

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки – 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»
Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Расчет каскадов газовых центрифуг с произвольной схемой соединения ступеней с использованием программы Simulink

УДК 621.039:33.29:004.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Д	Гольцман Андрей Иванович		25.05.20

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Тимченко С.Н.	к.т.н.		25.05.20

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Е.С. Киселева	к.э.н.		25.05.20

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Т.С. Гоголева	к.ф.-м.н.		25.05.20

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
14.03.02 Ядерные физика и технологии	П. Н. Бычков	к.т.н., доцент		25.05.20

Томск – 2020 г.

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки (специальность) – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 П.Н. Бычков
 « ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А6Д	Гольцману Андрею Ивановичу

Тема работы:

Расчет каскадов газовых центрифуг с произвольной схемой соединения ступеней с использованием программы Simulink	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 59-84/с от 28.02.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p>1. Предмет исследования: Каскад для разделения бинарных изотопных смесей.</p> <p>2. Используемое оборудование: ПО Matlab, ПО Simulink, портативный компьютер.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p>Аналитический обзор литературы; постановка цели и задач исследования; разработка методики проведения экспериментов; анализ полученных результатов; экономическое обоснование проведения НИР; выводы по работе.</p>

(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).

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Основная часть	доцент ОЯТЦ ИЯТШ С.Н. Тимченко
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент ОСГН ШБИП Е.С. Киселева
Социальная ответственность	ассистент ОЯТЦ ИЯТШ Т.С. Гоголева

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.01.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	С.Н. Тимченко	д.ф.-м.н., доцент		17.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Д	Гольцман Андрей Иванович		17.01.2020

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А6Д	Гольцману Андрею Ивановичу

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02«Ядерные физика и технологии»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Оклад руководителя и инженера определены в соответствии с внутренними нормами ТПУ.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	-30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30,2 % (НК РФ)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведение анализа конкурентоспособности SWOT - анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение трудоемкости работ; -определение структуры работ; -разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчёт и оценка сравнительной финансовой эффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Гантта	

Дата выдачи задания по линейному графику	28.02.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н.		28.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Д	Гольцман Андрей Иванович		28.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А6Д	Гольцману Андрею Ивановичу

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии

Тема ВКР:

Расчет каскадов газовых центрифуг с произвольной схемой соединения ступеней с использованием программы Simulink.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: каскады газовых центрифуг. Область применения: атомная промышленность.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Правовые нормы трудового законодательства; – Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ; – ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – психофизиологические факторы; – опасность поражения электрическим током.
3. Экологическая безопасность:	– анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду; – разработка организационных и технических мероприятий по защите окружающей среды.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– выбор и описание типичной ЧС - пожар; – обоснование мероприятий по предотвращению ЧС; – порядок действий при возникновении ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		28.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Д	Гольцман Андрей Иванович		28.02.2020

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (компетенции)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.	Требования ФГОС (УК3,4,5, ОПК-2).
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.	Требования ФГОС (УК-2-5, ОПК-2).
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.	Требования ФГОС (Ук1, УК- 2, УК-3, УК-4,ОПК-2, 3, ПК-6, 19-23).
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОПК-1-3, ПК-1, ПК-5, Пк-7, Пк-8, Пк-9, ПК-10, ПК-11, ПК-17, Пк-19,Пк-20,ПК-21).
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.	Требования ФГОС (УК-4,5, ОПК-2, ПК-6)
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (УК-7, 8, ОПК-3, ПК-12).
Общепрофессиональные		
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Требования ФГОС (УК-1, 2, ОПК-1, ПК-2,3,4,5, 6,7, 10, 11,14,).
Профессиональные компетенции		
P8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования ; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе,	Требования ФГОС (УК-7, 8, ОПК-3, ПК-2, 4,6, 8, 11, 12, 14, 17, 18, 20).

	соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).	
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.	Требования ФГОС (УК-1,2,8, ПК-2, 5,6, 7, 8, 9, 10, 11, 20).
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.	Требования ФГОС (ПК-4, 14, 15, 16, 21, 22).
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.	Требования ФГОС (ПК-11, 12, 13, 20, 21, 22).
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.	Требования ФГОС (УК-2 ОПК-1, ПК-1, 2, 4, 5, 6, 7, 8).
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.	Требования ФГОС (ОПК-1,2, ПК – 1, 5, 10, 11, 13, 20, 21).
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 7, 10, 11, 14, 16, 18, 22).
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.	Требования ФГОС (УК-1, 2, 3, 6, 8, ОПК-3 ПК-5, 6,9, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23).

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 87 страниц, 25 рисунков, 16 таблиц, 19 источников.

Ключевые слова: Simulink, разделительный элемент, ступень, каскад, степень разделения.

Объектом исследования является расчет многокаскадной технологической схемы разделительного производства при помощи среды имитационного моделирования Simulink.

Цель работы – разработка Simulink-модели для расчёта основных параметров разделительного каскада бинарной изотопной смеси.

В процессе исследования проведен анализ методов расчета разделительных каскадов; выявлены недостатки и преимущества имеющихся методов расчета; предложена новая методика расчета параметров каскада для разделения бинарных изотопных смесей.

В результате исследования разработана Simulink-модель, из типовых блоков которой можно задать и рассчитать произвольный каскад.

Область применения: результаты проведенных исследований могут быть использованы в государственной корпорации по энергетике, а именно по атомной энергетике.

В будущем планируется усовершенствование модели и переход к моделированию нестационарных процессов, происходящих в каскаде.

Оглавление

Введение	12
1 Теоретическая часть	13
1.1 Теория каскадирования	13
1.1.1 Понятия и приемы, используемые в практике центробежного каскадирования.....	13
1.1.2 Многопараметричность разделительных задач	15
1.1.3 Организация разделительной кампании	16
1.1.4 Методика расчёта каскада.....	17
1.2 Simulink.....	19
1.2.1 Назначение пакета	19
1.2.2 Интерфейс Simulink.....	20
1.2.3 Некоторые блоки математических операций в Simulink.....	25
2 Практическая часть	28
2.1 Простая технологическая схема	35
2.2 Многокаскадная технологическая схема	38
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	43
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	44
3.2 Анализ конкурентных технических решений.....	44
3.3 SWOT-анализ.....	45
3.4 Планирование научно-исследовательских работ	49
3.4.1 Определение трудоемкости выполнения работ	51
3.4.2 Разработка графика проведения научного исследования	52
3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	57
3.5.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	57

3.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы	60
3.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	62
3.5.4 Накладные расходы	63
3.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	63
3.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), эффективности исследования	64
Выводы по разделу.....	69
4 Социальная ответственность	70
Введение	70
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
4.2 Производственная безопасность	74
4.2.1 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	76
4.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата	76
4.2.2.2 Повышенный уровень электромагнитного излучения	77
4.2.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	78
4.2.2.4 Превышение уровня шума	79
4.2.2.5 Психофизиологические факторы.....	79
4.3 Экологическая безопасность	82
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
4.4.1 Анализ вероятной чрезвычайной ситуации, которая может возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	82
4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и порядок действий в случае возникновения ЧС	83
Выводы по разделу.....	85

Выводы по работе	86
Список используемых источников.....	87

Введение

Современное производство требует большого количества переходов с одного вида продукции на другую. В связи с этим при переходе обогащения с одного вида продукции на другой меняется большое количество факторов: сырьё, необходимая степень обогащения и т. д. Приходится пересчитывать параметры каскадов при каждом переходе. Каждый такой пересчёт требует длительной настройки.

Поэтому важно иметь удобный инструмент для быстрого и удобного расчёта каскада. Одним из таких инструментов является среда имитационного моделирования Simulink.

Одно из главных преимуществ Simulink заключается в том, что путём перетаскивания и соединения блоков из библиотеки можно смоделировать ступень, и затем строить и рассчитывать каскады произвольной формы путём дублирования и соединения ступеней.

Таким образом, цель работы - разработка Simulink-модели для расчёта основных параметров разделительного каскада бинарной изотопной смеси.

Для реализации этой цели были поставлены следующие задачи:

- изучить существующую методику расчёта каскада для бинарных смесей;
- разработать математическую модель для расчёта разделительного каскада;
- произвести расчёт простой технологической схемы;
- провести проверку на адекватность Simulink-модели;
- произвести расчёт многокаскадной технологической схемы с помощью разработанной модели.

1 Теоретическая часть

1.1 Теория каскадирования

1.1.1 Понятия и приемы, используемые в практике центробежного каскадирования

Каскад – последовательная цепочка ступеней, умножающая эффект разделения в одиночной разделительной ступени.

В практике центробежного каскадирования применяют схему, в которой обогащённая фракция поступает на питание ступени, а обеднённая фракция возвращается в каскад для дальнейшей переработке. Такая схема называется противоточной.

Разделительная ступень в каскаде состоит минимум из одной центрифуги, но для того чтобы производить больше обогащённого продукта количество центрифуг в ступени увеличивают, при этом все центрифуги в ступени должны соединяться параллельно и работать при одних и тех же условиях.

В начале создания целевой разделительной установки проводят исследования, моделирующие одиночную разделительную ступень, и находят в них относительные коэффициенты разделения:

$$q_{ij} = \frac{c_i^+ c_j^-}{c_j^- c_i^+}, \quad (1.1)$$

где $c_i^+ c_j^+$ и $c_j^- c_i^-$ - концентрации i -го (обогащённого) и j -го (обеднённого) компонентов в выходных потоках из ступени [2].

Чтобы добиться наиболее производительных режимов разделения, можно воспользоваться возможностью изменения конфигурации каскада, т. е. изменение количества ступеней, газовых центрифуг в ступенях, точки подачи питания [3]. В каскадах для этого устанавливаются специальные вентили и трассы, которые позволяют изменить конфигурацию каскада без монтажных работ и снижения вакуума в ступенях. Для примера предположим, что

существует каскад состоящий из десяти ступеней по десять центрифуг в каждой, и при наличии необходимых вентилях и трасс каскад можно переоборудовать так, чтобы он имел двадцать ступеней по пять центрифуг в каждой. Каскад из 20 ступеней будет иметь большее обогащение, но меньшее количество целевого изотопа, а каскад из 10 ступеней – большее количество целевого изотопа, но меньшее обогащение. [4]

Регуляторы потоков и давлений позволяют выполнять условия каскадирования, поддерживая стабильный гидравлический режим работы. В каскаде газовая центрифуга соединяется с коллектором через универсальный мембранный клапан (УМК), который при разрушении газовой центрифуги автоматически отсекает её от каскада. Отсечение происходит за счёт того, что центрифуга закреплена определённым образом, и в случае её разрушения она разворачивается, и это приводит к тому что падаю кивки УМК со специальных площадок на штанге.

Питание в каскаде можно подать в любую ступень, так как трасса питания протянута по всей его длине.

Трасса питания каскада расположена по всей длине каскада. Через специальный вентиль данной трассы подается исходное рабочее вещество в любую ступень каскада. Для подачи заданного потока используются регуляторы и датчики.

На производстве также предусмотрена конденсационно-испарительная установка (КИУ), которая обеспечивает каскад питанием и сбором потоков отвала и целевого изотопа. Контроль работы каждой центрифуги обеспечивает секционный контроллер. Он отслеживает число оборотов центрифуг и величины давления.

Центробежная технология основана на использовании унифицированного оборудования, которым является центрифуга. Чтобы повысить разделительные возможности центробежного каскада не обязательно останавливать разделение, чтобы провести монтажные работы [1].

1.1.2 Многопараметричность разделительных задач

Перед началом разделения перед производителями ставится техническое задание такое как необходимая концентрация целевого изотопа и масса целевого изотопа. Также могут быть наложены ограничения в виде времени и содержания примесных изотопов. [5]

Техническое задание требует проведения расчёта, и для этого используют различные программы (классический метод расчёта каскада оформленный в алгоритм) [4].

При расчёте каскада заданной формы задаются исходные параметры, такие как потоки питания F и отбора P , относительные коэффициенты разделения, концентрация в точке питания C_F , номер ступени на которую подаётся питание f , число ступеней в каскаде N . И необходимо посчитать концентрацию отбора C_P , концентрацию отвала C_W , и промежуточные концентрации в каждой ступени C_i [1].

В случае нехватки разделительных элементов для получения требуемой концентрации целевого изотопа анализ разделительного процесса существенно усложняется из-за необходимости проведения дополнительных разделительных этапов.

Дополнительные этапы разделения необходимы в двух случаях:

1. Нарабатывается не крайний изотоп;
2. Высокие требования по наличию примесных изотопов.

