

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки – Физика конденсированного состояния
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы Учёт ρ-мезона в нелокальных кварковых моделях при расчете переходного форм-фактора γ в 3π.

УДК 539.126.341.6:539.172.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ81	Ли Сятун		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭФ ИЯТШ	Коротченко К.Б.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук И. В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин А.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения ЭФ	Лидер А.М	д.т.н., профессор		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Понимает необходимость самостоятельного обучения и повышения квалификации в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-3), критерий 5 АИОР
P2	Проявляет способность эффективно работать самостоятельно в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, быть лидером в команде, консультировать по вопросам проектирования научных исследований, а также быть готовым к педагогической деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК-6), критерий 5 АИОР
P3	Умеет находить зарубежных и отечественных партнеров, владеет иностранным языком, позволяющим работать с зарубежными партнерами с учетом культурных, языковых и социально-экономических условий.	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-3, ОК-1), критерий 5 АИОР
P4	Проявляет понимание используемых методов, области их применения, вопросов безопасности и здравоохранения, юридических аспектов, ответственности за профессиональную деятельность и ее влияния на окружающую среду	Требования ФГОС ВО (ОК-2), критерий 5 АИОР
P5	Следует кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научно-исследовательской деятельности.	Требования ФГОС ВО (ОК-2), критерий 5 АИОР
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P6	Проявляет глубокие естественнонаучные, математические профессиональные знания в проведении научных исследований в перспективных областях профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ПК-2), критерий 5 АИОР
P7	Принимает участие в фундаментальных исследованиях и проектах в области физики металлов и материаловедения, а также в модернизации современных и создании новых методов изучения механических, электрических, магнитных, тепловых свойств твердых тел.	Требования ФГОС ВО (ПК-2, ПК-3), критерий 5 АИОР
P8	Способен обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности, осуществлять	Требования ФГОС ВО (ПК-4, ПК-5), критерий 5 АИОР
P9	Способен применять полученные знания для решения нечетко определенных задач, в нестандартных ситуациях, использует творческий подход для разработки новых оригинальных идей и методов исследования в области физики металлов, материаловедения и термообработки.	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ПК-2, ПК-5), критерий 5 АИОР

<p>P10</p>	<p>Способен планировать проведение аналитических имитационных исследований по профессиональной деятельности с применением современных достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области научных исследований, умеет критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делает выводы, знает правовые основы в области интеллектуальной собственности.</p>	<p>Требования ФГОС ВО (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК7), критерий 5 АИОР</p>
<p>P11</p>	<p>Умеет интегрировать знания в различных и смежных областях научных исследований и решает задачи, требующие абстрактного и креативного мышления и оригинальности в разработке концептуальных аспектов проектов научных исследований.</p>	<p>Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2), критерий 5 АИОР</p>

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки – Физика конденсированного состояния
Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Лидер А.М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОБМ81	Ли Сятун

Тема работы:

Учёт ρ - мезона в нелокальных кварковых моделях при расчете переходного форм-фактора γ в 3π .

Утверждена приказом директора (дата, номер)

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, 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.).

Лагранжиан нулевого порядка,

эффективное действие

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературных источников; – Исследование эффективного действия высокого порядка. – Анализ полученных результатов; – Социальная ответственность; – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Заключение.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Сечин А.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Обзор литературы; материалы и методика исследования; экспериментальная часть; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность; заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ ТПУ	Пушилина Н.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ81	Ли Сятун		

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОБМ81	Ли Сятун

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Физика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Анализ и оценка конкурентоспособности НИ. SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ по разработке стенда</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Определение: интегрального показателя ресурсоэффективности; интегрального показателя эффективности.</i>

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Оценка конкурентоспособности НИ</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Диаграмма Ганта</i>
4. <i>Бюджет НИ</i>
5. <i>Основные показатели эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И. В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ81	Ли Сятун		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
ОБМ81	Ли Сятун

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Физика

Тема ВКР:

Учёт ρ -мезона в нелокальных кварковых моделях при расчете переходного форм-фактора γ в 3π .

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Прибор: Gas Reaction Controller; Рабочая зона: лаборатория; Материал: титановый сплав ВТ6
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	указать нормативные документы
2. Производственная безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – Повышенная влажность; – Шум и вибрация; – Отклонение показателей микроклимата; – Недостаточная освещенность рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность:	указать область воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – перечислить возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – указать наиболее типичную ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин А.А.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ81	Ли Сятун		

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования Магистратура

Направление подготовки – Физика конденсированного состояния

Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

Магистерская диссертация (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, 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)
01.03.2019	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2019	И с с л е д о в а н и е эффективного действия высокого порядка	15
30.12.2019	Расчет соответствующих формул и разложений	20
01.04.2020	Анализ результатов	15
01.05.2020	Социальная ответственность	15
01.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
01.05.2020	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭФ ИЯТШ ТПУ	Коротченко К.Б.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 86с., 2 рис., 18 табл., 70 источников.

Ключевые слова: эффективное действие, Лагранжев, мезон, Квантовая Хронодинамика.

Актуальность - исследования важны для текущих и будущих экспериментов по рождению легких псевдоскалярных мезонов в процессах электрон-позитронной аннигиляции (эксперименты ВЭПП-2000, МAMI, CLAS и т.д.).

Полученные результаты будут важны и использованы в дальнейшем для анализа и сравнения полученных экспериментальных данных и теории.

Цель работы – анализ включения векторного и аксиально-векторного сектора мезонов в картину адронной феноменологии в рамках нелокальной кварковой модели.

Задачи - основные особенности нестранных векторных и аксиально-векторных мезонов в рамках киральной кварковой модели, включающей нелокальные четырехфермионные связи

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	12
Глава 1. Киральная симметрия.....	14
Глава 2. Теория кирального возмущения в низшем порядке.....	15
2.1 Эффективный лагранжиан с нормальной собственной четностей.....	17
2.2 Эффективный лагранжиан с аномальной собственной четностей.....	19
Глава 3. Эффективное действие порядка $O(p^6)$ с аномальной собственной четностей.....	21
Заключение.....	22
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение.....	24
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	24
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	24
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	26
4.1.3 SWOT-анализ.....	29
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	37
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	37
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	38
4.2.3 Бюджет научно-технического исследования.....	42
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	47
Вывод.....	49
Глава 5. Социальная ответственность.....	50
5.1 Правовые и организационные вопросы.....	50
5.2.1 Промсанитария.....	52
5.2.2 Микроклимат.....	53

5.2.3 Электромагнитное излучение.....	54
5.2.4 Шум.....	55
5.2.5 Освещенность.....	57
5.2.6 Электробезопасность.....	58
5.2.7 Пожар взрывоопасность.....	61
5.3 Экологическая безопасность.....	66
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	67
Вывод.....	69
Список использованных источников.....	70
Приложение.....	77

Введение

Изучение квантовой аномалии является одной из попыток лучше понять основы квантовой теории, и, следовательно, это базовое понятие, которое может повлиять на всю квантовую теорию за пределами теории поля. Квантовая аномалия расположена на границе расхождения и сходимости, хотя сама квантовая аномалия совершенно конечна и поэтому тесно связана с наличием бесконечного числа степеней свободы. Понятие квантовой аномалии было в основном развито в приложениях теории поля к физике элементарных частиц. Однако она имеет важные последствия для других областей, таких как физика конденсированного состояния. Кроме того, основные понятия, такие как центральные заряды алгебр Каца-Мууди и Вирасоро в конформной теории поля, являются не чем иным, как проявлением аномалий[1].

Другим важным аспектом квантовых аномалий является то, что они тесно связаны с топологическими свойствами. Например, киральная аномалия в сочетании с инстантонными решениями в теории Янга-Миллса является квантовым проявлением теоремы об индексе Атьяля-Зингера в математике.

Важность аномалий для физики двояка:

1. Аномалии хороши для эксперимента: это тот случай, когда основная симметрия является внешней симметрией. Тогда аномалии отвечают за свойства частиц, за физику распада или перехода частиц.

Примеры:

- 1) Распад $\pi^0 = \gamma\gamma$ – наиболее заметный распад
- 2) U (1) проблема – Лагранжиан QCD (в пределе $m \rightarrow 0$) содержит дополнительную симметрию $m \rightarrow 0$, помимо киральной симметрии $SU_L(2) * SU_R(2)$ и векторной симметрии $U_V(1)$ - осевая симметрия, однако, не наблюдается ни в спектре адронов, ни в виде бозона Голдстоуна (η' -мезон слишком тяжелый). Решение этой проблемы находится в существовании аномалии и конфигураций калибровочного поля с исчезающим топологическим зарядом, называемых инстантонами. Затем симметрия $U_A(1)$ спонтанно нарушается без

образования бозона Голдстоуна

3) Протонный спиновый кризис.

$U_A(1)$ осевой заряд протона (нуклона) -спин протона отклоняется от своего ожидания в модели наивного составляющего кварка из-за аномалии

4) Реакция $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ - электромагнитная реакция также содержит часть, заданную неабелевой аномалией.

5) Распады $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$, $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^-e^+\nu^e$

В этих нелептонных распадах Каона в дополнение к слабому переходу происходит вклад неабелевой аномалии

2. Аномалии плохи для теории: Точнее, аномалии вредны для пертурбативных квантовой калибровочных теориях. Тогда аномальные тождества Уорда разрушают перенормируемость и, следовательно, непротиворечивость калибровочной теории. Но также унитарность S-матрицы может быть разрушена аномалиями. Это происходит, если базовая симметрия является внутренней симметрией, а калибровочные поля являются внутренними полями и квантованы. Тем не менее, есть попытки жить в рамках аномальных (непертурбативных) теорий.

Положения, выносимые на защиту:

В данной работе изучена нелокальная кварковая модель, и при этом рассчитан переходный форм-фактор для процесс γ в 3π . Особенно при расчете учитывали промежуточные векторные и аксиально-векторные мезоны, которые раньше не учитывались в другой работе.

Глава 1. Киральная симметрия

При низких энергиях, обсуждаемых в этом отчете, актуальны только самые легкие кварки. Тяжелее кварки, s , τ и u здесь не играют никакой роли. Если соединяем кварки в столбце вектора для случая с 2(3) ароматами

$$q = \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \text{ or } q = \begin{pmatrix} u \\ d \\ s \end{pmatrix} \quad (1)$$

Вектор сопряженной строки аналогично определяется через

$$\bar{q} = (\bar{u} \bar{d}) \text{ or } \bar{q} = (\bar{u} \bar{d} \bar{s}) \quad (2)$$

Глюоны соединяются одинаково со всеми ароматами кварков. Если все массы равны для n_F ароматов мы имеем $SU(n_F)_V \times U(1)_V$ симметрию. $U(1)_V$ симметрия меняет фазу всех кварковые поля одновременно и соответствуют барионному числу. $SU(n_F)_V$ симметрия действует как

$$q(x) \rightarrow Uq(x), U \in SU(n_F)_V \quad (3)$$

Векторная симметрия $SU(n_F)_V$ известна как изоспин для случая двух ароматов и как симметрия октана Gellman-Ne'eman для случая трех ароматов. Однако QCD имеет большую симметричную структуру. QCD-лагранжиан имеет вид:

$$L = L_{\text{QCD}} + L_M = \bar{q} \mathcal{D} q \quad (4)$$

Левый и правый врученные поля кварков задаются

$$q_R = \frac{1}{2}(1 + \gamma_5)q \text{ and } q_L = \frac{1}{2}(1 - \gamma_5)q \quad (5)$$

Определим матрицу масс кварков: $\mathcal{M} = \text{diag}(m_u, m_d, m_s)$, на самом деле есть большая симметрия, чем вкусовые вращения, когда массы кварков равны нулю или нет, точнее, получаем группу киральной симметрии:

$$G = SU(3)_L * SU(3)_R * U(1)_V * U(1)_A$$

где $q_R \rightarrow g_R q_R, g_R \in SU(3)_R$
 $q_L \rightarrow g_L q_L, g_L \in SU(3)_L$ (6)

При $U(1)_V$ все кварки имеют одинаковое изменение фазы, но при $U(1)_A$ правая и левая врученных кварков есть противоположное изменение в фазе. такая симметрия называется киральной, потому что она действует по-разному на левом и правом правых кварках.

$U(1)_A$ является только симметрией классического действия, а не для полной квантовой теории QCD. Расходимость связанного тока не исчезает из-за

аномалии [2]. Это ненулевой из-за полной дивергенции, но инстантоны позволяют этому иметь физический эффект.

Так как $U(1)_V$ симметрия соответствует барионному числу. Мы будем обсуждать только мезоны здесь и, следовательно, отбросим эту симметрию. Конечная киральная симметрия КХД в киральном пределе (все кварки безмассовые), таким образом,

$$G_\chi = SU(3)_L \times SU(3)_R \quad (7)$$

Глава 2. Теория кирального возмущения в низшем порядке

Феноменология сильных взаимодействий при низких энергиях может быть хорошо описана через эффективный лагранжиан, который включает в себя $SU(3)_L \times SU(3)_R$ киральной симметрии в QCD. Эта симметрия спонтанно нарушается до своей векторной подгруппы. Есть затем 8 бозонов Голдстоуна. Их можно отождествить с физическими π , K и η мезоны после того что эффект явного нарушения киральной симметрии по массе кварков учтен.

