

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

Институт Энергетический  
 Специальность 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг  
 Кафедра Атомных и тепловых электростанций

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Методы определения возраста нейтронов в различных средах ядерных реакторов</b> УДК 621.039.526.001.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5011	Южаков А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АТЭС	Кузьмин А.В.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Сергейчик С.И.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Ю.А.	к.т.н., доцент		

По разделу «Автоматизация технологических процессов»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры автоматизации технологических процессов	Андык В.С.	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры АТЭС	Вагнер М.А.	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Атомных и тепловых станций	Матвеев А.С.	к.т.н., доцент		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, специализация подготовки «Проектирование и эксплуатация атомных станций»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	Использовать методологические основы современной картины мира для научного познания и творчества, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК- 1, ПК-10),  Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Анализировать социально-значимые процессы и явления, экономические проблемы и общественные процессы, ответственно участвовать в общественно-политической жизни, применять методы социального взаимодействия на основе принятых моральных и правовых норм	Требования ФГОС (ОК-2, 5, 9), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и публично защищать результаты, владеть методами пропаганды научных достижений	Требования ФГОС (ОК-3 – 5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Использовать системный подход в профессиональной деятельности, ставить цели и выбирать пути их достижения, обобщать, анализировать, критически осмысливать, систематизировать	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию, развитию социальных и профессиональных компетенций, использовать	Требования ФГОС (ОК-7 ПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	полученные знания для обучения и воспитания новых кадров	<i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	К достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности и должного уровня безопасности жизнедеятельности, в том числе, защиты персонала и населения от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	Требования ФГОС (ОК-8; ОПК-1, ПК-7, 19), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международными стандартами <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе, многонациональном, принимать ответственность за свои решения, в том числе, нестандартные, управлять коллективом, находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях	Требования ФГОС (ОК-10, 13, 14, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп.2.3, 2.4), согласованный с требованиями международными стандартами <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	Использовать информационные технологии для работы с информацией, управления ею и создания новой информации; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, осознавать и соблюдать основные требования информационной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ПК-2, 6, 13, 26, ПСК-1.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международными стандартами <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
	<b>Профессиональные компетенции</b>	
Р9	Понимать значимость своей специальности, стремиться к ответственному отношению к своей трудовой деятельности, демонстрировать особые компетенции, связанные с уникальностью задач, объектов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6), согласованный с требованиями международными стандартами <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р10	Использовать глубокие математические, естественнонаучные знания в профессиональной деятельности с применением математического моделирования объектов и процессов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-9 – 11), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованные с требованиями международными стандартами

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
		<i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Проводить <i>инновационные</i> научные исследования систем и оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, участвовать во внедрении результатов исследований	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-5, 9, 14, 15, 16), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Анализировать и использовать научно-техническую информацию, формулировать цели проекта, ставить и решать инновационные задачи <i>комплексного</i> инженерного анализа в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-12; 17, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Выбирать, создавать и использовать оборудование атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средства измерения теплофизических параметров и автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов	Требования ФГОС (ОПК-3, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P14	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок систем и оборудования АС и ядерных энергетических установок, готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений, выполнять <i>инновационные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых</i> и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности	Требования ФГОС (ПК-20, 21, 23 – 25, ПСК-1.5, 1.6, 1.8, 1.10), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы в области проектирования АС	Требования ФГОС (ПК-22), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
		<i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P16	Анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, диагностики, управления и защиты, проводить нейтронно-физические, теплогидравлические и прочностные расчеты оборудования АС и его элементов в стационарных и нестационарных режимах работы	Требования ФГОС (ПК-27, 28, ПСК-1.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P17	Делать оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и другими отходами	Требования ФГОС (ПК-29), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P18	Применять основы обеспечения оптимальных режимов работы ядерного реактора, тепломеханического оборудования и энергоблока АС в целом при пуске, останове, работе на мощности и переходе с одного уровня мощности на другой с соблюдением требований безопасности, выполнять типовые операции по управлению реактором и энергоблоком на функционально-аналитическом тренажере	Требования ФГОС (ПК- 28, 10, 11, , ПСК-1.14, 1.15), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P19	Анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования АС применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АС	Требования ФГОС (ПК-13,14), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P20	Осуществлять и анализировать технологическую деятельность как объект управления, организовывать рабочие места, обеспечивать их техническое оснащение, размещать технологическое оборудование, контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживать технологическое оборудование, исследовать причины его неисправностей,	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код резул ь- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	принимать меры по их устранению	
P21	Составлять техническую документацию и организовывать экспертизу технической документации, составлять установленную отчетность по утвержденным формам, управлять малыми коллективами исполнителей, планировать работу персонала и фонды оплаты труда	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (пп. 2.2, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P22	Выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов ядерных энергетических установок, проводить анализ производственных затрат на обеспечение необходимого качества продукции	Требования ФГОС (ПСК-1.11), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P23	Составлять и использовать тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов ядерно-энергетических и тепломеханических установок различных типов АС, готовить исходные данные для расчета тепловых схем	Требования ФГОС (ПСК-1.1, 1.3, 1.7), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P24	Проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	Требования ФГОС (ПСК-1.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P25	Применять на практике принципы организации эксплуатации современного оборудования и приборов АС, понимать принципиальные особенности стационарных и переходных режимов реакторных установок и энергоблоков и причины накладываемых ограничений при нормальной эксплуатации, при её нарушениях, при ремонте и перегрузках	Требования ФГОС (ПК-8, ПСК-1.12, 1.13), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