Тогда в питание дополнительных этапов поступает наработанная ценная фракция с предыдущих этапов. Чем меньше количество ступеней в каскаде, тем больше этапов придётся провести.

Стратегия кампании по разделению зависит от того какая концентрация целевого изотопа должна быть, какой из изотопов является целевым, какой должна быть масса целевого изотопа. От этого зависит количество этапов необходимых для получения целевого изотопа, вид сырья и его масса. Бывает что требуется получить не только основной, но другие изотопы разделяемого

элемента, и всё это в течение одной разделительной кампании. От требований к концентрации этих компонентов и их молекулярных масс, также зависит последовательность проводимых разделительных этапов и степень извлечения всех целевых изотопных компонентов. [1]

Величина потерь рабочего вещества существенно влияет на выбор режима разделения. Из-за потерь снижаются разделительные возможности каскада, а так же возникает необходимость увеличения исходного количества рабочего вещества. При значительных уровнях потерь, и особенно на этапе нестационарной начальной работы каскада, необходим корректный учет их величины и оптимизация работы по параметру: «продолжительность работы/масса исходного вещества». Потери сопровождаются осаждением продуктов разложения рабочего вещества, как в центрифугах, так и коммуникациях. Продукты разложения могут взаимодействовать с рабочим газом, и приводить к изменению изотопного состава отбираемых фракций, а также вносить дополнительное химическое загрязнение отбираемого продукта [1].

1.1.3 Организация разделительной кампании

Прежде чем каскад перейдет в стационарный режим работы, и в нём будет постоянное распределение изотопов по ступеням, необходимо чтобы был достигнут стационарный гидравлический режим и стационарный разделительный режим. Стационарный гидравлический режим достигается во временном отрезке от нескольких до двух десятков часов. Также потребуется время от нескольких часов до нескольких суток для установления стационарного разделительного режима.

Классический метод расчёта каскада позволяет рассчитать концентрации изотопов на всех ступенях каскада, а значит можно рассчитать и весовое содержания изотопов на каждой ступени.

Данную характеристику каскада можно на практике определить следующим образом. Необходимо прекратить подачу питания в каскад, перекрыть отбираемые потоки и удалить в сбросную емкость весь рабочий газ. С помощью массы удаленного газа можно определить газонаполнение как каскада в целом, как и одной ступени. Обычно это делают по окончании разделительной кампании. При совпадении расчетных концентраций в потоках отбора и отвала с реальными можно утверждать о правильности использованной расчетной методики и, в общем, об оптимальности выбранного технологического режима.

Вычисление времени установления стационарного разделительного режима определяется накоплением изотопов в каскаде. Для примера предположим, что в точке питания произвольного каскада подаётся уран с природной концентрацией целевого изотопа 0,711%, в час поступает 300 грамм урана, газонаполнение этого каскада равно 200 грамм, и по расчёту при стационарном режиме содержание целевого изотопа в каскаде 5%. Тогда оценочное время будет $\frac{200 \cdot 0,05}{300 \cdot 0,00711} = 7,032$ часа [1].

1.1.4 Методика расчёта каскада

Расчёт основных параметров каскада производится путём вычисления величин по следующим формулам:

- Транзитный поток:

$$\begin{cases} \tau_n = \tau_{n-1} + F - q_n, \\ \tau_1 = W \end{cases}; \quad (1.1)$$

где $q_{\text{ступени}} = N \cdot q$, $q = \text{const}$, n – номер ступени

- Поток отвала первой ступени:

$$G_1^- = \tau_1. \quad (1.2)$$

- Поток питания первой ступени:

$$G_n = \frac{\frac{G_n^-}{N} - b_2 + b_3 \cdot P_w}{b_1 \cdot N}, \quad (1.3)$$

где N – количество ГЦ на ступени; $b_1, b_2, b_3 = \text{const}$; P_w – давление отвала.

- Поток отбора:

$$G_n^+ = G_n - G_n^-, \quad (1.4)$$

где G_n – поток питания; G_n^- – поток отвала.

- Коэффициент деления потока:

$$\theta_n = \frac{G_n^+}{G_n}; \quad (1.5)$$

где G_n^+ – поток отбора; G_n – поток питания.

- Поток отвала последующих ступеней:

$$G_n^- = G_{n-1}^+ - \tau_{n-1}. \quad (1.6)$$

- Концентрация потока отбора:

$$C_n^+ = \frac{C_{n+1}^- \cdot G_{n+1}^- + \tau_{ln}}{G_n^+}, \quad (1.7)$$

где $\tau_{ln} = \tau_{ln-1} + F_n \cdot C_{Fn}$ – транзитный поток отвала.

- Концентрация потока питания:

$$C_n = \frac{C_n^- \cdot G_n^- + C_n^+ \cdot G_n^+}{G_n}, \quad (1.8)$$

- Концентрация потока отвала:

$$C_- = \frac{(Z_1 - \varepsilon_n \cdot (Z_2 - 2 \cdot \theta_n \cdot C_n^+)) \cdot C_n^+}{Z_1 + \varepsilon_n \cdot (Z_3 - 2 \cdot (1 - \theta_n) \cdot C_n^+)}, \quad (1.9)$$

где $Z_1, Z_2, Z_3 = \text{const}$.

- Полный коэффициент обогащения:

$$\varepsilon_n = (a_1 - \sqrt{a_2 + \theta_n \cdot (\theta_n - a_3)}) \cdot (a_4 - a_5 \cdot g_n), \quad (1.10)$$

где $g_n = \frac{G_n}{N}$ – расход; $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 = \text{const}$.

Расчёт каскада происходит последовательно сначала рассчитываются потоки, коэффициент деления потока и полный коэффициент обогащения от первой ступени к последней, затем рассчитываются концентрации от последней ступени к первой.

1.2 Simulink

1.2.1 Назначение пакета

Simulink – это ядро интерактивного программного комплекса, который предназначен для математического моделирования линейных и нелинейных динамических систем, а также устройств. Моделировать можно при этом при различных условиях: по времени, по частоте и т. п.

Чтобы построить функциональную блок-схему моделируемого объекта Simulink обладает удобным редактором блок-схем и большой библиотекой блочных компонентов. Simulink это типичное средство визуально-ориентированного программирования, так как он основан на графическом интерфейсе. Чтобы создать модель пользователь использует наборы блоков, перетаскивая нужные ему блоки на рабочий стол Simulink'а и затем соединяя линиями входы и выходы блоков.

Simulink составляет и решает сложные системы алгебраических и дифференциальных уравнений, которые описывают модель созданную пользователем, при этом обеспечивая контроль за поведением этой модели.

Одной из главных целей Simulink'а является практически мгновенная смена математической модели при вводе в неё новых блоков, даже если процесс

Simulink практически мгновенно меняет математическое описание модели по мере ввода ее новых блоков, даже в том случае, когда этот процесс сопровождается сменой порядка системы уравнений и ведет к существенному качественному изменению поведения системы.

В Simulink имеется обширная, открытая для изучения и модификации библиотека компонентов. Она включает в себя источники воздействий с практически любыми временными зависимостями, масштабирующие, линейные и нелинейные преобразователи с разнообразными формами передаточных характеристик, квантующее устройство, интегрирующие и дифференцирующие блоки и т. д. В этом и заключается ценность Simulink.

Регистрирующие устройства от вольтметра до универсальных осциллографов, графостроитель для создания фигур, заданных параметрически и в полярной системе координат – всё это есть в библиотеке Simulink. Также Simulink имеет средства анимации и звукового сопровождения.

Так же в Simulink имеются средства графической анимации, которые позволяют строить виртуальные физические лаборатории с наглядным представлением результатов моделирования.

Возможности Simulink охватывают задачи математического моделирования сложных динамических систем в физике, электро- и радиотехнике, в биологии и химии – словом, во всех областях науки и техники. Этим объясняется популярность данного пакета как в университетах и институтах, так и в научных лабораториях.

Одним из важных преимуществ Simulink'a является интеграция не только с системой Matlab, но и с Fortran, Ada, и C. То есть в Simulink модели можно вставлять коды на этих языках программирования, что добавляет удобств пользователям этих языков программирования.

Разработчики системы MATLAB + Simulink отказались от конкуренции с разработчиками программ узкого назначения, например схемотехнического. Они сосредоточили свое внимание на решении куда более важной и сложной задачи – моделировании блочных динамических систем и устройств произвольного назначения. Это физические и химические системы и устройства, электротехнические устройства (и даже целые энергетические системы), механические системы и устройства и т. д. и т. п. Для этого пришлось существенно расширить библиотеки компонентов таких систем и устройств, с одной стороны, а с другой – применить укрупненные модели ряда компонентов. Именно благодаря этому возможно моделирование сложных систем и устройств.

1.2.2 Интерфейс Simulink

Для того чтобы запустить пакет Simulink нужно сначала запустить Matlab. Затем после открытия Matlab нужно нажать на иконку Simulink, находящуюся

над командным окном. Выполнение этих действий приводит к открытию стартовой страницы Simulink (рис. 1.1).

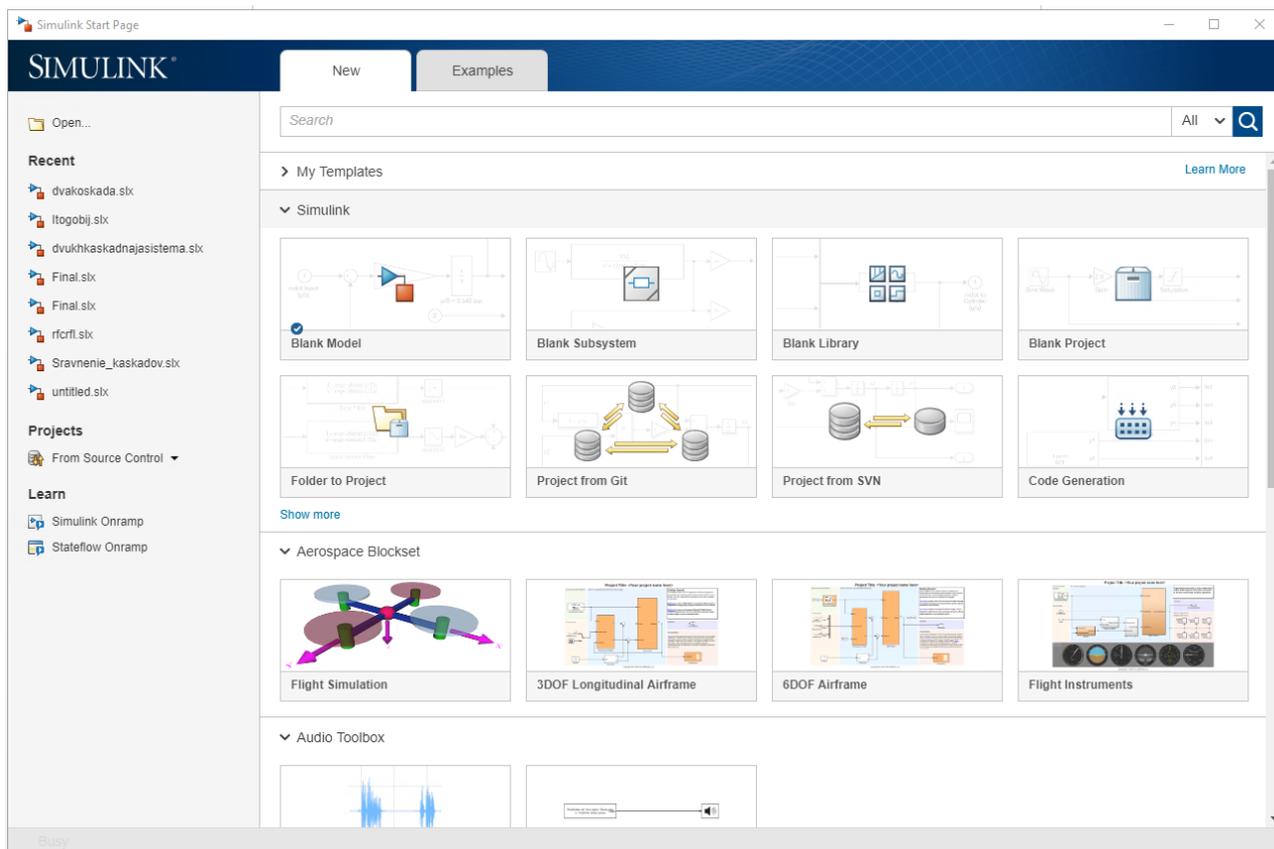


Рис. 1.1 – Стартовая страница Simulink

В стартовой странице Simulink необходимо выбрать: создать новую модель, открыть уже имеющуюся в библиотеке модель или открыть ранее созданную модель.