Но здесь мы работаем в киральном пределе и все эффекты, связанные с явными массами кварков пренебрегают. Бозоны Голдстоуна могут быть описаны 3×3 унитарной матрицей Σ , преобразуются при $SU(3)_L * SU(3)_R$:

$$\Sigma \rightarrow U_L \Sigma U_R^\dagger, U_{L(R)} \in SU(3)_{L(R)} \quad (8)$$

Параметризация Σ в терминах физического псевдоскалярные мезоны: $\Sigma = \exp\left(\frac{2i}{f} M\right)$, где f является свободной константой.

$$M = \begin{pmatrix} \frac{\pi^0}{\sqrt{2}} + \frac{\eta_8}{\sqrt{6}} & \pi^+ & K^+ \\ \pi^- & -\frac{\pi^0}{\sqrt{2}} + \frac{\eta_8}{\sqrt{6}} & K^0 \\ K^- & \bar{K}^0 & -\sqrt{\frac{2}{3}} \eta_8 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Лагранжиан может быть разложен по степеням внешних импульсов и полей [3,4]. Здесь векторные поля и импульсы имеют $O(p)$. В низшем порядке $O(p^2)$ есть только один член:

$$L_2 = \frac{f^2}{8} \text{tr} D_\mu \Sigma D^\mu \Sigma^\dagger \quad (10)$$

Ковариантная производная определяется в терминах левой и правой

внешние векторные поля $D_\mu \Sigma = \partial_\mu \Sigma + iL_\mu \Sigma - i\Sigma R_\mu$, Векторные поля преобразуются под киральной симметрией как

$$\begin{aligned} L_\mu &\rightarrow U_L L_\mu U_L^+ - iU_L \partial_\mu U_L^+ \\ R_\mu &\rightarrow U_R R_\mu U_R^+ - iU_R \partial_\mu U_R^+ \end{aligned} \quad (11)$$

Легко проверить, что L_2 инвариантен относительно киральной симметрии с этими преобразования. Это действие имеет не только все симметрии QCD, но и внутреннюю четность: $\Sigma \leftrightarrow \Sigma^+, L_\mu \leftrightarrow R_\mu$

Полное действие низшего порядка определяется:

$$\begin{aligned} S &= \int d^4x L_2 - N_c S_{WZ} \\ \text{где } S_{WZ} &= \frac{i}{240\pi^2} \int d\Sigma^{ijklm} \text{tr}(\Sigma \partial_i \Sigma^+ \partial_j \Sigma^+ \partial_k \Sigma^+ \partial_l \Sigma^+ \partial_m \Sigma^+) + \\ &\quad \frac{i}{48\pi^2} \int d^4x \epsilon^{\mu\nu\alpha\beta} Z_{\mu\nu\alpha\beta} \end{aligned} \quad (12)$$

Действие Весса и Зумино воспроизводит первоначальный расчет аномалии. Действие S является полным действием низшего порядка в следующем смысле, для процессы положительного внутренней четности только член с L_2 следует использовать - амплитуды $O(p^2)$. Для процессов отрицательного внутренней четности одна вершина из S_{WZ} и остальное из L_2 следует использовать. Эти амплитуды $O(p^4)$ в самом низком ненулевом порядке. Аналогично, поправка следующего порядка для процессов нормальной внутренней четности состоит из одной вершиной древесного диаграмм $O(p^4)$, а остальные из L_2 и петлевых диаграмм с только вершин из L_2 , следующие за ведущими поправками $O(p^4)$ в этом секторе. Для процессы аномальной внутренней четности есть больше членов, древесные диаграммы с одной вершиной из S_{WZ} , одной вершиной из L_4 и остальные от L_2 , древесные диаграммы с одной вершиной из аномальной внутренней четности эффективного действия $O(p^6)$ а остальное от L_2 и петлевые диаграммы с одной вершиной из S_{WZ} и другие из L_2 . Здесь следующие за ведущими членами в амплитудах $O(p^6)$.

2.1 Эффективный лагранжиан с нормальной собственной четностей

Общий метод - функциональный интеграл для фермионы, регулируются методом собственного времени [5]. Соответствующие формулы будут кратко повторены здесь.

Действие в евклидовом пространстве можно записат

$$L = L_{\text{QCD}} + L_{\text{M}} = \bar{q} \mathcal{D} q \quad (13)$$

where

$$\begin{aligned} \mathcal{D} &= \gamma_{\mu} D_{\mu} + \mathcal{M}, \\ D_{\mu} &= \partial_{\mu} + i g_s G_{\mu} + i L_{\mu} P_L + i R_{\mu} P_R \\ \mathcal{M} &= - m_Q (\Sigma^+ P_L + \Sigma P_R) \\ P_L &= \frac{1}{2} (1 - \gamma_5) \quad P_R = \frac{1}{2} (1 + \gamma_5) \end{aligned} \quad (14)$$

Параметр m_0 можно интерпретировать как составляющую массу кварка. Это модель, предложенная Георгием и Манохаром [6] с $g_A = 1$ и с учетом, что члены с высших производных можно пренебречь.

Теперь определим $\widehat{\mathcal{M}} = - m_Q (\Sigma^+ P_R + \Sigma P_L)$

$$\widehat{D}_{\mu} = \partial_{\mu} + i R_{\mu} P_L + i L_{\mu} P_R \quad (15)$$

Это соответствует замене P_L и P_R во всех формулах. Используя это, получаем эрмитово сопряженный член действия $\mathcal{D}^+ = \gamma_{\mu} \widehat{D}_{\mu} + \widehat{\mathcal{M}}$. Для удобства также определяем $\mathcal{D}^+ \mathcal{D} = - D^2 + Y + m_Q^2$

$$Z_{\mu\nu} = D_{\mu} D_{\nu} - D_{\nu} D_{\mu} \quad (16)$$

где конкретно переписывается как

$$\begin{aligned} Y &= - \gamma_{\mu} D_{\mu} \mathcal{M} + \sigma_{\mu\nu} Z_{\mu\nu} \\ \sigma_{\mu\nu} &= - 1/4 (\gamma_{\mu} \gamma_{\nu} - \gamma_{\nu} \gamma_{\mu}) \\ Z_{\mu\nu} &= i L_{\mu\nu} P_L + i R_{\mu\nu} P_R \\ L(R)_{\mu\nu} &= \partial_{\mu} L(R)_{\nu} - \partial_{\nu} L(R)_{\mu} + i [L(R)_{\mu}, L(R)_{\nu}] \\ D_{\mu} \mathcal{M} &= - m_Q (D_{\mu} \Sigma^+ P_L + D_{\mu} \Sigma P_R) \\ D_{\alpha} Z_{\mu\nu} &= i D_{\alpha} L_{\mu\nu} P_L + i D_{\alpha} R_{\mu\nu} P_R \end{aligned} \quad (17)$$

Эффективное действие при низких энергиях определяется путем интегрирования кварков из функционального интеграла:

$$\exp(\Gamma_E(\Sigma, L_{\mu}, R_{\nu})) = \int [dq][d\bar{q}] \exp(\int d^4x L_{\text{QCD}}). \quad (18)$$

тогда имеем

$$\Gamma_E = \ln \det \mathcal{D}$$

и аналогично

$$\Gamma_E^* = \ln \det \mathcal{D}^+$$

Отсюда можно наивно определить действительную часть Γ^+ и мнимую часть Γ^- . Тогда получаем:

$$\Gamma^+ = \frac{1}{2} \ln \det D^+ \mathcal{D} \quad (19)$$

используя определение собственного времени логарифма для
получени $\Gamma^+ = -\frac{1}{2} \int d^4x \operatorname{tr} \int_0^\infty \frac{d\tau}{\tau} \rho(\tau, \mu) (e^{-\tau D^+ \mathcal{D}} - e^{-\tau})$

$\rho(\tau, \mu)$ – регулятор, должен сходиться достаточно быстро к нулю для τ около нуля, чтобы сделать интеграл хорошо определено. Затем можно вычислить как асимптотическое разложение, используя коэффициенты Seeley-Dewitt. Они определены (в пределах совпадения)

$$\langle x | e^{-\tau(D^+ \mathcal{D} - m_Q^2)} | x \rangle = \frac{1}{16\pi^2 \tau^2} \sum_{n=0}^\infty a_n(x, x) \tau^n \quad (20)$$

Подставляя это в (21), мы видим, что неоднозначности регуляризации влияют только на член с $n = 0, 1, 2$. Все остальные члены конечны. Выбор перенормировки приводит к

$$\begin{aligned} \Gamma^+ = & -\frac{1}{32\pi^2} \int d^4x \left[\sum_{n \geq 3} \frac{(n-3)!}{(m_Q^2)^{n-2}} a_{n(x,x)} + \frac{1}{2} m_Q^4 \left(\frac{3}{2} + \ln \left(\frac{\mu^2}{m_Q^2} \right) \right) a_0(x,x) \right. \\ & - m_Q^2 \left(1 + \ln \left(\frac{\mu^2}{m_Q^2} \right) \right) a_1(x,x) \\ & \left. + \ln \left(\frac{\mu^2}{m_Q^2} \right) a_2(x,x) \right] \quad (21) \end{aligned}$$

Здесь μ - параметр ультрафиолетового обрезания. Из (23) видно, что действительная и мнимая части эффективного действия преобразуются как $\Gamma^\pm \rightarrow \pm \Gamma^\pm$. Как следствие, Γ^+ должен содержать тензоров Леви-Чивиты четного числа Γ^- нечетного. Используя тот факт, что эффективное действие должно быть инвариантным при полном преобразовании четности, тогда получаем, что Γ^\pm имеет то же самое поведение, определенной Witten [7]

$$L_\mu \leftrightarrow R_\mu \text{ и } \Sigma \leftrightarrow \Sigma^+ \quad (22)$$

заметим, что эффективные действия также имеют такое же поведение независимо от m_Q . Т.е каждый интеграл a_n содержит $\epsilon_{\mu\nu\alpha\beta}$ не зависит от порядка m_Q .

Теперь можем использовать формулы для $a_n(x, x)$ [8], и значения для Y и $Z_{\mu\nu}$, чтобы получить действие $O(1)$ при разложении по m_Q^{-2} , и зависящий только от поля мезонов. След по цветам только дает общий фактор N_C

$$\Gamma^+ = -\frac{N_C}{32\pi^2} \int d^4x \operatorname{tr} \left\{ m_Q^2 \ln \left(\frac{\mu^2}{m_Q^2} \right) 2D_\mu \Sigma^+ D_\mu \Sigma - i(D_\mu \Sigma D_\nu \Sigma^+ L_{\mu\nu} + D_\mu \Sigma^+ D_\nu \Sigma R_{\mu\nu}) + \right. \\ \left. \frac{1}{3} D_\mu \Sigma^+ D_\mu \Sigma D_\nu \Sigma^+ D_\nu \Sigma - \frac{1}{6} D_\mu \Sigma^+ D_\nu \Sigma D_\mu \Sigma^+ D_\nu \Sigma - \right. \\ \left. \frac{1}{3} D_\mu D_\nu \Sigma^+ D_\mu D_\nu \Sigma \right\} \quad (23)$$

2.2 Эффективный лагранжиан с аномальной собственной четностей

Расширяя методы, используемые выше в эффективном действии, содержащее $\epsilon_{\mu\nu\alpha\beta}$, но прямое определение о выражении метода собственного времени для детерминанта не представляется возможным из-за неясностей в процедуре регуляризации. Будем использовать определение, данное Ball [8]. Там было показано

как именно это определить явно. также следует показать, что эти члены не зависят от конкретного выбора регулятора. Из (18)

$$\Gamma^- = - (\ln \det \mathcal{D}^+)_{\epsilon} \quad (24)$$

всегда можно вычесть постоянную из эффективного действия. Здесь вычитаем эффективное действие $\mathcal{D} = \gamma_\mu \partial_\mu - m_Q$. Определим тогда семейство $\mathcal{D}(t)$ с $\mathcal{D}(1) = \mathcal{D}$ и $\mathcal{D}(0) = \gamma_\mu \partial_\mu - m_Q$. и напомним что $\delta \ln \det A = \operatorname{tr} \delta A A^{-1}$ это приводит к

$$\Gamma^- = - \int_0^1 dt \int d^4x \operatorname{tr} \left(\frac{\partial \mathcal{D}^+}{\partial t} \mathcal{D}^{+^{-1}} \right)_{\epsilon} \quad (25)$$

Используя $\mathcal{D}^{+^{-1}} = \mathcal{D}(\mathcal{D}^+ \mathcal{D})^{-1}$ и $A^{-1} = \int_0^\infty d\tau \exp(-\tau A)$, получаем

$$\Gamma^- = - \int_0^1 dt \int d^4x \int_0^\infty d\tau \left\{ \operatorname{tr} \left(\frac{\partial \mathcal{D}^+}{\partial t} \mathcal{D} e^{-\tau \mathcal{D}^+ \mathcal{D}} \right)_{\epsilon} \right\} \quad (26)$$

