

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

Институт Физико-технический институт (ФТИ)
Специальность Физика атомного ядра и частиц
Кафедра Прикладная физика (ПФ)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЕТАТРОНА	

УДК 621.384.634.3.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Б	Модебадзе Георгий Славович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник Лаборатория №42 "Сильноточных бетатронов "	Шестак Александр Павлович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Тухватулина Лилия Равильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ПФ ФТИ ТПУ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ ФТИ ТПУ	Вагнер Александр Рудольфович	к.ф.-м. н.		

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

Институт Физико-технический институт
Направление Ядерные физика и технологии
Кафедра Прикладная физика

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ПФ ФТИ

_____ А.Р. Вагнер
(Дата) (Подпись)

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0A2B	Модебадзе Георгию Славовичу

Тема работы:

Измерение и численное моделирование магнитного поля поворотных магнитов	
Утверждена приказом директора ФТИ	от 16.02.2016 №1237/С

Дата сдачи студентом выполненной работы	15.06.16
---	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	3D-модель инжектора бетатрона
Перечень подлежащих к исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор литературных источников по исследуемой тематике; выбор методов исследования; написание численного кода; проведение моделирования; анализ полученных результатов; экономическая часть бакалаврской работы (Расчет себестоимости НИОКР); социальная ответственность.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к. фил. наук Тухватулина Л.Р.
Социальная ответственность	Ассистент каф. ПФ, к. ф.-м. н. Гоголева Т.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник Лаборатория №42 "Сильноточных бетатронов "	Шестак А.П.			01.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Б	Модебадзе Г.С.		01.03.2016

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

Институт Физико-технический институт
 Направление Ядерные физика и технологии
 Кафедра Прикладная физика
 Период выполнения весенний семестр 2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.16
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
8.03.15	Составление и утверждение технического задания	5
4.04.15	Подбор и изучение материалов по теме	10
1.05.15	Выбор направления исследования	5
30.05.15	Разработка численного кода и проведение моделирования	40
9.06.15	Анализ и описание результатов	30
15.06.16	Подготовка к защите ВКР	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник Лаборатория №42 "Сильноточных бетатронов "	Шестак А.П.			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ	Вагнер А.Р.	к.ф.- м.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
0A2Б	Модебадзе Георгию Славовичу

Институт	ФТИ	Кафедра	Прикладная Физика
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Структура работ в рамках научного исследования 2. Определение трудоемкости выполнения работ 3. Разработка графика проведения научного исследования 4. Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 4.1. Расчет материальных затрат НТИ 4.2. Расчет затрат на специальное

	<i>оборудование для научных работ</i> <i>4.3. Основная заработная плата исполнителей темы</i> <i>4.4. Отчисления на социальные нужды</i> <i>4.5. Накладные расходы</i> <i>4.6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</i>
2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта</i>
Перечень графического материала:	
1. <i>Календарный график проведения исследования в виде диаграммы Ганта</i> 2. <i>Бюджет проекта</i>	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тухватулина Л.Р.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Б	Модебдазе Г.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Б	Модебадзе Георгию Славовичу

Институт	ФТИ	Кафедра	ПФ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.80.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	– электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	– действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</i>	– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.05.16
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ПФ ФТИ ТПУ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Б	Модебадзе Г.С.		

Оглавление

АННОТАЦИЯ.....	11
ВВЕДЕНИЕ	13
1. Основы теории бетатрона.....	14
1.1 Описание физических принципов работы бетатрона.	14
1.2 Состав современного бетатрона.	17
2.1 Суть проблемы повышения интенсивности тормозного излучения бетатрона.	21
2.2 Пути решения проблемы повышения интенсивности тормозного излучения.	22
3. Численное моделирование	23
3.1 Программное обеспечение для моделирования.....	23
3.2 Описание существующей конструкции инжектора.	24
3.3 Математическое моделирование	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	30
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	31
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	31
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	32
4.1.3 SWOT-анализ.....	34
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	38
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	38
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	41
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	42
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	46
4.2.5 Расчет материальных затрат НТИ	47
4.2.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	48
4.2.7 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	50
4.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	51
4.2.9 Затраты на научные и производственные командировки	52

4.2.10	Контрагентные расходы	52
5.2.11	Накладные расходы.....	54
5.2.12	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	54
5.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	55
5	Социальная ответственность.....	56
5.1	Анализ опасных и вредных факторов.....	57
5.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ...	59
5.2.1.	Организационные мероприятия.....	59
5.2.2.	Технические мероприятия.....	59
5.2.3.	Условия безопасной работы.....	62
5.3	Электробезопасность	65
5.4	Противопожарная безопасность.....	66
	Список используемой литературы	69

АННОТАЦИЯ

Тормозное излучение благодаря своим свойствам используется в различных областях в настоящее время. Одним из источников данного вида излучения является бетатрон. В данной работе будет рассмотрен непосредственно инжектор бетатрона. Одним из важных исследований в области тормозного излучения является увеличение интенсивности тормозного излучения. Существует два способа увеличения интенсивности тормозного излучения, с помощью повышения частоты следования импульсов работы бетатрона и повышения напряжения инжекции.

В настоящей работе представлены результаты численного моделирования электронно-оптических свойств инжектора бетатрона и проведен анализ полученных данных. Результаты работы могут быть полезными при проектировании бетатронов, используемых для генерации тормозного излучения.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 70с., 14рис., 14 табл., 12 источников, 0 прил.

Ключевые слова: тормозное излучение, инжектор, моделирование, бетатрон.

Объектом исследования является: инжектор электронов для бетатронной ускорительной камеры.

Цель работы - исследование возможности повышения интенсивности тормозного излучения с помощью повышения напряжения инъекции.

В процессе исследования проводилось компьютерное моделирование (с помощью метода конечных разностей) конфигурации электрических полей и траекторий движения электронов в этих полях.

В результате исследования было сделано заключение о невозможности повышения напряжения в данной конструкции инжектора.

Степень внедрения: в настоящее время предмет исследования находится в стадии теоретической проработки.

Область применения: Радиационные методы неразрушающего контроля.

Экономическая эффективность/значимость работы на данный момент не установлена, так как предмет исследования находится в стадии теоретической проработки.

В будущем планируется создать более эффективную модель инжектора бетатрона.

ВВЕДЕНИЕ

Среди большого количества ускорителей заряженных частиц, которые применяются в научных и практических целях, бетатрон – индукционный ускоритель электронов занимает особую нишу. Бетатроны применяются в радиационных методах неразрушающего контроля. Бетатрон единственный успешно действующий циклический индукционный ускоритель. В связи с этим задача модернизации бетатронов и улучшения их дозовых характеристик продолжает оставаться актуальной.

1. Основы теории бетатрона.

1.1 Описание физических принципов работы бетатрона.

Бетатрон – циклический индукционный ускоритель электронов, в котором энергия частиц увеличивается за счёт вихревого электрического поля, создаваемого изменяющимся магнитным потоком, пронизывающим орбиту частиц.