---

Институт Энергетический  
Специальность подготовки **14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация  
и инжиниринг**  
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН  
А.С. Матвеев

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Дипломной работы</b> (бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)
---

Студенту:

Группа	ФИО
<b>5011</b>	<b>Южакову Алексею Витальевичу</b>

Тема работы:

<b>Методы определения возраста нейтронов в различных средах ядерных реакторов</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**20 января 2017 года**

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(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.).</i>	Целью работы является рассмотрение различных способов вычисления возраста нейтронов в средах ядерных реакторов, оценка и сравнение с экспериментальными данными.
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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>	<p>1. Определение возраста в отдельных материалах ядерных реакторов</p> <p>2. Определение возраста в различных смесях из материалов ядерных реакторов</p> <p>3. Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент</b></p>	<p>Сергейчик С.И., доцент кафедры менеджмента</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Амелькович Ю.А., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</p>
<p><b>Автоматизация технологических процессов</b></p>	<p>Андык В.С., доцент кафедры автоматизации технологических процессов</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p> </p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p><b>10 июня 2016 года</b></p>
--	---------------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АТЭС	Кузьмин А.В.	к.т.н.		<b>10.06.16</b>

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5011	Южаков Алексей Витальевич		<b>10.06.16</b>

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5011	Южакову Алексею Витальевичу

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АТЭС</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Специалист</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b>

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Определение работ НИР</i>	<i>1. Определение работ НИР</i>
<i>2. Планирование работ НИР</i>	<i>2. Планирование работ НИР</i>
<i>3. Расчет и составление сметы</i>	<i>3. Расчет и составление сметы</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<i>1. График сетевого планирования</i>
<i>2. Календарный план</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>10.10.16</b>
---	-----------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры менеджмента	Сергейчик С.И.	к.т.н., доцент		10.10.16

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5011	Южаков А.В.		10.10.16

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 5011	<b>ФИО</b> Южакову Алексею Витальевичу
-----------------------	---

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АТЭС</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Специалист</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b>

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>10. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i></li> <li>- <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i></li> <li>- <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i></li> <li>- <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i></li> </ul>	
<p>2. <i>Перечень законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>10. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i></li> <li>- <i>действие фактора на организм человека;</i></li> <li>- <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></li> <li>- <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i></li> </ul>	
<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i></li> <li>- <i>термические опасности (источники, средства защиты);</i></li> <li>- <i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</i></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i></li> </ul>	

<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	
<b>Перечень графического материала:</b>	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	10.10.16
---	----------

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
				10.10.16

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5011	Южакову Алексею Витальевичу		10.10.16

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 97 страниц, 27 рисунка, 33 таблицы, 48 источников, 1 графический материал.

Перечень ключевых слов: возраст нейтронов деления, методы расчета возраста нейтронов, эксперименты по определению возраста нейтронов, материалы ядерных реакторов, смеси веществ ядерных реакторов.

