

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки 140800.62 «Ядерные физика и технологии»

Кафедра Техническая физика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Моделирование процесса прессования порошка диоксида урана на роторном прессе

УДК 661.621.762.2: 519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Д	Черниговский Сергей Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ТФ ФТИ	Бутов В.Г.	Профессор,		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмент	Сетчина А.А.	доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ТФ ФТИ	Шаманин И.В.	д.ф-м.н, профессор		

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

Институт ФТИ

Направление подготовки 140800.62 «Ядерная физика и технологии»

Кафедра Техническая физика

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ «___» И.В. Шаманин

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Д	Черниговский Сергей Владимирович

Тема работы:

Моделирование процесса прессования порошка диоксида урана на роторном прессе	
Утверждена директором ФТИ	№3044/с от 16.05.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2016г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Исследовать процесс прессования порошка диоксида урана на роторных прессах. Разработать математическую модель описывающая процесс деаэрации воздуха из пор таблетки и сделать заключения о необходимости отвода воздуха из матрицы прессования.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	При разработке бакалаврской работы должны быть рассмотрены следующие вопросы: 1. Обзор и анализ технической литературы. 2. Выбор алгоритма расчетов процесса деаэрации и построение по нему математической модели. 3. Получить экспериментальные данные с математической модели. Полученные данные сравнить с данными в технической литературе для проверки правильности работы модели. Сделать заключение о необходимости деаэрации воздуха из матрицы прессования. 4. Экономическое обоснование проведения НИР. Выводы по работе. Заключение.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Экспериментальная часть	Профессор кафедры ТФ Бутов В.Г.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры «Менеджмент» Сечина А.А.
Социальная ответственность	Ассистент кафедры «Прикладная физика» Гоголева Т.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.05.2016г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
д.ф-м.н, профессор ТФ ФТИ	Бутов В.Г.	д.ф-м.н, профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Д	Черниговский С.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А2Д	Черниговский Сергей Владимирович

Институт	ФТИ	Кафедра	ТФ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерная физика и технологии/Физика кинетических явлений

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– 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. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.- м.н.		06.05.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Д	Черниговский Сергей Владимирович		06.05.2016

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

Студенту:

Группа	ФИО
0A2Д	Черниговский Сергей Владимирович

Институт	ФТ	Кафедра	ТФ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика кинетических явлений

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 российских 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	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Иерархическая структура работ SWOT-анализ Календарный план-график реализации проекта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план проекта
4. Линейный план-график проекта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Сечина А.А.	к.х.н.		16.05.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2Д	Черниговский Сергей Владимирович		16.05.2016

Оглавление

РЕФЕРАТ	8
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	9
Введение.....	10
1.Двуокись урана UO_2	11
2 Приготовление пресспорошка	12
2.1 Смешивание компонентов	12
2.2 Влияние свойств первичного порошка диоксида урана на качество топливных таблеток.....	15
2.3 Смешивание порошков, разных по гранулометрическому составу	17
2.3.1. Расчет объема пустот прессованной таблетки.....	19
3. Прессование таблеток.....	21
3.1 Расчет силовых параметров процесса компактирования сыпучих материалов на роторных прессах	23
3.2 Влияние воздуха в процессе прессования	24
3.2.1. Оценка газодинамического эффекта при уплотнении порошков в замкнутой матрице.....	24
3.2.2 Влияние воздуха в процессе гидростатического прессования.....	28
3.2.3 Оценка влияния воздуха в замкнутой матрице при прессовании.....	30
4 Социальная ответственность	33
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	33
4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	35
4.2.1 Организационные мероприятия	35
4.2.2 Технические мероприятия.....	35
4.2.3 Условия безопасной работы	37
4.3 Электробезопасность	39
4.3.1 Поражающие факторы электрического воздействия	39
4.4 Пожарная и взрывная безопасность.....	42
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	45
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45
5.1.2 SWOT-анализ.....	46
5.2 Планирование научно-исследовательской работы.....	48
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	48
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИР	48
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	49
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	51
5.3.1 Расчет материальных затрат	51
5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы	52
5.3.3 Дополнительная заработная плата	54
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	54
5.3.5 Накладные расходы	55
5.3.6 Контрагентные расходы	56
5.3.7 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	56
5.3.8 Расчет затрат на научные и производственные командировки	56
5.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	57
Выводы.....	58
Заключение	59
Список литературы	60
Приложение А	62
Приложение Б.....	63

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 69 страниц, 9 рисунков, 10 таблиц, 12 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: Пресспорошок, давление прессовки, диоксид урана, гранулометрический состав, газопроницаемость.

Объектом исследования является прессования топливных таблеток на роторном прессе и параллельно с этим, процесс снятия напряжения из пор таблетки.

Целью работы - является изучение процесса прессования порошка диоксида урана в топливные таблетки для снаряжения ТВЭЛов, и рассмотрение моделирования процесса деаэрации воздуха из порового пространства прессуемой таблетки.

В процессе работы проведено математическое моделирование процесса деаэрации воздуха, при прессовании, из топливных таблеток диоксида урана.

В результате работы определены оптимальные скорости движения пуансона для наименьшего нарастания напряжений в порах топливной таблетки.

Область применения: результаты проведенных работ могут быть использованы для расчета и прогнозирования процесса прессования.

В будущем планируется продолжить исследования по созданию и совершенствованию математической модели для промышленного применения.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Насыпная плотность – Определенная масса сухого сыпучего материала в единице объема, измеренная в условиях свободного несслежавшегося состояния сухого сыпучего груза.

Гранулометрический состав – Процентное весовое содержание в породе различных по величине фракций (совокупность одинаковых зерен и частиц). Для его определения используют ситовой (для рыхлых грунтов) или ареометрический.

Газопроницаемость – Свойство перегородок из твёрдого тела пропускать сквозь себя газ при разнице в давлении газа с разных сторон перегородки. В зависимости от природы перегородки, а также от величины разницы давлений выделяют три основных типа газопроницаемости: диффузионную, молекулярную эффузию, ламинарный поток.

Введение

Основными звеньями технологии ядерного топливного цикла является:

1. Производство гексафторида урана
2. Обогащение полученного UF_6 по 235 изотопу
3. Производство двуокиси урана керамического типа в виде таблеток:
 - Получение пресспорошка
 - Прессование пресспорошка
 - Спекании полученных прессованных таблеток в

высокотемпературных печах

После чего происходит загрузка уже спечённых таблеток в ТВЭЛы, а затем в ТВС. Снаряженные ТВС помещают в активную зону реактора для получения тепловой и в последствии электрической энергии.

В данной бакалаврской работе реализуется процесс прессования UO_2 и получения «сырых» топливных таблеток для последующего спекания. Подробно рассмотрены процессы приготовления пресспорошка и прессования для дальнейшего спекания. Будет построена математическая модель, описывающая процесс уменьшения напряжения в порах уже спрессованной таблетки. Излишнее напряжение может разрушить или повредить таблетку в последующем процессе спекания, но и недостаточное напряжение может негативным образом повлиять на таблетку уже находящуюся в ТВЭЛе.

1. Двоокись урана UO_2

Двоокись урана была впервые получена в 1879 г. Клапротом, причем первоначально полагали, что полученное «полуметаллическое вещество» представляет собой металлический уран. UO_2 является одним из многочисленных кислородных соединений широко распространенного в природе элемента — урана. Среднее содержание урана в земной коре составляет $4 \cdot 10^{-6}$ г/г породы. Причем содержание урана в породах колеблется от $0,2 \cdot 10^{-6}$ до $25 \cdot 10^{-6}$ г/г. Наибольшее количество урана содержится в кислых породах (гранитах).

Основным источником урана является урановая смоляная обманка, представляющая собой минерал сложного состава с содержанием до 80 % U_3O_8 .

UO_2 — PuO_2 .

Изучались смеси UO_2 — 5 вес. % PuO_2 и UO_2 — 20 вес. % PuO_2 . Образцы обжигали при температуре 1800°C в течение 4 и 18 ч в водородной среде. Микроскопические исследования спеченных образцов обнаружили типичные признаки ликвации. Вся PuO_2 находилась в составе твердого раствора гранецентрированной структуры; интервал твердого раствора, по-видимому, распространяется до 50 % PuO_2 в UO_2 . Основные свойства приведены в таблице А1(приложение А) [1].

2 Приготовление пресспорошка

2.1 Смешивание компонентов

В производстве на стадии смешивание компонентов закладывается конечное качество таблетки, так как свойства таблеток в партии и между таблетками одного замеса зависят от макрогомогенности пресспорошка.