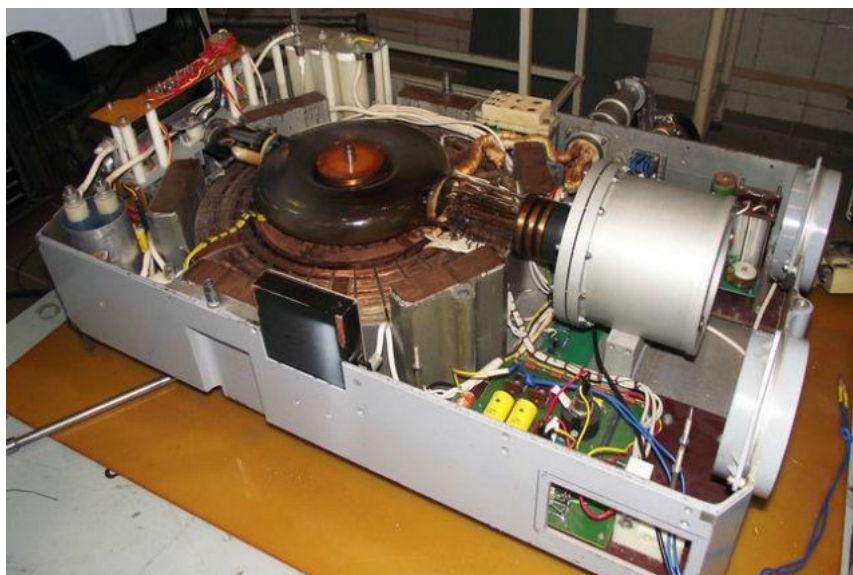


Рис.1 Современный бетатрон.

Цикл работа бетатрона состоит из нескольких этапов:

Первый этап – инжекция электронов – это процесс ввода в ускорительную камеру пучка электронов, с начальной энергией E_i , соответствующей напряженности магнитного поля в момент инжекции. Чтобы соблюдать условия для захвата частиц на круговую орбиту и их ускорения используют высоковольтный источник [1].

Второй этап – ускорение электронов – занимает почти все время рабочего цикла бетатрона, при этом электроны достигают определенного рассчитанного значения энергии.

Третий этап – смещение пучка электронов – пучок, достигший конечного значения энергии, либо смещают с равновесной орбиты на мишень для получения тормозного излучения, либо выводят за пределы ускорительной камеры бетатрона.

Самое важное для нормальной работы бетатрона – это магнитное поле, поэтому большое значение имеет расчет и конструирование электромагнита бетатрона.

В бетатроне используется быстро нарастающее магнитное поле, которое выполняет несколько функций:

- 1) направляет пучок по нужной траектории
- 2) создаёт ускоряющее вихревое электрическое поле
- 3) обеспечивает слабую фокусировку.

Пучок циркулирует в тороидальной вакуумной камере, сделанной из стекла, покрытой изнутри тонкой проводящей плёнкой, которая предотвращает накопления электрического заряда. Из выражения для силы Лоренца можно получить связь между импульсом частицы p , магнитным полем B на орбите пучка и радиусом кривизны r : $pc = eBr$, где c — скорость света, e — заряд электрона. Величина $B \cdot r$ — это магнитная жёсткость частиц. Используя уравнение Максвелла (при изменении магнитного поля) можно связать электрическое и магнитное, выражение для электромагнитной индукции и закон Ньютона: $\frac{dp}{dt} = \frac{1}{c} \frac{e}{2\pi r} \frac{\partial \Phi}{\partial t}$, откуда следует связь между ведущим полем на орбите пучка и потоком, охватываемым орбитой:

$\Delta \Phi = 2\pi r^2 B$, так называемый «Закон 2:1». Это бетатронное соотношение заключается в том, что в любой момент времени ускорения частиц магнитное поле на равновесной орбите должно быть в два раза меньше среднего магнитного поля внутри орбиты. В этом случае увеличение энергии частиц будет синхронно следовать за увеличением магнитного поля на орбите. В ином случае, орбита в процессе ускорения не оставалась бы постоянной [2].

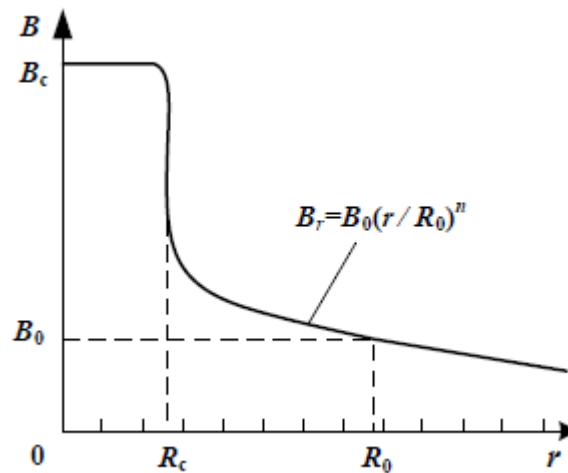


Рис.2 Распределение магнитного поля по радиусу.

Во время движения электрона в магнитном поле, он непрерывно подвергается воздействию индуцированного вихревого электрического поля. За каждый оборот по орбите электрон получает небольшой прирост энергии, определяемый напряженностью электрического поля, но так как он проделывает большое количество оборотов - энергия возрастает до больших значений. Во время ускорения электроны проходят огромный путь в ускорительной камере, поэтому для устойчивости движения электронов по равновесной орбите необходимо, чтобы магнитное поле было спадающим по радиусу. При этом для обеспечения поперечной устойчивости электроном на равновесной орбите показатель спада магнитного поля должен находиться в пределах от нуля до единицы. Это поле обеспечивается особой формой полюсных наконечников (воздушный зазор увеличивается от центра к периферии) [2].

Основным этапом, который в значительной степени определяет значение ускоряемого заряда, т. е. эффективность работы бетатрона, является процесс инжекции электронов. Захват электронов в ускорение и формирование на равновесной орбите сфокусированного пучка ускоряемых электронов происходит в момент времени $t_1 - t_2$, $0-t_5$ – время нарастания

магнитного поля B , t_5-t_6 – время спада магнитного поля, t_6-t_7 – пауза между циклами, T – период. (Рис.3)

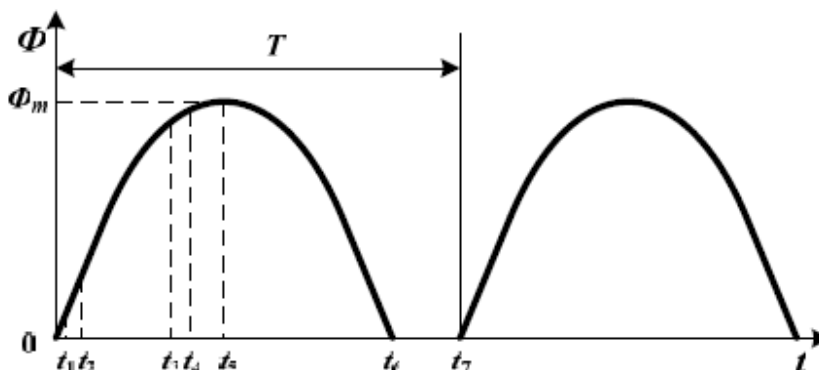


Рис.3 Рабочий цикл бетатрона.

1.2 Состав современного бетатрона.

Современный бетатрон имеет следующий состав:

- 1) Блок питания служащий для генерации импульсного тока в силовом контуре бетатрона (под силовым контуром понимается электромагнит и батарея конденсаторов).

Используют именно импульсную схему питания, т.к. есть значительное преимущество - небольшой объем конденсаторной батареи электромагнитного контура, но существует и недостаток – повышенный уровень шума во время работы, например, поэтому такую схему не используют в медицинских бетатронах.