При создании новой модели открывается окно библиотеки блоков Simulink (рис. 1.2).

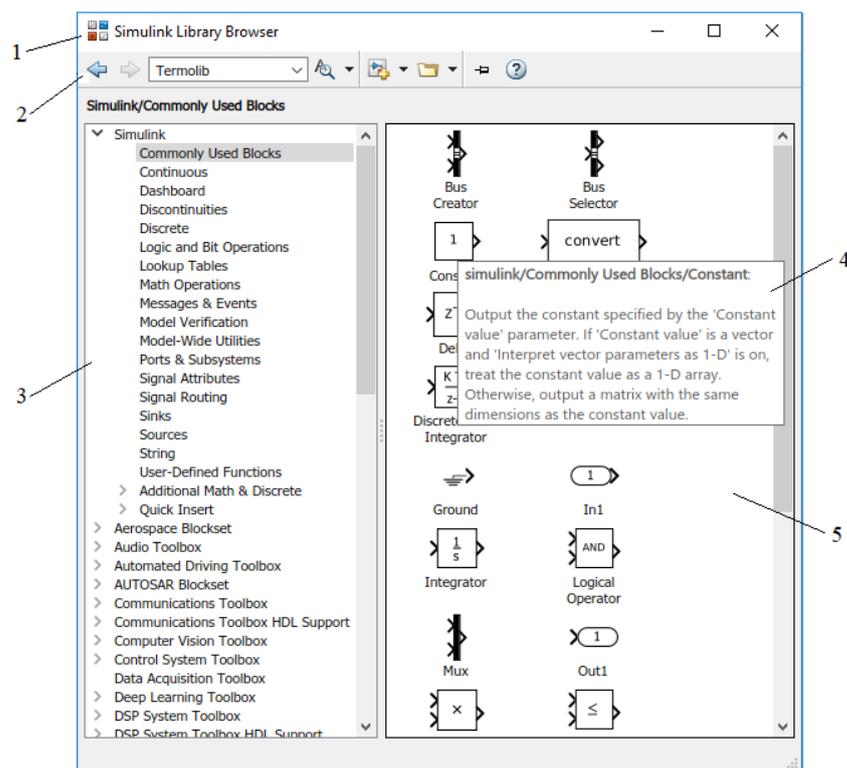


Рис. 1.2 – Окно библиотеки блоков Simulink

Окно обозревателя библиотеки блоков содержит следующие элементы:

- 1 – заголовок, с названием окна – Simulink Library Browser;
- 2 – панель инструментов, с ярлыками наиболее часто используемых команд;
- 3 – список разделов библиотеки, реализованный в виде дерева;
- 4 – объяснение предназначения блока
- 5 – окно содержимого раздела библиотеки (список вложенных разделов библиотеки или блоков);

На рис. 1.2 выделен раздел «часто используемые блоки» основной библиотека Simulink (в левой части окна) и показаны его блоки (в правой части окна).

Библиотека Simulink содержит следующие основные разделы:

- Commonly Used Blocks – часто используемые блоки,
- Continuous – блоки непрерывной функции;
- Dashboard – блоки управления и индикации для взаимодействия с симуляциями;

- Discontinuities – блоки разрывной функции.
- Discrete – функциональные блоки дискретного времени;
- Logic and Bit Operations – логика и блоки битовой операции
- Lookup Tables – блоки интерполяционной таблицы
- Functions & Tables – функции и таблицы;
- Math Pperations – блоки математической функции.
- Model Verification – блоки для самопроверки моделей;
- Model-Wide Utilities – блоки операции всей модели.
- Ports and Subsystems – блоки связанные с подсистемами;
- Signals Attributes – блоки изменения атрибута сигнала;
- Signals Routing – блоки направляющие сигнал
- Sinks – регистрирующие устройства;
- Sources - источники сигналов и воздействий;
- String – блоки обработки строк.

Simulink содержит более 500 блоков, часто встречающихся при моделировании различных систем. Помимо использования готовых блоков библиотеки возможно создание собственных блоков.

В Simulink есть также дополнительные библиотеки блоков расширяющие возможности для применения в таких областях как, аэрокосмос, обработка сигналов, связи и так далее.

Чтобы создать собственную модель в среде имитационного моделирования Simulink необходимо выполнить следующие действия:

1. Кликнуть по иконке Blank Model на стартовой странице Simulink.
2. Выбрать необходимые блоки в библиотеке Simulink перетащить их в созданную модель.
3. Соединить блоки как требует того модель.
4. Изменить параметры блоков в которых это необходимо для адекватной работы созданной модели.
5. Проверить работоспособность модели нажав на кнопку Run,

находящуюся в панели инструментов.

б. Сохранить с помощью кнопки Save, находящейся на панели инструментов.

Также Simulink позволяет организовывать созданные модели таким образом, чтобы обеспечить наилучшую читабельность и понимание процессов, происходящих в системе, путем создания подсистем. Подсистема объединяет группы блоков и сигналов в один блок.

Также возможно разделение модели на отдельные компоненты и моделирование каждого компонента отдельно от остальных. Компоненты могут быть сохранены в качестве отдельных моделей или подсистем библиотеки. Далее их можно использовать для построения новых сложных систем.

Simulink позволяет определять и контролировать атрибуты сигналов и параметров, ассоциируемых с моделью. Сигналы представляют собой зависящие от времени величины, отображаемые в виде линий, которые соединяют блоки между собой. Параметры – это коэффициенты, помогающие определить динамику и поведение системы.

Атрибуты сигналов и параметров могут быть определены прямо на структурной схеме или отдельно описываемыми данными.

Можно определить следующие атрибуты сигналов и параметров:

- тип данных;
- размерность;
- тип числа;
- минимальное и максимальное значение.

1.2.3 Некоторые блоки математических операций в Simulink

Блок Constant:

Блок Const задает постоянный по уровню сигнал. Значение может быть действительным или комплексным числом, вычисляемым выражением, вектором или массивом.

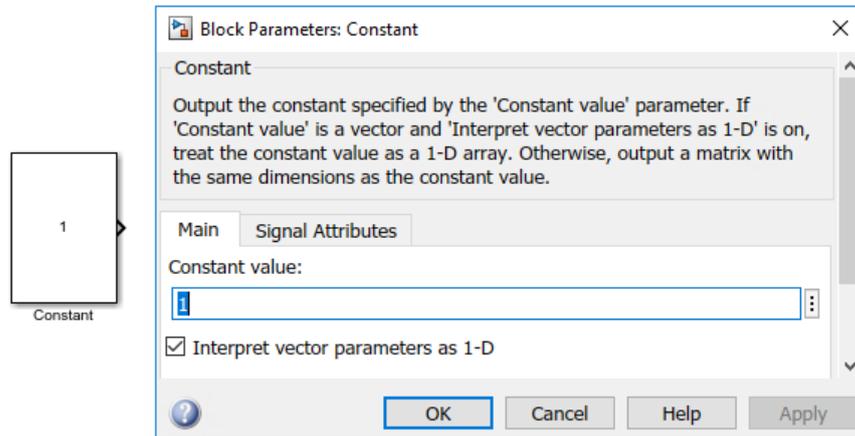


Рис. 1.3 – Блок Constant.

Блок Sum:

Блок Sum вычисляет значение суммы входящих сигналов. Блок можно задать в виде окружности и прямоугольника. В строчке параметров List of sign задаётся знак и количество входящих сигналов. Блок может использоваться для суммирования матричных, векторных и скалярных сигналов, при этом типы сигналов должны совпадать.

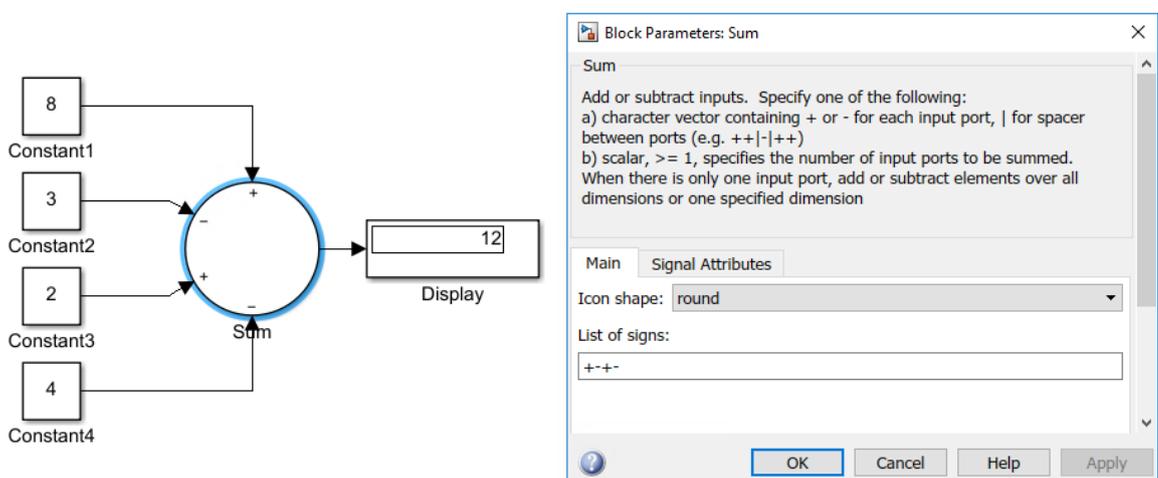


Рис. 1.4 – Блок Sum.

Блок Product:

Блок Product вычисляет значение произведения входящих сигналов. В строке Number of inputs можно задать количество входов. Если в строке Number of inputs задать знаки умножения и деления, то метки входов будут соответствующими. Блок может использоваться для произведения матричных, векторных и скалярных сигналов, при этом, при этом типы сигналов должны совпадать.

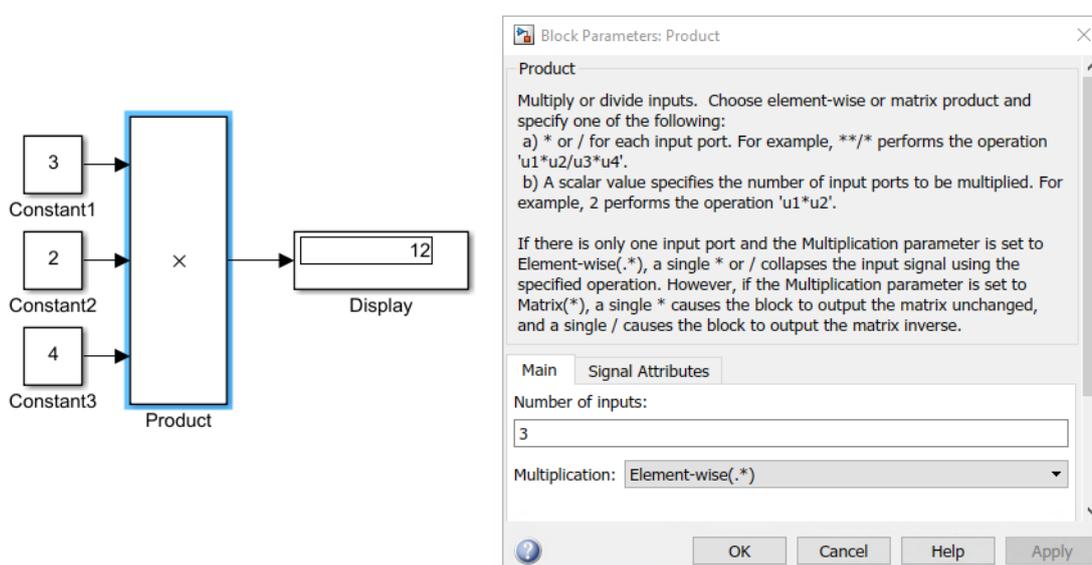


Рис. 1.5 – Блок Product.

Блок Divide это тот же блок Product, который имеет две предварительно установленные математические операции: умножение и деление.

Блок Gain:

Блок Gain производит умножение входящего сигнала на постоянный коэффициент заданный в параметрах блока. Также в строке Multiplication можно выбрать способ выполнения операции: матричный или поэлементный.