Чтобы правильно выделить аномальное поведение нужно вычесть то же выражение с $\mathcal{M} = -\infty 1$, т. е. выражение с L_μ и R_μ без изменений, но $\Sigma = 1$ и $m_Q \rightarrow \infty$, правильное выражение для аномального внутреннего четности действия:

$$\Gamma^- = \Gamma(L_\mu, R_\mu, \mathcal{M}) - \Gamma(L_\mu, R_\mu, -\infty 1). \quad (27)$$

Eq. (29) - правильное определение аномальной внутренней четности эффективного действия.

$$\begin{aligned} \Gamma^- &= \{ \Gamma(L_\mu, R_\mu, \mathcal{M}) - \Gamma(L_\mu, R_\mu, -\infty \mathcal{M}) \} \\ &+ \{ \Gamma(L_\mu, R_\mu, \infty \mathcal{M}) \\ &- \Gamma(L_\mu, R_\mu, -\infty 1) \} \end{aligned} \quad (28)$$

Первая пара скобок содержит только те члены, которые подавляются степенями m_Q , а вторая пара скобок содержит только члены порядка m_Q^0 . Это член Wess – Zumino, теперь посмотрим ближе к первым двум слагаемым в формуле(30). сравним их разницы между пределами интегрирования и остаются только те члены, зависящие от L_μ, R_μ, Σ . Это может быть сделано путем определения

$$\begin{aligned} \mathcal{D}(t') &= \gamma_\mu D_\mu + t'^{-1} \mathcal{M} \\ \Gamma^- &= \Gamma_{WZ} - \int_0^1 dt' \int d^4x \int_0^\infty d\tau \{ \text{tr} \left(\frac{\partial \mathcal{D}^+}{\partial t} \mathcal{D} e^{-\tau \mathcal{D}^+ \mathcal{D}} \right) \}_{-\epsilon} \end{aligned} \quad (29)$$

затем заменим экспоненту ее разложением Seeley-DeWitt и выполним интеграция явно. причем индекс r в (31) означает член порядка m_Q^{-r} :

$$\Gamma^- = \Gamma_{WZ} + \int d^4x \sum_{n=3}^{\infty} \sum_{r=1}^{\infty} \frac{(n-2)!}{16\pi^2 r} \left[\frac{1}{m_Q^{2n-2}} \text{tr} \widehat{\mathcal{M}} \mathcal{D} a_n \right]_{r\epsilon} \quad (30)$$

Это уравнение является основным результатом и было ранее получено в работе[9]. В оставшейся части мы упростим эту формулу с учетом неких свойств коэффициенты Seeley-DeWitt, в предел совпадения

$$\mathcal{D} a_n = \frac{1}{2} \gamma_\mu (\overline{D}_\mu a_n + D_\mu(a_n)) + \mathcal{M} a_n \quad (31)$$

используя $\text{tr} \gamma_\mu D_\mu(a_n) \widehat{\mathcal{M}} = \sum_r d_{rn} \text{tr}(a_{n+1})_r$

тогда окончательный результат:

$$\Gamma^- = \Gamma_{WZ} + \int d^4x \sum_{n=3}^{\infty} \sum_{r=1}^{\infty} \frac{(n-2)!}{32\pi^2 r} \left[\frac{1}{m_Q^{2n-2}} \text{tr} \gamma_\mu \overline{D}_\mu a_n \widehat{\mathcal{M}} \right]_{r\epsilon} \quad (32)$$

Глава 3. Эффективное действие порядка $O(p^6)$ с аномальной собственной четностей

Здесь только члены из $\overline{D}_\mu a_3$, $\overline{D}_\mu a_4$, $\overline{D}_\mu a_5$ дают вклады, $\overline{D}_\mu a_3$ вкладывается в процессе с минимально 2 внешнем векторном поле и 1 псевдоскалярном мезоном, $\overline{D}_\mu a_4$ - процесс с минимально 1 внешнем поле и 3 псевдоскалярными скалярами, $\overline{D}_\mu a_5$ - процесс с минимально с 5 псевдоскалярными скалярами

1) $\overline{D}_\mu a_5$: поставим $Y = -\gamma_\mu D_\mu \mathcal{M}$ тогда some operation

$$\begin{aligned} & tr \gamma_\mu \overline{D}_\mu a_5 \widehat{\mathcal{M}} \\ &= \frac{(-1)^5}{360} tr [2\gamma_\mu \gamma_\nu D_\nu \mathcal{M} \gamma_\alpha D_\alpha \mathcal{M} \gamma_\beta D_\beta \mathcal{M} \gamma_\gamma D_\gamma \mathcal{M} \gamma_\delta D_\delta \mathcal{M} \widehat{\mathcal{M}} \\ & \quad - 2\gamma_\mu \gamma_\delta D_\delta \mathcal{M} \gamma_\nu D_\nu \mathcal{M} \gamma_\alpha D_\alpha \mathcal{M} \gamma_\beta D_\beta \mathcal{M} \gamma_\gamma D_\gamma \mathcal{M} \widehat{\mathcal{M}} + \dots] \end{aligned} \quad (36)$$

$$\text{пропорционален} - \frac{16}{360} \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} tr(\mathcal{M} D^2 \widehat{\mathcal{M}} D_\mu \mathcal{M} D_\nu \widehat{\mathcal{M}} D_\alpha \mathcal{M} D_\beta \widehat{\mathcal{M}}) \quad (33)-$$

зачуляется ввиду уравнения движения для мезонов, тогда вклад:

$$\Gamma^-(a_5) = \frac{N_c}{32\pi^2} \int d^4x - \frac{\epsilon_{\mu\nu\alpha\beta}}{30} tr \{ (\Sigma D_\gamma D_\mu \Sigma^+ - D_\gamma D_\mu \Sigma \Sigma^+) D_\nu \Sigma (D_\alpha \Sigma^+ D_\gamma \Sigma - D_\gamma \Sigma^+ D_\alpha \Sigma) D_\beta \Sigma^+ \} \quad (34)$$

2) $\overline{D}_\mu a_4$:

$$\begin{aligned} \Gamma^-(a_4) = & \frac{N_c}{32\pi^2 m_Q^2} \int d^4x \frac{i}{180} \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} tr \{ 2(D_\gamma R_{\gamma\mu} + \Sigma^+ D_\gamma L_{\gamma\mu} \Sigma) D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ \Sigma - \\ & 3(D_\gamma R_{\mu\nu} + \Sigma^+ D_\gamma L_{\mu\nu} \Sigma) D_\alpha \Sigma^+ D_\gamma \Sigma D_\beta \Sigma^+ \Sigma + R_{\mu\gamma} [20D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma \Sigma^+ D_\gamma D_\beta \Sigma - \\ & \quad 20D_\gamma D_\beta \Sigma - 20D_\gamma D_\nu \Sigma^+ \Sigma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma - 2D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+ \Sigma + \\ & \quad 2\Sigma^+ D_\gamma D_\nu \Sigma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma - 8D_\nu \Sigma^+ (\Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ - D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+) D_\beta \Sigma] - \\ & \quad L_{\mu\gamma} [20D_\nu \Sigma D_\alpha \Sigma^+ - 20D_\gamma D_\nu \Sigma \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ - 2D_\nu \Sigma D_\alpha \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\nu \Sigma^+ + \\ & \quad 2\Sigma D_\gamma D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ - 8D_\nu \Sigma (\Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma - D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma) D_\beta \Sigma^+] + \\ & \quad 3R_{\mu\nu} [D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma D_\beta \Sigma^+ D_\gamma \Sigma + c \Sigma^+ D_\gamma D_\beta \Sigma \Sigma^+ D_\gamma \Sigma - D_\nu \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma - \\ & \quad D_\gamma \Sigma D_\gamma \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+] - 3L_{\mu\gamma} [D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+ D_\beta \Sigma D_\gamma \Sigma^+ + D_\alpha \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+ \Sigma D_\gamma \Sigma^+ - \\ & \quad D_\gamma \Sigma \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ - D_\gamma \Sigma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+] - 2D^2 D_\mu \Sigma \{ R_{\nu\alpha} \Sigma^+ - \\ & \quad \Sigma^+ L_{\nu\alpha} \Sigma D_\beta \Sigma^+ \} + 2D^2 D_\mu \Sigma^+ \{ L_{\nu\alpha} \Sigma - \Sigma R_{\nu\alpha} \Sigma^+ D_\beta \Sigma \} + \\ & \quad i2D_\mu D_\gamma D_\nu \Sigma [2D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma D_\beta \Sigma^+ + 2D_\beta \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ + \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ + \\ & \quad D_\beta \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+] - i2D_\mu D_\gamma D_\nu \Sigma^+ [2D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+ D_\beta \Sigma + 2D_\beta \Sigma \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma + \\ & \quad \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma + D_\beta \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma] \} \end{aligned} \quad (35)$$

3) $\overline{D}_\mu a_3$:

$$\begin{aligned}
\Gamma^-(a_3) = & \frac{N_c}{32\pi^2 m_Q^2} \int d^4x - \frac{1}{120} \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} * tr\{7\{D_\gamma R_{\gamma\mu}, R_{\alpha\beta}\} D_\nu \Sigma^+ \Sigma - \\
& 7\{D_\gamma L_{\gamma\mu}, L_{\alpha\beta}\} D_\nu \Sigma \Sigma^+ + 2D_\gamma R_{\gamma\mu} (\Sigma^+ L_{\alpha\beta} D_\nu \Sigma - D_\nu \Sigma^+ L_{\alpha\beta} \Sigma) - 2D_\gamma L_{\gamma\mu} (\Sigma R_{\alpha\beta} D_\nu \Sigma^+ - \\
& D_\nu \Sigma R_{\alpha\beta} \Sigma^+) + 3\{R_{\mu\gamma}, R_{\alpha\beta}\} (\Sigma^+ D_\gamma D_\nu \Sigma - D_\gamma D_\nu \Sigma^+ \Sigma) - 3\{L_{\mu\gamma}, L_{\alpha\beta}\} (\Sigma D_\gamma D_\nu \Sigma^+ - \\
& D_\gamma D_\nu \Sigma \Sigma^+) + 4L_{\mu\gamma} (D_\gamma D_\nu \Sigma R_{\alpha\beta} \Sigma^+ - \Sigma R_{\alpha\beta} D_\gamma D_\nu \Sigma^+) - 4R_{\mu\gamma} (D_\gamma D_\nu \Sigma^+ L_{\alpha\beta} \Sigma - \\
& \Sigma^+ L_{\alpha\beta} D_\gamma D_\nu \Sigma) + 2L_{\mu\gamma} (D_\nu \Sigma D_\gamma R_{\alpha\beta} \Sigma^+ - \Sigma D_\gamma R_{\alpha\beta} D_\nu \Sigma^+) - 2R_{\mu\gamma} (D_\nu \Sigma^+ D_\gamma L_{\alpha\beta} \Sigma - \\
& \Sigma^+ D_\gamma L_{\alpha\beta} D_\nu \Sigma) - 13\{R_{\mu\gamma}, D_\gamma R_{\alpha\beta}\} D_\nu \Sigma^+ \Sigma + 13\{L_{\mu\gamma}, D_\gamma R_{\alpha\beta}\} D_\nu \Sigma \Sigma^+ + \\
& [R_{\alpha\beta}, R_{\mu\gamma}] (\Sigma^+ D_\gamma D_\nu \Sigma + D_\gamma D_\nu \Sigma^+ \Sigma) - [L_{\alpha\beta}, L_{\mu\gamma}] (\Sigma D_\gamma D_\nu \Sigma^+ + \\
& D_\gamma D_\nu \Sigma \Sigma^+) \} \tag{36}
\end{aligned}$$

Полное выражение порядка $O(p^6)$ эффективного действия(10) с аномальной собственной четностей является суммой уравнений (33), (34) и (36). И следует иметь в виду, что выше уравнения в евклидовых величинах. Переход в Минковском можно быть сделано просто через поворот Вика.

Заключение

В этой работе были рассчитаны поправки порядка $O(p^2)$ и $O(p^6)$ по модели КХД к низкоэнергетическому эффективному лагранжиане с нормальной и аномальной собственной четностей. В дальнейшем полученное эффективное действие используются, чтобы получить несколько ферменологических значениях параметра.

Глава4 Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение

Введение

В процесса поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием. При этом разработчики должны представить настоящее состояние и перспективы проводимых ими научных исследований.

Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурента способных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижение цели следует решить следующие задачи: Оценка коммерческого потенциала разработки.

- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для введения результатов выпускной квалификационной работы на тему

«Исследование содержания водорода в титане электрическими методами» на целевой рынок, необходимо прежде всего произвести анализ потребителей результатов исследования и в свою очередь выявить сегмент рынка.

