исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
Выбор направления исследований			Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	5	Анализ исходных данных в программной среде APM CP3A	Инженер
Проведение теоретических расчетов и обоснований	6	Выбор и обоснование защит	Инженер
	7	Расчет уставок защит	Инженер
Контроль и координирование проекта	8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности проделанной работы	Руководитель
Разработка технической	10	Составление пояснительной записки	Инженер
документации и проектирование	11	Вопросы экологической безопасности	Инженер

#### 3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{\text{ож}i}$  используем следующую формулу:

$$t_{\text{ожi}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \tag{15}$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы чел.-дни;

 $t_{\min i}$  — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, чел.-дни;

 $t_{{
m max}\,i}$  — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, чел.-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{\rm p}$ , учитываем параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{\mathbf{p}_{i}} = \frac{t_{\text{ожi}}}{\mathbf{q}_{i}} \tag{16}$$

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

 $t_{{
m o}{\it w}i}$  — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дни.

 $\mathbf{H}_{i}$  — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Ниже приведен пример расчета:

$$t_{o\!s\!c} = rac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = rac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \ \mathit{чел} - \partial \mathit{ней};$$
  $T_p = rac{t_{o\!s\!c}}{U} = rac{2,8}{1} = 2,8 \ \partial \mathit{ня};$ 

#### 3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

В данном разделе используем для построения ленточного графика проведения научных работ диаграмму Ганта, которая представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{\tiny KAJI}} = \frac{T_{\text{\tiny KAJI}}}{T_{\text{\tiny KAJI}} - T_{\text{\tiny BbIX}} - T_{\text{\tiny IID}}} \tag{17}$$

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

 $T_{_{
m BMX}}$  — количество выходных дней в году;

 $T_{\rm пр}$  — количество праздничных дней в году.

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{\kappa i} = T_{\mathrm{p}i} \cdot k_{\mathrm{KaJ}} \tag{18}$$

где  $T_{\kappa i}$  продолжительность выполнения i-й работы в календарных днях;

 $T_{\rm p\it{i}}$  – продолжительность выполнения  $\it{i}$ -й работы в рабочих днях;

 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{\vec{k}i}$  округляем до целого числа.

Ниже приведен пример расчета:

$$k_{_{KAR}} = \frac{T_{_{KAR}}}{T_{_{KAR}} - T_{_{GBIX}} - T_{_{np}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,482;$$

$$T_{\kappa} = T_{p} \cdot k_{\kappa a \pi} = 2, 8 \cdot 1, 482 = 4$$
 дня.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

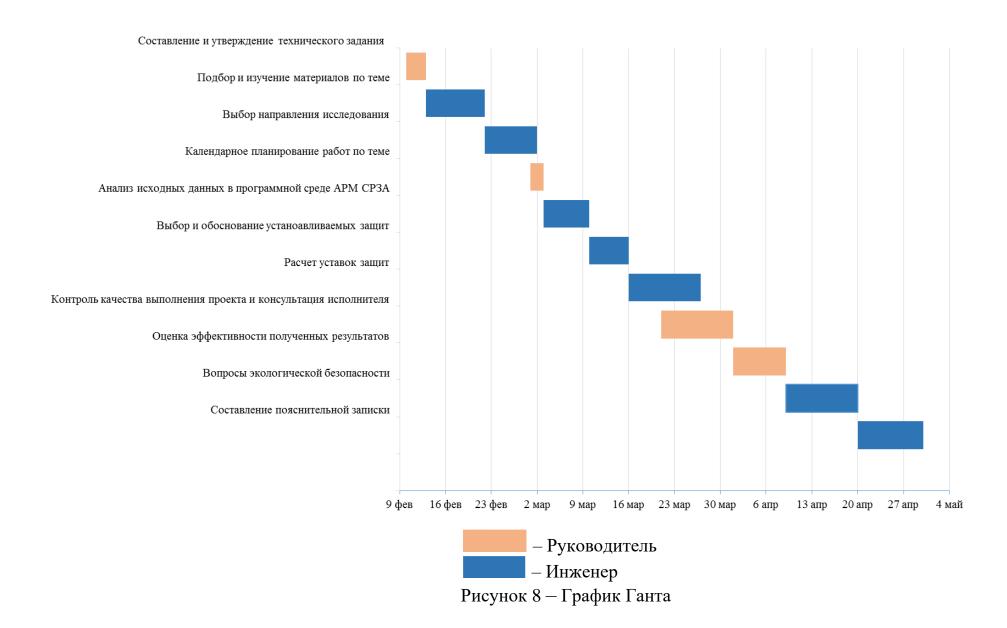
Таблица 14- Временные показатели проведения научного исследования