Следовательно, задача смешивания – превратить все частицы твердого компонента при их начальном распределении между собой в однородную смесь. Скорость и показатель смешивания определяются геометрическими параметрами частицы, гранулометрическим составом, числом смешиваемых компонентов и соотношением их количеств, плотностями компонентов и их различием, коэффициентом трения между частицами, липкостью частиц и агрегации, степенью изменения гранулометрического состава при смешивании. Эффективность смешивания зависит от конструкции смесителя, в частности, определяющей скорость, траектории перемещения частиц и изменение гранулометрического состава в результате деформации и истирания компонентов.

Смешивание – процесс случайный, поэтому соотношения смешиваемых компонентов в объеме, в различные моменты времени, должно быть вероятностной величиной. В идеальном случае достигается результат, при котором все смешиваемые компоненты имеют равную вероятность нахождения в любом макро объеме смеси.

При изготовлении топливных таблеток используется двух стадийная технология смешивания. Сперва смешивают в сухую диоксид урана с добавками и смешивают полученную смесь с водным раствором пластификатора. Сперва смешивают между собой порошки UO_2 с средней плотностью $10,97 \text{ г/см}^3$, U_3O_8 с плотностью $8,6 \text{ г/см}^3$, порообразователя - азодикарбонамида ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{N}_4$) с плотностью $1,2 \text{ г/см}^3$ и, иногда, добавляют технологические обороты с плотностью 10 г/см^3 . Смешивание проводится в сухих условиях в контейнере объемом 330 л, имеющим конусную горловину.

Наполнение контейнера первоначальными компонентами ограничено и не превышает две трети его объема, масса смеси не должна превышать 500 кг. Затем, контейнер помещают в установку, которая вращает его со скоростью 15 об/мин в двух плоскостях в течение 70 минут.

После сухого смешивания происходит мокрое смешивание полученной смеси с пластификатором (водным, раствором поливинилового спирта и глицерина), используя смеситель объемом 23 л. Загрузка в смеситель 10кг (до 20 л), добавка пластификатора 9 %, перемешивание происходит в вращающемся роторе с частотой 140 об/мин, днище смесителя имеет форму шара, ротор имеет острые пластины для удаления налипшего порошка со стенок аппарата и перемещение его в центральную часть. Смешивание происходит на протяжении трех мин. Далее с «мокрой» смесью проводят следующие операции (уплотнение, дробление, рассев, сушку и грануляцию) для получения пресспорошка. Выгруженный в контейнер пресспорошок (около 250 кг) дополнительно окатывают в течение 10 мин. Следовательно, получаемая партия таблеток состоит из 6 контейнеров с первичным порошком и уже из них получается около 12 контейнеров с готовым пресспорошком. Точная дозировка добавок в каждый контейнер обеспечивает стабильные свойства таблеток во всей партии. Качественное смешивание первичного порошка UO_2 с добавками в контейнере гарантирует минимальное отклонение значений характеристик среди таблеток, полученных из него. Качественное смешивание с пластификатором даст пресспорошок с однородными свойствами даже до его обкатки. Установлено, что если недосушенные (более 1,7 % влаги) и пересушенные (менее 0,2 % влаги) компоненты пресспорошка смешать с целью получить порошок заданной влажности и отпрессовать из этой смеси таблетки, то полученные уже спеченные таблетки будут иметь большое количество бракованных таблеток по трещинам.

Для улучшения эффективности смешивания Бочаров А.С. в своей диссертации предлагает смеситель Cyclomix фирмы Hosokawa. Использование данного смесителя должно позволить уйти от смешивания в две стадии (мокрого и сухого), которое применяется в настоящей технологии как две отдельные операции, и смешивать быстро и качественно компоненты (UO_2 , U_3O_8 и порообразователь) сначала между собой, а затем с раствором пластификатора в одной операции.

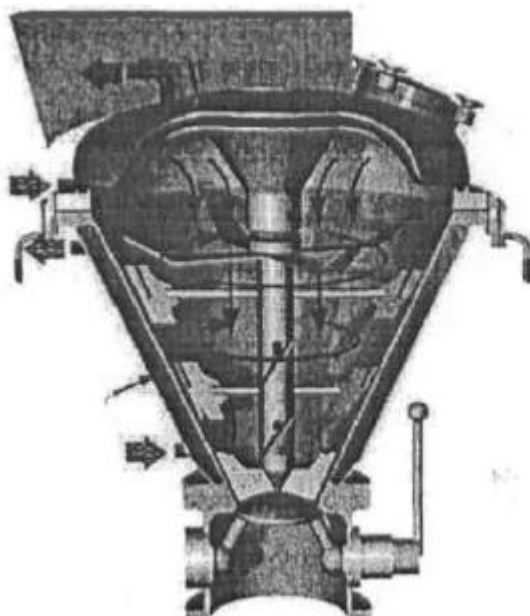


Рис 2.1 Смеситель Cyclomix фирмы Hosokawa

Устройство и принцип работы аппарата. Чаша смешивания объемом 12 л конусной формы, ротор расположен в центре. Движение ротора порождает центробежные силы и отбрасывает порошок к стенкам чаши. В силу конической формы чаши происходит перемещение порошка вверх. Крышка аппарата возвращает порошок к центру смесителя. Здесь порошок повторно опускается в нижнюю часть камеры аппарата. Данный смеситель оснащен рубашкой охлаждения и нагрева порошка, где это необходимо, на чаше и крышке.

Лопасты находятся на штангах ротора на разных уровнях и могут иметь либо одинаковое направление – вверх, то есть при вращении направлять порошок по стенке чаши вверх, либо разное направление один уровень вверх, другой вниз. Угол наклона роторных лопаток замеряется по отношению к вертикали [2].

Еще одна возникшая проблема, при смешивании порошка диоксида урана на этом смесителе – это прилипание порошка на стенки аппарата, которое наблюдается и при сухом, и при мокром перемешивании. Для уменьшения прилипания порошка на стенки чаши было предложено использовать коническую пластиковую вставку, что должно было позволить заметно уменьшить объём налипшего порошка на стенки аппарата, но полностью решить эту проблему не удалось. Для возможного решения этого явления, были проведены исследования по зависимости количества налипающего порошка от изменения углов лопаток ротора.

2.2 Влияние свойств первичного порошка диоксида урана на качество топливных таблеток

Чтобы достичь необходимых требований к топливным таблеткам, нужно иметь порошок UO_2 , который будет обладать определенными свойствами, изменяющихся в узком диапазоне, так как стабильность этих свойств порошка диоксида урана - неперенное условие стабильности свойств полученных из него таблеток.

Для оценки свойства порошка UO_2 обычно делят на 3 группы:

- 1 химические показатели (хим. состав, содержание примесей);
- 2 физико-химические свойства (удельная поверхность, морфология, активность);
- 3 технологические свойства (насыпная плотность, текучесть, тест на спекаемость).

Содержание примесей в порошке и допустимые значения этих примесей UO_2 в получаемых из него таблеток представлен в таблице 2.1.

Элемент	Предельно допустимая концентрация, мкг/гU (стандарт ASTM C 753-94)	Типичные концентрации, мкг/гU	
		Порошок UO ₂ , полученный газопламенным способом	Годные таблетки из этого порошка
Al	250	55	200
C	100	100	100
Ca	200	100	150
Mg	200	50	50
Cl	100	60	15
F	100	50	15
Cr	200	80	100
Cu	250	7	40
Fe	250	150	200
Mn	250	5	20
Mo	250	50	100
N	200	70	70
Ni	200	60	60
P	250	200	200
Si	300	50	100
V	250	50	100
W	250	100	100
B	—	0,30	0,40
Cd	—	0,60	0,60
Gd	—	1,0	1,0
Er	—	—	100
СБЭ, %	4,0	1,6	1,8

Таблица 2.1 Требования по химическому составу порошка диоксида урана

Основной интерес с точки зрения влияния на поведение топлива в реакторе представляют водород (элементарный и в виде соединений, в частности воды), фтор и хлор, азот, железо и никель. К этим элементам следует добавить углерод, кальций и кремний как элементы- индикаторы, указывающие на нарушение режимов технологического процесса получения первичного порошка и таблеток из него. В таблице 2.1 приведены требования американского стандарта ASTM к порошку UO₂ и показатели качества UO₂, полученного на ПАО «МСЗ».

Рассмотрим влияние указанных примесей на эффективную работу топлива в реакторе.

Водород, влага. Содержание воды в первичном порошке не должна превышать 0,2 %, а для таблеток граница по водороду составляет $0,6 \cdot 10^{-4}$ %.

Водород вызывает гидрирование оболочки. Главный источник водорода - остаточная влага, находящаяся в открытых порах таблеток, и газообразный водород, оставшийся после спекания в закрытых порах. В связи с этим открытая пористость топливных таблеток не должна превышать $\leq 0,5 \%$. Из экспериментальных данных стало ясно, что при плотности таблеток $10,4 \text{ г/см}^3$ содержание влаги в них не превышает $5 \cdot 10^{-4} \%$ по массе.