Эффективность таких схем может быть повышена как за счет создания более энергоемких конденсаторов, так и за счет совершенствования систем коммутации энергии, использования наиболее экономичных режимов работы изоляции емкостных накопителей и формирования в индуктивной нагрузке импульсов тока, имеющих наименьшее эффективное значение для заданной

энергии магнитного поля. Системы питания во многом определяют экономические, технические и качественные характеристики ускорителей, поэтому выбору оптимального схемного и конструктивного решения систем питания уделяется особое внимание [1].

2) Электромагнит излучателя бетатрона с профильными полюсами, который обеспечивает спадающее магнитное поле для захвата и ускорения пучка электронов.

3) Ускорительная вакуумная камера, состоящая из стеклянного тороидального баллона с инжектором и геттерным насосом внутри, обеспечивающая область пониженного давления для движения пучка электронов.

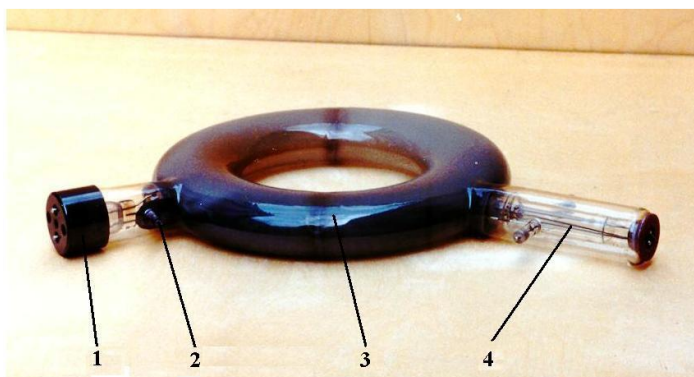


Рис.4 Ускорительная камера (общий вид).

1 – геттерный узел; 2 – вывод проводящего слоя; 3 – баллон камеры; 4 – инжектор с мишенью.

Для отпаянных камер в качестве проводящего покрытия применяется полупроводниковая пленка на основе двуокиси олова. Пары двухлористого олова омывают внутреннюю поверхность камеры, происходит гидролиз, в результате которого на поверхности стекла получается полупроводниковая пленка. Тормозное излучение генерируется при сбросе ускоренных электронов на мишень. В качестве мишени используются материалы с высоким атомным номером Z . Для этих целей в отечественных бетатронах применяется вольфрам ($Z = 74$), в бетатронах фирмы Brown-Bowery –

платина ($Z = 78$). Место расположения мишени определяет направление выхода тормозного излучения из камеры. Источником электронов в бетатроне, создающим сформированный пучок, служит электронная пушка – инжектор. Основная часть источника электронов – прямонакальный эмиссионный катод, поверхность которого эмиттирует электроны. Он расположен внутри фокусирующего электрода, который имеет такой же электрический потенциал, как и сам катод. Электрическое поле в промежутке анод – катод ускоряет эти электроны, формирует пучок и направляет его далее в ускорительную камеру. Все три электрода – катод, фокусирующий электрод и анод – монтируются при помощи молибденовых держателей на стеклянном цоколе камеры [1].

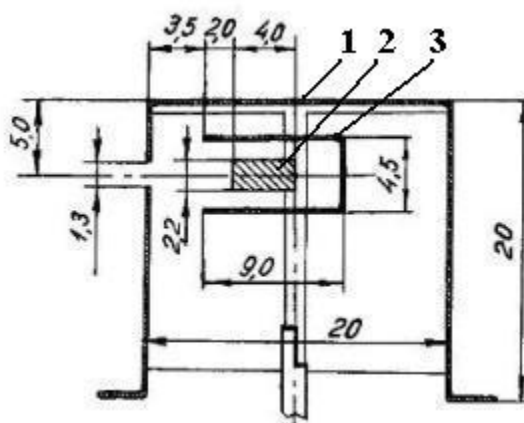


Рис.5 Инжектор типа Керста на 70 кэВ.

1 – анод; 2 – катод; 3 – фокусирующий электрод.

4) Блок инжекции, состоящий из двух частей: источника высоковольтного напряжения и источника тока накала. Источник высоковольтного напряжения делится еще на две составляющие – генератор импульсного тока и высоковольтный импульсный трансформатор, с которого и подается импульс на сам инжектор. Источник тока накала тоже состоит из двух частей – накального трансформатора с высоковольтной изоляцией и генератора переменного тока с повышенной частотой (около 1000-1500 Гц).

Благодаря генератору с повышенной частотой можно уменьшить габариты трансформатора.

5) Блок смещения, состоящий из дополнительной обмотки смещения и генератора импульсов тока, добавляющий энергию электронам для увеличения орбиты, что в конечном итоге приводит к падению пучка на мишень.

6) Блок контрактора, который почти идентичен блоку смещения, но дающий более короткие импульсы и обеспечивающий скачкообразное изменение магнитного поля в фазе инжекции, что при определенных условиях увеличивает эффективность захвата.

7) Пульт управления, служащий для включения и отключения излучения и ввода/вывода рабочих параметров.

8) Цифровая система управления, обеспечивающая синхронизацию процесса ускорения.



Рис.6 Малогабаритный бетатрон типа МИБ-7.5 (1 – излучатель; 2 – блок питания; 3 – пульт управления; 4 – выносной дозиметр).

Пульт управления и излучатель должны быть разнесены на расстояние, обеспечивающее безопасность обслуживающего персонала. Соединения между блоками осуществляются с помощью электрических кабелей.

2.1 Суть проблемы повышения интенсивности тормозного излучения бетатрона.

Тормозное излучение - электромагнитное излучение, испускаемое заряженной частицей при её рассеянии (торможении) в электрическом поле. Интенсивность тормозного излучения имеет единицу измерения Грей/мин. или Рад/мин. и измеряется на расстоянии 1м от мишени.

Практически все, без исключения, методы неразрушающего контроля требуют повышения интенсивности излучения. Поэтому одной из наиболее важных проблем при разработке бетатронов является повышение этой интенсивности [3].

Методы радиационного контроля, в которых в качестве источника проникающего излучения применяются бетатроны, различаются способами детектирования и представления дефектоскопической информации и соответственно делятся на:

- радиографические (промышленная дефектоскопия);
- радиоскопические (радиационная интроскопия);
- методы компьютерной томографии.

Выбор конкретного метода радиационного контроля зависит от параметров контролируемого объекта и требований технического задания на обследование данного объекта. Все эти методы радиационного контроля характеризуются временем экспозиции, которая зависит от дозовых характеристик бетатрона [1].

Чтобы набрать дозу, требуемую, например, для радиационного контроля какого-либо транспорта или изделия, требуется время, а для уменьшения этого времени (времени экспозиции) нужно увеличить мощность дозы, которая соответственно увеличится при повышении интенсивности тормозного излучения.

2.2 Пути решения проблемы повышения интенсивности тормозного излучения.

Существует два варианта решения данной проблемы:

1) повышение частоты следования импульсов;

Увеличение частоты следования импульсов излучения обеспечивает линейный рост интенсивности излучения (в единицу времени) с ростом частоты тока, питающего электромагнит установки. Максимальная частота следования импульсов излучения определяется режимами работы установки и тепловыми режимами электромагнита, т.к. с ростом частоты растут потери энергии в стали магнитопровода и в намагничивающей обмотке. Потери в стали состоят из потерь из-за вихревых токов и потерь на циклическое перемагничивание. Увеличить максимальную частоту следования импульсов излучения позволяет применение схем импульсного питания электромагнита и использование эффективных систем охлаждения элементов установки [4].