Цель работы – рассмотрение различных способов вычисления возраста нейтронов в средах ядерных реакторов, оценка и сравнение с экспериментальными данными.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Оглавление

Введение.....	10
1. Определение возраста в отдельных материалах ядерных реакторов.....	11
1.1. Графический способ.....	12
1.2. Многогрупповые методы.....	19
1.3. Выбор системы ядерно-физических констант.....	23
1.4. Эксперименты по определению возраста в воде.....	31
1.5. Вычисление возраста нейтронов в воде.....	33
2. Определение возраста нейтронов в различных смесях из материалов ядерных реакторов.....	36
2.1. Эмпирические методы.....	37
2.2. Метод эквивалентных длин пробега.....	42
2.3. Расчет возраста нейтронов в смесях по методике Галанина.....	46
2.4. Результаты расчетов возраста в металло-водных смесях.....	47
2.5. Экспериментальное и расчетное определение возраста в урано-водных смесях.....	50
2.6. Определение возраста в многокомпонентных смесях.....	53
3. Автоматизация технологических процессов.....	56
3.1. Выбор принципиальной схемы контроля.....	56
3.2. Выбор технических средств.....	58
3.3. Разработка функциональной системы.....	59
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	61
4.1. Составление сетевого графика и календарного плана НИР.....	61
4.2. Расчет затрат на выполнение НИР.....	70
5. Социальная ответственность.....	73
5.1. Производственная безопасность.....	73
5.2. Экологическая безопасность.....	81
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	85

5.5. Расчет искусственного освещения.....	87
Заключение.....	89
Список публикаций студента.....	92
Список использованных источников.....	93

## Введение

Одной из важнейших ядерно-физических величин в физике ядерных реакторов является возраст нейтронов деления. Данная величина связана с замедлением быстрых нейтронов до тепловых энергий, характеризует миграцию нейтронов в среде ядерного реактора.

При проектировании и расчетах ядерных реакторов возникает необходимость в вычислении возраста нейтронов деления. Получив значение возраста, становится возможным оценить величину утечки нейтронов в процессе замедления.

Утечки нейтронов также зависят и от размера ядерного реактора, следовательно, возраст нейтронов деления влияет и на размер активной зоны. Очевидно, что размножение нейтронов в активной зоне определяется свойствами топлива, а их утечка в основном будет зависеть от выбора замедлителя-отражателя и конструкционных материалов. Если стоит задача спроектировать тепловой реактор небольших размеров, то потребуются те материалы, которые имеют наименьший возраст нейтронов от энергии деления до тепловой.

Для определения возраста нейтронов деления учеными проделаны множество экспериментов в различных материалах и их комбинациях. Также имеются расчетные способы определения, основанные на свойствах материалов. Но в некоторых случаях полученные результаты не согласуются друг с другом, поэтому разработка новых способов для определения значения возраста нейтронов деления в различных материалах и их комбинациях актуальна и по сей день.

Данная работа посвящена рассмотрению различных методов для определения возраста нейтронов деления и их сравнению с результатами экспериментальных данных. Дается оценка каждому методу и возможность использования для расчетов активной зоны ядерных реакторов.

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

Для определения сроков выполнения НИР необходимо создать календарный план работ. Также при планировании работ важным этапом является разработка сетевого графика, т.е. некоей модели, придерживаясь которой удастся выполнить все работы в рациональной последовательности и в срок. Располагая сетевым графиком, становится возможным составить календарный план.

##### **4.1. Составление сетевого графика и календарного плана НИР**

Чтобы составить сетевой график, определим перечень событий, необходимых для выполнения НИР:

- 0 - получение заказа НИР;
- 1 - подбор подходящей литературы;
- 2 - нахождение информации по экспериментальной установке;
- 3 - ознакомление с найденной информацией;
- 4 - выполнение чертежа общего вида;
- 5 - выполнение чертежей элементов установки;
- 6 - оценка количества необходимого материала на установку;
- 7 - закупка требуемого материала;
- 8 - изготовление элементов установки;
- 9 - покупка оборудования для измерения активности;
- 10 - выбор помещения для проведения опытов;
- 11 - подготовка помещения;
- 12 - установка биологической защиты и корпуса установки, детектора;
- 13 - сборка остальных элементов внутри корпуса установки;
- 14 - подготовка воды;
- 15 - установка листов 1 серии опытов;
- 16 - загрузка труб 1 серии опытов;