Фтор и хлор. Фтор и хлор, а также йод (один из продуктов деления урана) могут вызывать локальную депассивацию защитной оксидной пленки на внутренней поверхности оболочки твэла и тем самым ускорять водородную коррозию.

Азот. Азот является основным химическим элементом в газовой фазе, которая выделяется из топливной таблетки при работе в активной зоне реактора. Азот так же, способствует образованию нитридов с материалами из которых состоит твэл, это ускоряет водородную коррозию.

Никель, кремний, кальций, углерод и железо. Эти элементы рассматриваются в основном как индикаторы нарушения технологического процесса получения пресспорошка и таблетки.

Так же существует очень важная величина, показывающая чистоту ядерного топлива с точки зрения экономии нейтронов в активной зоне, это суммарный борный эквивалент (СБЭУ). Этот эквивалент определяют, как сумма борных эквивалентов каждой примеси с учетом ее концентрации и показывает суммарный коэффициент поглощения нейтронов этими примесями.

2.3 Смешивание порошков, разных по гранулометрическому составу

Порошок диоксида урана представляет собой совокупность агломератов и агрегатов размерами менее 500 мкм , состоящих из более мелких частиц - кристаллитов.

Первичный порошок диоксида урана на пути к тому, что бы соответствовать параметрам для прессования должен пройти следующие операции:

- 1) Смешивание с жидкой связкой в количестве до 10 % масс;
- 2) Уплотнение смеси;
- 3) Измельчение в режущей мельнице и отбор гранулята через специальное сито с размером ячеек в диапазоне 0,5 -0,7 мм;
- 4) Сушка полученного гранулята.

Полученный пресспорошок усредняется и анализируется на содержание влаги, которая не должна выходить за пределы 0,5 - 1,7 %, и насыпная плотность, которая должна быть не ниже 2,0 г/см³.

Необходимый гранулометрический состав первичного порошка диоксида урана и пресспорошка представлен на рисунке 2.2

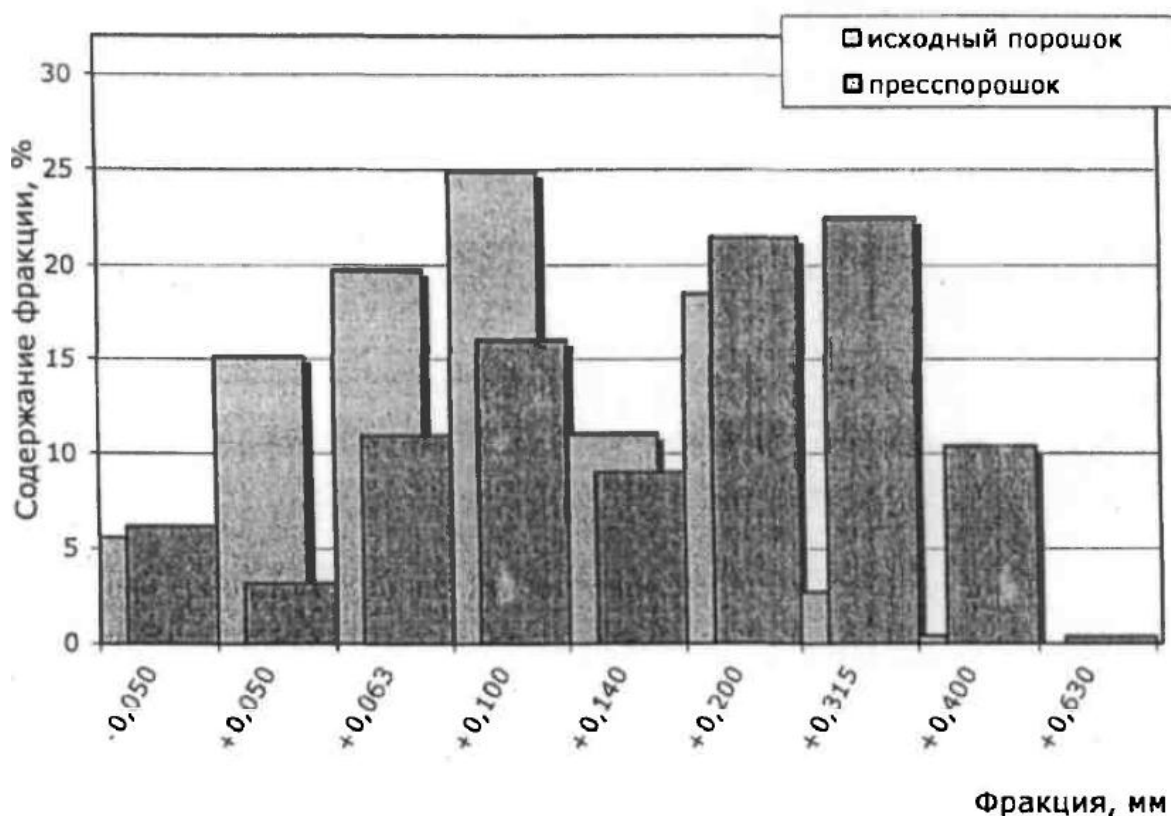


Рис 2.2 Фракционный состав первичного порошка и изготовленного из него пресспорошка

С увеличением насыпной плотности возрастает масса пресспорошка при засыпании в матрицу пресс-формы, что приводит к увеличению плотностей прессовки и уже спеченной таблетки. Достижение максимальной насыпной плотности порошка при равных условиях происходит за счет смешивания фракций разного размера в определенных пропорциях.

На практике шары одного диаметра можно уложить в цилиндрическую оболочку с плотностью до 59,0 - 63 % [3]. При введение меньшей фракции в уже уложенный каркас крупных шаров приводит к возрастанию коэффициента заполнения объема. Оптимальное количество меньшей фракции 25 - 35 %, и размеры частиц этой фракции должны быть в 10 - 15 раз меньше частиц каркаса. Более высокие коэффициенты заполнения объема получаются при использовании смеси состоящей из трех размеров.

Соотношение их диаметров 1: 7: 77, а соотношение объемов 10: 23: 67. Такую смесь удастся уложить с плотностью до 90 %.

Следовательно, для улучшения качества топливных таблеток необходимо увеличение и изменение в нем содержания более мелкой фракции в определенных пропорциях, что приведет к некоторому ухудшению текучести порошка, которое в свою очередь, не внесет заметных изменений в технологию таблеток с использованием жидкого пластификатора [2].

2.3.1. Расчет объёма пустот прессованной таблетки

Рисунок 2.2 Представляет собой фракционный состав первичного порошка и пресс порошка. На основании гистограммы, необходимо провести расчет количества воздуха в порах таблетки. Пустоты таблетки играют важную роль в формировании свойств прессованной таблетки и необходимы для дальнейших расчетов коэффициента пористости.

Таблица 2.2. Размер таблетки

D,мм	9,4
H,мм	13,5
$V_{\text{таблетки}}, \text{мм}^3$	9364

Объём пустот в таблетка найдется как:

$$V_{\text{пустот}} = V_{\text{таблетки}} - V_{\text{гранул}}$$

Объём всех гранул найдем как:

$$V_{\text{гранул}} = V_{\text{гранулы}} * n_{\text{гранул}}$$

Где $n_{\text{гранул}}$, это количество гранул данного размера

Данные всех расчетов приведены в таблице 2.3

	$V_{\text{гранулы}}$	Количество гранул		V занимаемый	
0,05	0,000065	300,00	325,00	0,02	0,02
0,05	0,000065	750,00	150,00	0,05	0,01
0,06	0,000131	1000,00	550,00	0,13	0,07
0,10	0,000523	1250,00	800,00	0,65	0,42
0,14	0,001436	600,00	450,00	0,86	0,65
0,20	0,004187	950,00	1050,00	3,98	4,40
0,32	0,016357	125,00	1125,00	2,04	18,40
0,40	0,033493	25,00	525,00	0,84	17,58
0,63	0,130858	5,0	25,00	0,654	3,27

Занимаемый всеми гранулами объём, общий объём занимаемый всеми гранулами: $V_{\text{гранул}} = 5,34 \text{ см}^3$

$$V_{\text{пустот}} = V_{\text{таблетки}} - V_{\text{гранул}} = 936,40 - 53,97 = 39,67 \text{ см}^3$$

3. Прессование таблеток

Прессование - процесс обработки материала давлением, производимый с целью достижения максимальной плотности, изменения формы, разделения фаз материала, для изменения механических или иных его свойств.

Прессование представляет собой формирование металлического порошка путём приложения давления к порошку, находящемуся в закрытой форме или оболочке. Основные закономерности процесса прессования рассмотрены на примере формования простейшей заготовки в стальной матрице прессования.