Для выявления определенной части рынка или группы потребителей, обладающих определенными общими признаками, необходима реализация сегментирования, т.е. формирование определенных групп, испытывающих необходимость в данном товаре.

Реализация сегментирования рынка услуг по спектру проведения научных исследований в области содержания водорода через титан по следующим критерием представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Карта сегментирования рынка услуг по спектру проведения исследований содержания водорода через титан

		Спектр проведения научных исследований содержания водорода через титан			
		Широкий температурный диапазон проведения эксперимента	Непродолжительные сроки проведения эксперимента	Быстрый анализ полученных данных	Исследования защитных покрытий и модификаций поверхностного слоя
Методика исследования содержания водорода	Методика вихревых токов				
	методика электрохимического проникновения и масс-спектрометрического анализа				

	<p>Методика а проникновения в газовой среде при высоких давлении и температуре</p>				
--	--	--	--	--	--

На карте сегментирования рынка услуг по спектру проведения исследований содержания водорода через титан приведены следующие научно исследовательские институты и лаборатории, представленные в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Научно-исследовательские институты и лаборатории

Международная научно-образовательная лаборатория технологий водородной энергетики НИ ТПУ г. Томск	
Международная научно-образовательная лаборатория «Водородная энергетика и плазменные технологии» НИ ТПУ г. Томск	
Национальный научный центр Харьковский физико-технический институт г. Харьков	

Анализируя карту сегментирования, представленную в таблице 4.1., следует, что исследованиями содержания водорода в титан методов электрохимического проникновения мало заинтересованы научными институтами и лабораториями, представленными в таблице 4.2. Исходя из таблицы 4.1., на сегменты электрохимического проникновения водорода через титан с последующим быстрым анализом полученных данных и исследованием защитных покрытий и модификаций поверхностного слоя следует направить максимальные усилия и ресурсы предприятия.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для успешного выхода на рынок, необходимо проводить

систематический анализ конкурирующих товаров, т.к. новые разработки постоянно пребывают с течением определенного промежутка времени.

Результатом анализа конкурирующих товаров, являются важные коррективы и поправки, вносимые в научное исследование, с целью постоянного повышения спроса и преимущества на рынке.

Рассматривая данный анализ со стороны ресурсоэффективности и ресурсосбережения, следует ряд оценок сравнительной эффективности научной разработки и определение ее развития и конкурентоспособности в будущем.

Для выполнения данного анализа, воспользуемся оценочной картой, приведенной в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Помехоустойчивость	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
4.	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25

Энергоэкономичность							
5. Надежность	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
6. Уровень шума	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
7. Безопасность	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	2	5	0,25	0,1	0,25
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
10. Простота эксплуатации	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
11. Качество интеллектуального интерфейса	0	4	4	4	0	0	0
12. Ремонтопригодность	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0	4	5	4	0	0	0
2. Уровень проникновения на рынок	0	4	4	4	0	0	0
3. Цена	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4.	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5

Предполагаемый срок эксплуатации							
5. Послепродажное обслуживание	0	1	1	1	0	0	0
6. Финансирование научной разработки	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
7. Срок выхода на рынок	0	1	4	4	0	0	0
8. Наличие сертификации разработки	0,05	3	4	2	0,15	0,2	0,1
Итого	1	61	77	73	4,05	3.7	3,95

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Значение K позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя K получилось от 5 до 4, то такая разработка считается перспективной. Если от 4 до 3 – то перспективность выше среднего. Если от 3 до 2 – то перспективность средняя. Если от 2 до 1 – то перспективность ниже среднего. Если 1 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения.

Итогом данного анализа, приведенного в оценочной карте сравнения конкурентных технических решений (разработок), следует, что исследование содержания водорода в титане электрическими методами превосходит своих конкурентов по многим критериям, в частности, как удобство в эксплуатации, энергоэкономичность, безопасность, простота эксплуатации и т.д. Экономические критерии оценки эффективности также превосходят своих конкурентов по многим факторам.

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта применяют анализ SWOT – комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Специфика данного анализа формируется несколькими этапами.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий:

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.
3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.
4. **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлена в таблице 4.4.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

Таблица 4.4. SWOT-анализ

<p>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</p>
<p>C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>C2. Быстрый анализ полученных данных.</p> <p>C3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>C4. Легкий интерфейс управления.</p> <p>C5. Безопасность проведения исследований.</p>	<p>Сл1. Проведение исследований исключительно при комнатной температуре.</p> <p>Сл2. Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием.</p> <p>Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Длительный срок поставок материалов (образцов) для проведения научного исследования.</p>
<p>Возможности:</p>	<p>Угрозы:</p>
<p>V1. Быстрая оценка защитных покрытий для дальнейшего исследования.</p> <p>V2. Решение фундаментальных задач исследования.</p> <p>V3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>V4. Исследования коррозионных свойств</p>	<p>У1. Несвоевременное финансирование научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>У5. Изменение спецификаций и</p>

металлов. В5.Повышение стоимости конкурентных разработок.	стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.
--	--

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

Второй этап заключается в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Использование интерактивной матрицы помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей SWOT.

Таблица 4.5.Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	0	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	+	+	+	0	+

	B5	+	+	+	+	+
--	----	---	---	---	---	---

Таблица 4.6.Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	-	-	-
	B2	-	+	-	+	-
	B3	0	+	-	0	0
	B4	+	0	-	-	+
	B5	-	+	0	+	+

Таблица 4.7.Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	0	-	-	-	-
	У2	0	+	0	0	-
	У3	+	-	-	-	-
	У4	0	+	+	+	+
	У5	0	+	0	+	+

Таблица 4.8.Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	-	+	+
	У2	+	+	0	+	+
	У3	-	+	-	+	-
	У4	+	+	+	+	+
	У5	0	+	+	0	-

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в табл. 4.9.

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 4.9. SWOT-анализ

	<p align="center">Сильные стороны</p> <p>научно исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Быстрый анализ полученных данных.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Легкий интерфейс управления.</p> <p>С5. Безопасность проведения исследований.</p>	<p align="center">Слабые стороны</p> <p>научно исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Проведение исследований исключительно при комнатной температуре.</p> <p>Сл2. Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием.</p> <p>Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Длительный срок поставок материалов (образцов) для проведения научного исследования.</p>
--	---	--

<p>Возможности:</p> <p>В1. Быстрая оценка защитных покрытий для дальнейшего исследования.</p> <p>В2. Решение фундаментальных задач исследования.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В4. Исследования коррозионных свойств металлов.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Заявленная повышенная экономичность, энергоэффективность и безопасность проекта способствует появлению дополнительного спроса на данный продукт. Также быстрый анализ полученных экспериментальных данных повлечет дополнительное решение фундаментальных задач исследования.</p>	<p>Проведение исследований исключительно при комнатных температурах способствует повышению стоимости конкурентных разработок.</p>
---	--	---

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Несвоевременное финансирование научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>У5. Изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями повлечет изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца будет являться неотъемлемым фактором, представляющим собой барьер для экспорта технологии. Также низкий уровень проникновения на рынок способствует несвоевременному финансированию научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p>
--	---	--

Из таблицы, Поле СИВ показывает, необходимо использовать заявленную экономичность и энергоэффективность технологии, чтобы получить отдачу от возможностей во внешней среде. Поле СЛВ показывает, за счет проведения исследований исключительно при комнатных температурах, внешней среды организация сможет преодолеть имеющиеся слабости. Поле СИУ показывает, необходимо использовать более низкую стоимости производства по сравнению с другими технологиями организации для устранения угроз. Поле СЛУ показывает, необходимо избавиться от отсутствия оборудования для проведения испытания опытного образца, чтобы попытаться предотвратить нависшую угрозу.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения и планирования данной работы по теме Диагностика процесса распыления и исследование структуры полученных покрытий методом реактивного магнетронного распыления, сначала нужно ее разделить на несколько частей, то есть различные этапы:

1. Подготовительный этап. Выбор темы; изучение, анализ информации по выбранной теме. Техничко-экономическое обоснование целесообразности проведения исследований по данной теме. Определение рабочей группы;
2. Формирование теоретической части. Выявление возможных
3. направлений исследования;
4. Проведение экспериментов по теоретической части;
5. Количественная оценка экспериментального исследования, выбор параметров, проведение численного моделирования;
6. Корректировка разработанных параметров после получения результатов эксперимента;
7. Выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки.
8. Составление технологического отчета;
9. Завершающий этап. Проведение анализа результатов исследования всей рабочей группы. Утверждение результатов работы. Подготовка отчетной

документации.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Главным фактором отражения основной части стоимости научной разработки являются трудовые зарплаты. Исходя из этого, важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для оценки трудоёмкости выполнения научного исследования выпускной квалификационной работы используют экспертный путь, определяемый человеко-днями. Для определения ожидаемого значения трудоёмкости используют следующее соотношение:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы чел.-дн.; $t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы чел.-дн.

Произведем оценку трудоемкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 8}{5} = 5,6 \text{ чел. – дн} \quad (4.3)$$

Произведем оценку трудоемкости выполнения научного исследования для студента:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 \cdot 180 + 2 \cdot 360}{5} = 252 \text{ чел. – дн.} \quad (4.4)$$

Рассчитав ожидаемую трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующему соотношения:

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} \quad (4.5)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{pi} = \frac{5,6}{3} = 1,86 \text{ раб. дн.} \quad (4.6)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для студента:

$$T_{pi} = \frac{252}{2} = 126 \text{ раб. дн.} \quad (4.7)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для инженера:

$$T_{pi} = \frac{24}{3} = 8 \text{ раб. Дн} \quad (4.8)$$

Построим диаграмму Ганта, так как она является наиболее наглядным и удобным графиком для проведения научных работ. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Необходимо длительность каждого из этапов работ из рабочих дней перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (4.9)$$

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (4.10)$$

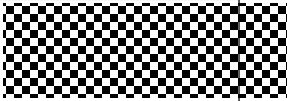
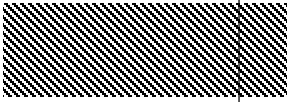
где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году, $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году, $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Все рассчитанные значения представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.10. Временные показатели проведения научного исследования

4	Обобщение и оценка результатов	Инженер	15,9						
5	Разработка технической документации	Инженер	13,8						
6	Изготовление опытного образца	Инженер	10,9						
			5,4						
7	Оформление отчета по НИР	Инженер	17,3						

Исполнитель календарного плана – графика

Научный руководитель	
Инженер	

4.2.3 Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;

- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Стоимость всех материальных затрат, используемых при разработке проекта приведена в таблице 4.12.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i} \quad (4.11)$$

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

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (15 % от стоимости материалов).

Таблица 4.12. – Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за ед C_i , руб	Затраты на материалы Z_M , руб
Основные материалы				
Титановый сплав ВТ1-0	см ³	20	20,5	410
Вспомогательные материалы				
Шлифовальная бумага	шт	14	60	966
Спирт	мл	100	0,096	1,104
Дополнительные материалы				
Перчатки	шт	10	2,71	33,06
Халат	шт	2	459	918

Итого: 2328,16руб

Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ - Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 13 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	30	30
Итого		30 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$N_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$N_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 30000}{12} \cdot 3 = 2475 \text{ руб.}$$

Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной и дополнительной заработной платы:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.12)$$

Где $Z_{осн}$ - основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата 15 % от $Z_{осн}$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.13)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.14)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}. \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, P$	k_f	k	k	$Z_{м}, P$	$Z_{дн}, P$	T_p	$Z_{осн}, руб.$
Руководитель	26 300	0 ,3	0 ,2	1 ,3	51 285	214 7,3	1 3,5	2898 8,6
Инженер	17 000	0 ,3	0 ,2	1 ,3	33 150	174 3,1	6 8,5	1194 02,4
Итого:								1483 91

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 2898,6 = 4348,3 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 11940,4 = 17910,4 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (2898,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (11940,4 + 17910,4) = 41193,8 \text{ руб.}, \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 20%.

Таблица 4.15. – Группировка затрат по статьям

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты	2328,16
Амортизация	2475
Затраты по осн. заработной плате исполнителей темы	148391
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22260
Отчисления вовнебюджетные фонды	51194,9
Накладные расходы	45329,811
Бюджет затрат	271978,86

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

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (4.19)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – Число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 4.16. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0.1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.15	4	2	3
3. Помехоустойчивость	0.15	5	3	3
4. Энергосбережение	0.2	4	3	3
5. Надежность	0.25	4	4	4

6. Материалоемкость	0.15	4	4	4
ИТОГО	1			1

$$I_{\text{тп}} = 5 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,05 + 4 * 0,01 = 3,94$$

$$\text{Аналог 1} = 3 * 0,1 + 2 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 2 * 0,05 + 4 * 0,1 = 3,15$$

$$\text{Аналог 2} = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 4 * 0,05 + 4 * 0,1 = 3,5$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^P$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^P = \frac{I_m^P}{I_{\phi}^P} \cdot I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} \quad (4.20)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Вывод: В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей.