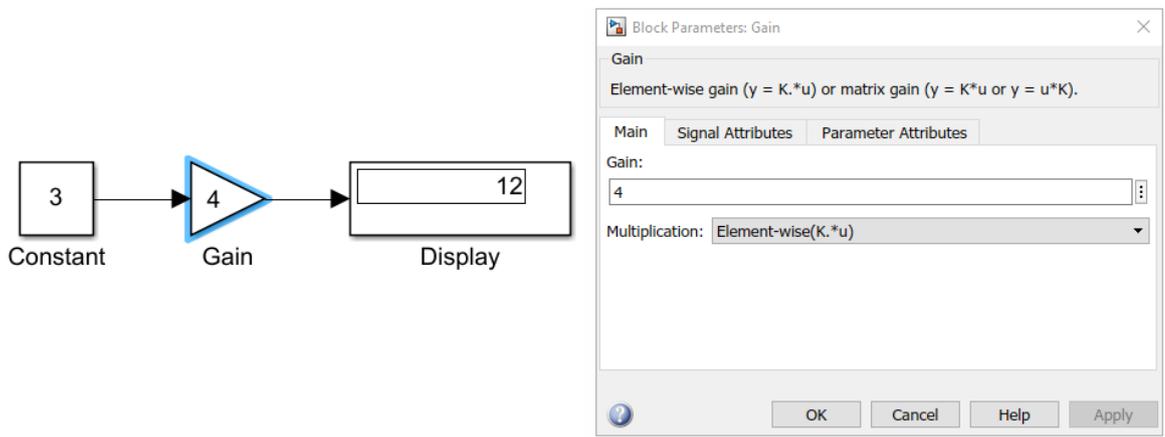


Рис. 1.6 – Блок Gain.

Блок Sqrt:

Блок Sqrt вычисляет квадратный корень входящего сигнала. Так же при изменении функции блока он может вычислить обратную величину квадратного корня входящего сигнала.

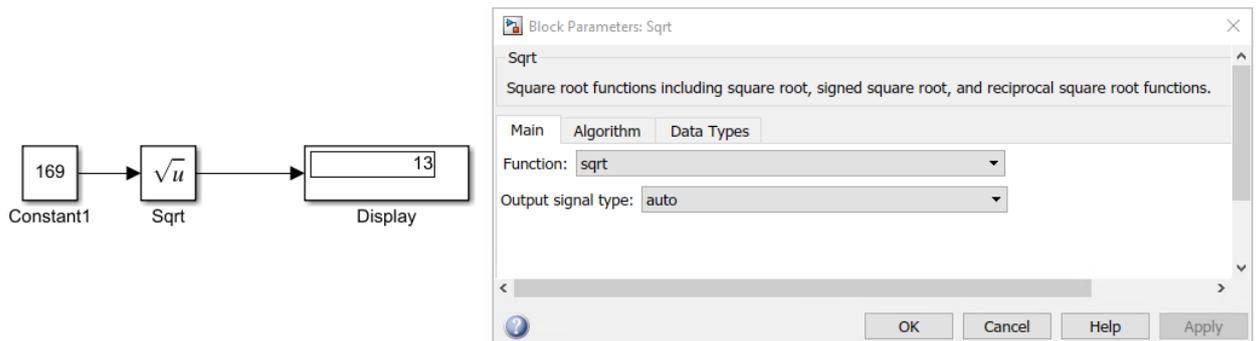


Рис. 1.7 – Блок Sqrt.

2 Практическая часть

Используем Simulink чтобы построить математическую модель каскада. Для построения модели каждая формула классической методики расчёта была реализована в виде блок-схемы и объединена в подсистемы. Рассмотрим все блок-схемы на примере ступени.

Транзитный поток, который рассчитывается по формуле:

$$\tau_n = \tau_{n-1} + F - q_n,$$

где $q_{\text{ступени}} = N \cdot q$, $q = 0,0000001$, n – номер ступени был реализован в Simulink так, как показано на рис. 2.1.

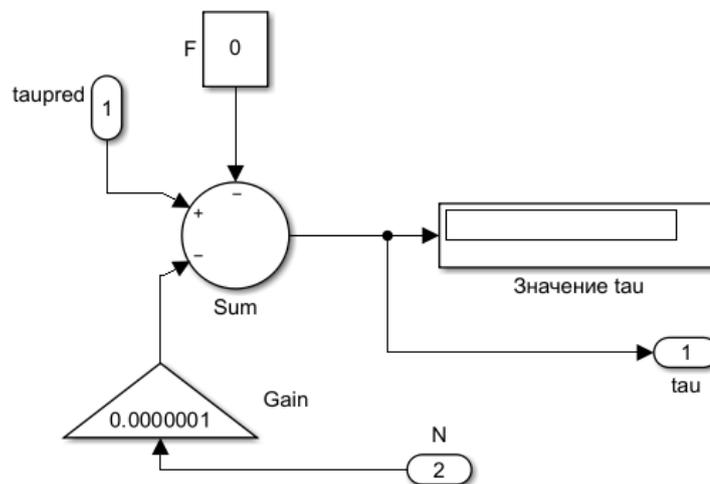


Рис. 2.1 – Блок-схема транзитного потока

В блок-схеме транзитного потока использовались блоки Sum и Gain. N и taupred это входящие в блок-схему сигналы, $F = 0$, если в ступень поток питания не подаётся, tau – исходящий сигнал поступающий в другие блок-схемы.

Поток отвала ступени, который рассчитывается по формуле:

$$G_n^- = G_{n-1}^+ - \tau_{n-1},$$

был реализован в Simulink так, как показано на рис 2.2.

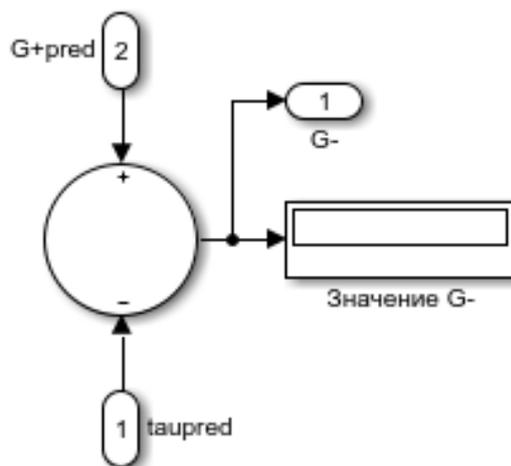


Рис. 2.2 – Блок-схема потока отвала.

В блок-схеме потока отвала использовался блок Sum. G+pred и taupred сигналы поступающие из других блок-схем. G- – исходящий сигнал поступающий в другие блок-схемы.

Поток питания ступени, который рассчитывается по формуле:

$$G_n = \frac{\frac{G_n^-}{N} - b_2 + b_3 \cdot P_w}{b_1 \cdot N},$$

где, N – количество ГЦ на ступени, $b_1 = 0,9$, $b_2 = 3,6$, $b_3 = 0,2$, P_w – давление отвала, был реализован в Simulink так, как показано на рис. 2.3.

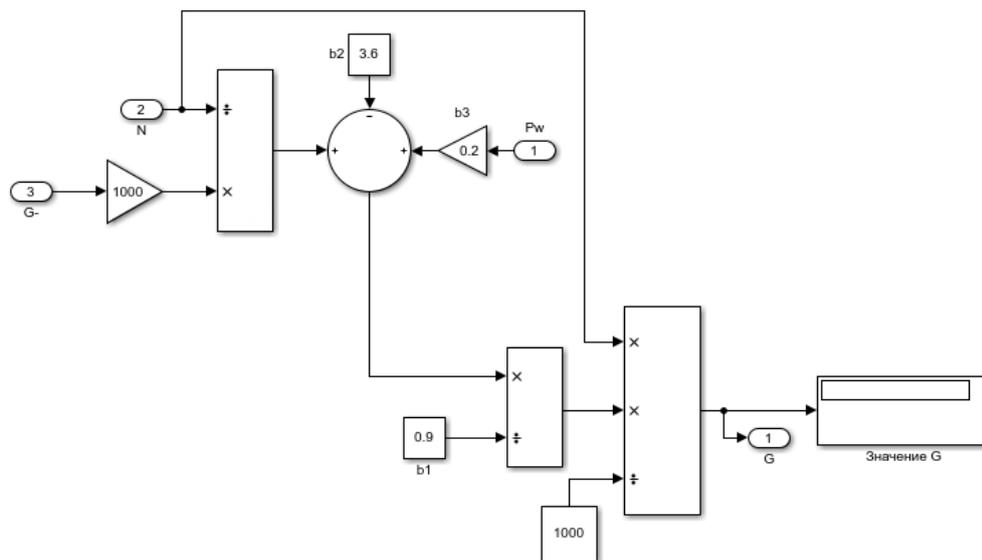


Рис. 2.3 – Блок-схема потока питания.

В блок-схеме потока питания использовались блоки Sum, Divide, Gain. G- и N это входящие сигналы, G – исходящий сигнал.

Поток отбора ступени, который рассчитывается по формуле:

$$G_n^+ = G_n - G_n^-,$$

был реализован в Simulink так, как показано на рис 2.4.

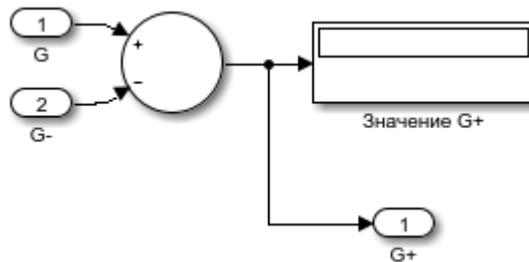


Рис 2.4 – Блок-схема потока отбора.

В блок-схеме потока отбора использовался блок Sum. G- и G – входящие сигналы из других блок-схем, G+ – исходящий сигнал.

Коэффициент деления потока, который рассчитывается по формуле:

$$\theta_n = \frac{G_n^+}{G_n};$$

был реализован в Simulink так, как показано на рис 2.5.

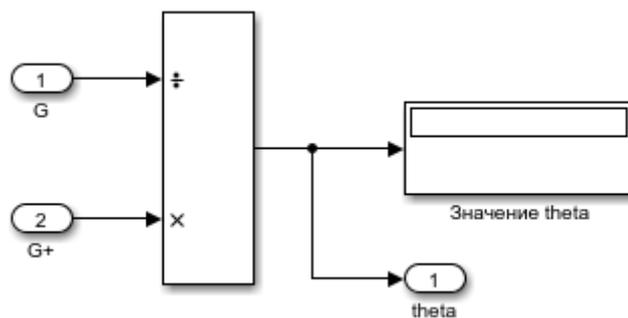


Рис. 2.5 – Блок-схема коэффициента деления потока.

В блок-схеме коэффициента деления потока использовался блок Divide. G+ и G – входящие сигналы из других блок-схем, theta – исходящий сигнал.

Полный коэффициент обогащения ступени, который рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_n = \left(a_1 - \sqrt{a_2 + \theta_n \cdot (\theta_n - a_3)} \right) \cdot (a_4 - a_5 \cdot g_n),$$

где $g_n = \frac{G_n}{N}$ – расход, $a_1 = 1,5$, $a_2 = 1,7$, $a_3 = 1$, $a_4 = 1,4$, $a_5 = 0,04$, был реализован в Simulink так, как показано на рис 2.6.