При формовании в собранную и установленную на плиту пресса матрицу засыпают порции пресспорошка и устанавливают пуансон, который передает давление от пресса на пресспорошок в матрице, под действием давления пресса первоначальный объём пресспорошка уменьшается. После этого происходит недолгая выдержка при заданном давлении, после чего нагрузка пресса снимается и уже спрессованная таблетка выбрасывается из матрицы прессования. Прессование существует одностороннее, когда усилие пресса прикладывается только к одной стороне закрытой матрицы с пресспорошком, или двухсторонним, когда усилие на матрицу оказывается с двух сторон.

Изменение объёма пресспорошка в матрице происходит за счет смещения и деформации отдельных гранул порошка и с заполнением воздушных пор, которые образуются при свободной засыпке пресспорошка, при этом частицы занимают весь объем матрицы хаотично, образуя так называемые мостики или арки.

Для пластичных металлов деформация вначале ограничена приконтактными участками малой площади, а затем распространяется в глубь частиц. В случае хрупких материалов деформация проявляется в разрушении и дроблении выступов на поверхности частиц.

Прессование при очень больших давлениях пресса может вызывать разрушение гранул порошка твердого материала и пластическую деформацию частиц из мягких металлов. Работа пресса в этот момент затрачивается в основном на деформацию и разрушение гранул порошка.

Увеличение уплотнения прессовки в зависимости от увеличения давления пресса, происходит достаточно медленно и постепенно останавливается.

При прессовании различных материалов величина давления, затраченная для достижения необходимой плотности таблетки, будет разной. Чем пластичнее материал пресспорошка, тем при более низких давлениях пресса на него, начнётся уплотнение порошка за счет деформации и разрушения частиц.

В реальном процессе происходит объединение стадий уплотнения в момент прессования, которые протекают одновременно. Деформация частиц начинается при небольших давлениях пресса и сразу начинается движение этих частиц при повышении нагрузки [4].

Прессование различают на сухое и мокрое. Отличие лишь в том, что при приготовлении пресспорошка для сухого метода прессования, отсутствует процесс смешивания с жидкой связкой, или жидким пластификатором. Вместо этого пресспорошок смешивают с стеаратом цинка. Рассмотрев обе технологии, можно выделить следующие достоинства сухого метода:

- Сокращение затрат и времени на подготовку пресспорошка
- Необходимо меньшее количество дополнительных материалов
- Не требуется проводить сушку таблеток, перед процессом спекания,

что уменьшает время длительности всей операции

Но у сухого метода имеются и свои недостатки перед мокрой технологией:

- Прессованные таблетки получаются хрупкими
- Необходимо повышение требований к исходному порошку для получения качественной прессовки.
- Повышенная вероятность трещин на спрессованных таблетках.

Учитывая все достоинства и недостатки, сухая технология приготовления пресспорошка является более выгодной и востребованной на современных предприятиях по производству ядерного топлива.

3.1 Расчет силовых параметров процесса компактирования сыпучих материалов на роторных прессах

В химической и смежных отраслях промышленности при большом объеме производства изделий из сыпучих материалов относительно простой формы нашли широкое применение технологические роторные прессы (РП). С подробным описанием работы роторных технологических модулей и автоматизированных роторных линий можно ознакомиться в [5].

В этих машинах основной процесс уплотнения первичного сыпучего материала проводится одновременно в нескольких комплектах пресс-инструмента при их непрерывном перемещении вокруг вертикальной (реже горизонтальной) оси вместе с рабочим ротором. Пресс-инструмент состоит из матрицы и двух пуансонов; матрица неподвижно укреплена на роторе, а пуансоны перемещаются вдоль оси, параллельной оси вращения ротора. За один оборот ротора осуществляется весь технологический цикл, включающий дозирование материала, прессование, выталкивание и снятие изделия, а в случае необходимости и другие операции.

Основное силовое воздействие на уплотняемый сыпучий материал происходит на участке прессования, определяемом центральным углом прессования φ_n . Объемное сжатие материала в матрице 4 осуществляется в результате относительного поступательного двустороннего движения пуансонов 3, их переносного движения вместе с ротором 5 и качения роликов 2 по неподвижным копирам 1 с углом наклона α . Для изготовления цилиндрических изделий наиболее часто используются пуансоны с плоскими торцами, для изделий с центральным каналом пуансоны имеют приспособления для установки иглы.

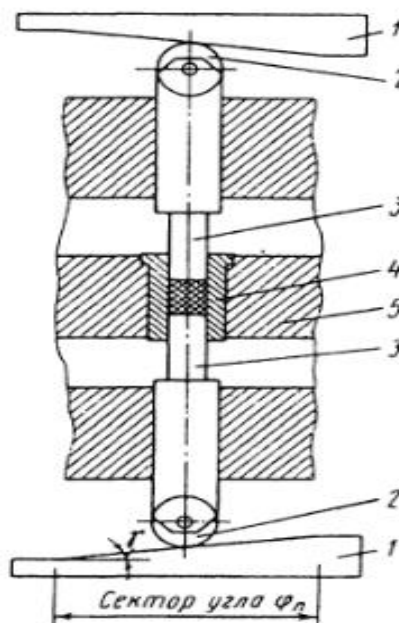


Рис 3.1 Схема прессования изделий из сыпучих материалов на роторном прессе

Одной из наиболее важных задач теории уплотнения сыпучих материалов в роторных прессах является определение плотности и давления по объему формируемого изделия в зависимости от условий прессования. Особый интерес при конструировании РП представляет задача расчета силовых параметров (распределенных и интегральных) по заданному геометрическому описанию прессуемого изделия, физико-механических и реологических свойств материала изделия в процессе компактирования давлением [6].

3.2 Влияние воздуха в процессе прессования

3.2.1. Оценка газодинамического эффекта при уплотнении порошков в замкнутой матрице

Для описания процесса уплотнения порошкообразных материалов в цилиндрической матрице с учетом эффекта деаэрации воздуха А.А. Мурашовым предложена система дифференциальных уравнений, включающая уравнение неразрывности газообразной фазы:

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \text{div}(\rho_1 v_1) = 0 \quad (3.1)$$

где ρ , - плотность газа;

v , - вектор скорости газовой среды.

Движение газообразной фазы относительно твердых частиц можно рассматривать как процесс фильтрации, который для малых градиентов давления газа описывается законом Дарси:

$$v_1 = -\frac{k_r}{\mu_r} \text{grad } p_1 \quad (3.2)$$

где k_r - газопроницаемость;

μ_r - вязкость газовой фазы при данной температуре. Газопроницаемость k зависит от пористости твердой фазы ε и в первом приближении определяется выражением:

$$k_r = k_{r0} \left(\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} \right)^a \quad (3.3)$$

где k_{r0} - проницаемость газа при начальной (насыпной) пористости твердой фазы ε_0 ; a - некоторая константа.

При медленном уплотнении порошкообразного материала процесс сжатия газообразной фазы условно считается изотермическим, воздух исходя из своих свойств близок к идеальному газу.

Тогда уравнение состояния газовой фазы записывается в виде:

$$P_1/\rho_1 = \text{const.} \quad (3.4)$$

Для простоты исследования газодинамических эффектов рассматривается процесс уплотнения порошкообразного материала в гладком вертикальном цилиндре с начальными пористостью ε_0 и высотой слоя h_0 . Начало координат помещено в центре неподвижного дна цилиндра, ось z направлена вертикально вверх. Уплотнение порошкообразного материала осуществляется за счет движения поршня с постоянной скоростью v_0 вниз, при этом поршень принимается проницаемый для газообразной фазы.

Система уравнений (3.1) – (3.4) применительно к указанной задаче сведена к одному уравнению:

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \left[\frac{\partial}{\partial z} \left(v_{2z} - \frac{k_r}{\mu_r} \frac{\partial p_1}{\partial z} \right) \rho_1 \right] = 0 \quad (3.5)$$

Начальные и граничные условия для (3.5) составлены из следующих соображений.

Дно цилиндрической матрицы является непроницаемым для газа, при $z=0$

$$v_{1x} = -\frac{k_r}{\mu_r} \frac{\partial p_1}{\partial z} = 0 \quad (3.6)$$

Давление на поверхности поршня равно атмосферному давлению, при $z=h_0-v_0t$

$$p_1=p_a \quad (3.7)$$

В начальный момент времени газ не сжат и

$$t=0, p_1=p_a \quad (3.8)$$

Скорость перемещения твердой фазы на дне матрицы

$$\text{при } z=0 \quad v_{2z}=0, \quad (3.9)$$

$$\text{при } z=h_0-v_0t \quad v_{2z}=v_0. \quad (3.10)$$

Решение уравнения (3.5) с начальными и граничными условиями (3.6) — (3.10) после ряда математических преобразований осуществлено методом Рунге — Кутга.