					ФЮРА.XXXXXX.001 ПЗ	61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 17 - заполнение установки водой;
- 18 - установка индиевых фольг;
- 19 - проведение серии экспериментов;
- 20 - изъятие индиевых фольг;
- 21 - замер активности фольг;
- 22 - слив воды из установки;
- 23 - выгрузка труб и листов;
- 24 - установка листов 2 серии опытов;
- 25 - загрузка труб 2 серии опытов;
- 26 - заполнение установки водой;
- 27 - установка индиевых фольг;
- 28 - проведение серии экспериментов;
- 29 - изъятие индиевых фольг;
- 30 - замер активности фольг;
- 31 - слив воды из установки;
- 32 - выгрузка труб и листов;
- 33 - установка листов 3 серии опытов;
- 34 - загрузка труб 3 серии опытов;
- 35 - заполнение установки водой;
- 36 - установка индиевых фольг;
- 37 - проведение серии экспериментов;
- 38 - изъятие индиевых фольг;
- 39 - замер активности фольг;
- 40 - слив воды из установки;
- 41 - выгрузка труб и листов;
- 42 - обработка результатов экспериментов;
- 43 - сравнение результатов с другими источниками;
- 44 - формирование отчета по проделанным экспериментам;
- 45 - расчет сметы;
- 46 - завершение работ над проектом, отправка отчета заказчику.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для достижения любого события, потребуется выполнить отдельную работу, которая будет иметь продолжительность. Так как на стадии планирования информации о продолжительности любой из работ не имеется, приближенно зададимся минимальной и максимальной продолжительностью каждой из работ. Вероятностным методом определим ожидаемую работу, которая может быть рассчитана по следующей формуле:

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t_{нв} + t_{\max}}{6}, \quad (4.1)$$

где  $t_{\min}$  – минимальная продолжительность определенной работы;

$t_{нв}$  – наиболее вероятная продолжительность определенной работы;

$t_{\max}$  – максимальная продолжительность определенной работы.

Задаваясь значениями минимальной, наиболее вероятной и максимальной продолжительностью работ, вычислим для каждой ожидаемое время выполнения работы. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 4.1 – Данные сетевого графика

№	Работа	Исполнитель	$t_{ож}$	$t_{\min}$	$t_{нв}$	$t_{\max}$
			ч	ч	ч	ч
0-1	подбор подходящей литературы	руководитель	3	2	3	4
1-2	нахождение информации по экспериментальной установке	руководитель	2	1	2	3
2-3	ознакомление с найденной информацией	руководитель, инженер, лаборант	2	1	2	3
3-10	выполнение чертежа общего вида	инженер	3	2	3	4
10-11	выполнение чертежей элементов установки	инженер	10	6	9	12
11-12	изготовление элементов установки	инженер	41	30	40	55
12-13	установка биологической защиты и корпуса установки, детектора	инженер	26	24	26	30
6-7	выбор помещения для проведения экспериментов	руководитель	3	2	3	4
7-8	подготовка помещения	руководитель	8	6	8	10
ФЮРА.XXXXXX.001 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Продолжение таблицы 4.1

3-4	оценка количества необходимого материала	руководитель	2	1	2	2
4-5	поиск требуемого материала	руководитель	11	6	10	17
5-6	выбор и покупка детектора	руководитель	10	3	10	17
4-9	подготовка воды	лаборант	12	9	12	14
13-14	сборка внутренних элементов установки	инженер	4	3	4	6
14-15	установка листов 1 серии опытов	инженер, лаборант	2	1	2	3
15-16	загрузка труб 1 серии	инженер, лаборант	15	10	15	20
16-17	заполнение установки водой	инженер, лаборант	2	1	2	4
9-14	транспортировка подготовленной воды	лаборант	2	1	2	3
17-18	установка индиевых фольг	лаборант	3	2	3	4
18-19	проведение серии опытов	лаборант	6	3	6	8
19-20	изъятие фольг	лаборант	3	2	3	4
20-21	замер активности фольг	лаборант	5	3	5	8
21-22	слив воды из установки	инженер	2	1	2	3
22-23	выгрузка труб и листов	инженер, лаборант	16	11	16	21
22-42	обработка результатов	лаборант	2	1	2	3
23-24	установка листов 2 серии опытов	инженер, лаборант	2	1	2	3
24-25	загрузка труб 2 серии	инженер, лаборант	15	10	15	20
25-26	заполнение установки водой	инженер, лаборант	2	1	2	4
26-27	установка индиевых фольг	лаборант	3	2	3	4
27-28	проведение серии опытов	лаборант	6	3	6	8
28-29	изъятие фольг	лаборант	3	2	3	4
29-30	замер активности фольг	лаборант	5	3	5	8