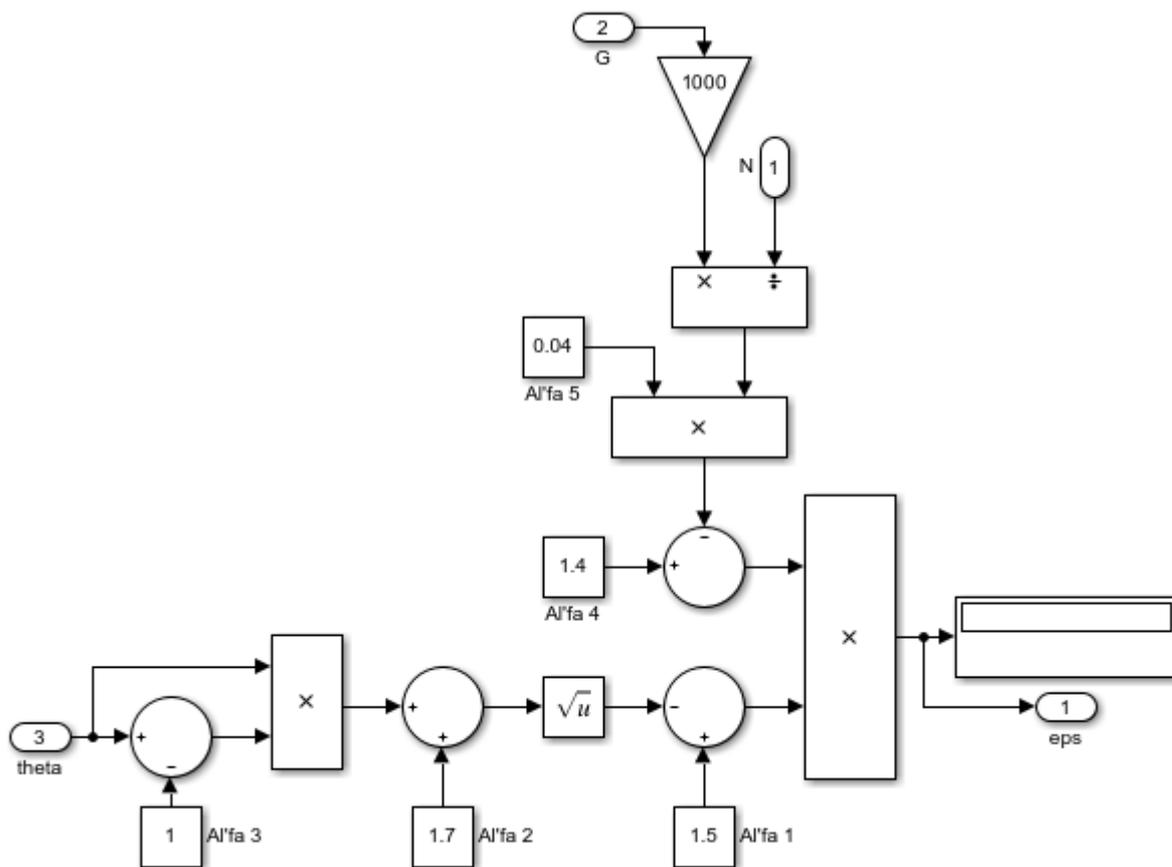


Рис. 2.6 – Блок-схема полного коэффициента обогащения.

В блок-схеме полного коэффициента обогащения использовались блоки Sqrt, Product, Sum, Divide и Gain. G, N и theta входящие сигналы из других блок-схем, eps – исходящий.

Концентрация потока отбора ступени, которая рассчитывается по формуле:

$$C_n^+ = \frac{C_{n+1}^- \cdot G_{n+1}^- + \tau_{ln}}{G_n^+},$$

где $\tau_{ln} = \tau_{ln-1} + F_n \cdot C_{Fn}$ – транзитный поток отвала, была реализован в Simulink так, как показано на рис 2.7.

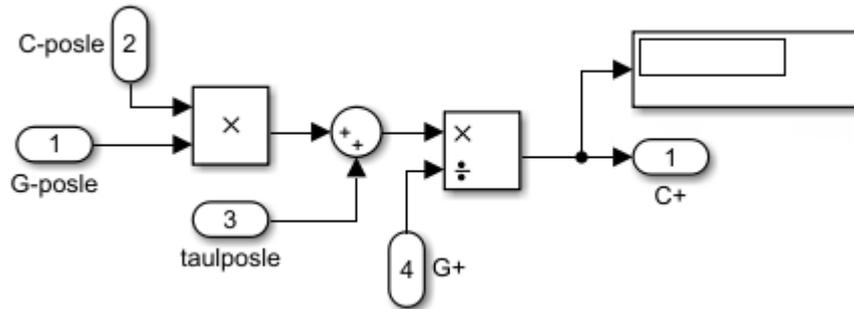


Рис. 2.7 – Блок-схема концентрации отвора.

В блок-схеме концентрации отвора использовались блоки Product, Sum, Divide. C-posle, G-posle, G+ и taulposle входящие сигналы из других блок-схем, C+ – исходящий.

Концентрация потока отвала ступени, которая рассчитывается по формуле:

$$C_- = \frac{(Z_1 - \varepsilon_n \cdot (Z_2 - 2 \cdot \theta_n \cdot C_n^+)) \cdot C_n^+}{Z_1 + \varepsilon_n \cdot (Z_3 - 2 \cdot (1 - \theta_n) \cdot C_n^+)}$$

где $Z_1 = 1,98668$, $Z_2 = 1,00666$, $Z_3 = 0,99334$, была реализован в Simulink так, как показано на рис 2.8.

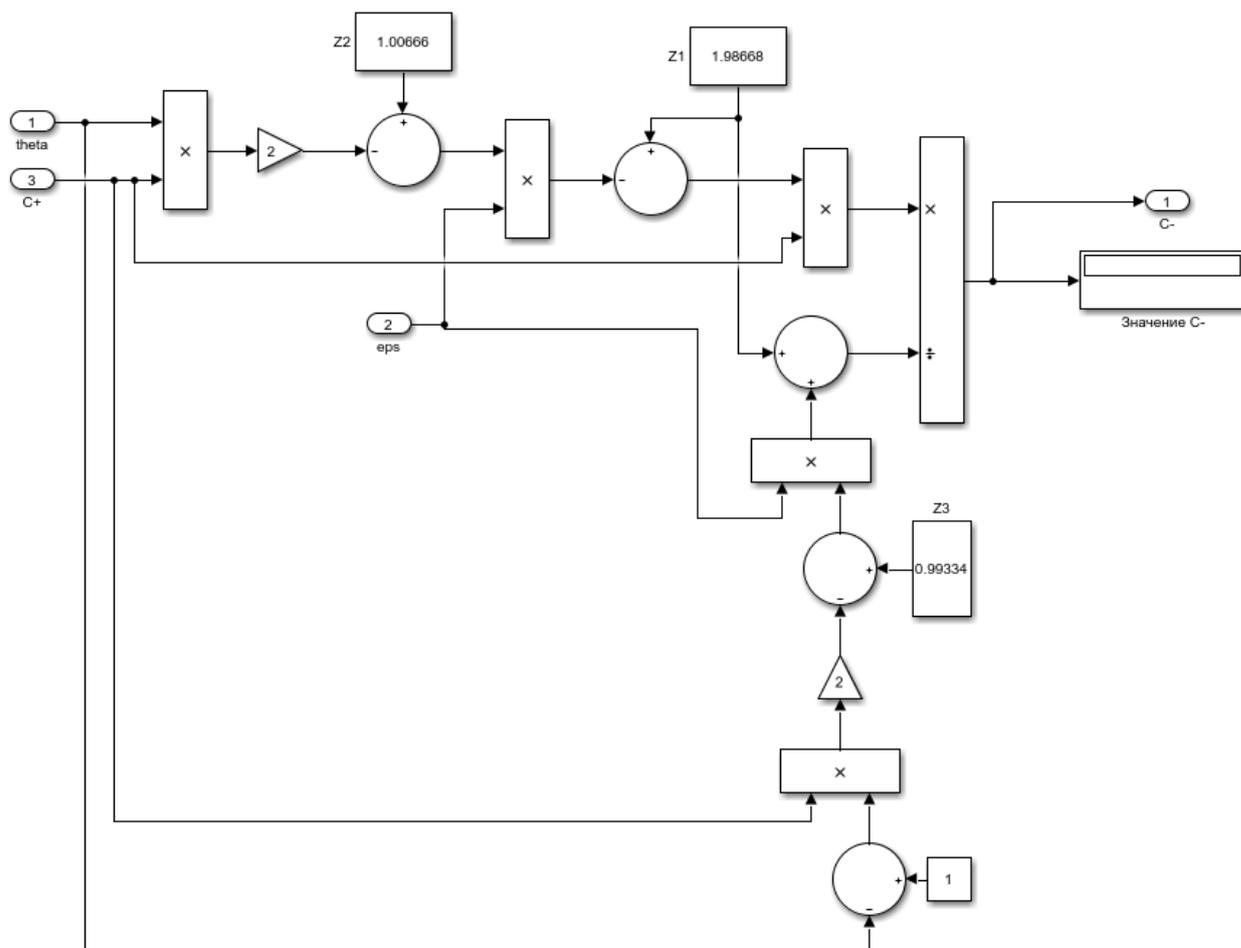


Рис. 2.8 – Блок-схема концентрации отвала.

В блок-схеме концентрации отвала использовались блоки Product, Sum, Divide. C-posle, G-posle, G+ и taulposle входящие сигналы из других блок-схем, C+ – исходящий.

Концентрация потока питания ступени, которая рассчитывается по формуле:

$$C_n = \frac{C_n^- \cdot G_n^- + C_n^+ \cdot G_n^+}{G_n}$$

была реализован в Simulink так, как показано на рис 2.9.

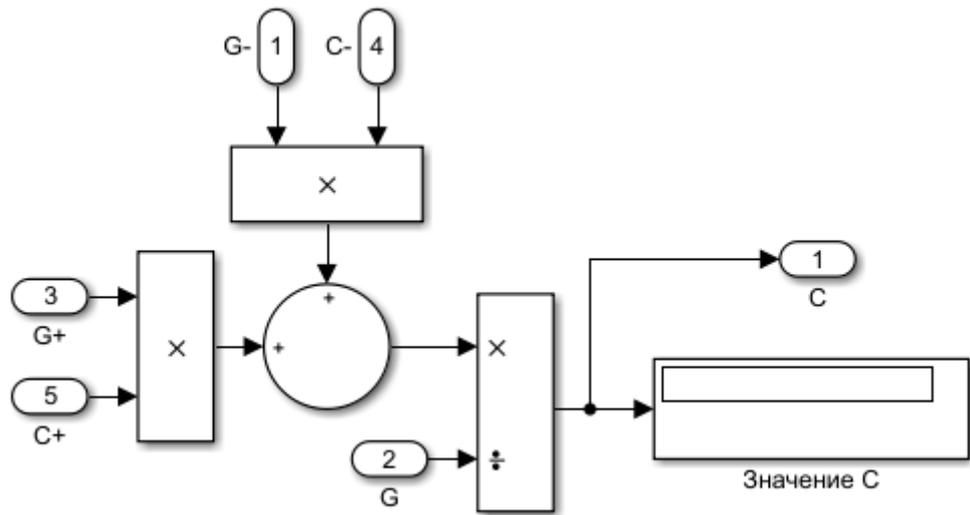


Рис. 2.9 – Блок-схема концентрации питания.

В блок-схеме полного коэффициента обогащения использовались блоки Product, Sum, Divide. C-, G-, G+, G и C+ входящие сигналы из других блок-схем, C – исходящий.

Далее все источники сигналов соединяются между собой и образуется ступень (рис. 2.10), которая объединяется в подсистему. Также в этой подсистеме есть 2 задаваемых параметра: N и P_w .

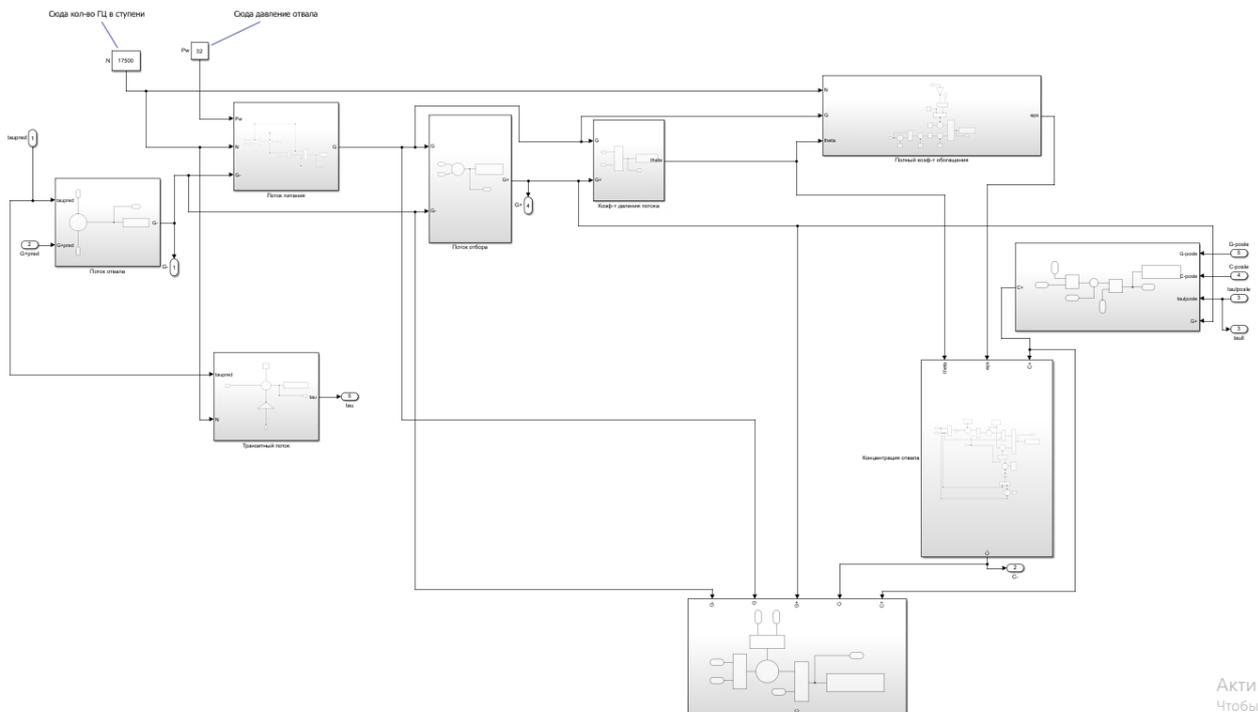


Рис. 2.10 – Блок-схема ступени.