Результаты расчетов применительно к порошку технического углерода при скорости движения поршня $v_0=(0,05-3)10^{-3}$ м/с приведены на рис. 6.21. Из приведенных на рис. 3.1. Из данных следует, что избыточное давление газовой фазы в твердых дисперсных системах является весьма малой величиной по сравнению с величинами напряжений, возникающих в твердой фазе при реальных условиях их компактирования давлением.

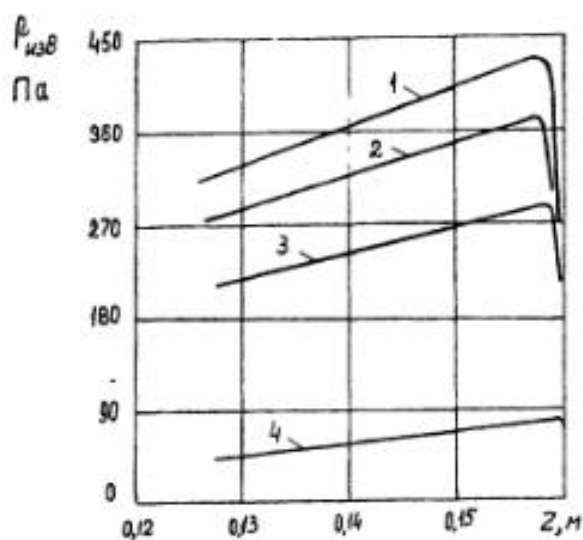


Рис 3.1 Избыточное давление газовой фазы при прессовании технического графита: 1 – скорость перемещения пуансона $V=3 \cdot 10^{-3}$ м/с, 2- $2,5 \cdot 10^{-3}$ м/с, 3- $2 \cdot 10^{-3}$ м/с, 4- $0,5 \cdot 10^{-4}$ м/с

Для этого приведем простой расчет давления сыпучего материала на дно цилиндрической матрицы в состоянии свободной засыпки. Это давление приближенно можно оценить, как $p_2 = \rho_n g h_0$ (g - ускорение свободного падения); для порошка технического графита $\rho_n = 450$ кг/м³. Если $A_0 = 0,16$ м, то $p_2 = 705,6$ Па, что в несколько раз больше избыточного давления воздуха согласно приведенным расчетам.

Процесс компактирования сыпучих материалов давлением обычно осуществляется в широком интервале значений давления прессования, обычно составляющем от 10 до 200 МПа, а в отдельных случаях и более. Поэтому величина избыточного давления газовой фазы по сравнению с технологическим давлением прессования в процессе уплотнения порошкообразных материалов весьма незначительна.

Влияние фильтрации газовой фазы из пористого пространства порошкообразного материала сказывается только в начале процесса компактирования твердых дисперсных тел по причине того, что в реальных условиях процесса компактирования поршень (пуансон) не является проницаемым для газов.

Более того, именно прессующий пуансон создает основное местное сопротивление для движения газовой фазе, выжимаемой из свободного пористого пространства при сжатии твердых дисперсных материалов в замкнутом пространстве. Влияние остающегося воздуха в поровом пространстве твердых дисперсных тел на физико-механические свойства, явление упругого последействия, остаточных внутренних напряжений и т.п. было рассмотрено выше.

3.2.2 Влияние воздуха в процессе гидростатического прессования

Рассмотрим вопрос о влиянии воздуха, заполняющего поровое пространство между частицами порошкообразного материала, на параметры процесса гидростатического прессования.

При прессовании порошкообразных материалов в матрице происходит вытеснение воздуха через зазор между матрицей и пуансоном пресс-инструмента. Во время прессования в герметической оболочке гидростата при повышении наружного давления объем порового пространства между частицами материала уменьшается, и давление порового воздуха повышается. Воздух берет на себя часть наружного давления и, следовательно, ухудшает условия уплотнения пористого тела, заключенного в эластичную оболочку. Опыт прессования порошкообразных материалов показывает, что при снятии гидростатического давления резиновая оболочка восстанавливает свои первоначальные размеры, причем часть внутреннего объема занимают спрессованное изделие и воздух. Иногда происходит довольно прочное прилипание оболочки к брикету. Но и в этом случае воздух выходит из пор изделия и образует воздушный пузырь в какой-либо части внутри оболочки.

Если принять, что температура материала и воздуха в процессе прессования остается неизменной, то давление воздуха в порах порошкового тела в конечный момент прессования p_k определяется как

$$p_k = V_n p_n / V_k \quad (3.11)$$

где V_n, V_k - объем воздуха соответственно в начальном и конечном объеме порошкового тела;

p_n - давление воздуха в начальный момент прессования.

Поскольку

$V_n = G(1/\rho_n - 1/\rho_T)$ и $V_k = G(1/\rho_k - 1/\rho_T)$, в окончательном виде получим:

$$p_k = p_n (\rho_T - \rho_n) \rho_k / (\rho_T - \rho_k) \rho_n \quad (3.12)$$

где (G - масса пористого тела;

ρ_n, ρ_k, ρ_T - соответственно плотности материала в начальный, конечный моменты прессования и твердой фазы.

Рассмотрим следующий пример. Предположим, что порошкообразный материал прессуется в эластичной оболочке от насыпной плотности $\rho_n = 800$ кг/м³ до конечной плотности $\rho_k = 1950$ кг/м³; плотность твердой фазы $\rho_T = 2000$ кг/м³; $p_n = 0,1$ МПа; максимальное давление жидкости в гидростате 150 МПа. Рассчитанное по уравнению давление воздуха $p_k = 5,8$ МПа, что составляет около 4 % давления прессования. Подобное давление имеет относительно малое влияние на плотность прессованного изделия.

Однако влияние воздуха, находящегося в порах порошкового тела, может иметь существенное значение при достижении плотности, близкой к плотности компактного материала. Кроме того, при быстром сбросе давления жидкости в гидростате воздух не успевает выходить сквозь поры изделия и создает дополнительные внутренние напряжения, которые в некоторых ситуациях могут приводить к образованию трещин.

По этой причине не исключается возможность в технологическом процессе предварительно удалить воздух из оболочки и порошкообразного материала до начала прессования, а в конструкциях гидростатов предусмотреть специальные устройства для отвода воздуха в процессе прессования порошковых тел.

3.2.3 Оценка влияния воздуха в замкнутой матрице при прессовании.

Верхний пуансон под действием нагрузки опускается в направлении дна матрицы. Верхняя граница $h_0(t)$ – переменная. Движение пуансона и высота показана на рис 3.2.

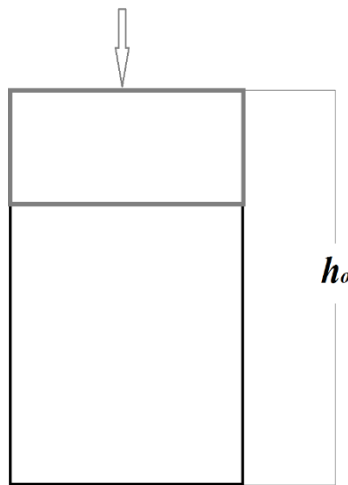


Рис 3.2. Схема таблетки.

Тогда, в процессе моделирования необходимо что бы высота постоянно пересчитывалась по формуле (3. 13)

$$h_0(t) = h_0(0) - i \cdot \Delta z \quad (3.13)$$

где, $\Delta z = \frac{h_0}{M}$, Δz – шаг по высоте, M – число разбиений.

Воспользовавшись уравнениями, описанными в пункте 3.2.1, выражение полученное из системы уравнений (3.1-3.10):

$$\left(v_{2z} - \frac{k_r}{\mu_r} \frac{\partial p_1}{\partial z} \right) \rho_1$$

Обозначим данное выражение из формулы (3.5), как функцию $g(t, z, \rho_1)$. Тогда, уравнение (3.5) примет следующий вид:

$$\frac{\partial P_1}{\partial t} + \frac{\partial g}{\partial z} = 0 \quad (3.14)$$

Для уравнения (3.14) широко используется схема предиктор–корректор Мак-Корма. Для расчета использовалась уголковая схема. Общая схема Мак-Корма представлена ниже:

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{u}_m - u_m^n}{t} + \frac{f_m^n - f_{m-1}^n}{h} &= 0 \\ \frac{\tilde{u}_{m+1} - u_{m+1}^n}{t} + \frac{f_{m+1}^n - f_m^n}{h} &= 0 \\ \frac{u_m^{n+1} - 0.5(u_m + \tilde{u}_m)}{t} + \frac{\tilde{f}_{m+1} - \tilde{f}_m}{2h} &= 0 \end{aligned}$$

В нашей математической модели, для упрощения, мы использовали только первое выражение. Уголковая схема расчеты представлена ниже на рисунке 3.3

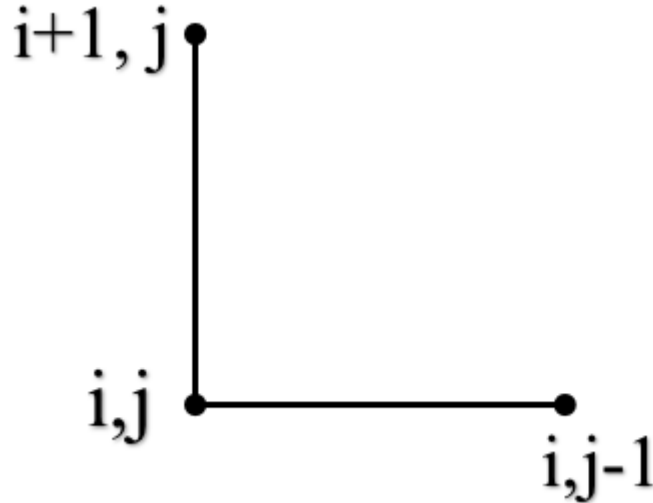


Рисунок 3.3 Уголковая схема.