Повышение частоты следования импульсов излучения приводит к нагреву элементов с плохим теплоотводом (магнитной системы и самого инжектора) и как правило быстрому изнашиванию этих деталей, вплоть до полного прекращения своей работоспособности.

2) повышение напряжения инжекции

Для получения максимальной интенсивности излучения стремятся работать при возможно большем напряжении инжекции. Интенсивность излучения, создаваемая ускорителем, определяется числом захваченных в ускорение частиц. Силы магнитной фокусировки возрастают с увеличением напряженности магнитного полях [5]. Эти силы компенсируют силы кулоновского расталкивания электронов и позволяют создавать большую плотность электронов в пучке, т.е. увеличить число захватываемых в ускорение частиц, и, как следствие, выход излучения. Следовательно, для увеличения интенсивности излучения необходимо увеличить начальную энергию электронов. С увеличением напряжения инжекции увеличивается

предельный заряд Q , а, следовательно, растёт и ток I пучка, и выход излучения. Для каждой конструкции ускорителя существует максимальный ускоряемый заряд, определяемый фокусирующими силами магнитного поля и размерами междуполюсного пространства. Предел энергии инжекции обуславливается только техническими и экономическими соображениями [1].

3. Численное моделирование

3.1 Программное обеспечение для моделирования

Для исследования возможности повышения интенсивности тормозного излучения использованы пакеты программного обеспечения SolidWorks и CST Studio Suite. Модель инжектора имеет сложную структуру, поэтому геометрия была создана при помощи программы SolidWorks. С помощью программы CST было проведено моделирование электрических потенциалов инжектора и траектории частиц. Также проведено исследование зависимости коэффициента токопрохождения от глубины установки катода в фокусирующий электрод.

Результаты моделирования так же сохраняются в файл и возможен обмен данными с различными CAD системами. Одной из важнейших особенностей среды проектирования CST STUDIO SUITE является тесная интеграция нескольких методов моделирования и мощных возможностей управления. Одним из основных методов решения электромагнитных задач является метод конечного интегрирования. Данное программное обеспечение не требует никаких специальных знаний в области программирования [6].

Широкий набор модулей импорта/экспорта обеспечивает качественный обмен данными с различными CAD системами, причем импортированные структуры могут быть модифицированы, параметризованы и оптимизированы на этапах проектирования. Модели, разработанные в системах SOLIDWORKS и PTC Creo (Pro/E) импортируются в полностью параметризованном формате, что существенно повышает уровень интеграции процессов проектирования. Возможность импорта и экспорта

структурированной информации является фундаментальной основой взаимодействия потоков проектирования. Импорт топологий из EDA систем, в силу особенностей представления данных в них, приводит к появлению в структуре множества граней и зазоров малого размера, сильно усложняющих задачу моделирования. Пакет CST STUDIO SUITE включает сложную интеллектуальную процедуру чистки и автоматического восстановления импортируемой структуры, которая в комбинации с мощной системой построения сетки разбиения обеспечивает эффективное моделирование даже при изначально поврежденных CAD данных [7].

3.2 Описание существующей конструкции инжектора.

При помощи программы SolidWorks была создана 3D-модель инжектора бетатрона, которая представлена на рис.7

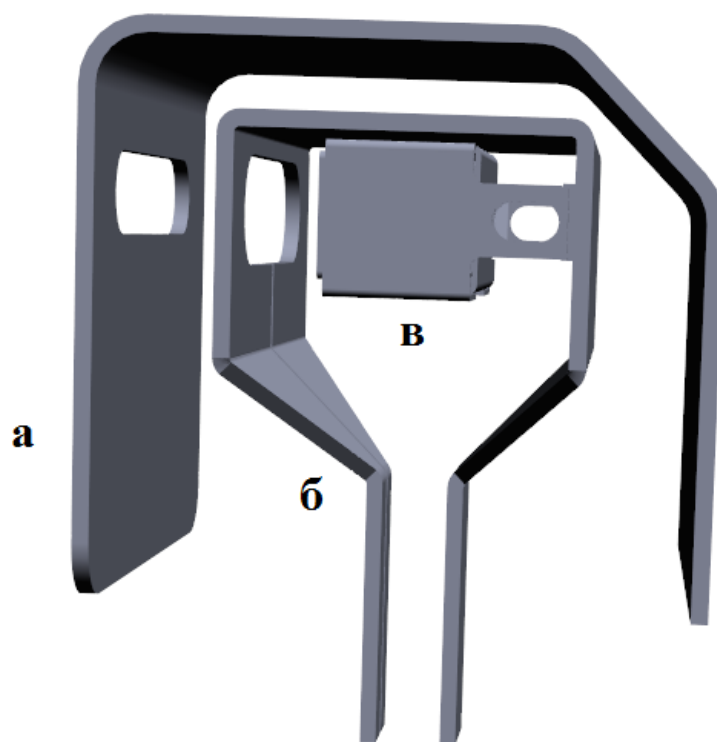


Рис.7 3D-модель инжектора бетатрона.

Инжектор состоит из анода (а), фокусирующего электрода (б) и катода (в).

Расстояние между анодом и фокусирующим электродом составляет 3мм.

Расстояние между фокусирующим электродом и катодом – 1.2мм

3.3 Математическое моделирование

Было проведено моделирование конфигурации электрических полей и выявлено, что данная конструкция инжектора не позволяет повысить напряжение инъекции. Ограничивающим параметром в данном случае является зазор(1мм) с наивысшей напряженностью электрического поля (рис.8). Опытным путем установлено, что при данной конструкции электродов электрическая прочность инжектора ограничивается значением в 45кВ. Таким образом существующая конструкция инжектора не позволит повысить интенсивность тормозного излучения при помощи простого повышения напряжения инъекции.

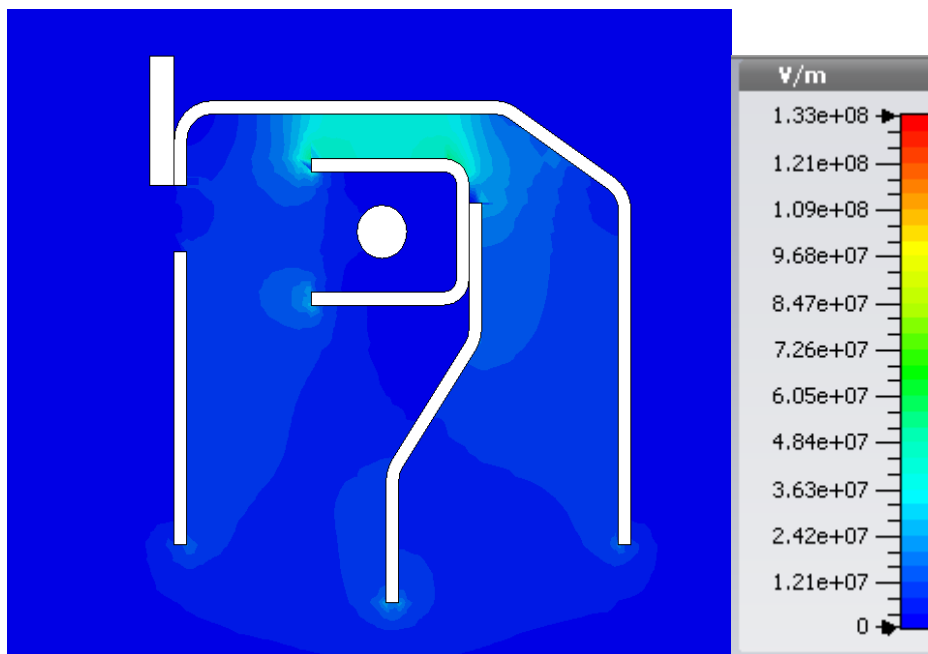


Рис.8 Распределение напряженности электрического поля в инжекторе.