ФЮРА.XXXXXX.001 ПЗ

Продолжение таблицы 4.1

30-31	слив воды из установки	инженер	2	1	2	3
31-32	выгрузка труб и листов	инженер, лаборант	16	11	16	21
30-42	обработка результатов	лаборант	2	1	2	3
32-33	установка листов 3 серии опытов	инженер, лаборант	2	1	2	3
33-34	загрузка труб 3 серии	инженер, лаборант	15	10	15	20
34-35	заполнение установки водой	инженер, лаборант	2	1	2	4
35-36	установка индиевых фольг	лаборант	3	2	3	4
36-37	проведение серии опытов	лаборант	6	3	6	8
37-38	изъятие фольг	лаборант	3	2	3	4
38-39	замер активности фольг	лаборант	5	3	5	8
39-45	слив воды из установки	инженер	2	1	2	3
45-46	выгрузка труб и листов	инженер	20	14	21	26
39-40	обработка результатов	лаборант	2	1	2	3
40-41	сравнение результатов с другими источникам	лаборант	1	1	1	2
41-42	формирование отчета по проделанным экспериментам	лаборант	4	2	4	5
42-43	передача отчета руководителю	лаборант	1	1	1	1
9-43	расчет сметы	руководитель	6	4	6	9
43-44	завершение работ над проектом, отправка отчета заказчику	руководитель	3	1	3	4

По данным таблицы 4.1 строим сетевой график (рисунок 4.3). Расчет сетевого графика проводим секторным способом. Суть секторного метода заключается в том, что любое из событий обозначается кругом, который поделен на четыре сектора. В верхнем секторе вписывается номер события, в

правом – ранее время свершения, а в левом – позднее время свершения события, в нижнем – резерв события. Стрелками (лучами) обозначены работы, продолжительность (длительность) которых указываются в центре стрелки. Число, стоящее в начале луча в верхней части указывает на ранее начало совершения работы, в конце в верхней части – ранее окончание. Аналогичный смысл несут числа под стрелкой: в начале – позднее начало, в конце – позднее окончание. В центре луча (число с чертой) указывается резерв времени совершения данной работы:

$$R_{ij} = t_{ij}^{no} - t_{ij}^{nn} = t_{ij}^{po} - t_{ij}^{pn}, \quad (4.2)$$

где  $t_{ij}^{no}$  – позднее окончание работы;

$t_{ij}^{nn}$  – позднее начало работы;

$t_{ij}^{po}$  – ранее окончание работы;

$t_{ij}^{pn}$  – ранее начало работы.

Таблица 4.2 – Результаты расчета сетевого графика

№	$t_{ож}$	$t_{ij}^{pn}$	$t_{ij}^{po}$	$t_{ij}^{nn}$	$t_{ij}^{no}$	$R_{ij}$
0-1	3	0	3	0	3	0
1-2	2	3	5	3	5	0
2-3	2	5	7	5	7	0
3-10	3	7	10	7	10	0
10-11	10	10	20	10	20	0
11-12	41	20	64	20	61	0
12-13	26	61	87	61	87	0
13-14	4	87	91	87	91	0
3-4	2	7	9	7	9	0
4-9	12	9	21	77	89	68
9-14	2	21	23	89	91	68
4-5	11	9	20	9	20	0
5-6	10	20	30	40	50	20
6-7	3	30	33	50	53	20
7-8	8	33	41	53	61	20
8-43	6	41	47	248	254	207
14-15	2	91	93	91	93	0
15-16	15	93	108	93	108	0
16-17	2	108	110	108	110	0
17-18	3	110	113	110	113	0
18-19	6	113	119	113	119	0
19-20	3	119	122	119	122	0
20-21	5	122	127	122	127	0
21-22	2	127	129	127	129	0

Продолжение таблицы 4.2

22-23	16	129	145	129	145	0
24-25	2	147	149	147	149	0
25-26	2	162	164	162	164	0
26-27	3	164	167	164	167	0
27-28	6	167	173	167	173	0
28-29	3	173	176	173	176	0
29-30	5	176	181	176	181	0
30-31	2	181	183	181	183	0
31-32	16	183	199	183	199	0
32-33	2	199	201	199	201	0
33-34	15	201	216	201	216	0
34-35	2	216	218	216	218	0
35-36	3	218	221	218	221	0
36-37	6	221	227	221	227	0
37-38	3	227	230	227	230	0
38-39	5	230	235	230	235	0
39-45	2	235	237	235	237	0
45-46	20	237	257	237	257	0
39-40	2	235	237	246	248	11
40-41	1	2237	238	248	249	11
41-42	4	238	242	249	253	11
42-43	1	242	243	253	254	11
43-44	3	243	246	254	257	11