Уголковая схема работает по следующему принципу: последующее значение $(i+1, j)$ находится из начального положения (i, j) и предыдущего $(i, j+1)$.

По этим расчетным формулам и уголковой схеме нами была построена математическая модель для процесса деаэрации воздуха из порового пространства топливной таблетки в момент прессования.

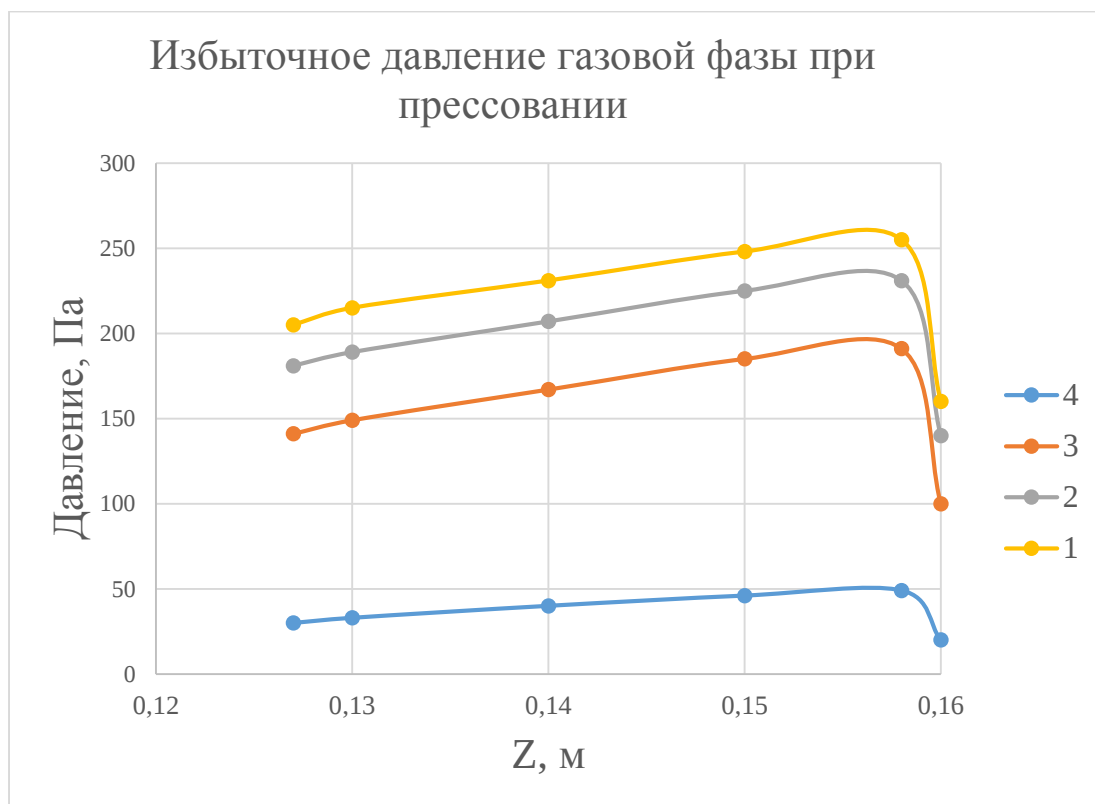


Рисунок 3.4 График зависимости избыточного давления воздуха при прессовании диоксида урана: 1- скорость движения пуансона $V=3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$, $V=2-2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$, $V=3-2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$, $V=4-0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$

Результаты расчетов применительно к порошку диоксида урана при скорости движения пуансона $V=0,05-3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ приведены на рис 3.4. Из приведенных расчетных данных следует, что избыточное давление газовой фазы в твердых дисперсных системах является весьма малой величиной по сравнению с величинами напряжений, возникающих в твердой фазе при реальных условиях их компактирования давлением. Сравнивая с полученными расчетами в работе Генералова [6], графики имеют схожий характер, что свидетельствует о правильности расчетов и работе разработанной математической модели.

4 Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [7].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [7], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

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

4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. В таблице 4.1 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 4.1 – 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 на ПЭВМ, Кафедра ФЭУ НИ ТПУ	—	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и так далее)	—	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	—	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность

При работе на ПЭВМ на студента воздействуют следующие факторы:

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

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

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

4.2.1 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 непосредственно на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией или лицом ответственным за рабочее место после обучения на рабочем месте. После чего сотруднику присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается удостоверение специального образца.

Лица, работающие на ПЭВМ, не должны иметь медицинских противопоказаний. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием перед устройством на работу.

4.2.2 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, в качестве примера рисунок 4 иллюстрирует зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

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.

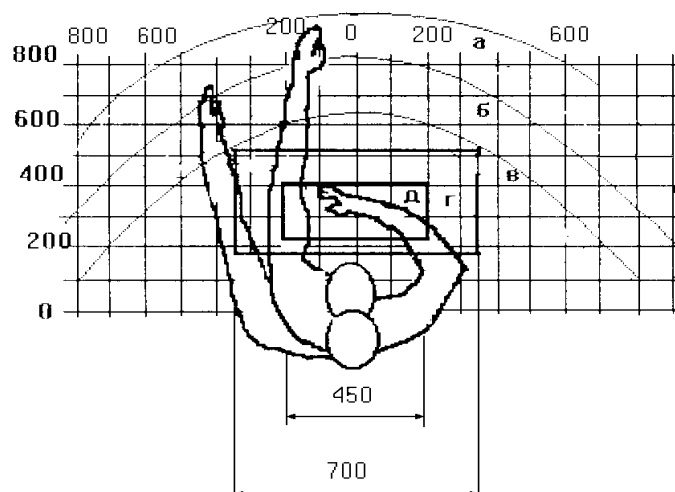


Рисунок 4.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- 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

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.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края.

4.2.3 Условия безопасной работы

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

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [8] и приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23–25	40–60	0,1
Тёплый	23–25	40	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. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность — 40 %, скорость движения воздуха — 0,1 м/с, температура летом — 20–25 °С, зимой — 13–15 °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 видеокабеля. Согласно [8] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц — 25 В/м;
- в диапазоне частот от 2 до 400 кГц — 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц — 250 нТл;
- в диапазоне частот от 2 до 400 кГц — 25 нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться 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 100 мкР/час.

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

4.3 Электробезопасность

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 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- 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;

4.3.1 Поражающие факторы электрического воздействия

Реакция на электрический ток возникает лишь после его прохождения через ткани человека. В этих случаях возникают судороги мышц или остановка дыхания и сердца, что не позволяет человеку самостоятельно освободиться от контакта с установкой (или проводами), находящейся под напряжением.

Степень поражения человека зависит от рода и величины напряжения и тока; частоты электрического тока; пути тока через человека, продолжительности действия тока; условий внешней среды.

Как показывает практика, спасение человека возможно, если время, в течение которого человек находится под действием электрического тока, не превышает 4...5 мин.

Тело человека обладает электрическим сопротивлением, которое складывается из сопротивления кожи и сопротивления внутренних органов. В расчетах, связанных с определением тока, проходящего через человека, сопротивление тела человека $R_{\text{чел}}$ принимается равным 1000 Ом. Величина тока, проходящего через человека, является фактором, определяющим тяжесть поражения электрическим током.

Электрический ток, проходя через человека, оказывает сложное физико-биологическое воздействие на основные системы организма, которое выражается в возбуждении мышечных и нервных тканей, ожогах внутренних и внешних органов, электролизе крови.