По этой причине было принято решение дальнейшего исследования конструкции с целью нахождения дополнительных параметров, влияющих на интенсивность излучения.

Было проведено математическое моделирование (методом конечных разностей) конфигурации электрических полей и траекторий движения электронов в этих полях. Для того чтобы оценить электро-оптические

свойства инжектора было введено понятие коэффициент токопрохождения. Под коэффициентом токопрохождения в данном случае понимается отношение общего заряда электронов, преодолевших ускоряющий зазор инжектора к общему заряду электронов, вышедших из катода. Данная величина является практически измеримой и позволяет провести оценку качества сборки инжекторного узла.

В математической модели были заложены следующие электрические параметры: ток инжекции 1 А; ускоряющая разность потенциалов 40 кВ.

В результате пошагового моделирования был получен набор значений коэффициента токопрохождения K_i инжектора в зависимости от параметра a – глубины погружения эмитирующей поверхности катода в фокусирующий электрод. При этом отсчет расстояния a велся от выходной плоскости фокусирующего электрода до ближайшей поверхности цилиндрического катода (рис. 2). Величина параметра a в ходе моделирования изменялась в диапазоне от 0 до 2 мм с шагом 0,1 мм. Результат моделирования в графическом виде представлен на рис. 9.

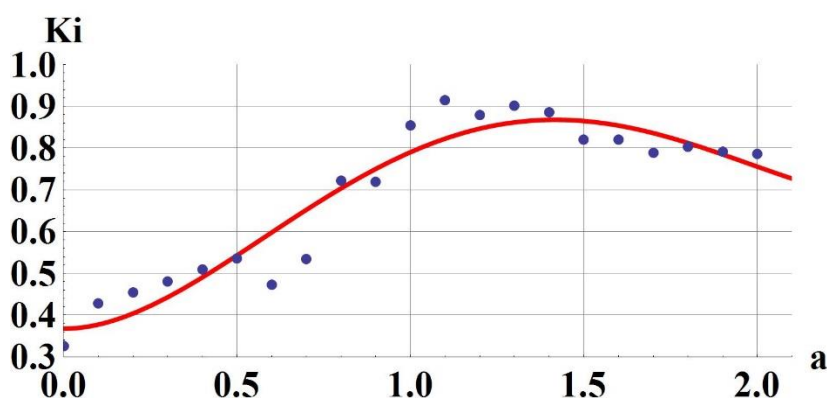


Рис. 9 Зависимость коэффициента токопрохождения от параметра a .

Хорошо видно, что максимум коэффициента токопрохождения приходится на глубину установки катода равную 1,1 мм и составляет 0,92, то есть на аноде теряется около 8% электронов. Важно отметить, что ток между фокусирующим электродом и анодом I_{fe} не равен току эмиссии с катода, так как часть электронов, вылетающих с катода, может испытывать

столкновения, как с самим катодом, так и с фокусирующим электродом. И число таких электронов растет с увеличением глубины установки катода (рис. 10), а величина тока I_{fe} уменьшается.

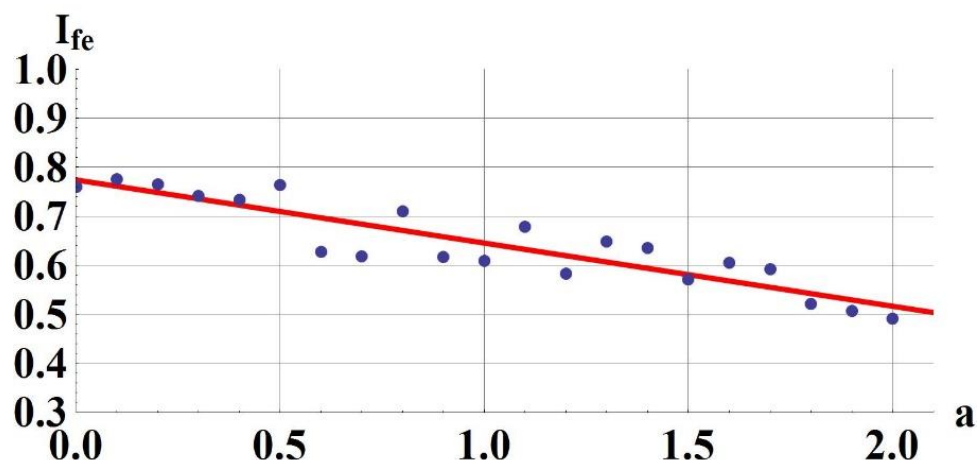


Рис. 10 Зависимость тока между фокусирующим электродом и анодом от параметра a .

В результате описанных процессов ток инжектора I_{inj} имеет следующую зависимость $I_{inj}(a)$, рис. 11, из которой видно, что максимальный ток инжектора приходится так же на глубину установки катода равную 1,1 мм.

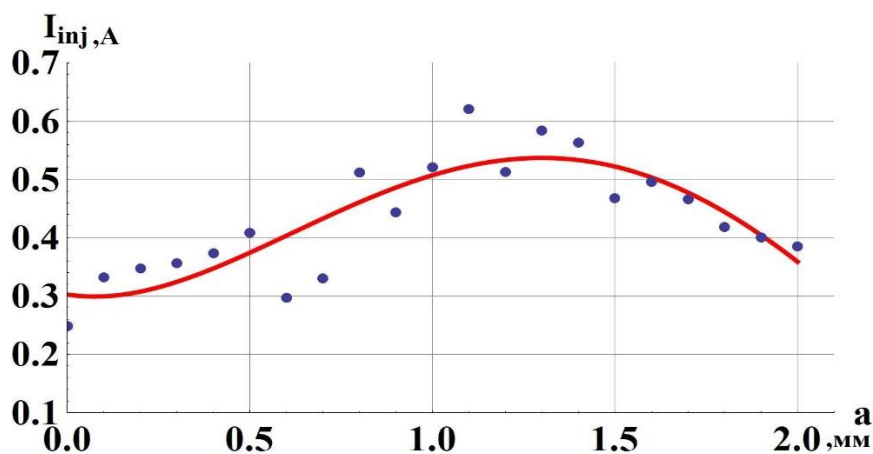


Рис. 11 Зависимость тока инжекции от параметра a .

Низкий уровень тока инжекции при глубине установки катода менее 1,1 мм объясняется преобладанием процессов столкновений электронов с

анодом. На рис. 12 показано распределение плотности тока инжектора в горизонтальной плоскости межполюсного пространства бетатрона при $\alpha = 0$. А спад при $\alpha > 1,1$ мм обусловлен возрастающим количеством столкновений электронов с катодом и фокусирующим электродом (рис. 13).