При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования. Всего бюджет составил 271978,86 руб. Данная оценка коммерческой ценности необходима, чтобы представлять финансовое состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы: значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 3,94, по сравнению с 3,15 и 3,5.

Глава 5. Социальная ответственность

Известно, что водород в металлах является важной технической и научной проблемой, вызванной широким применением титана и его сплавов в различных отраслях промышленности и бытовых изделиях. Техническая сторона проблемы состоит в том, что водород, растворяясь в металлах в ходе плавки, разливки, при электрохимических, ядерных и иных процессах, является причиной появления дефектов, трещин, ухудшения свойств металлов (водородная хрупкость), приводящих к разрушению образцов. Таким образом, целью моей выпускной квалификационной работы являлось исследование взаимодействия водорода (на основе титанового сплава ВТ1-0) электрическими методами с применением рентгеноструктурного анализа и диэлектрическими потерями.

Исследовательская работа по изучению свойств титанового сплава ВТ1-0 насыщенного водородом предполагает проведение работ на следующих установках: Сивертса по насыщению водородом, рентгеновский спектрометр, магнитный анализатор (ЗМА) и т.д. Основой работы, выделенной в отдельную главу выпускной квалификационной работы, является изучение влияния водорода на свойства титанового сплава ВТ1-0. Поэтому рассмотрение безопасности и гигиены труда при осуществлении работ по наводороживанию с помощью установки GasReactionController особенно важно при проведении данного исследования. Установка GasReactionController используется на кафедре для исследования процессов сорбции/десорбции водорода металлическими материалами.

5.1 Правовые и организационные вопросы

ГК работе на установке вихревого тока ЗМА допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие

обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норма и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на установке вихревого тока ЗМА, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца.

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

1.инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;

2. инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;

3. инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.

Документы по воздействию ПЭВМ:

1.инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;

3. ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и

требования безопасности;

4. ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;

Микроклимат:

1. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

2. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Шум:

1. ГОСТ 12.1. 003 – 83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

2. СНиП П-12-77. Защита от шума.

Освещенность:

1. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

5.2 Анализ вредных факторов на рабочем месте

Работа установки вихревого тока – ЗМА осуществляется за счет питания от сети переменного тока напряжением 220 В, экспериментальные исследования проводятся в ВТ1-0. При проведении работ на данной установке возможно воздействие таких вредных факторов таких, как:

1. Промсанитария;
2. Создание микроклимата;
3. Излучение электромагнитных волн;
4. Шумовые эффекты;
5. Освещенность рабочего места и в целом лаборатории.

Также возможно воздействие следующих опасных производственных факторов:

1. Электрическое напряжение;

2. Пожарная и взрывная природа;
3. Охрана окружающей среды;
4. Защита объектов в чрезвычайных ситуациях.

5.2.1 Промсанитария

ПДК - концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК для большинства веществ являются максимально разовыми, т.е. содержание вещества в зоне дыхания, работающих усреднено периодом кратковременного отбора проб воздуха: 15 мин. для токсических веществ и 30 мин. для веществ преимущественно фиброгенного действия. Для высококумулятивных веществ наряду с максимально разовой установлена среднесменная ПДК - средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены или концентрация, средневзвешенная во времени длительности всей смены в зоне дыхания, работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

Рабочая зона - пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного (непостоянного) пребывания работающих. Постоянное рабочее место - место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50% или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Наименование веществ в таблице дано в алфавитном порядке с

указанием синонимов и наиболее распространенных торговых и фирменных названий, приведенных в Приложении. Наряду с величинами ПДК указан класс опасности и преимущественное агрегатное состояние вещества в воздухе в условиях производства. По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделены на четыре класса опасности: I - вещества чрезвычайно опасные, II - вещества высоко опасные, III - вещества умеренно опасные, IV - вещества мало опасные, в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности".

Водород, выделяющийся при электролизе, уже при содержании 0,4 об. % может образовывать с воздухом взрывоопасную смесь. Предельно допустимая взрывобезопасная концентрация водорода в производственном помещении согласно СНиП П-М.2—72 принимается около 10 % от нижнего предела взрываемости, т. е. 0,4 об. %.

5.2.2 Микроклимат

Микроклимат помещений, в которых проводят исследования, определяется сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, которые в совокупности действуют на организм человека.

Данные параметры должны соответствовать норме. Отклонения оказывает вредное влияние на человека, которое влечет к ухудшению самочувствия работника, снижает эффективность его работы и влечет заболевания.

Неблагоприятные условия вызывают перенапряжение механизма терморегуляции. Это ведет к перегреву или переохлаждению организма. Высокая температура быстро утомляет работника, приводит к перегреву организма, и даже тепловому удару. А низкая температура вызывает местное или общее охлаждение организма, приводит к простудному заболеванию.

Влажность. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде

сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи. Для удобства работы в помещении необходимо нормирование параметров микроклимата (таблица 3.1) и применение защитных мероприятий от вредного влияния отклонения параметров микроклимата.

Таблица 5.1. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96).

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб (140-174)	21-23	60-40	0,2
Теплый	Іб (140-174)	22-24	60-40	0,2

5.2.3 Электромагнитное излучение

Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров (РС). Электромагнитное излучение является основным вредным фактором для инженера-исследователя. Оно влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, вызывает ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 5.2. Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров	ВДУ
-------------------------	-----

Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в таблице 5.2.

Для того, чтобы снизить вредное влияние электромагнитного излучения при работе с ПК необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования:

1. Продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя не должна превышать 2 ч, ребенка – 10 - 20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных и их считывание. Санитарными нормами предусматриваются обязательные перерывы в работе на ПК, во время которых рекомендуется делать простейшие упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

2. Рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 60÷70 см, но не

ближе 50 см

3. Для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные экраны из металлической сетки и металлических прутков в виде навесов, козырьков, и допустимая величина защитного сопротивления заземления экранирующих устройств не должна быть более 4 Ом.

Кроме этих, к средствам индивидуальной защиты (СИЗ) от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят защитные халаты, комбинезоны, очки, спец обувь, заземляющие браслеты.

Материалом для защитных халатов, комбинезонов, фартуков служит специальная ткань, в структуре которой используются тонкие металлические нити, скрученные с хлопчатобумажными. Шлем и бахилы костюма делаются из такой же ткани, но в шлем спереди вшиты очки и специальная проволочная сетка для дыхания. СИЗ должны быть заземлены.

Очки изготавливаются из стекол специальных марок, металлизированных диоксидом олова.

5.2.4 Шум

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Нормирование шума призвано предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности и производительности труда работающих. Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования.

Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500,

1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для непостоянных шумов нормируется так же эквивалентный уровень звука. Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

1. изменение направленности излучения шума;
2. рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
3. акустическую обработку помещений;
4. применение звукоизоляции.

Наиболее эффективны средства индивидуальной защиты (СИЗ), как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

5.2.5 Освещенность

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Основной задачей данной части является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной

освещенности.

Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего (равномерного или локализованного) освещения и комбинированного (общего и местного) освещения. При учете особенностей процесса работ с установкой вихревого тока ЗМА (ТПУ, Россия) (не требует освещения для работ высокой точности) допускается применение системы общего равномерного освещения.

Длина помещения $a=6000$ мм, ширина $b=4200$ мм.

Выбираем лампу дневного света ЛХБ, световой поток которой равен $\Phi_{\text{лд}} = 3100$ Лм при мощности 40Вт.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1230 мм, ширина – 266 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,1$.

Высота помещения: $H = 3600$ мм.

Расстояние светильников от перекрытия: $h_c = 400$ мм.

Высота светильника над полом, высота подвеса:

$$h_n = H - h_c = 3600 - 400 = 3200 \text{ мм}$$

Высота рабочей поверхности над полом: $h_{\text{рп}} = 1000$ мм.

Расчетная высота, высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = h_n - h_{\text{рп}} = 3200 - 1000 = 2200 \text{ мм}$$

Для двухламповых светильников ОД при одиночной установке или непрерывных рядах из одиночных светильников в соответствии с требованиями наименьшая допустимая высота подвеса над полом составляет 3,5 м. Рассчитанная величина $h = 2200$ мм не соответствует требованиям.

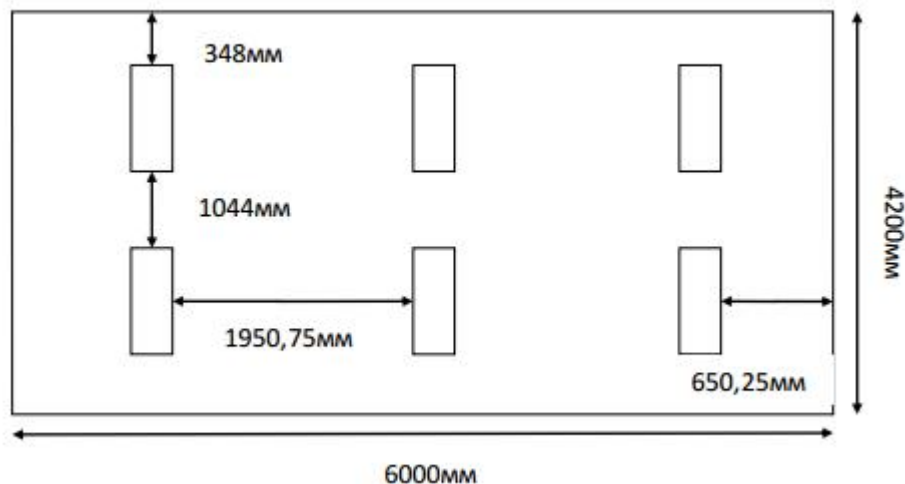


Рисунок 5.1. Схема размещения светильников в помещении

Оптимальное расстояние между светильниками L должно составлять:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2,2 = 2,42\text{м}$$

Расстояние от крайних светильников до стены является оптимальным, так как рекомендуемая величина равна $L/3 = 2,42/3 = 0,8\text{м}$

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}$$

где нормируемая минимальная освещенность (по СНиП 23-05-95): $E_H = 300$ Лк (разряд зрительной работы V: малой точности);

Площадь освещаемого освещения: $S = 25,2 \text{ м}^2$;

Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, наличие в атмосфере дыма, пыли: $K_3 = 1,8$ (помещение с малым выделением пыли);

Коэффициент неравномерности освещения: $Z=1,1$ (для люминесцентных ламп);

Коэффициент использования светового потока: $\eta = 0,42$.

Тогда число ламп в помещении:

$$N = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{лд}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,8 \cdot 25,2 \cdot 1,1}{3100 \cdot 0,42} = 11,50;$$

Расчет искусственного освещения показал, что нужно 12 ламп для

освещения, т.е. 6 светильников ОД-2-40.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_{\text{з}} \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 25,2 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,42} = 3005,36 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{3100 - 3005,36}{3100} \cdot 100\% = 3,05\%$$

Таким образом: $-10\% \leq 3,05\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Для планирования расположения светильников нужно рассчитать расстояние между светильниками и расстояние от светильника до края помещения.

Расстояние между светильниками по длине помещения L_a определяется по формуле:

$$2 \cdot L_a + 3 \cdot 266 + 2 \cdot L_a / 3 = 6000 \text{ мм.}$$

Получено $L_a = 1950,75 \text{ мм}$, и $L_a / 3 = 650,25 \text{ мм}$. Видно, что значение L_a меньше оптимального расстояния между светильниками L . Аналогично расстояние между светильниками по ширине помещения $L_b = 1044 \text{ мм}$, и $L_b / 3 = 348 \text{ мм}$.

Результат планирования расположения светильников показан на рисунке 5.1.

5.2.6 Электробезопасность

Основными причинами воздействия тока на человека являются:

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;
2. Появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;

3. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;

4. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;

5. Освобождение другого человека, находящегося под напряжением;

6. Воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.

Неисправность проводки установки может стать причиной поражения электрическим током. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый не отпускающий ток составляет 50 Гц (6-16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Согласно ГОСТ 12.1.019. ССБТ, электробезопасность должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты. Электроустановки и их части выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Согласно ПУЭ 7.4 «Правила устройства электроустановок» помещение, в котором находится установка, предназначенная для нанесения оксидов и оксинитридов титана на стальные подложки, относится к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность. К таким условиям относятся: сырость (влажность более 75 %), токопроводящей пыли, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.); высокие температуры (выше 35 °С); возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой. В лаборатории находятся электрические установки с классами напряжения до 1 кВ, в которых, согласно

ГОСТ12.1.038-82 ССБТ, предельно допустимые безопасные значения тока, напряжения и сопротивления не должны превышать значений 0,1 мА, 36В и 4 Ом соответственно.

Для предотвращения поражения электрическим током следует проводить следующие мероприятия:

1. содержать оборудование в работоспособном состоянии и эксплуатировать его в соответствии с нормативно-техническими документами;
2. своевременно проводить техническое обслуживание;
3. соблюдать технику безопасности при работе с оборудованием;
4. проводить инструктаж для работников.