Ступени можно соединить в любой произвольный каскад.

2.1 Простая технологическая схема

Для расчёта был взят каскад из работы [9], который выглядит так как изображено на рисунке 2.11.

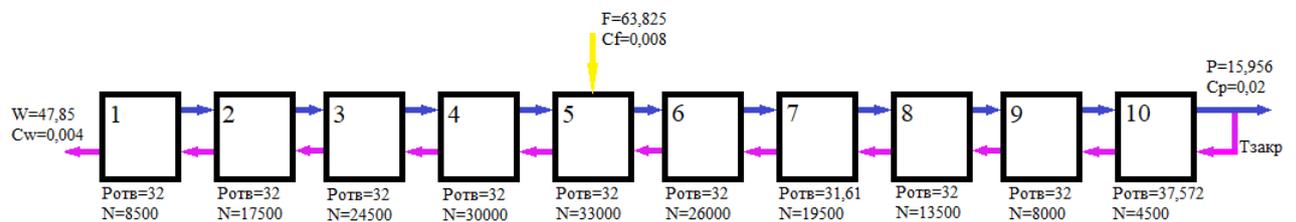


Рис. 2.11 – Начальные данные каскада.

Построим каскад в Simulink, посредством дублирования и соединения подсистем ступеней (рис. 2.12). Также к модели каскада добавляются задаваемые переменные: W, C_w, P, C_p, F и C_F . Запускаем симуляцию модели. Результаты расчёта представлены в таблице 2.1.

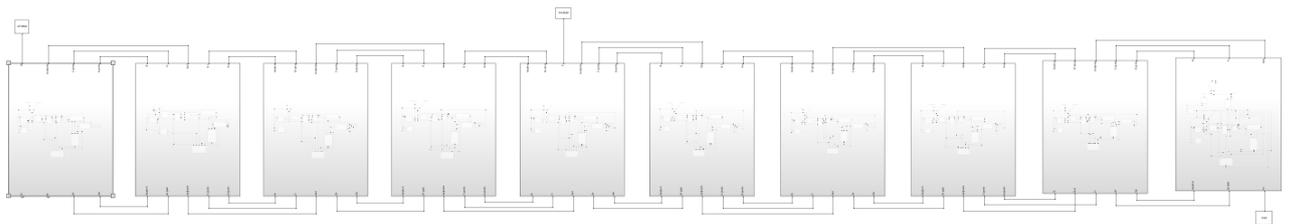


Рис. 2.12. Блок-схема каскада.

Таблица 2.1. Результаты расчета каскада в Simulink.

№ ступени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G+ (г/сек)	31,76	63,29	88,57	108,49	120,04	92,45	67,48	47,72	28,42	20,96
G (г/сек)	79,61	142,90	199,71	244,92	276,39	196,53	143,97	99,24	60,19	33,42
G- (г/сек)	47,85	79,61	111,14	136,43	156,35	104,08	76,49	51,52	31,77	12,46
C+	0,00541	0,00628	0,00729	0,00843	0,00970	0,01125	0,01307	0,01516	0,01762	0,02
C	0,00456	0,00532	0,00618	0,00715	0,00822	0,00959	0,01113	0,01297	0,01504	0,0180
C-	0,004	0,00456	0,00530	0,00613	0,00708	0,00812	0,00942	0,01093	0,01273	0,0146
θ	0,399	0,443	0,443	0,443	0,434	0,470	0,469	0,481	0,472	0,627
ε	0,299	0,316	0,316	0,316	0,313	0,324	0,326	0,327	0,325	0,319

Внутренняя проверка параметров разделительного каскада рассчитанных с помощью Simulink-модели проводилась с помощью проверки соблюдения баланса для каждой отдельной ступени.

Для примера проверки проверим баланс в ступени 7. Баланс внутри ступени:

$$G_7 = G_7^+ + G_7^-$$

$$143,97 = 67,48 + 76,49$$

$$143,97 = 143,97$$

$$G_7 \cdot C_7 = G_7^+ \cdot C_7^+ + G_7^- \cdot C_7^-$$

$$143,97 \cdot 0,01113 = 67,48 \cdot 0,01307 + 76,49 \cdot 0,00942$$

$$1,602 = 1,602$$

Баланс между ступенями:

$$G_7 = G_6^+ + G_8^-$$

$$143,97 = 92,45 + 51,52$$

$$143,97 = 143,97$$

$$G_7 \cdot C_7 = G_6^+ \cdot C_6^+ + G_8^- \cdot C_8^-$$

$$143,97 \cdot 0,01113 = 92,45 \cdot 0,01125 + 76,49 \cdot 0,01093$$

$$1,602 = 1,602$$

Для проверки на адекватность полученной Simulink-модели было произведено сравнение результатов расчёта в Simulink с результатами расчёта приведённых в работе [9]. Результаты сравнения приведены на рис.2.13-2.14. На представленных графиках видно, что данные полученные в результате моделирования в Simulink имеют отклонение от данных представленных в работе [9] не более чем на 5%. Данное отклонение можно объяснить тем, что при расчетах нами были использованы разные коэффициенты в гидравлической (1.3) и разделительной (1.10) характеристиках для газовых центрифуг.

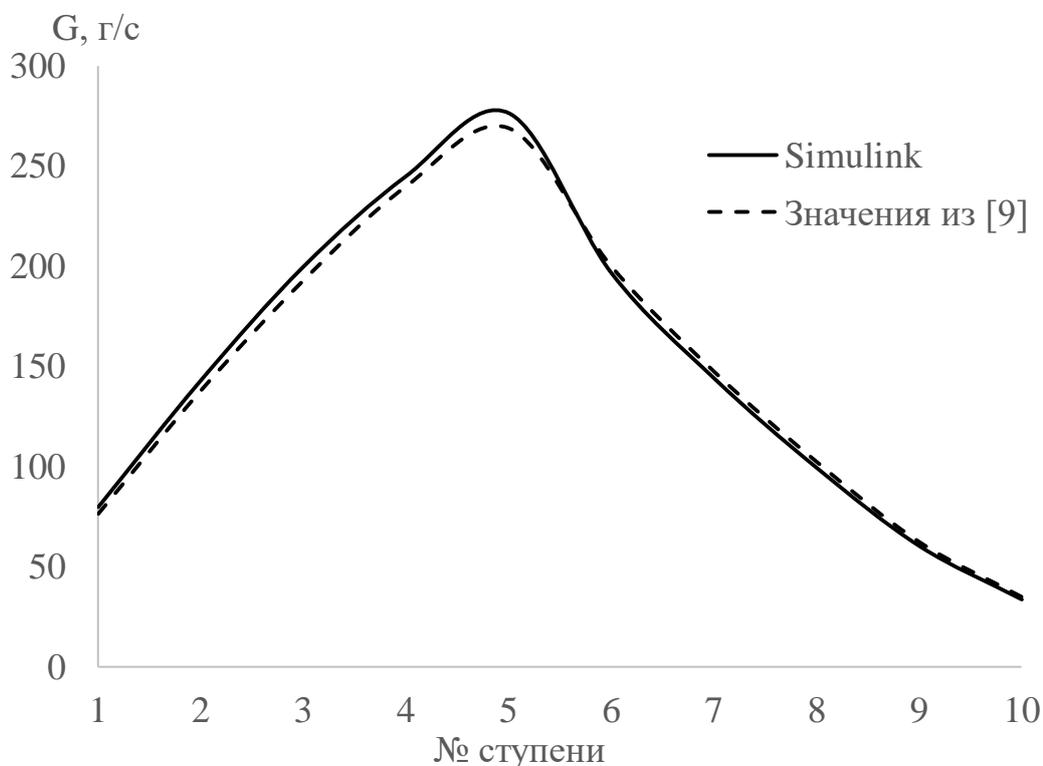


Рис. 2.13 – Зависимость потока питания ступени от номера ступени.

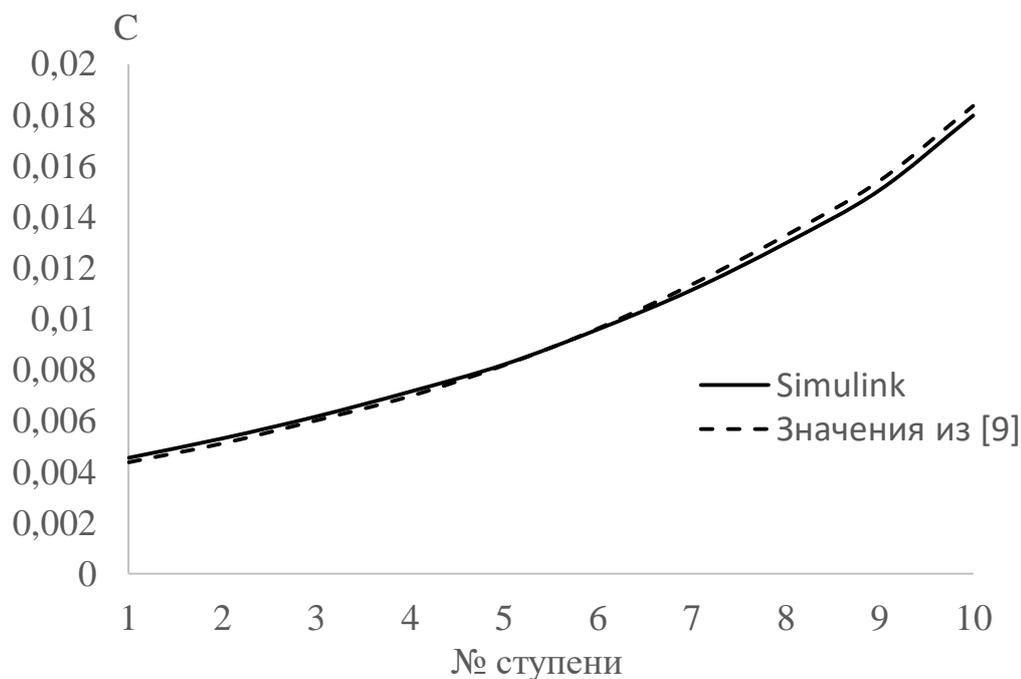


Рис. 2.14 – Зависимость концентрации питания от номера ступени.

2.2 Многокаскадная технологическая схема

Далее рассчитаем схему предложенную так же в работе [9] состоящую из 2 каскадов, соединённых между собой межкаскадными коммуникациями (рис. 2.15).

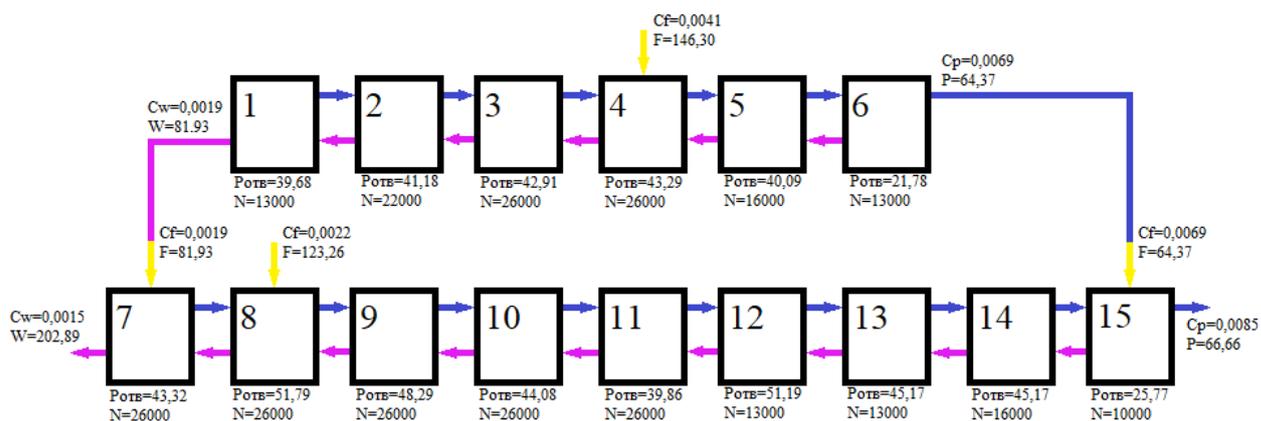


Рис. 2.15 – Система из 2 каскадов.