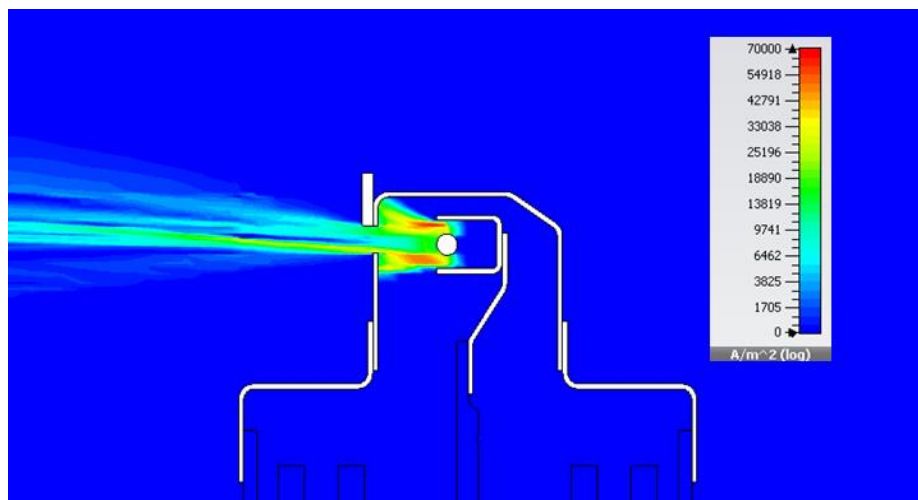


Рис. 12 Распределение плотности тока инжектора при $\alpha = 0$

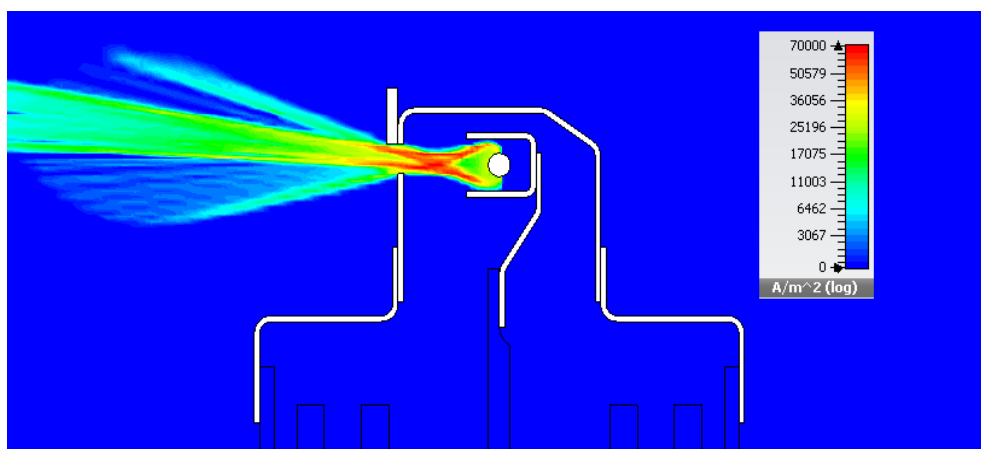


Рис. 13 Распределение плотности тока инжектора при $\alpha = 1,2$ мм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исследования возможности повышения интенсивности тормозного излучения от пучка бетатрона построена 3D модель инжектора в программе SolidWorks. Произведено моделирование конфигурации электрических полей при помощи программного обеспечения CST Studio.

Определено, что существующая конструкция инжектора не позволит повысить интенсивность тормозного излучения при помощи простого повышения напряжения инъекции, из-за слишком высокой напряженности электрического поля на одном из участков конструкции, что приводит к перегреву, и как следствие, деформации прямонакального катода инжектора. Предложен альтернативный путь решения поставленной задачи - исследование конструкции инжектора для нахождения дополнительных параметров, влияющих на интенсивность излучения.

Определено оптимальное положение катода ($a=1,1$ мм) в фокусирующем электроде, при котором наблюдается максимум коэффициента токопрохождения инжектора и, как следствие, максимальная интенсивность тормозного излучения.

Примечание: Способ, которым производится катод инжектора для бетатрона, включает в себя процесс карбидирования заготовки катода из вольфрам-ториевой проволоки. Степень карбидирования при этом должна быть не ниже значения, указанного в технических условиях (то есть она может отличаться от определённого ТУ значения в большую сторону). В результате такого производственного процесса конструктивная жёсткость катодов различна и соответствующая деформация из-за теплового расширения для отдельного катода не предсказуема.

Описанные в данной работе недостатки существующего сегодня инжектора бетатрона приводят напрямую или косвенно к крайне существенному разбросу основного параметра ускорительных камер – мощности дозы тормозного излучения.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

На сегодняшний день перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на вопросы: будет ли продукт востребован рынком; какова будет его цена; каков бюджет научного проекта; какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе проводилось исследование возможности повышения интенсивности тормозного излучения бетатрона, с помощью увеличения напряжения инжекции. Была создана модель инжектора бетатрона в программе SolidWorks и затем проведено численное моделирование характеристик тормозного излучения при помощи пакета программного обеспечения CST Studio Suite. На данном этапе говорить о коммерческом потенциале данного исследования рано. В связи с этим анализ потенциальных потребителей результатов сделан не был. Такое моделирование может быть полезным организациям, использующим ускорительную технику и нуждающимся в увеличении интенсивности тормозного излучения бетатрона. В качестве заинтересованных могут выступать организации, сфера деятельности которых затрагивает следующие области:

- В онкологических клиниках для проведения комбинированного лечения с интраоперационной лучевой терапией;
- Дефектоскопия;
- Таможенного контроля;
- В исследовательских целях институтов.

Бетатрон является ускорителем со слабой фокусировкой, вследствие чего конечная мощность дозы, как тормозного излучения, так и выведенного электронного (в случае медицинского бетатрона) сильно зависит от условий инжекции и захвата электронов в ускорение. Поэтому повышение стабильности и эффективности системы инжекции

бетатрона, в общем, и инжектора электронов в частности является очень важной задачей.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для проведения анализа конкурентоспособности разработки будет использоваться оценочная карта, приведенная в таблице 2. В качестве конкурирующих разработок были приняты: увеличение интенсивности тормозного излучения бетатрона, с помощью увеличения частоты следования импульсов излучения K_1 , улучшение техники ввода и механизма захвата электронов в режим ускорения K_2 . Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле

$$(12): \quad K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (12)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из данного анализа можно судить о явном преимуществе выбранного в данной работе метода.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{ϕ}	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							

1. Повышение производительности труда пользователя	0,22	5	3	1	1,1	0,66	0,22
2. Помехоустойчивость	0,1	4	2	1	0,4	0,2	0,1
3. Качество интеллектуального интерфейса	0,2	5	5	2	1	1	0,4
4. Надежность	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Потребность в ресурсах памяти	0,1	2	3	5	0,2	0,3	0,5
6. Простота эксплуатации	0,01	2	5	3	0,02	0,05	0,03
7. Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	1	0,2	0,2	0,05
8. Функциональная мощность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2. Уровень проникновения на рынок	0,01	1	2	5	0,01	0,02	0,05
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
4. Цена	0,01	5	5	3	0,05	0,05	0,03
Итого	1				4,38	3,57	2,68

Вывод: Метод увеличения интенсивности тормозного излучения, использованный в данной работе имеет преимущество перед конкурирующими разработками благодаря хорошей помехоустойчивости и надежности, и удобстве эксплуатации, но данный метод сложен в эксплуатации.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

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.