В качестве мероприятий по обеспечению безопасности работы с электрооборудованием могут быть использованы:

1. изоляция токоведущих частей;
2. малое напряжение в электрических цепях;
3. защитное заземление, зануление, защитное отключение;
4. применение разделяющих трансформаторов;
5. использование оболочек и блокировок для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим частям и ошибочных действий или операций;
6. средства индивидуальной защиты и предохранительные приспособления: диэлектрические перчатки, галоши, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, диэлектрические резиновые ковры, указатели напряжения.

5.2.7 Пожар взрывоопасность

Согласно НПБ 105-03 используемое помещение относится к категории пожароопасной В4, т.е. в которых находятся горючие и трудно горючие жидкости, вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), но удельная

пожарная нагрузка на участке находится в интервале 1-180МДж*м².

В лаборатории разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка (мастерской, цеха и т. п.) в соответствии с приложением № 1 ППБ 01-03.

Согласно НПБ 105-95 и СНИП 21-01-97 работники допускаются к работе только после прохождения инструктажа о мерах пожарной безопасности, во всех помещениях вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны и таблички с направлением пути эвакуации и план эвакуации.

Согласно ППБ 01-03 в здании, где ведутся работы, предусмотрены инженерно-технические решения, которые обеспечивают в случае пожара эвакуацию людей (аварийные выходы), подачу средств пожаротушения к очагу, есть сигнализация и работает оповещение о пожаре.

Пожарные краны, огнетушители и другая пожарная техника для защиты объектов соответствует (ГОСТ 12.1.004-91 с измен. 21.10.1993 г).

На рисунке 2. представлен план эвакуации 303 аудитории 3 корпуса, где находится установка вихревого тока ЗМА. По плану виден основные эвакуационные выходы и огнетушители.

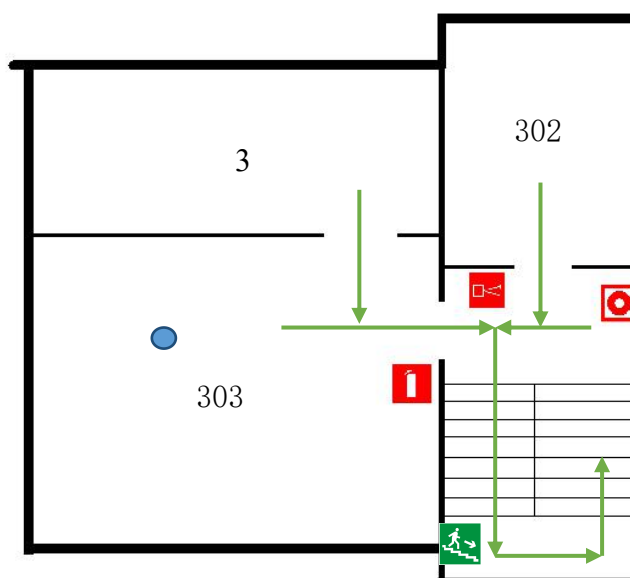


Рисунок 5.2. План эвакуации из рабочего помещения

Из огнетушителей разных видов наиболее широко используются углекислотные, порошковые и воздушно-пенные. Огнетушители воздушно-пенные используются при тушении пожаров классов А и В (дерево, краски и ГСМ) не допускается применять для тушения электроустановок под напряжением, а также щелочных металлов; эксплуатируются при температуре от +5 до +50°С.

Порошковые огнетушители (ОБ-5) используются в качестве первичного средства тушения пожаров класса А (твердых веществ), В (жидких веществ), С (газообразных веществ) и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В; огнетушители не пригодны для тушения загораний щелочных и щелочноземельных металлов и других материалов, горение которых может происходить без доступа воздуха.

Огнетушители углекислотные (ОУ-2) предназначены для тушения загораний различных веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний на электрифицированном железнодорожном транспорте, электроустановок, находящихся под напряжением не более 10кВ. Преимуществом углекислотных огнетушителей является отсутствие следов тушения. Огнетушители не предназначены для тушения загораний веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий).

В лабораториях расположены огнетушители порошковые ОП-4(з)-АВСЕ-02 (предназначен для тушения твердых, жидких и газообразных веществ и электроустановок до 1000В).

Причинами возникновения пожара могут быть:

1. Нарушение правил эксплуатации электрического оборудования;
2. Курение в неустановленных местах;
3. Перегрузка электрических сетей;
4. Нарушение правил пожарной безопасности;
5. Неправильное хранение возгорающихся веществ.

При работе на установке используются баллоны с аргоном и азотом. Эксплуатация баллонов связана с рядом опасных факторов. Наполненный сжатым газом баллон обладает большой энергией, и если в нем образуется отверстие, то газ истекает из него с критической скоростью. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, находящихся под высоким давлением описаны в ПБ 03-576-03 и ГОСТ 12.2.085-2002. В целях безопасности, выполнены общие правила эксплуатации баллонов:

1. Баллоны установлены вертикально и надежно закреплены в таком положении металлическим хомутом, а также защищены от падения на них сверху каких-либо предметов.

2. Баллоны с газом, устанавливаемые в помещении находятся от радиаторов отопления и других отопительных приборов на расстоянии не менее 1 метра и от печей и других источников тепла с открытым огнем не менее 5 метров. При невозможности выдержать необходимое расстояние, необходимо применять защитные экраны, предохраняющие баллоны от местного разогрева, располагая баллон не ближе 0.1 м от экрана. Установленные баллоны также необходимо предохранять от действия солнечных лучей.

3. Выпуск газов из баллона производится через редуктор, предназначенный исключительно для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет. Камера низкого давления редуктора имеет манометр и пружинный предохранительный клапан, отрегулированный на соответствующее давление в емкости; во всех случаях открывать и закрывать вентиль баллона необходимо медленно

5.3 Экологическая безопасность

При разработке лабораторий необходимо проявлять осторожность, чтобы защитить окружающую среду, особенно в производстве отходов.

Все отходы, подходящие для сбора отходов местного самоуправления, называются «контролируемыми отходами». Элементы этой категории, которые включают грязную бумагу, пластик, резину и древесину, обычно помещают в мусорные ведра, имеющиеся в каждой лаборатории, и собираются чистящими средствами. Тем не менее, каждая лаборатория также должна иметь контейнер для определенных предметов, которые не могут быть помещены в обычные мусорные контейнеры.

При работе на газоанализаторе возможно поражение химическими веществами, которые при попадании в атмосферу могут воздействовать на работников, а также заражать воздух, разные предметы и материалы. Для защиты от поражения химических веществ следует выполнять комплекс мероприятий, проводимых с целью предотвращения или ослабления воздействия на сотрудников химической обстановки, а также точное соблюдение правил технической эксплуатации.

При утечке газа из баллона возможно удушье, отравление, а также возгорание и взрыв, поэтому необходимо знать и неукоснительно соблюдать правила пользования газовыми приборами. Проверить целостность газового баллона и прочность его закрепления, наличие видимых повреждений. Вентиль газового баллона и резьба должны находиться в исправленном состоянии, редуктор должен соответствовать газу в баллоне.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Рассмотрим две наиболее типичных чрезвычайных ситуации, которые

могут произойти на предприятии.

Первый случай: остановка производства в результате сильных морозов.

Меры по предупреждению ЧС:

1. Повышение устойчивости системы электроснабжения. В первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередач на кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

2. Обеспечение устойчивости теплоснабжения за счет запасных автономных источников теплоснабжения, кольцевания системы, заглубления теплотрасс.

3. Обеспечение устойчивости систем водоснабжения (устройство дублирования вод питания, кольцевание системы, заглубление водопроводов, обустройство резервных емкостей и водохранилищ, очистка воды от вредных веществ и т.п.).

4. Обеспечение устойчивости системы водоотведения. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Должна быть разработана схема аварийного выпуска сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.

Второй случай: диверсия.

Для обеспечения безопасности работника, предотвращения хищений и проникновения посторонних лиц на предприятие следует использовать ряд мер безопасности:

1. Организовать контрольно-пропускной пункт.

2. Установить системы видеонаблюдения в производственных цехах, а также на всех входах и выходах из здания.

3. Установить оповещающие системы безопасности при

несанкционированном проникновении на предприятие в нерабочее время.

Вывод

Во время проверки безопасности путем внедрения контроллеров газовой реакции, вредных и опасных факторов были определены меры защиты на рабочем месте и рассмотрены чрезвычайные ситуации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Terner M. et al. Electron beam melting of high niobium containing TiAl alloy: feasibility investigation //steel research international. – 2012. – Т. 83. – №. 10. – С. 943-949.
2. Biamino S. et al. Electron beam melting of Ti–48Al–2Cr–2Nb alloy: Microstructure and mechanical properties investigation //Intermetallics. – 2011. – Т. 19. – №. 6. – С. 776-781.
3. Zäh M. F., Lutzmann S. Modelling and simulation of electron beam melting //Production Engineering. – 2010. – Т. 4. – №. 1. – С. 15-23.
4. Murr L. E. et al. Microstructural architecture, microstructures, and mechanical properties for a nickel-base superalloy fabricated by electron beam melting //Metallurgical and Materials Transactions A. – 2011. – Т. 42. – №. 11. – С. 3491-3508.
5. Fager Franzén S., Karlsson J. Titanium Aluminide Manufactured by Electron Beam Melting. – 2010.
6. Mitchell A. Melting, casting and forging problems in titanium alloys //Materials Science and Engineering: A. – 1998. – Т. 243. – №. 1-2. – С. 257-262.
7. Murr L. E. et al. Characterization of titanium aluminide alloy components fabricated by additive manufacturing using electron beam melting //Acta materialia. – 2010. – Т. 58. – №. 5. – С. 1887-1894.
8. Clemens H., Kestler H. Processing and applications of intermetallic γ -TiAl-based alloys //Advanced Engineering Materials. – 2000. – Т. 2. – №. 9. – С. 551-570.
9. Antonysamy A. A., Meyer J., Prangnell P. B. Effect of build geometry on the β -grain structure and texture in additive manufacture of Ti6Al4V by selective electron beam melting //Materials characterization. – 2013. – Т. 84. – С. 153-168.

10. Körner C., Attar E., Heintl P. Mesoscopic simulation of selective beam melting processes //Journal of Materials Processing Technology. – 2011. – Т. 211. – №. 6. – С. 978-987.
11. Milberg J., Sigl M. Electron beam sintering of metal powder //Production Engineering. – 2008. – Т. 2. – №. 2. – С. 117-122.
12. Gong X., Anderson T., Chou K. Review on powder-based electron beam additive manufacturing technology //ASME/ISCIE 2012 international symposium on flexible automation. – American Society of Mechanical Engineers, 2012. – С. 507-515.
13. Mahale T. R. Electron beam melting of advanced materials and structures. – North Carolina State University, 2009.
14. Biamino S. et al. Electron beam melting of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy: Microstructure and mechanical properties investigation //Intermetallics. – 2011. – Т. 19. – №. 6. – С. 776-781.
15. Gaytan S. M. et al. Advanced metal powder based manufacturing of complex components by electron beam melting //Materials Technology. – 2009. – Т. 24. – №. 3. – С. 180-190.
16. Arcam A. B. Grade 2 Titanium //Retrieved Dec. – 2015. – Т. 7.
17. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.arcam.com/wp-content/uploads/schematic-ЭЛС-setup.jpg>
18. Parsa A. B. et al. Transmission Electron Microscopy of a CMSX-4 Ni-Base Superalloy Produced by Selective Electron Beam Melting //Metals. – 2016. – Т. 6. – №. 11. – С. 258.
19. Heintl P. et al. Cellular titanium by selective electron beam melting //Advanced Engineering Materials. – 2007. – Т. 9. – №. 5. – С. 360-364.
20. Attar E. Simulation of selective electron beam melting processes. – 2011.
21. Cline H. E., Anthony T. R. Heat treating and melting material with a scanning laser or electron beam //Journal of Applied Physics. – 1977. – Т. 48. – №. 9. – С. 3895-3900.