Составим данный каскад из блок-схем ступеней и соединим их между собой в том же порядке что и на рисунке 2.15. Чтобы реализовать данный каскад

в Simulink необходимо просто направить источник сигнала из отвала 1 ступени в питание 7 и направить источник сигнала из отбора 6 ступени в питание 15. Данный каскад, построенный в Simulink'е изображён на рисунке 2.16.

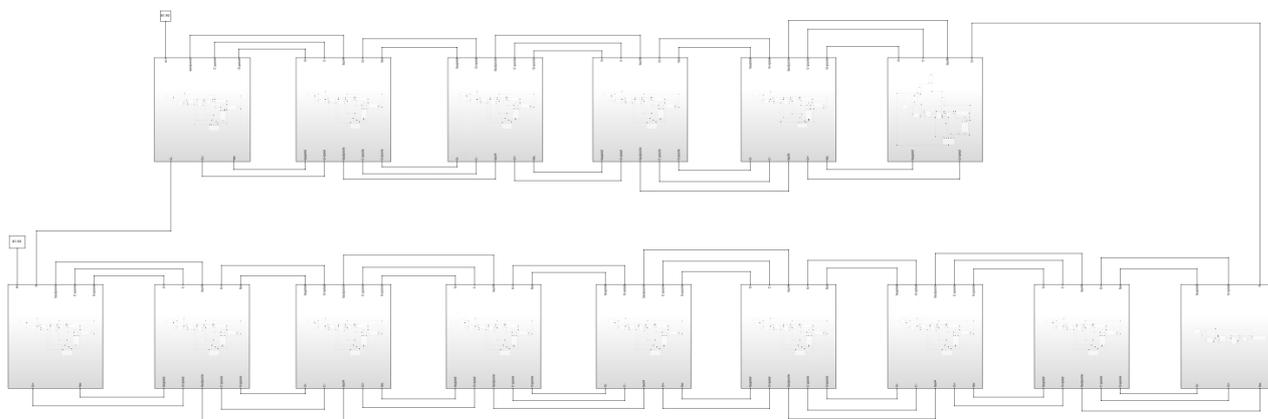


Рис. 2.16 – Блок-схема системы из 2 каскадов.

Результаты расчёта представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Результаты расчетов системы из 2 каскадов в Simulink.

	Первая полка						Вторая полка								
N, тыс.	13	22	26	26	16	13	26	26	26	26	26	13	13	16	10
G+ (г/сек)	122,8	237,7	319,2	343,9	198,5	64,4	294,6	452,6	415,8	356	294	243,5	192,9	136,2	66,66
G0 (г/сек)	204,7	442,4 8	638,9	745,1	478,1	198,5	497,5	868,2	866,1	769,5	648,7	536,2	434,1	326,7	200,5
G- (г/сек)	81,93	204,7	319,7	401,2	279,6	134,1	202,9	415,6	450,3	413,5	353,7	292,7	241,2	190,6	133,9
C+, %	0,268	0,327	0,396	0,471	0,557	0,69	0,208	0,24	0,282	0,338	0,412	0,48	0,569	0,704	0,85
C, %	0,237	0,285	0,344	0,408	0,478	0,557	0,184	0,213	0,247	0,293	0,354	0,422	0,494	0,592	0,699
C-, %	0,19	0,237	0,292	0,354	0,421	0,494	0,15	0,183	0,214	0,254	0,305	0,374	0,434	0,512	0,624

Внутренняя проверка параметров разделительного каскада рассчитанных с помощью Simulink-модели проводилась с помощью проверки соблюдения баланса для каждой отдельной ступени.

Для примера проверки проверим баланс в ступени 3. Баланс внутри ступени:

$$G_3 = G_3^+ + G_3^-$$

$$638,9 = 319,7 + 319,2$$

$$638,9 = 638,9$$

$$G_3 \cdot C_3 = G_3^+ \cdot C_3^+ + G_3^- \cdot C_3^-$$

$$638,9 \cdot 0,344 = 319,7 \cdot 0,292 + 319,2 \cdot 0,396$$

$$219,78 = 219,78$$

Баланс между ступенями:

$$G_3 = G_2^+ + G_4^-$$

$$638,9 = 237,7 + 401,2$$

$$638,9 = 638,9$$

$$G_7 \cdot C_7 = G_6^+ \cdot C_6^+ + G_8^- \cdot C_8^-$$

$$638,9 \cdot 0,344 = 237,7 \cdot 0,327 + 401,2 \cdot 0,354$$

$$219,78 = 219,78$$

Для проверки на адекватность полученной Simulink-модели было произведено сравнение результатов расчёта в Simulink с результатами расчёта приведённых в работе [9]. Результаты сравнения приведены на рис.2.17-2.18. На представленных графиках видно, что данные полученные в результате моделирования в Simulink имеют отклонение от данных представленных в работе [9] не более чем на 4%. Данное отклонение можно так же объяснить тем, что при расчетах нами были использованы разные коэффициенты в гидравлической и разделительной характеристиках для газовых центрифуг.

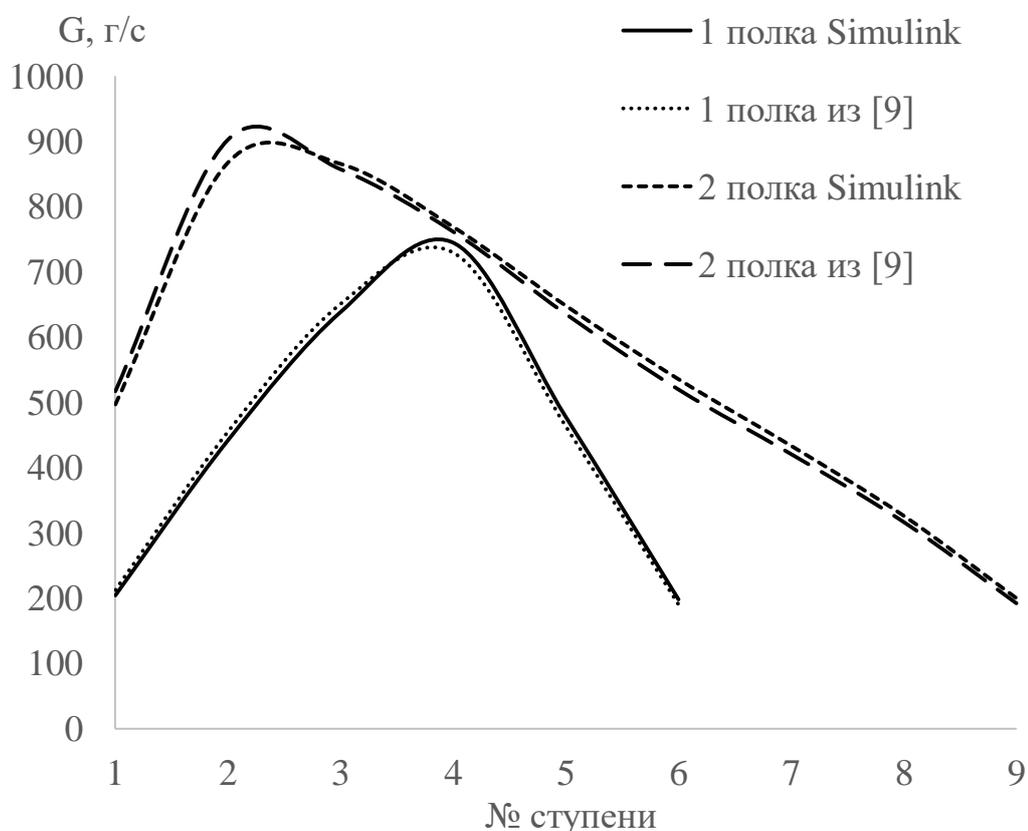


Рисунок 2.17 – Зависимость потока питания от номера ступени.

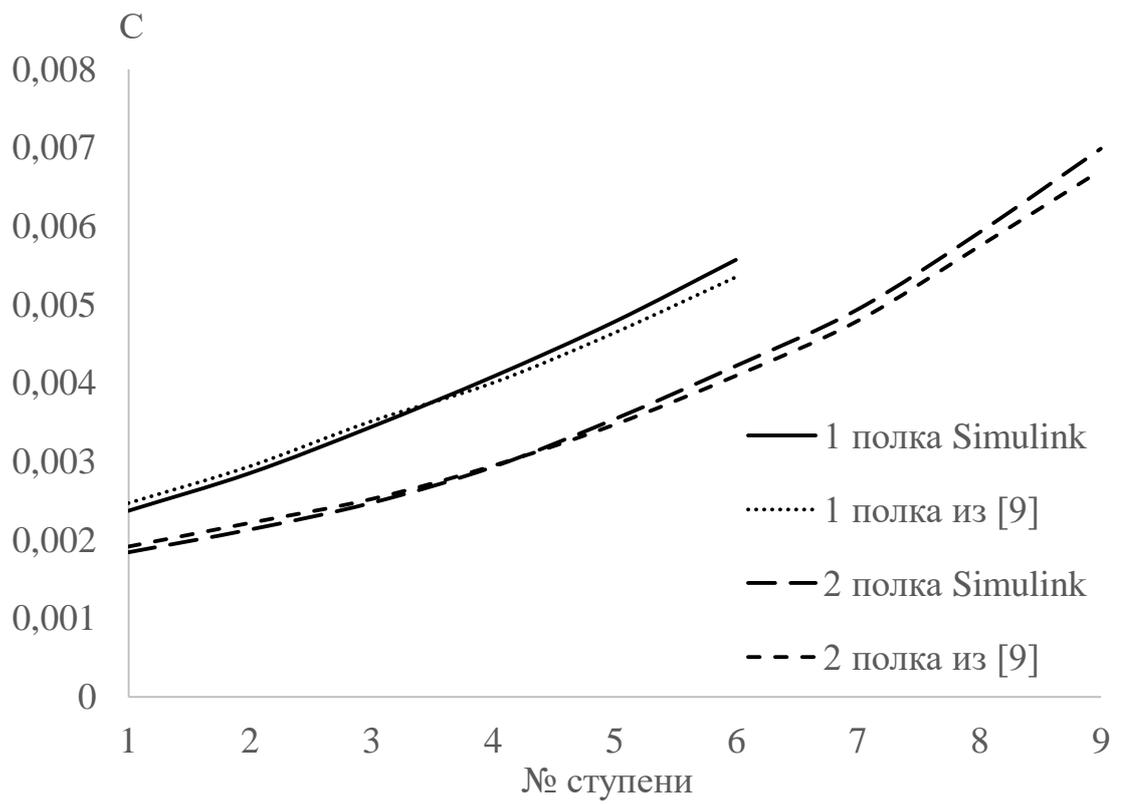


Рис. 2.18 – Зависимость концентрации питания от номера ступени

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Работа направлена на создание математической модели разделения бинарных смесей в среде визуального моделирования Simulink.

В современном разделительном производстве используются сложные многокаскадные технологические схемы, состоящие из нескольких разделительных каскадов соединённых между линиями межкаскадных коммуникаций. Расчет параметров подобных систем классическими итерационными методами достаточно сложен и в некоторых случаях, при внесении значительных изменений в технологическую схему, требует внесения существенных изменений не только в начальные данные, но и в сам алгоритм расчета, что требует определенного времени и квалификации от пользователя программой по расчету параметров технологической схемы разделительного производства.

Преодолеть данную проблему можно создав математическую модель каскада в среде визуального моделирования Simulink, это позволит существенно упростить процедуру расчета сложных, многокаскадных, технологических схем.

- Инициация проекта;
- Планирование проекта;
- Исполнение проекта.

Данным этапам должен предшествовать предпроектный анализ, направленный на сбор информации, описывающий требования к продукту или услуге.

Целью данного раздела является определение экономической целесообразности исследования и разработки технологии расчёта каскада при помощи Simulink. Продуктом исследования является технический углерод в виде порошка, который используется в качестве сорбента для хранения водорода.

В данном разделе необходимо решить следующие задачи:

- Провести SWOT-анализ;
- Выполнить планирование научно-исследовательской работы;
- Провести расчёт бюджета научно-исследовательской работы;
- Провести расчёт и оценку сравнительной финансовой эффективности исследования.

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом анализа является математическая модель разделения бинарных смесей в среде визуального моделирования Simulink.