Сильными сторонами исследования тормозного излучения бетатрона, при помощи численного моделирования, расчет которого производится в программе CST можно назвать следующие свойства и особенности:

- возможность исследования тормозного излучения бетатрона с высокой точностью;
- небольшие расхождения результатов с известными исследованиями;
- простота эксплуатации.

Слабые стороны – 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.

Слабыми сторонами данной разработки можно назвать следующие свойства и особенности:

- трудность расчетов;

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.

К возможностям данного проекта можно отнести:

- свободный доступ программного обеспечения;
- многофункциональность программного обеспечения (использование для разнообразных задач);

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.

К угрозам можно отнести:

- поломка ЭВМ;
- отсутствие коммерческого интереса к проекту;
- погрешности расчётов из-за неверного выбора начальных условий.

В таблице 3 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	+	+
	B2	+	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» – сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» – слабое соотношение. Подобные матрицы были построены для анализа сильных сторон и угроз проекта, для анализа слабых сторон и возможностей проекта, а также для анализа слабых сторон и угроз проекта.

В таблице 4 представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сильных и слабых сторон, возможностей и угроз.

Таблица 4 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: – С1. возможность исследования тормозного излучения бетатрона с высокой точностью; – С2. небольшие расхождения результатов с известными исследованиями; – С3. простота эксплуатации.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: – Сл1. трудность расчетов;
Возможности: – В1. свободный доступ программного обеспечения; – В2. многофункциональность программного обеспечения (использование для	1. Возможность портативного использования программы для различных задач; 2. Возможность проведения расчетов для различных задач.	1. При решения различных задач, могут возникнуть проблемы инженерного характера. 2. Возможность независимого пользования

разнообразных задач);		
Угрозы: – У1. поломка ЭВМ; –У2. отсутствие коммерческого интереса к проекту; – У3. погрешности расчётов из-за неверного выбора начальных условий.	1.Возможность улучшения безопасности работы с программой и анализа рынка потребителей.	1. Возникновение трудностей при расчете.

Проанализировав характер НТР можно сделать вывод, что наиболее оптимальной стратегией выхода разработки на рынок является стратегия совместной предпринимательской деятельности. Эта стратегия выбрана, так как необходимо найти стабильный рынок заказов и сбыта товара.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98, (для НИР) ГОСТ Р 15.201-2000 (для ОКР). В зависимости от характера и сложности НИОКР ГОСТ допускает разделение этапов на отдельные виды работ.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель

Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	6	Разработка 3D-модели	Руководитель, студент
	7	Оценка правильности полученных результатов, сравнение их с существующими	Руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Выбор параметров моделирования	Студент
	10	Моделирование	Студент
	11	Оценка эффективности применения результатов исследования	Руководитель, студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ВКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент
	12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель, студент
	14	Поиск путей оптимизации разработки	Руководитель, студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула (1):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

Пример:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1.8$$

Далее расчеты проводятся аналогично.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p (2), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так

как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

Пример:

$$T_{pi} = \frac{1,8}{1}.$$

Далее расчеты проводятся аналогично.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой (3):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 96 - 20} = 1,47$$

$$t_{\text{min1}} = 1$$

$$t_{\text{max1}} = 3$$

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8$$

$$T_{p1} = \frac{1,8}{1} = 1,8$$

$$T_{k1} = 1,8 \cdot 1,47 = 3$$

На основе полученных выше расчетов строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работы в рамках научно-исследовательского проекта и представлен в таблице 6 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени дипломирования

Таблица 6 – Календарный план-график проведения ВКР

№ рабо т	Вид работ	Испол нители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				март.				апрель				май				июнь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Составление и утверждение технического задания	Р	3																
2	Выбор направления исследований проводимых в рамках ВКР	С, Р	3																
3	Подбор и изучение материалов по теме	С	10																
4	Календарное планирование работ по теме	Р	5																
5	Проведение моделирования и обоснований	С	10																

6	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				март.				апрель				май				июнь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
7	Оценка правильности полученных результатов	С, Р	5																
8	Определение целесообразности проведения ВКР	Р	5																
9	Выбор параметров моделирования	С	10																
10	Моделирование	С	40																
11	Оценка эффективности применения результатов исследования	С, Р	7																
12	Составление пояснительной записки	С	5																
13	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной	С, Р	2																

	записки																			
15	Поиск путей оптимизации разработки	С, Р	5																	



студент;



руководитель.

Вывод: Прodelанная студентом и научным руководителем работа была распределена равномерно в течение всей работы. Большая часть времени ушла на изучение литературы, связанной с темой ВКР, моделирование и описание результатов моделирования.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. 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);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (6):

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \text{Ц}_i \cdot N_{\text{расх}i} , \quad (6)$$

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.);

Ц_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.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 7.

Отсутствие в таблице разделения на источники финансирования говорит о том, что источник один. Источник финансов в данной работе – студент.

Основные работы для ВКР проводились за рабочей станцией в корпусе университета и на домашней станции. Время, проведенное за работой: 1280 часов. Мощность рабочих станций: 0,5 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле (7):

$$C = \text{Ц}_{\text{эл}} * F_{\text{об}} * P = 4 * 0,5 * 1280 = 2560 \text{ руб} \quad (7),$$

где $\text{Ц}_{\text{эл}}$ – тариф на промышленную электроэнергию (4 руб. за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

$F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

Затраты на электроэнергию составили 1165 рублей.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($З_{м}$), руб.
1. Электроэнергия	кВт·ч	640	4	2560
Итого				2560

5.2.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в приложение В (таблица В.2).

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (8),$$

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

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, студента) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot Т_{\text{р}} = 1294 \cdot 31 = 40121 \text{ руб.},$$

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

$Т_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{20000 \cdot 11,2}{225} = 1294 \text{ руб.},$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 8).

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	109	109
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	31	41
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	225	215

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}} = 20000 \cdot 1,3 = 26000 \text{ руб.},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по КПП, руб.,

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска;

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 9.

Таблица 9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	20000	1,3	26000	1294	31	40121
Студент	-	-	-	-	25	-
Итого						40121

4.2.7 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 40121 \cdot 0,12 = 4815 \text{ руб.},$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$З_{\text{осн}}$	$З_{\text{доп}}$
Руководитель	0,12	40121	4815
Итого			4815

4.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (9),$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в таблице 11.

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пф}} + k_{\text{с}} + k_{\text{пн}} \quad (10),$$

где $k_{\text{пф}}$ – коэф. отчисления в пенсионный фонд;

$k_{\text{с}}$ – коэф. отчисления страховых взносов;

$k_{\text{пн}}$ – коэф. отчисления в подоходный налог.

$$k_{\text{внеб}} = 0,271$$

Таблица 11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент
Основная заработная плата, руб.	40121	-
Дополнительная заработная плата, руб.	4815	-
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	12177	-
Итого	12177	

4.2.9 Затраты на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов. Командировок по теме не было, поэтому данные затраты отсутствуют.

4.2.10 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

1) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;
- проведение испытаний для определения качества сырья и материалов;
- контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;
- ремонт основных производственных средств;
- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее.
- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

2) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно-технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками. В данной работе затраты по данной статье расходов отсутствуют.