		Труд	цоёмк	ость р	абот	Пиментима		Длительность		
Название работы	t <sub>min,</sub> человеко- дни		t <sub>max,</sub> человеко- дни		$t_{{ m o}{\it ж}i}$ , человеко- дни		Длительность           работ в           рабочих днях $T$ pi		работ в календарных днях $T_{{ m k}i}$	
paoorisi	Руковод.	Инженер	Руковод	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	0	4	0	2,8	0	2,8	0	3	0
Подбор и изучение материалов по теме	0	4	0	7	0	6	0	6	0	9
Выбор направления исследований	0	4	0	5	0	5	0	5	0	8
Календарное планирование работ по теме	1	0	2	0	1,4	0	1,4	0	2	0
Анализ исходных данных в программной среде APM CP3A	0	5	0	8	0	6	0	6	0	7
Выбор и обоснование устанавливаемых защит	0	5	0	8	0	5	0	5	0	6
Расчет уставок защит	0	6	0	8	0	7	0	7	0	11
Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8	0	10	0	8,8	0	8,8	0	11	0
Оценка эффективности полученных результатов	4	0	6	0	5	0	5	0	8	0
Вопросы экологической безопасности	0	6	0	8	0	7	0	7	0	11

### Продолжение Таблицы 14

Составление пояснительной записки	0	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	10
Количество календ	Количество календарных дней для выполнения выпускной работы (руководитель)								2	24
Количество календарных дней для выполнения выпускной работы (инженер)								6	52	
Количество календарных дней для выполнения выпускной работы								8	36	

В качестве даты начала работ считаем 10 февраля 2016 года.



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

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

#### 3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный раздел включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$3_{_{\mathrm{M}}} = \sum_{i=1}^{m} \coprod_{i} \cdot N_{\mathrm{pac}xi} \tag{19}$$

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

 $N_{{
m pac}xi}$  — количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м $^2$  и т.д.);

 $\coprod_i$  — цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единица	Количество	Цена за	Затраты на
	измерения		ед.,руб.	материалы, $(3_{\scriptscriptstyle M})$ ,
				руб.
Бумага для принтера	упаковка	1	205	205
Бумага писчая	упаковка	1	100	100
Ручки, карандаши	штук	2	20	40
Степлер	штук	1	85	85
Мультифоры	штук	50	1	50
Скоросшиватели	штук	1	56	56
Картридж для принтера	штук	1	450	450
Итого:				986

#### 3.4.2 Амортизационные отчисления

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

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Стоимость оборудования заносится в таблицу.

Таблица 16 – Стоимость оборудования

No	Наименование	Кол-во	Цена единицы	Общая стоимость
п/п	оборудования	единиц	оборудования,	оборудования, руб.
		оборудования	руб.	
1.	Программный	1	681 400	681 400
	комплекс АРМ			
	СРЗА			
Итого:	1	ı	1	681 400

В связи с длительностью использования, учитывается стоимость программного обеспечения с помощью амортизации:

$$A = \frac{Cmoumocmb \cdot N}{Cpok cлужбы \cdot 365} = \frac{681400 \cdot 86}{5 \cdot 365} = 32109,8$$
 (20)

#### 3.4.3 Оплата труда исполнителей

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$3_{3\Pi} = 3_{\text{och}} + 3_{\text{доп}}$$
 (21)

где  $3_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

 $3_{\text{доп}}$  — дополнительная заработная плата (12-20 % от  $3_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата ( $3_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$3_{\text{осн}} = 3_{\text{дH}} \cdot T_{p} \tag{22}$$

где  $3_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

 $T_{\rm p}$  — продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

 $3_{\rm дн}-\,$  среднедневная заработная плата работника, руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$3_{_{\rm M}} = 3_{_{\rm TC}} \cdot (1 + k_{_{\rm IIP}} + k_{_{\rm J}}) \cdot k_{_{\rm P}} \tag{23}$$