22. Murr L. E. Metallurgy of additive manufacturing: Examples from electron beam melting //Additive Manufacturing. – 2015. – T. 5. – C. 40-53.
23. Facchini L. et al. Microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V produced by electron beam melting of pre-alloyed powders //Rapid Prototyping Journal. – 2009. – T. 15. – №. 3. – C. 171-178.
24. Koike M. et al. Evaluation of titanium alloy fabricated using electron beam melting system for dental applications //Journal of Materials Processing Technology. – 2011. – T. 211. – №. 8. – C. 1400-1408.
25. Hrabe N., Quinn T. Effects of processing on microstructure and mechanical properties of a titanium alloy (Ti-6Al-4V) fabricated using electron beam melting, Part 2: Energy input, orientation, and location //Materials Science and Engineering: A. – 2013. – T. 573. – C. 271-277.
26. Hrabe N., Quinn T. Effects of processing on microstructure and mechanical properties of a titanium alloy (Ti-6Al-4V) fabricated using electron beam melting (EBM), part 1: Distance from build plate and part size //Materials Science and Engineering: A. – 2013. – T. 573. – C. 264-270.
27. Wysocki B. et al. Laser and electron beam additive manufacturing methods of fabricating titanium bone implants //Applied Sciences. – 2017. – T. 7. – №. 7. – C. 657.
28. Chastand V. et al. Comparative study of fatigue properties of Ti-6Al-4V specimens built by electron beam melting (EBM) and selective laser melting (SLM) //Materials Characterization. – 2018. – T. 143. – C. 76-81.
29. Zhai Y., Galarraga H., Lados D. A. Microstructure, static properties, and fatigue crack growth mechanisms in Ti-6Al-4V fabricated by additive manufacturing: LENS and EBM //Engineering failure analysis. – 2016. – T. 69. – C. 3-14.
30. Koike M. et al. Evaluation of titanium alloys fabricated using rapid prototyping technologies—electron beam melting and laser beam

- melting //Materials. – 2011. – T. 4. – №. 10. – C. 1776-1792.
31. Li X. et al. Fabrication and characterization of porous Ti6Al4V parts for biomedical applications using electron beam melting process //Materials Letters. – 2009. – T. 63. – №. 3-4. – C. 403-405.
 32. Golden P. J., John R., Porter III W. J. Investigation of variability in fatigue crack nucleation and propagation in alpha+ beta Ti-6Al-4V //Procedia Engineering. – 2010. – T. 2. – №. 1. – C. 1839-1847.
 33. Rafi H. K. et al. Microstructures and mechanical properties of Ti6Al4V parts fabricated by selective laser melting and electron beam melting //Journal of materials engineering and performance. – 2013. – T. 22. – №. 12. – C. 3872-3883.
 34. Beretta S., Romano S. A comparison of fatigue strength sensitivity to defects for materials manufactured by AM or traditional processes //International Journal of Fatigue. – 2017. – T. 94. – C. 178-191.
 35. Léopold G. et al. Influence of artificial and casting defects on fatigue strength of moulded components in Ti-6Al-4V alloy //Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. – 2015. – T. 38. – №. 9. – C. 1026-1041.
 36. Tong J. et al. Mechanical properties of titanium-based Ti-6Al-4V alloys manufactured by powder bed additive manufacture //Materials Science and Technology. – 2017. – T. 33. – №. 2. – C. 138-148.
 37. Gu D. et al. Densification behavior, microstructure evolution, and wear performance of selective laser melting processed commercially pure titanium //Acta Materialia. – 2012. – T. 60. – №. 9. – C. 3849-3860.
 38. Murr L. E. et al. Microstructure and mechanical behavior of Ti-6Al-4V produced by rapid-layer manufacturing, for biomedical applications //Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. – 2009. – T. 2. – №. 1. – C. 20-32.
 39. Koike M. et al. Evaluation of titanium alloys fabricated using rapid prototyping technologies—electron beam melting and laser beam

- melting //Materials. – 2011. – Т. 4. – №. 10. – С. 1776-1792.
40. Pyka G. et al. Surface modification of Ti6Al4V open porous structures produced by additive manufacturing //Advanced Engineering Materials. – 2012. – Т. 14. – №. 6. – С. 363-370.
41. Cooper D. E. et al. Additive manufacturing for product improvement at Red Bull Technology //Materials & Design. – 2012. – Т. 41. – С. 226-230.
42. Zhao Z Y, Li L, Bai P K, et al. The Heat treatment influence on the microstructure and hardness of TC4 titanium alloy manufactured via selective laser melting[J]. Materials, 2018, 11(8): 1318.
43. Bruschi S, Bertolini R, Ghiotti A. Coupling machining and heat treatment to enhance the wear behaviour of an Additive Manufactured Ti6Al4V titanium alloy[J]. Tribology International, 2017, 116: 58-68.
44. Vrancken B, Thijs L, Kruth J P, et al. Heat treatment of Ti6Al4V produced by Selective Laser Melting: Microstructure and mechanical properties[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2012, 541: 177-185.
45. Wauthle R, Vrancken B, Beynaerts B, et al. Effects of build orientation and heat treatment on the microstructure and mechanical properties of selective laser melted Ti6Al4V lattice structures[J]. Additive Manufacturing, 2015, 5: 77-84.
46. Колачев Б. А. Водородная хрупкость металлов / Б. А. Колачев. – М. : Металлургия, 1985. – 217с
47. Zhu T., Li M. Effect of 0.770 wt%Н addition on the microstructure of Ti–6Al– 4V alloy and mechanism of hydride formation // Journal of Alloys and Compounds. – 2009. – 481. – P.480–485.
48. Ильющенко А. Ф., Купченко Г. В., Лученок А. Р. Литейно – Импульсный Метод Получения Изделий Из Сплава На Основе Титан – Алюминий // Литьё и металлургия. – 2012, (68) . – С.130-134.
49. Погребняк А.Д., Рузимов Ш.М., Кульментьева О.П., Русаков В.С.,

- Алонцева Д.Л., Дядюра К.А., Понарядов В.В. Характеристики И Свойства Защитных Покровов На Основе Ni-Cr И Co-Cr ПослеОбработки Концентрированными Потоками Энергии // ФИП. – 2005. – No3-4, vol. 3. – С. 158 – 189.
50. E. Tal-Gutelmacher, Eliezer D. Hydrogen cracking in titanium-based alloys // Journal of Alloys and Compounds. – 2005. –404–406. – P.621–625.
51. Тюрин Ю. И. Аккумулирующие свойства водорода в твердом теле / Ю. И. Тюрин, И. П. Чернов. – М. :Энергоатомиздат, 2000. – 285с
52. АгеевВ.Н.,АфанасьеваЕ.Ю.,ПотехинаН.Д.Кинетикаокислениятонких пленок титана, выращенных на поверхности вольфрама //Физика твердого тела. – 2004. – Т. 46. – №. 8. – С.45-52.
53. Гельд П.В., Рябов Р.А., Мохрачева Л.П. Водород и физические свойства металлов и сплавов. – М.: Наука. –1985. –232с
54. Ливанов В. А. Водород в титане / В. А. Ливанов, А. А. Буханова, Б. А. Колачев. –М. :Металлургиздат, 1962. –246с
55. Мороз Л. С. Водородная хрупкость металлов / Л. С. Мороз, Б. Б.Чечулин.–М. : Металлургия, 1967. –256 с 47
56. Морозов А. Н., Михайличенко А. И. Получение Наноструктурированных Высокоупорядоченных Пленок Диоксида Титана // Успехи в химии и химической технологии. – 2012. – (140) . – С.3030-3422.
57. Kudiiarov V. N. et al. Application of automated complex Gas Reaction Controller for hydrogen storage materials investigation //Advanced Materials Research. – Trans Tech Publications, 2013. – Т. 740. – С. 690-693.
58. Gedney R. Tensile testing basics, tips and trends //Admet Quality Test & Inspection. – 2005.
59. Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/321790927_UNIAXIAL_TEN

SION_TEST_THE_MOTHER_OF_ALL_MECHANICAL_TESTS

60. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://matved2010.narod.ru/glava523.html>.
61. Kudiiarov V. N., Pushilina N. S., Harchenko S. Y. Development of Stand for Testing Electrochemical Permeation (STEP) of Hydrogen through Metal Foils //Advanced Materials Research. – Trans Tech Publications, 2015. – Т. 1085. – С. 224-228.
62. Liu Q., Atrens A. A critical review of the influence of hydrogen on the mechanical properties of medium-strength steels //Corrosion Reviews. – 2013. – Т. 31. – №. 3-6. – С. 85-103.
63. Galarraga H , Lados D A , Dehoff R R , et al. Effects of the microstructure and porosity on properties of Ti-6Al-4V ELI alloy fabricated by electron beam melting (EBM)[J] // Additive Manufacturing. – 2016. – №.10. – С.47-57.
64. СанПиН 2.4.2.576-96.«Гигиенические требования к условиям обучения школьников в различных видах современных общеобразовательных учреждений»
65. С а н П и Н 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
66. С Н 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»
67. ГОСТ 12.1.019-79 «ССБТ. Электробезопасности. Общие требования и номенклатура видов защиты»
68. Н П Б 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
69. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
70. П П Б 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»

Приложение
(справочное)

The form factor calculation of the transition process γ to 3π considering of the ρ meson in nonlocal quark models.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ81	Ли Сягун		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коротченко К.Б.	д.ф.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Диденко А.В.	к.ф.н.		

Томск – 2020 г.

Table of contents

Introduction.....	79
Chapter 1. Chiral symmetry.....	81
Chapter 2. Lower order chiral perturbation theory.....	82
2.1 Effective Lagrangian with normal parity.....	83
2.2 Effective Lagrangian with anomalous parity.....	83
Chapter 3. Calculation of the effective action of order $O(p^6)$ with anomalous parity.....	85
Conclusion.....	85
References.....	86

Introduction

The study of quantum anomaly is one of the attempts to better understand the fundamentals of quantum theory, and therefore it is a basic concept that can affect the entire quantum theory outside the field theory. The quantum anomaly is located on the border of divergence and convergence, although the quantum anomaly itself is completely finite and therefore, closely related to the presence of an infinite number of degrees of freedom. The concept of quantum anomaly was mainly developed in applications of field theory to elementary particle physics. However, it has important implications for other fields, such as condensed matter physics. In addition, basic concepts, such as the central charges of the Katz-Moody and Virasoro algebras in conformal field theory, are nothing more than a manifestation of anomalies [1].

Another important aspect of quantum anomaly is that they are closely related to topological properties. For example, a chiral anomaly combined with instanton solutions in the Yang-Mills theory is a quantum manifestation of the Atiyah-Singer index theorem in mathematics.

The importance of anomalies for physics is twofold:

1. Anomalies are good for the experiment: this is the case when the basic symmetry is an external symmetry. Then the anomalies are responsible for the properties of the particles, and for the physics of decay or transition of particles.
2. Anomalies are bad for the theory: More precisely, anomalies are bad for perturbative quantum gauge theories. Then the anomalous Ward identities destroy the renormalizability and therefore, the consistency of the gauge theory. And also the unitarity of the S-matrix can be destroyed by anomalies. This happens if the basic symmetry is internal symmetry and the gauge fields are internal and quantized. Nevertheless, there are attempts to live within the framework of anomalous (nonperturbative) theories.

Chapter 1. Chiral symmetry

QCD-Lagrangian takes the form:

$$L = L_{\text{QCD}} + L_{\text{M}} = \bar{q}\mathcal{D}q \quad (1)$$

The left and right handed quark fields are defined

$$q_R = \frac{1}{2}(1 + \gamma_5)q \text{ and } q_L = \frac{1}{2}(1 - \gamma_5)q \quad (2)$$

Then defining the quark mass matrix: $M = \text{diag}(m_u, m_d, m_s)$, in fact, there is a larger symmetry than the flavor symmetry, when the masses of quarks are zero or not, more precisely, to obtain a group of chiral symmetry:

$$G = SU(3)_L * SU(3)_R * U(1)_V * U(1)_A \quad (3)$$

Где $q_R \rightarrow g_R q_R, g_R \in SU(3)_R$

$$q_L \rightarrow g_L q_L, g_L \in SU(3)_L \quad (4)$$

Chapter 2. Lower order chiral perturbation theory

The phenomenology of strong interactions at low energies can be well described through the effective Lagrangian, which includes $SU(3)_L * SU(3)_R$ chiral symmetry in QCD. This symmetry is spontaneously broken to its vector subgroup. There are then 8 Goldstone bosons, which can be identified with the physical π , K , and η mesons considering the effect of the apparent violation of chiral symmetry by the mass of quarks. But here we work in the chiral limit, and all effects associated with the apparent masses of quarks are neglected. Goldstone bosons can be described by a $3 * 3$ unitary matrix Σ , the parameterization of Σ in terms of the physical pseudoscalar mesons: $\Sigma = \exp\left(\frac{2i}{f}M\right)$, where f is a free constant [3,4].

$$M = \begin{pmatrix} \frac{\pi^0}{\sqrt{2}} + \frac{\eta_8}{\sqrt{6}} & \pi^+ & K^+ \\ \pi^- & -\frac{\pi^0}{\sqrt{2}} + \frac{\eta_8}{\sqrt{6}} & K^0 \\ K^- & \bar{K}^0 & -\sqrt{\frac{2}{3}}\eta_8 \end{pmatrix} \quad (5)$$

The Lagrangian can be expanded in powers of external momenta and fields [3,4]. Here vector fields and momenta have the order $O(p)$. In the lowest order $O(p^2)$ there is only one term:

$$L_2 = \frac{f^2}{8} \text{tr} D_\mu \Sigma D^\mu \Sigma^\dagger \quad (6)$$

The covariant derivative is defined in terms of left and right external vector fields $D_\mu \Sigma = \partial_\mu \Sigma + iL_\mu \Sigma - i\Sigma R_\mu$, vector fields transform under chiral symmetry as

$$\begin{aligned} L_\mu &\rightarrow U_L L_\mu U_L^\dagger - iU_L \partial_\mu U_L^\dagger \\ R_\mu &\rightarrow U_R R_\mu U_R^\dagger - iU_R \partial_\mu U_R^\dagger \end{aligned} \quad (7)$$