Заполнив сетевой график, определим критический путь (наиболее продолжительный): 0-1, 1-2, 2-3, 3-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 15-16, 16-17, 17-18, 18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-23, 23-24, 24-25, 25-26, 26-27, 27-28, 28-29, 29-30, 30-31, 31-32, 32-33, 33-34, 34-35, 35-36, 36-37, 37-38, 38-39, 39-45, 45-46. Таким образом, для выполнения всех работ НИР потребуется 257 ч. С учетом восьми часового рабочего дня, составим календарный график выполнения работ, представлен на рисунке 4.1 на ноябрь, на рисунке 4.3 за декабрь.

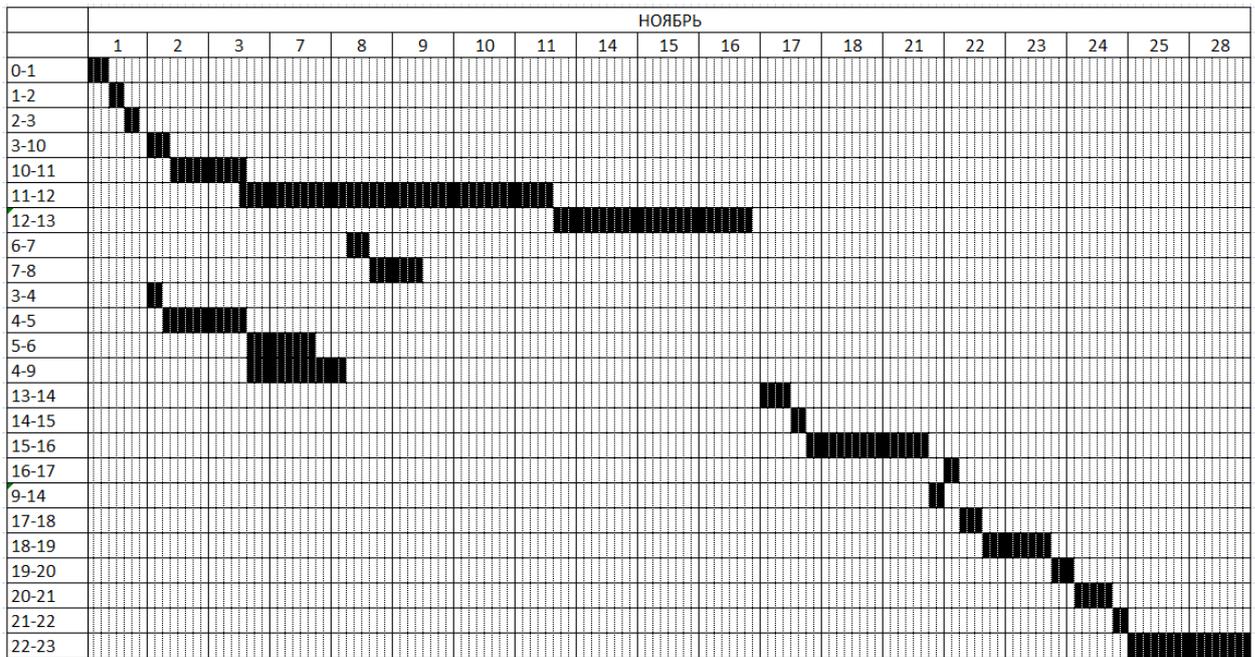


Рисунок 4.1 – Календарный план выполнения НИР на ноябрь

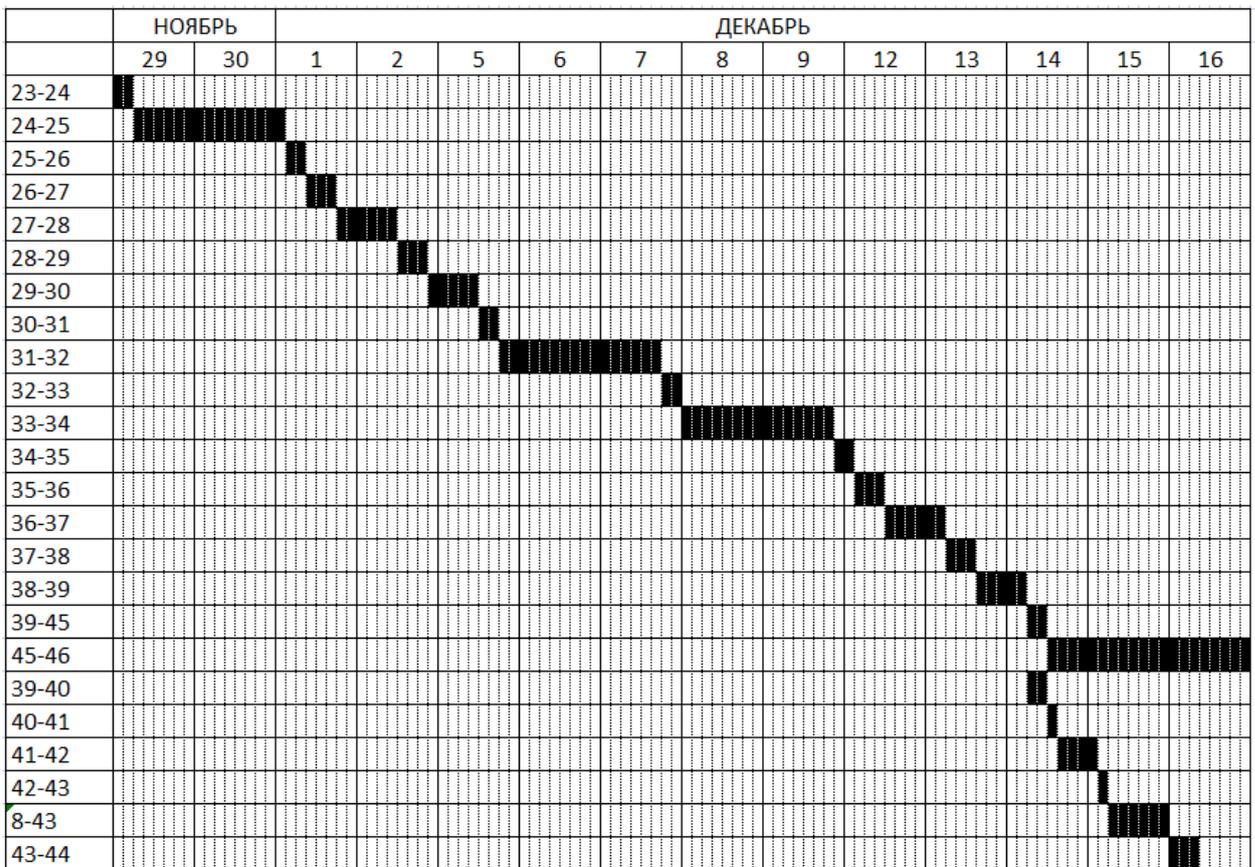


Рисунок 4.2 – Календарный план выполнения НИР на декабрь



## 4.2. Расчет затрат на выполнение НИР

Расходы на выполнение НИР будут рассчитываться:

$$\Sigma Z = \Phi ЗП + \text{Вот} + A + \text{Усс} + \text{Сос} + \text{Пр} + \text{Смз}, \quad (4.3)$$

где  $\Phi ЗП$  – фонд заработной платы участников НИР;

$\text{Вот}$  – выплаты по охране труда;

$A$  – арендная плата за помещение;

$\text{Усс}$  – услуги сотовой связи;

$\text{Сос}$  – стоимость основных средств;

$\text{Пр}$  – прочие услуги (других организаций);

$\text{Смз}$  – стоимость материальных запасов.

Фонд заработной платы состоит из основного фонда и дополнительного:

$$\Phi ЗП = \Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{доп}}. \quad (4.4)$$

Таблица 4.3 – Оклады участников НИР

Должность	Оклад
Доцент (руководитель)	27500 р
Лаборант (ассистент)	17500 р
Инженер	30000 р

В таблице 2.1 указаны оклады участников НИР. На основании этих данных рассчитаем основной  $\Phi ЗП$ :

$$\Phi ЗП_{\text{осн}} = 1,5 \cdot (27500 + 17500 + 30000) = 112500 \text{ р.}$$

Дополнительный  $\Phi ПЗ$ :

$$\Phi ЗП_{\text{доп}} = 8\% \cdot \Phi ЗП_{\text{осн}} = 0,08 \cdot 112500 = 18000 \text{ р.}$$