Человек начинает ощущать прохождение тока частотой 50 Гц при силе 0,6... 1,5 мА. При токе 10...15 мА возникают судороги мышц рук, которые человек не может самостоятельно преодолеть, т. е. человек не в состоянии разжать руку, которая касается токоведущей части установки. Величину такого тока принято называть пороговым не отпускающим. При прохождении тока в 25...50 мА возникают спазмы мышц грудной клетки, что вызывает нарушение или прекращение дыхания.

При длительном воздействии тока такой величины (5...7 мин) может наступить смерть вследствие прекращения работы легких. Ток силой 50 мА и более вызывает остановку или хаотические сокращения сердца, что приводит к прекращению кровообращения. Такой ток считается смертельным.

Многообразное воздействие электрического тока можно свести к двум видам поражения; электрическим травмам и электрическим ударам. Электрические травмы — это повреждения тканей организма под действием проходящего электрического тока, выражающиеся в виде электрического ожога, металлизации кожи, механических повреждений, электрических знаков. Электрический удар вызывает возбуждение живых тканей организма под действием проходящего электрического тока, сопровождающееся непроизвольными сокращениями мышц.

Факторы, определяющие исход поражения

Основным поражающим фактором является электрический ток. При длительном (более 1 с) протекании переменного тока промышленной частоты выделяют следующие характерные значения: пороговый ток ощущения (0,8-1,2 мА), пороговый не отпускающий (приковывающий) ток (10-16 мА), пороговый фибрилляционный ток.

Сопротивление тела человека. Выделяют внутреннее и наружное сопротивление. Основной составляющей является наружное сопротивление - сопротивление кожи (а именно эпидермиса) человека. Так, в относительных единицах, если сопротивление кожи принять за 1, то сопротивление внутренних тканей составит 0,15-0,20 (600-8000М), сопротивление нервных волокон - 0,025. Пот, влага снижают сопротивление человека в 12 раз, в воде оно снижается в 25 раз. В качестве расчетного значения сопротивления тела принята величина 1000 Ом.

Путь (петля) тока. Различают так называемые большие (полные) петли, которые захватывают область сердца (через сердце протекает 8-12 % от общего значения тока) и малые петли, когда через сердце протекает 0,4 % от общего значения тока.

К большим петлям относятся: правая рука - ноги (по статистике они возникают в 20 % случаев), левая рука - ноги (17 %), обе руки - ноги (13 %), голова-ноги (5 %), рука-рука (40 %). Малой петлей является петля нога-нога (6 %).

Пороговые значения поражающих токов зависят от продолжительности воздействия тока: при длительности воздействия 0,1 с они составляют 500 мА (400 мА); при 0,2 с - 250 мА (190 мА); при 0,4 с ~ 125 мА (140 мА); при 0,5 с - 100 мА (125 мА); при 0,7 с - 70 мА (90 мА); при 1,0 с - 50 мА (50 мА). В скобках указаны значения токов с учетом нелинейности изменения значений сопротивления тела в зависимости от приложенного напряжения.

Постоянный ток менее опасен, чем переменный (в 4-6 раз по сравнению с током промышленной частоты). Наиболее опасным для человека является ток частотой 70 Гц. Промышленная частота 50 Гц равноценна по опасности с частотой 100 Гц. С ростом частоты значения поражающих токов увеличиваются, т.е. опасность поражения уменьшается.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- 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 надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заклучение в корпуса электропоражающих элементов, заклчение в корпус токоведущих частей) [9].

4.4 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [10], 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. Так как помещение по степени пожар взрывоопасности 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 подразделяются 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.

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);
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;
- 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:

- сообщить руководителю;

- позвонить в аварийную службу или МЧС – тел. 112;

- принять меры в соответствии с инструкцией.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной работе разрабатывается математическая модель, для моделирования процесса прессования таблетки из диоксида урана в роторном прессе. В ходе разработки модели, возможно предугадать состояние таблетки после прессования, что позволит, в разработке новых аппаратов и улучшения технологии в целом.

Для эффективного использования научного потенциала научно-исследовательской работы (НИР) необходимо прилагать усилия не только к непосредственно её разработке, но и к проведению её анализа с точки зрения экономических требований.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» части выпускной квалификационной работы рассмотрены следующие вопросы:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно – исследовательской работы;
- расчет бюджета научно – технического исследования.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок. Госкорпорация «Росатом», промышленные предприятия по получению ядерного топлива, предприятия по производству ТВЭЛов.

5.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [11].

SWOT – анализ состоит из трех этапов. В первом этапе мы анализируем сильные и слабые стороны исследовательской работы (внутренняя среда), а также возможности и угрозы (внешняя среда). Описание выполняется с помощью факторов, не имеющих количественной оценки (таблица Б1, Приложение Б).

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

В рамках данного этапа построили интерактивную матрицу проекта (таблица 5.1). Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 5.1 – интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта.		С1.	С2.	С3.
	В1.	+	+	+
	В2.	+	+	+
Угрозы проекта.	У1.	0	0	+
	У2.	+	0	+
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта.		Сл1.	Сл2.	
	В1	0	+	
	В2.	+	+	
Угрозы проекта.	У1.	-	-	
	У2.	-	-	

Третий этап заключается в составлении итоговой матрицы SWOT – анализа (таблица Б2, Приложение Б). Она заполняется, исходя из анализа таблицы 5.1.

5.2 Планирование научно-исследовательской работы

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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 сформирована рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления. Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок составления этапов и работ приведен в таблице БЗ (Приложение Б).

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИР

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (5.1)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

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

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел [11].

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев, включая производственную практику, и дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.4)$$

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} округлены до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} \approx 1.22$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу Б4 (приложение Б).

Календарный план-график в виде диаграммы Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится на основе данных из таблицы 5.2 разбивкой по дням (декадам, месяцам) за период времени дипломирования. Работы на графике выделены различным цветом (штриховкой) в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план – график в виде диаграммы Ганта приведен в таблице Б5 (приложение Б).

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Целью планирования бюджета для проведения НТИ является экономически обоснованное определение величины затрат на ее выполнение.

В формирование НТИ включаются все затраты, связанные с ее выполнением независимо от источника финансирования. 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.

Рассчитаем те, которые имеются в нашей работе.

5.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

К категории материалов относят:

- электроэнергия на технологические цели.

Работа проводилась 14 дней по 8 часов (112), мощность установки 0.45 КВт/час и расход охлаждающей воды (не менее) 1,8 м³/час

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} , \quad (5.5)$$

где $C_{эл}$ – тариф на промышленную электроэнергию (2,7 руб за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

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

$$C_{эл} = 2,7 \cdot 0.45 \cdot 112 = 4320 \text{ руб.}$$

5.3.2 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.

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5.9)$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (5.10)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 5.6.);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.11)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб. (в качестве месячного оклада дипломника выступает стипендия, которая составляет 0 руб. и 22300 руб. для доцента, кандидата наук);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.3).

Баланс рабочего времени представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	52	52
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	48
-невыходы по болезни	—	—
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot k_p, \quad (5.12)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб. (для доцента Z_{TC} составляет 22300 руб.);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Z_{TC} , руб.	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель		22300	1,3	28990	1201	11	13211
Инженер		30000	1,3	39000	1651	36	58173
Итого $Z_{осн}$							71384

5.3.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}}, \quad (5.13)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплат ($k_{\text{доп}}=0,1$);

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 5.4 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.4 – Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата, руб	13211	58173
Дополнительная зарплата, руб	1321	582
Зарплата исполнителя, руб	14532	58754
Итого по статье $C_{\text{зн}}$, руб	73286	

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Дипломная работа выполнялась с 14.05.2015 по 19.06.2015. С 01.01.2010 страховые взносы осуществляются в государственные внебюджетные фонды. На 2015 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 2015 году водится пониженная ставка – 27,1 [12].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (5.14)$$

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

Таким образом, выплаты в страховые фонды составят:

1) Для руководителя:

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot 14532 = 3938 \text{ руб.}$$

2) Для инженера:

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot 58754 = 15922 \text{ руб}$$

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Накладные расходы в ТПУ составляют 25-35 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = k_{нр} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (5.15)$$

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

$$З_{накл} = 0,3 \cdot 14532 = 4360 \text{ руб.}$$

5.3.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

Так как при проведении научно-технических исследований все подготовительно-отладочные работы, технологические операции и расчеты были осуществлены на базе кафедры № 23 ФТИ ТПУ с имеющимся оборудованием и расходными материалами только научным руководителем и дипломником без привлечения сторонних организаций, то в данном случае можно говорить, что контрагентные расходы отсутствуют.

5.3.7 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

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

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Так как при проведении научно-технических исследований все подготовительно-отладочные работы, технологические операции и расчеты были осуществлены на базе кафедры № 23 ФТИ ТПУ с имеющимся оборудованием и расходными материалами, то в данном случае можно говорить, что затраты на специальное оборудование для научных работ отсутствуют.