It is easy to check that L_2 is invariant with respect to chiral symmetry with these transformations. The full action of the lower order is determined by:

$$\begin{aligned} S &= \int d^4x L_2 - N_C S_{WZ} \\ \text{where } S_{WZ} &= \frac{i}{240\pi^2} \int d^4x \epsilon^{ijklm} \text{tr}(\Sigma \partial_i \Sigma^\dagger \partial_j \Sigma^\dagger \partial_k \Sigma^\dagger \partial_l \Sigma^\dagger \partial_m \Sigma^\dagger) + \\ &\quad \frac{i}{48\pi^2} \int d^4x \epsilon^{\mu\nu\alpha\beta} Z_{\mu\nu\alpha\beta} \end{aligned} \quad (8)$$

2.1 Effective Lagrangian with normal parity

The general method is the functional integral for fermions, which are regulated by the proper time method [5]. The corresponding formulas will be briefly repeated here. Action in Euclidean space can be written

$$L = L_{\text{QCD}} + L_{\text{M}} = \bar{q} \mathcal{D} q \quad (9)$$

where

$$\begin{aligned} \mathcal{D} &= \gamma_\mu D_\mu + \mathcal{M}, \\ D_\mu &= \partial_\mu + i g_s G_\mu + i L_\mu P_L + i R_\mu P_R \\ \mathcal{M} &= -m_Q (\Sigma^+ P_L + \Sigma P_R) \\ P_L &= \frac{1}{2} (1 - \gamma_5) \quad P_R = \frac{1}{2} (1 + \gamma_5) \end{aligned} \quad (10)$$

For convenience, we also define $\mathcal{D}^+ \mathcal{D} = -D^2 + Y + m_Q^2$

$$Z_{\mu\nu} = D_\mu D_\nu - D_\nu D_\mu \quad (11)$$

where it is corresponded as

$$\begin{aligned} Y &= -\gamma_\mu D_\mu \mathcal{M} + \sigma_{\mu\nu} Z_{\mu\nu} \\ \sigma_{\mu\nu} &= -1/4 (\gamma_\mu \gamma_\nu - \gamma_\nu \gamma_\mu) \\ Z_{\mu\nu} &= i L_{\mu\nu} P_L + i R_{\mu\nu} P_R \\ L(R)_{\mu\nu} &= \partial_\mu L(R)_\nu - \partial_\nu L(R)_\mu + i [L(R)_\mu, L(R)_\nu] \\ D_\mu \mathcal{M} &= -m_Q (D_\mu \Sigma^+ P_L + D_\mu \Sigma P_R) \\ D_\alpha Z_{\mu\nu} &= i D_\alpha L_{\mu\nu} P_L + i D_\alpha R_{\mu\nu} P_R \end{aligned} \quad (12)$$

The effective action at low energies is determined by integrating the quarks from the functional integral[6,7]:

$$\exp(\Gamma_E(\Sigma, L_\mu, R_\nu)) = \int [dq][d\bar{q}] \exp(\int d^4x L_{\text{QCD}}). \quad (13)$$

Hence one can naively determine the real part Γ^+ and the imaginary part Γ^- . Then we get:

$$\begin{aligned} \Gamma^+ &= -\frac{N_c}{32\pi^2} \int d^4x \text{tr} \left\{ m_Q^2 \ln \left(\frac{\mu^2}{m_Q^2} \right) 2D_\mu \Sigma^+ D_\mu \Sigma - i (D_\mu \Sigma D_\nu \Sigma^+ L_{\mu\nu} + D_\mu \Sigma^+ D_\nu \Sigma R_{\mu\nu}) + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{3} D_\mu \Sigma^+ D_\mu \Sigma D_\nu \Sigma^+ D_\nu \Sigma - \frac{1}{6} D_\mu \Sigma^+ D_\nu \Sigma D_\mu \Sigma^+ D_\nu \Sigma - \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{3} D_\mu D_\nu \Sigma^+ D_\mu D_\nu \Sigma \right\} \end{aligned} \quad (14)$$

2.2 Effective Lagrangian with anomalous parity

Extend the methods used above in the effective action containing $\epsilon_{\mu\nu\alpha\beta}$, but a direct definition of the expression of the proper time method for the determinant is

not possible due to ambiguities in the regularization procedure. We will use the definition given by Ball [8] by subtracting the constant from the effective action. Here we subtract the effective action $\mathcal{D} = \gamma_\mu \partial_\mu - m_Q$. We define then the group $\mathcal{D}(t) \subset \mathcal{D}(1) = \mathcal{D}$ and $\mathcal{D}(0) = \gamma_\mu \partial_\mu - m_Q$. and recalling that $\delta \ln \det A = \text{tr} \delta A A^{-1}$ it leads to

$$\Gamma^- = - \int_0^1 dt \int d^4x \text{tr} \left(\frac{\partial \mathcal{D}^+}{\partial t} \mathcal{D}^{+-1} \right)_{-\epsilon} \quad (15)$$

Using $\mathcal{D}^{+-1} = \mathcal{D}(\mathcal{D}^+ \mathcal{D})^{-1}$ and $A^{-1} = \int_0^\infty d\tau \exp(-\tau A)$, we have

$$\Gamma^- = - \int_0^1 dt \int d^4x \int_0^\infty d\tau \left\{ \text{tr} \left(\frac{\partial \mathcal{D}^+}{\partial t} \mathcal{D} e^{-\tau \mathcal{D}^+ \mathcal{D}} \right)_{-\epsilon} \right\} \quad (16)$$

Then we replace the exponent with its Seeley-DeWitt expansion and perform the integration explicitly. Then the final result is:

$$\Gamma^- = \Gamma_{WZ} + \int d^4x \sum_{n=3}^\infty \sum_{r=1}^\infty \frac{(n-2)!}{32\pi^2 r} \left[\frac{1}{m_Q^{2n-2}} \text{tr} \gamma_\mu \overline{D}_\mu a_n \widehat{\mathcal{M}} \right]_{r\epsilon} \quad (17)$$

Chapter 3. Calculation of the effective action of order $\mathcal{O}(p^6)$ with anomalous parity

Here, only the terms from $\overline{D}_\mu a_3, \overline{D}_\mu a_4, \overline{D}_\mu a_5$ can make contributions, $\overline{D}_\mu a_3$ is invested in the process with an imaginary 2 external vector field and 1 pseudoscalar meson, $\overline{D}_\mu a_4$ is minimally 1 external field and 3 pseudoscalar scalars, $\overline{D}_\mu a_5$ -process is minimal with 5 pseudoscalar scalars

1) $\overline{D}_\mu a_5$: put $Y = -\gamma_\mu D_\mu \mathcal{M}$ then after some operation:

$$\begin{aligned} & \text{tr} \gamma_\mu \overline{D}_\mu a_5 \widehat{\mathcal{M}} \\ &= \frac{(-1)^5}{360} \text{tr} \left[2\gamma_\mu \gamma_\nu D_\nu \mathcal{M} \gamma_\alpha D_\alpha \mathcal{M} \gamma_\beta D_\beta \mathcal{M} \gamma_\gamma D_\gamma \mathcal{M} \gamma_\delta D_\delta \mathcal{M} \widehat{\mathcal{M}} \right. \\ & \quad \left. - 2\gamma_\mu \gamma_\delta D_\delta \mathcal{M} \gamma_\nu D_\nu \mathcal{M} \gamma_\alpha D_\alpha \mathcal{M} \gamma_\beta D_\beta \mathcal{M} \gamma_\gamma D_\gamma \mathcal{M} \widehat{\mathcal{M}} + \dots \right] \quad (18) \end{aligned}$$

which is proportional to

$$- \frac{16}{360} \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \text{tr} (\mathcal{M} D^2 \widehat{\mathcal{M}} D_\mu \mathcal{M} D_\nu \widehat{\mathcal{M}} D_\alpha \mathcal{M} D_\beta \widehat{\mathcal{M}}) \quad (19)$$

-vanishes due to the equation of motion for mesons, then the contribution:

$$\Gamma^-(a_5) = \frac{N_C}{32\pi^2} \int d^4x - \frac{\epsilon_{\mu\nu\alpha\beta}}{30} \text{tr} \{ (\Sigma D_\gamma D_\mu \Sigma^+ - D_\gamma D_\mu \Sigma \Sigma^+) D_\nu \Sigma (D_\alpha \Sigma^+ D_\gamma \Sigma - D_\gamma \Sigma^+ D_\alpha \Sigma) D_\beta \Sigma^+ \} \quad (20)$$

3) $\overline{D}_\mu a_4$:

$$\begin{aligned}
\Gamma^-(a_4) = & \frac{N_c}{32\pi^2 m_Q^2} \int d^4x \frac{i}{180} \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \text{tr} \{ 2(D_\gamma R_{\gamma\mu} + \Sigma^+ D_\gamma L_{\gamma\mu} \Sigma) D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ \Sigma - \\
& 3(D_\gamma R_{\mu\nu} + \Sigma^+ D_\gamma L_{\mu\nu} \Sigma) D_\alpha \Sigma^+ D_\gamma \Sigma D_\beta \Sigma^+ \Sigma + R_{\mu\gamma} [20D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma \Sigma^+ D_\gamma D_\beta \Sigma - \\
& 20D_\gamma D_\beta \Sigma - 20D_\gamma D_\nu \Sigma^+ \Sigma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma - 2D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+ \Sigma + \\
& 2\Sigma^+ D_\gamma D_\nu \Sigma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma - 8D_\nu \Sigma^+ (\Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ - D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+) D_\beta \Sigma] - \\
& L_{\mu\gamma} [20D_\nu \Sigma D_\alpha \Sigma^+ - 20D_\gamma D_\nu \Sigma \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ - 2D_\nu \Sigma D_\alpha \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\nu \Sigma^+ + \\
& 2\Sigma D_\gamma D_\nu \Sigma^+ D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ - 8D_\nu \Sigma (\Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma - D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma) D_\beta \Sigma^+] + \\
& 3R_{\mu\nu} [D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma D_\beta \Sigma^+ D_\gamma \Sigma + c \Sigma^+ D_\gamma D_\beta \Sigma \Sigma^+ D_\gamma \Sigma - D_\nu \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma - \\
& D_\gamma \Sigma D_\gamma \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+] - 3L_{\mu\gamma} [D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+ D_\beta \Sigma D_\gamma \Sigma^+ + D_\alpha \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+ \Sigma D_\gamma \Sigma^+ - \\
& D_\gamma \Sigma \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ - D_\gamma \Sigma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\beta \Sigma^+] - 2D^2 D_\mu \Sigma \{ R_{\nu\alpha} \Sigma^+ - \\
& \Sigma^+ L_{\nu\alpha} \Sigma D_\beta \Sigma^+ \} + 2D^2 D_\mu \Sigma^+ \{ L_{\nu\alpha} \Sigma - \Sigma R_{\nu\alpha} \Sigma^+ D_\beta \Sigma \} + \\
& i2D_\mu D_\gamma D_\nu \Sigma [2D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma D_\beta \Sigma^+ + 2D_\beta \Sigma^+ \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ + \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma D_\beta \Sigma^+ + \\
& D_\beta \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+] - i2D_\mu D_\gamma D_\nu \Sigma^+ [2D_\gamma D_\alpha \Sigma \Sigma^+ D_\beta \Sigma + 2D_\beta \Sigma \Sigma^+ D_\gamma D_\alpha \Sigma + \\
& \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ D_\beta \Sigma + D_\beta \Sigma D_\gamma D_\alpha \Sigma^+ \Sigma] \} \quad (21)
\end{aligned}$$

The full expression of the order $O(p^6)$ of the effective action (10) with anomalous proper parity is the sum of equations (38), (39) and (40). And it should be borne in mind that the above equations are in Euclidean quantities. The transition in Minkowski can be done simply through the Wick rotation.

Conclusion

In this work, corrections of the order of $O(P^2)$ and $O(P^6)$ were calculated according to the QCD model to a low-energy effective Lagrangian with normal and anomalous eigen parities. In the future, the obtained effective action is used to obtain several phenomenological values of the parameter.

References

1. J. Balog, Phys. Lett. B149 (1984) 197
2. J. Zuk, Z. Phys. C29 (1985) 303
3. J. Gasser and H. Leutwyler, Nucl. Phys. B250 (1985) 465
4. J. Gasser and H. Leutwyler, Ann. Phys. (N.Y.) 158 (1984) 142
5. E. D'Hoker and E. Farhi, Nucl. Phys. B248 (1984) 59
6. K. Fujikawa and M. Ishibashi, Nucl. Phys. B 605 (2001) 365.
7. E. Witten, Nucl. Phys. B223 (1983) 422
8. R.D. Ball, Phys. Rep. 182 (1989) 1
9. J. Wess and B. Zumino, Phys. Lett. B37 (1971) 98
10. J. Bijnens, Nuclear Physics B 367 (1991) 709—730