Таким образом, фонд заработной платы:

$$\Phi ЗП = 112500 + 18000 = 130500 \text{ р.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$\text{Вот} = 30,2\% \cdot \Phi ЗП = 0,302 \cdot 130500 = 39411 \text{ р.}$$

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Стоимость основных средств:

$$C_{oc} = C_y + C_d + C_{ва}, \quad (4.5)$$

где  $C_y = 6,7 \text{ млн. р}$  – стоимость установки (таблица 2.2);

$C_d = 140000 \text{ р}$  – стоимость детектора фольг;

$C_{ва} = 250000 \text{ р}$  – стоимость выпарного аппарата.

$$C_{oc} = 6700 + 140 + 250 = 7090 \text{ тыс. р.}$$

Для изготовления деталей установки необходимо будет обратиться в стороннюю организацию по изготовлению деталей по готовым чертежам. В данной установке изготовление деталей не слишком сложная работа, поэтому средняя стоимость изготовления одной детали будет составлять 1600 р.

Таблица 4.4 – Общая стоимость установки

Деталь	Материал	Цена материала	Кол-во материала	Цена детали
Бак	Алюминий	362 р за кг	67,2 кг	24330 р
Биологическая защита	Бетон	2100 р за куб	0,8 куб	1680 р
Листы	Алюминий	362 р за кг	34 кг	12308 р
	Плексиглас	12500 р за лист	1 лист	12500 р
Трубы	Уран	2600 р за кг	2 т	5,2 млн. р
	Кадмий	260 р за кг	120 кг	312000 р
Источник	Окись-закись урана	14260 за кг	4,15 г	592 р
	Сталь	60 р за кг	0,3 кг	20 р
Держатели фольг	Алюминий	362 р за кг	11,6 кг	4200 р
Индиевые фольги	Индий	33750 за кг	35 кг	1,2 млн. р
ИТОГО за материалы:				6,7 млн. р
Стоимость за изготовление (услуги сторонних организаций):				200 тыс. р
ИТОГО ценаустановки				6,9 млн. р.

Стоимость материальных запасов или стоимость водоподготовки:

$$C_{мз} = Ц \cdot N_{эл} \cdot t. \quad (4.6)$$

где  $Ц = 3 \frac{p}{кВт \cdot час}$  – тариф на электроэнергию;

$N_{эл} = 36кВт$  – мощность выпарного аппарата;

$t = 12ч$  – время работы выпарного аппарата.

$$C_{мз} = 3 \cdot 36 \cdot 12 = 1300р.$$

Таким образом, расходы на выполнение НИР:

$$\Sigma З = 130,5 + 39,4 + 5 + 1,5 + 7090 + 20 + 1,3 = 7288 \text{ тыс. р.}$$

Таблица 4.5 – Смета расходов на выполнение НИР

Наименование статей расходов	ЭКР	Всего, тыс. руб.
Фонд заработной платы основной	211	112,5
Фонд заработной платы дополнительной		18
Фонд заработной платы общий		130,5
Начисления на выплаты по оплате труда, 30.2 %	213	39,411
Оплата услуг связи	221	1,5
Арендная плата за пользование имуществом	224	5
Прочие услуги:	226	20
Увеличение стоимости основных средств	310	7090
Увеличение стоимости материальных запасов	340	1,3
Итого прямые расходы:		7288
Накладные расходы, 10 %		729
Цена договора:		8017

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## Список публикаций студента

1. **Кузьмин А.В.** Корректировка групповых ядерно-физических констант  $^{238}\text{U}$  по возрасту нейтронов деления до индиевого резонанса [Электронный ресурс] / Кузьмин А.В., Южаков А.В. // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2014 г., Томск 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) [и др.]; ред. кол. Литвак В. В. [и др.]. – 2014. – Т. 2. – [С. 22-27].

2. **Кабанова М. А.** Определение возраста нейтронов в материалах быстрых реакторов [Электронный ресурс] / Кабанова М. А., Кузьмин А. В., Южаков А. В. // Современные техника и технологии : сборник трудов XXI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 5-9 октября 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2015. — Т. 2. — [С. 129-131].

3. **Южаков А.В., Кузьмин А.В.** Оценка метода эквивалентной длины пробега нейтрона в расчете возраста в металловодных смесях // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2015 г., Томск: в 2 т. – Томск: СКАН, 2015. – Т. 1. – [С. 276-279].