где  $3_{rc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

 $k_{\rm np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $3_{\rm rc}$ );

 $k_{\rm д}$  — коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5 (в НИИ—за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $3_{\rm rc}$ );

 $k_{\rm p}$  — районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).  $3_{\rm дн}$  — среднедневная заработная плата работника, руб.

$$3_{\text{\tiny JH}} = \frac{3_{\text{\tiny M}} \cdot M}{F_{\text{\tiny A}}} \tag{24}$$

где 3<sub>м</sub> – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня М =11,2 месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней M=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

 $F_{\scriptscriptstyle 
m I}$  — действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб. дн.

Таблица 17– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	119	119
- праздничные дни		

#### Продолжение таблицы 17

Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	223

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$3_{\text{non}} = k_{\text{non}} \cdot 3_{\text{och}} \tag{25}$$

где  $k_{\rm доп}$  — коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15).

Таблица 18 – Расчёт оплаты труда

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, (3 <sub>тс</sub> ),	23264,86	14874,45
руб.		
Премиальный коэффициент (k <sub>пр)</sub>	0,3	
Коэффициент доплат и надбавок (k <sub>д</sub> )	0,3	
Районный коэффициент (k <sub>p</sub> )	1,3	
Месячная заработная плата (3 <sub>м</sub> ), руб.	48390,9	30938,85
Среднедневная заработная плата работника	2528,97	1442,88
(3 <sub>дн</sub> ), руб.		
Продолжительность выполнения данного	18	44,2
проекта(Т <sub>р</sub> ), раб. Дни		
Основная заработная плата начисленная за	45521,46	63775,29
выполнения данного проекта(3осн), руб		
Коэффициент дополнительной заработной	0,13	
платы (кдоп)		
Дополнительная заработная плата	5917,78	8290,78
исполнителей, (Здоп), руб		
Итого, руб	51439,24	72066,07
Сумма, руб	123505,331	1

#### 3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе отражены обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$3_{\text{BHe6}} = k_{\text{BHe6}} \cdot (3_{\text{OCH}} + 3_{\text{JOII}}) \tag{26}$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании данного закона для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, вводится пониженная ставка – 27,1% <sup>1</sup>.

Отчисления во внебюджетные фонды представляем в таблице.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер.
Основная заработная плата, руб.	45521,46	63775,29
Дополнительная заработная плата, руб.	5917,78	8290,78
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,27	
Итого, руб	13888,59	19457,84
Сумма, руб	33346,43	

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

## 3.4.5 Формирование бюджета затрат Научно-технического исследования

Сумма затрат данного исследования является основой для формирования бюджета проекта. Этот бюджет будет представлен в качестве нижнего предела затрат на выполнение проекта при разработке договора с заказчиком.

Для формирования итоговой величины затрат суммируются ранее рассчитанные затраты по отдельным статьям как в отношении руководителя, так и инженера.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Руб.	%
1. Материальные затраты НТИ	986	0,117
<ul><li>2. Оплата труда:</li><li>А) Основная заработная плата</li><li>Б) Дополнительная заработная плата</li></ul>	109 296,75 14 208,56	13,023 1,693
3. Отчисления во внебюджетные фонды	33 346,43	3,974
4. Амортизация оборудования, используемого для проектирования	681 400	81,193
5. Бюджет затрат НТИ	839 237,7	100

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения.

Анализ конкурентоспособности шкафа ШЭ 2607 проводили на основе оценки по пятибалльной шкале факторов конкурентоспособности этого шкафа и его ближайших конкурентов так, как показано в табл. 1. Анализ показал, что у шкафа ШЭ 2607 довольно сильные по сравнению с ближайшими конкурентами позиции.

Было произведено планирование работ, при этом длительность работ составила 86 дней (62 дня — студент, 24 дня - руководитель). Также необходимо было привести ленточный график выполнения работ, который представлен в виде диаграммы Ганта, из-за ее удобства и наглядности.

Кроме того был рассчитан бюджет НТИ, который составил 839 237,7 тыс. руб. При этом большая часть затрат приходится на приобретение специального оборудования (81,193%).