5.2.11 Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозяйственного инвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Накладные расходы в ТПУ составляют 25-35 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнении темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (11),$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, равный 30+10=40 %.

Где дополнительные 10% учитывают амортизацию.

Накладные расходы составят:

$$C_{\text{накл}} = 0,4 \cdot (44936) = 17974 \text{ руб.}$$

5.2.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
---------------------	-------------

1. Материальные затраты НТИ	2560
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	40121
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4815
4. Отчисления во внебюджетные фонды	12177
5. Накладные расходы	17974
6. Затраты на научные и производственные командировки	-
7. Контрагентные расходы	-
Бюджет затрат НТИ	87647

Вывод: На основании расчета определили затраты на выполнение НТИ, которая составила 77647 рублей.

5.3 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:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (12),$$

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

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;
 n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 13).

Таблица 13 – Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5
3. Помехоустойчивость	0,05	4
4. Энергосбережение	0,2	5
5. Надежность	0,2	4
6. Материалоемкость	0,05	5
ИТОГО	1	

$$I_{p-ист} = 5 * 0,4 + 5 * 0,1 + 4 * 0,05 + 5 * 0,2 + 4 * 0,2 + 5 * 0,05 = 3,95$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5 Социальная ответственность

Одно из основных направлений профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной

заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда. Одновременно должно осуществляться последовательное повышение качества и эффективности всех средств коллективной и индивидуальной защиты от вредных и опасных производственных факторов, увеличение объема их производства до полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и рациональное их использование.

Охрана труда - это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека во время труда [9].

Полностью безопасных и безвредных производств не существует. Задача охраны труда — свести к минимуму вероятность поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Реальные производственные условия характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов.

Опасным производственным фактором, согласно ГОСТ [9], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

5.1 Анализ опасных и вредных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов [10], которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические,

психофизиологические. В таблице 13 приведены основные вредные и опасные факторы производственного процесса.

Таблица 13 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа с компьютером, на каф. ПФ		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
		Пожарная опасность	ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и т.д.)		Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»

На инженера, работа которого связана с моделированием на компьютере, воздействуют следующие факторы:

– физические: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой чистоты; освещённость; наличие излучения; психофизиологические.

– психофизиологические опасные и вредные производственные факторы делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ

5.2.1. Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая квалификационная группа по технике безопасности с учётом его знаний и опыта работы и выдается специальное удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

5.2.2. Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, должно

располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости изображены на рисунке 14.

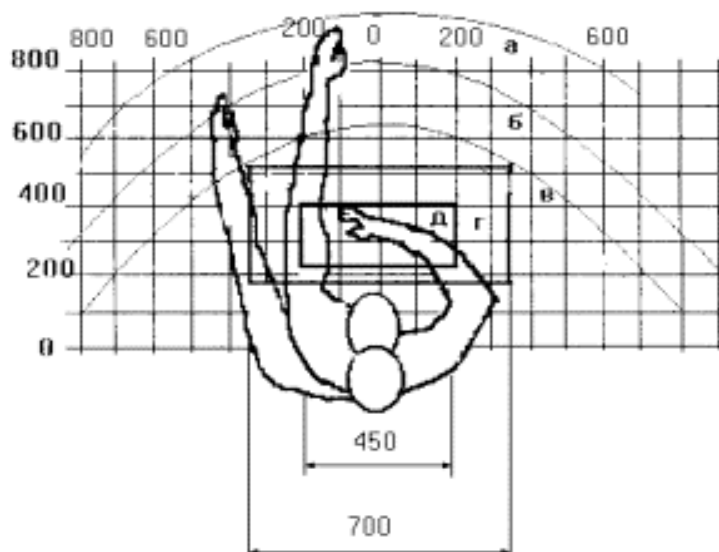


Рисунок 14 – Зоны досягаемости рук

а - зона максимальной досягаемости рук;

б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в - зона легкой досягаемости ладони;

г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура - в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а (справа); документация: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования: высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм; высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм.; рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм.; должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм,

глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.; рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем; монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.2.3. Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Микроклимат – комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии со [9] и приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Температура, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40-60	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека — не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность — 40%, скорость движения воздуха — 0,1 м/с, температура летом — от 20 до 25 °С, зимой — от 13 до 15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основным недостатком такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видео-кабеля. Согласно [12] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц — 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц — 2,5В/м.
- Плотность магнитного потока должна быть не более:
- в диапазоне частот 5Гц-2кГц — 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц — 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находится на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. По нормам [9] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более $7,7 \cdot 10$ А/кг, что соответствует эквивалентной дозе, равной 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

5.3 Электробезопасность

Действие электрического тока на человека носит сложный и разнообразный характер. При замыкании электрической цепи через организм человека ток оказывает термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие.

Термическое действие тока проявляется в виде ожогов как наружных участков тела, так и внутренних органов, в том числе кровеносных сосудов и нервных тканей. Электроожоги излечиваются значительно труднее и медленнее обычных термических, сопровождаются внезапно возникающими кровотечениями, омертвением отдельных участков тела.

Электролитическое действие тока вызывает электролиз крови и лимфатической жидкости, в результате чего нарушается их химический состав и ткани организма в целом.

Биологическое воздействие выражается в раздражении живых тканей организма. Электрический ток нарушает действие биотоков, управляющих внутренним движением ткани, вызывает непроизвольное, противоестественное судорожное сокращение мышц сердца и легких.

Механическое действие тока, на организм является причиной электрических травм. Характерными видами электротравм являются ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия, разрывы тканей, вывихи суставов и переломы костей.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей,

системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность электропоражения в следующих случаях [49]:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы, вывешивание плакатов, указывающих место работы, заземление корпусов всех установок через нулевой провод, покрытие металлических поверхностей инструментов надёжной изоляцией, недоступность токоведущих частей аппаратуры (заклучение в корпуса электропоражающих элементов, заклучение в корпус токоведущих частей).

5.4 Противопожарная безопасность

Согласно нормам пожарной безопасности, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д [11]. Так как помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;

- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер [12]. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;

- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному);
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС;
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Список используемой литературы

- 1) В.А. Москалев, Индукционный ускоритель электронов – бетатрон: учебное пособие/ В.А. Москалев, Г.И. Сергеев. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.
- 2) В.А. Москалев, Бетатроны: монография / В. А. Москалев, В. Л. Чахлов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 267 с.
- 3) Научные статьи и журналы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-inzhektzii-i-zahvata-elektronov-puchka-v-malogabaritnyh-betatronah-metodom-makrochastits>
- 4) Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-magnitnoi-sistemy-tsilindricheskogo-betatrona-i-eksperimentalnaya-proverka-ego-ra#ixzz4AvLCa9Hn>
- 5) Ю.М. Степанов, Ускорители заряженных частиц : учебное пособие для вузов / Ю. М. Степанов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 116 с.
- 6) Учебные курсы по работе с технологическим оборудованием [Электронный ресурс]/<http://www.eurointech.ru/cst>
- 7) Обзор IT-индустрии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/CST_Studio_Suite
- 8) И.Г. Видяев, Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

9) ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

10) ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ Опасные и вредные факторы. Классификация. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1997 г.

11) НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. 31 окт. 1995 г.

12) ГОСТ 12.4.009-83, Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.