5.3.8 Расчет затрат 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.

Так как при проведении НТИ не было научных и производственных командировок, то в данном случае можно говорить, что затраты на научные и производственные командировки отсутствуют.

5.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании выше сказанного составим бюджет затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения, приведен в таблица 5.6.

Таблица 5.6. – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	4320	Пункт 5.3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	13211	Пункт 5.3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1321	Пункт 5.3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	3938	Пункт 5.3.4
5. Накладные расходы	4360	Пункт 5.3.5
6. Бюджет затрат НТИ	2715	Сумма ст. 1–8

Для выполнения данных исследований были задействованы два исполнителя: научный исполнитель и дипломник. Из вышеизложенной калькуляции видно, что для реализации данного проекта необходимо 36 календарных дней, суммарный бюджет научно-технического исследования составил 27380 рубля.

Эта сумма оправдывается перспективами применения плазменного метода, а также установки на его основе для получения гомогенных оксидных композиций на основе смесевых нитратных растворов урана и тория. Это позволит существенно сократить удельные энергозатраты на переработку смесевых нитратных растворов урана и тория.

Выводы

1) В процессе анализа технической литературы и знакомство с производством ПАО «МСЗ», наиболее используемая сухая технология подготовки пресспорошка.

1) Проведен выбор алгоритма расчетов и программирования в среде «Matlab» математической модели, описывающей движение в поровом пространстве воздуха, в процессе прессования таблеток из диоксида урана.

2) Данные получение с математической модели показывают, что напряжение создаваемое воздухом в порах незначительно, по сравнению с атмосферным давлением.

Заключение

Результаты проведенной работы показали, что напряжение создаваемое воздухом в порах таблетки незначительно, поэтому деаэрация воздуха в процессе прессования топливных таблеток из диоксида урана, при данных условиях, не требуется.

Список литературы

1. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник / Под ред. И.М.Федорченко. - Киев: Наукова думка, 1985. – 624 с.
2. Оптимизация технологии топливных таблеток из диоксида урана для обеспечения стабильности их качества в условиях массового производства: Диссертация / А.С. Бочаров, Г.А. Либенсон, Э.И. Адриев; – Московский государственный институт стали и сплавов – Москва: Изд-во Московского государственного института стали и сплавов, 2005. –153с.
3. Котельников Р.Б., Башлыков С.Н., Каштанов А.И., Меньшикова Т.С. Высокотемпературное ядерное топливо. – М.: Атомиздат, 1986. – 386 с.
4. Процессы переработки металлосодержащих отходов производств черной металлургии и прокатки стального листа и использованием процессов ОМД: Учебное пособие / В.Н. Кокорин, Е.М. Булыжев, Е.П. Терешенок: – Ульяновский государственный технический университет – Ульяновск: УлГТУ, 2011–64с.
5. Клаусов И.А. и др. Автоматические роторные линии. –М.: Машиностроение, 1978. – 287с.
6. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: Учебное пособие для вузов. – Калуга: Издательство И.Бочкаревой, 2002. –592с.
7. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 2 с.
8. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 №181 – ФЗ // Российская газ. – 1999. – 24.07. – С. 4
9. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [Текст]. – Взамен СанПиН 2.2.2.542-96; введ. 2003-06-30. – М: Российская газета, 2003. – 3 с.

10. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85; введен 1998-01-01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. – 6 с.

11. 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: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

12. Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования».

Приложение А

Таблица А1 - Свойства диоксида урана

Наименование свойства	Значение параметра
Тип решетки	ГЦК (типа CaF_2)
Теоретическая плотность, 10^3 кг/м^3	10.96
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	2880
Массовая доля урана, %	88.2
Плотность тяжелых атомов, 10^3 кг/м^3	9.65
Теплопроводность, Вт/мК	3 (при 1270 К)
Модуль упругости, ГПа	180
Модуль сдвига, ГПа	75
Поперечное сечение деления	1,4
Поперечное сечение поглощения, включая сечение деления	2,56

Приложение Б

Таблица Б1 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Модель является единственной в своем роде.	Сл1. Модель потребляет большое количество ресурсов ПК.
С2. Высокая точность модели.	Сл2. Сложное финансовое положение.
С3. Простой интерфейс.	Сл3. Узкое направление модели, лишь для определенного аппарата.
С4. Значения, близкие к экспериментальным.	
С5. Может работать на любом ПК.	
Возможности	Угрозы
В1. Внедрения в реальное производство.	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства из-за малой известности метода и ограниченности дополнительных финансовых ресурсов на использование нового у организаций.
В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	У2. Несвоевременное финансовое обеспечение.

Продолжение приложения Б

Таблица Б2 – SWOT–анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Модель является единственной в своем роде. С2. Высокая точность модели. С3. Простой интерфейс. С4. Значения, близкие к экспериментальным. С5. Для работы с ней, не нужны специальные знания в области программирования.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Модель потребляет большое количество ресурсов ПК. Сл2. Сложное финансовое положение. Сл3. Узкое направление модели, лишь для определенного аппарата.
Возможности: В1. Внедрения в реальное производство и НИИ. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	В1С1С2С3С5, В2С1С2С3С4. Из данной комбинации видим, что вышеперечисленные сильные стороны благотворно влияют на возможность внедрения модели в производства и НИИ.	В1Сл2, В2Сл1Сл2. Анализ показывает, что такие возможности как В1 и В2 положительно влияют на слабые стороны проекта, т.к внедрение модели может существенно улучшить сложное финансовое положение и поможет в оптимизации, для меньшего потребления ресурсов
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Несвоевременное финансовое обеспечение	У1С1С3, У2С1С3С5. Проведя анализ сильных сторон и угроз, видно, что вышеуказанные сильные стороны проекта могут существенно понизить процент угроз исследования	-

Продолжение приложения Б

Таблица Б3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Категория	Этап	Содержание работ		Должность исполнителя
Разработка ТЗ на ВКР	1	Составление и утверждение технического задания		руководитель
Выбор направления исследования	2	Изучение проблемы и подбор литературы		дипломник
	3	Изучение литературы и выбор методов решения проблемы		дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме		дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Экспериментальное исследование	Получение экспериментальных данных по прессованию.	руководитель, дипломник
	6		Создание математической модели.	
	7		Настройка интерфейса и получение расчетных данных модели.	
	8	Статистическое исследование	Обработка результатов, сравнение экспериментальных данных и данных полученных из модели.	дипломник
	9	Анализ и обработка полученных результатов		дипломник
	10	Оценка эффективности полученных результатов		руководитель, дипломник
Обобщение и оценка результатов	11	Оформление пояснительной записки и графических работ		дипломник
	12	Подготовка к защите темы		дипломник

Продолжение приложения Б

Таблица Б4 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Трудоёмкость работ			Исполнитель и	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожид}$, чел-дни			
1	0,5	1,5	0.9	руководитель	0.9	1
2	1	2	1.4	инженер	1.4	2
3	3,5	4,5	3.9	инженер	3.9	5
4	0,5	1,5	0.9	инженер	0.9	1
5	3	3.5	3.2	руководитель	1.6	2
6	3	3.5	3.2	, инженер	1.6	2
7	2.5	3	2.7		1.35	2
8	1.5	2	1.7	руководитель	0.85	1
9	2	2.5	2.2	, инженер	1.1	1
10	4	5.5	4.6	инженер	4.6	6
11	2.5	3.5	2.9	руководитель, инженер	1.45	2
12	4.5	6.5	5.3	инженер	5.3	7
13	3.5	5	4.1	инженер	4.1	5
Итого:			37		29.05	37

Таблица Б5 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ						
				Май						
				10	11 - 13	14 - 15	16	17 - 18	18 - 26	27 - 28
1	Составление и утверждение технического задания	руководитель	1							
2	Изучение проблемы и подбор литературы	дипломник	2							
3	Изучение литературы и выбор методов решения проблемы	дипломник	5							
4	Календарное планирование работ по теме	дипломник	1							
5	Получение экспериментальных данных по прессованию.	руководитель, дипломник	2							
6	Создание математической модели.	руководитель, дипломник	2							
7	Настройка интерфейса и получение расчетных данных модели.	руководитель, дипломник	2							

Продолжение таблицы Б5

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ				
				Май	Май – июнь	Июнь		
				29-30	31 - 3	3 - 5	6 - 16	17 - 21
8	Обработка результатов, сравнение экспериментальных данных и данных полученных из модели.	дипломник	1					
9	Анализ и обработка полученных результатов	дипломник	5					
10	Оценка эффективности полученных результатов	руководитель, дипломник	3					
11	Оформление пояснительной записки и графических работ	дипломник	11					
12	Подготовка к защите темы	дипломник	5					



- руководитель



- дипломник



- совместная работа