К целевым сегментам рынка данных исследований можно отнести все предприятия государственной корпорации «ТВЭЛ».

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого составлена оценочная карта (табл. 3.1).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_s	B_p	K_s	K_p

Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	1	0,75	0,15
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	1	0,25	0,05
3. Энергоэкономичность	0,1	5	1	0,5	0,1
4. Надёжность	0,2	5	5	1	1
5. Уровень шума	0,1	1	5	0,1	0,5
6. Потребность в ресурсах памяти	0,05	1	5	0,05	0,25
7. Простота эксплуатации	0,05	5	5	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Уровень проникновения на рынок	0,10	4	2	0,4	0,2
2. Цена	0,10	5	5	0,5	0,5
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	0,25	0,25
4. Финансирование научной разработки	0,05	3	3	0,15	0,15
Итого	1	44	38	4,2	3,9

Из данного анализа видно, что среди исследуемых способов расчёта каскада расчёт с помощью среды визуального моделирования Simulink. Основными преимуществами являются повышение производительности труда пользователя и удобство в эксплуатации.

3.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Он проводится в несколько этапов.

В первом этапе описываются сильные и слабые стороны проекта, выявляются возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей

среды. Соответствия или несоответствия помогут выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа строится интерактивная матрица проекта (таблица 10). Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечаем либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – SWOT-анализ.

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Оригинальные методы и подходы для расчёта каскада.</p> <p>С2. Низко затратная и высокоэффективная реализация метода.</p>	<p>Сл1. Необходимость наличия портативного компьютера для разработки метода.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование научно-исследовательские ресурсы ТПУ.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>		

В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии.		

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

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. Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Интерактивная матрица проекта.

Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		C1	C2
	B1	0	0
	B2	+	+
	B3	+	+
Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл. 1	
	B1	+	
	B2	0	
	B3	0	
Сильные стороны проекта			
Угрозы проекта		C1	C2
	У1	+	+

Слабые стороны проекта		
Угрозы проекта		Сл. 1
	У1	0

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Оригинальные методы и подходы для расчёта каскада.</p> <p>С2. Низко затратная и высокоэффективная реализация метода.</p>	<p>Сл1. Необходимость наличия портативного компьютера для использования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование научно-исследовательские достижения ТПУ.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Понижение стоимости данной разработки.</p>	<p>Оригинальные методы и подходы для расчёта каскада способствует появлению дополнительного спроса на новый продукт и повышению стоимости конкурентных разработок. Низко затратная и высокоэффективная реализация метода</p>	<p>Использование научно-исследовательских ресурсов ТПУ покрывает необходимость наличия портативного компьютера для разработки метода.</p>

	также поспособствует появлению дополнительного спроса на новый продукт и повышению стоимости конкурентных разработок.	
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии.	На сегодняшний день существует широкий спектр различных методов расчётов каскада газовых центрифуг что может быть причиной затруднения вывода метода с использованием Simulink'a на рынок	

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

Работа по теме включает в себя следующие этапы:

- 1) Обзор литературы по теме.
- 2) Сбор и обработка расчетных данных.
- 3) Подготовительный этап
- 4) Проведение экспериментов.
- 5) Анализ результатов экспериментов.
- 5) Оформление отчёта.

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. Расчет параметров линейного графика требует определения продолжительности работ. При отсутствии нормативов времени на проведение отдельных видов работ используются вероятностные оценки. Порядок составления этапов и работ приведен в таблице 4.

Таблица 3.5 – Перечень категорий, 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	Экспериментальные исследования	руководитель, дипломник
	6	Анализ и обработка полученных результатов	руководитель, дипломник
	7	Расчет экспериментальных данных	дипломник
	8	Оценка эффективности полученных результатов	руководитель, дипломник
	9	Экономика, охрана труда и техника безопасности.	дипломник

Обобщение и оценка результатов	10	Подготовка к защите темы	дипломник
--------------------------------	----	--------------------------	-----------

3.4.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Необходимо спланировать работу каждого участника эксперимента и сроки их проведения. Для оптимизации работ удобнее всего использовать классический метод линейного планирования и управления. Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Для этого составляют перечень работ в той последовательности, в которой они приведены в соответствующей таблице. Расчет параметров линейного графика требует определение продолжительности работ.

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (3.2)$$

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.

$$t_{ож1} = \frac{3t_{min1} + 2t_{max1}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3.3)$$

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.

$$T_{p1} = 2,4$$

3.4.2 Разработка графика проведения научного исследования

Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев и дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \times 100\%, \quad (3.4)$$

где Y_i – удельное значение каждой работы, %;

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

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

$$Y_i = \frac{T_{p1}}{T_p} \times 100\% = \frac{2,4}{68} = 3,5\%.$$

Техническую готовность темы Γ_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1}^i T_{pi}}{T_p} \times 100\%, \quad (3.5)$$

где ΣT_{pi} – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы.

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1}^i T_{pi}}{T_p} \times 100\% = 3,5\%.$$

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k, \quad (3.6)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения 1 работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность одной работы в рабочих днях;

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

$$T_{k1} = 2,4 \cdot 1,478 = 3,5$$

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (3.7)$$

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

$T_{\text{вд}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{нд}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,478$$

Расчетная величина продолжительности работ T_k округляется до целых чисел. Расчетные данные сводятся в таблице 3.2, на основании которой строится календарный план-график.

На примере составления и утверждения технического задания рассмотрим методику расчета временных показателей:

$$t_{\min 1} = 2 \text{ человека-день}, \quad t_{\max 1} = 3 \text{ человека-дня};$$

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \cdot t_{\min 1} + 2 \cdot t_{\max 1}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ человека-дня};$$

$$T_{p1} = 2,4 \text{ рабочих дней};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,478;$$

$$T_{\text{кл}} = 2,4 \cdot 1,478 = 3,5 \text{ календарных дня.}$$

Аналогичным образом проводим расчеты для других этапов научного исследования и сводим результаты в табл. 3.6.

Таблица 3.6 – Временные показатели проведения НИР.

Этап	t _{min}	t _{max}	t _{ож}	Исполнители	T _р , раб.дн.	T _к , кал.дн	У _i , %	Г _i , %
1	2	3	2,4	руководитель	2,4	4	3,5	3,5
2	6	9	7,2	дипломник	7,2	11	10,5	14
3	7	10	8,2	дипломник	8,2	12	11,9	25,9
4	3	5	3,8	дипломник	3,8	6	5,5	31,4
5	12	15	13,2	руководитель, дипломник	6,6	10	9,6	52,4
6	14	18	15,6	руководитель, дипломник	7,8	12	11,4	42,8
7	6	9	7,2	дипломник	7,2	11	10,5	62,9
8	7	10	8,2	руководитель, дипломник	4,1	6	6	68,9
9	11	14	12,2	дипломник	12,2	18	17,8	86,6
10	8	11	9,2	дипломник	9,2	14	13,4	100
Итого			87,2		68,7	104		100

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 3.6 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. Работы на графике выделены различным цветом в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график в виде диаграммы Ганта приведен в таблице 6. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни, все значения занесены в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – – Календарный план-график (диаграмма Гантта) проведения ВКР

Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, неделя														
			февраль			март			апрель			май			июнь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Составление и утверждение ТЗ	н.р.	4	▨														
2. Изучение проблемы, обзор литературы	д.	11	■														
3. Изучение литературы, выбор методов решения проблем	н.р.+д.	12		▨													
4. Календарное планирование работ по теме	д.	6				■											
5. Экспериментальные исследования	н.р.+д.	10					▨										
6. Анализ и обработка полученных результатов	н.р.+д.	12						▨									
7. Расчет экспериментальных данных	д.	11							■	■							
8. Оценка эффективности полученных результатов	н.р.+д.	6									▨						
9. Экономика, охрана труда и техника безопасности	д.	18										■	■	■			
10. Социальная ответственность	д.	14													■	■	
			<p>▨ - научный руководитель ■ - дипломник</p>														

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

3.5.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$C_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (4.5.1.1)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов. Примем k_T равным 0,2.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 4.5.1.1.

Таблица 3.8 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	C_m , руб.
Шариковая ручка	1	40	48
Тетрадь формата А4	1	300	360
Итого:			408

На статью "Спецоборудование" для разработки и экспериментальных работ относятся затраты на приобретение, изготовление, аренду или амортизационные отчисления специальных приборов, устройств и т.д. При выполнении данной работы всё используемое оборудование собственное.

Сумма амортизационных отчислений рассчитывается по следующей формуле:

$$C_a = \sum_i^n \frac{C_{бал} \cdot H_a \cdot g_i \cdot t}{\Phi_{эф}} \quad (3.8)$$

где $C_{бал}$ – стоимость i -го вида оборудования, руб;

H_a – норма годовых амортизационных отчислений;

g_i – количество единиц i -го вида оборудования;

t – время работы i -го вида оборудования;

$\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования.

Эффективный фонд рабочего времени $\Phi_{эф}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$\Phi_{эф} = (\Phi_{кал} - \Phi_{пр,вых}) \cdot k_{см} \cdot k_{нп} \quad (3.9)$$

где $\Phi_{кал}$ – количество календарных дней в году, дни;

$\Phi_{пр,вых}$ – количество праздничных и выходных дней в году, дни;

$k_{см}$ – коэффициент сменности (в данном случае $k_{см}=1$);

$k_{н.п.}$ – коэффициент неучтённых потерь ($k_{н.п.}=20-30\%$).

Эффективный фонд рабочего времени составляет 250 дней.

Таблица 3.9 – Расчёт затрат по статье "Спецоборудование"

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, руб.	Норма Амортизации, %	Время использованная, час	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Компьютер	20000	25	300	250
Итого по статье C_a				250

Затраты на потребляемую электроэнергию рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{эл} = W_y \cdot T_g \cdot S_{эл} \quad (3.10)$$

где W_y – установленная мощность, кВт;

T_g – время работы оборудования, час;

$S_{эл}$ – тариф на электроэнергию.

Тариф в 2020 в Томской области на электроэнергию составляет – 2,28 руб/кВт·час. Расчёт затрат на потребляемую электроэнергию представлен в таблице 4.5.1.2

Таблица 3.10 – Расчёт затрат на потребляемую электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность прибора, кВт	Продолжительность работы, час	Сумма, руб.
Компьютер	0,3	280	191,52
Лампа дневного освещения (8шт.)	0,4	500	456
Итого по статье С ₃			647,52

3.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (3.11)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основную заработную плату руководителя НИР можно рассчитать по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб} \quad (3.12)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.

Для руководителя: $Z_{осн} = 1688,75 \times 28 = 47285$ рублей

Для инженера: $Z_{осн} = 910,29 \times 96 = 87387,84$ рублей

Среднедневная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} * M}{F_{д}} \quad (3.13)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года, дн.

F_d – расчетный годовой фонд рабочего времени персонала (в рабочих днях).

Количество месяцев работы без отпуска в течение года при отпуске в 56 дней составляет $M = 10,2$ месяца. Тогда,

$$\text{для руководителя: } Z_{\text{дн}} = \frac{32313,72 \cdot 10,4}{199} = 1688,75 \text{ рублей}$$

$$\text{для инженера: } Z_{\text{дн}} = \frac{17418,24 \cdot 10,4}{199} = 910,29 \text{ рублей}$$

Таблица 3.11 – Расчетный годовой фонд рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	104	104
-праздничные дни	14	14
Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Потери рабочего времени: - отпуск	48	48
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} + (K_{\text{пр}}) \cdot K_p, \quad (3.14)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (индивидуально стимулирующая добавка(ИСН)), равный 20% от $Z_{\text{тс}}$;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска;

Заработная плата $Z_{\text{тс}}$ по тарифной ставке (оклад) доцента, кандидата наук – 23264,86 руб., ассистента - 13824 руб., согласно «Положению об оплате труда» ТПУ

Работникам, имеющим ученую степень устанавливается ежемесячная доплата: кандидату наук – 7 000 рублей, учтем это при расчете Z_m .

$$З_{\text{м}} = 23264,86 + (4652,97) * 1,3 + 3000 = 32313,72 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{м}} = 13824 + (2764,8) * 1,3 = 17418,24 \text{ руб.}$$

Результаты расчета основной заработной платы представлены в таблице 4.5.2.2.

Таблица 3.12 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$К_{\text{пр}}$	$К_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{раб}}$ раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264,86	4652,97	1,3	32313,72	1688,75	28	47285
Инженер	13824	2764,8	1,3	17418,24	910,29	96	87387,84
Итого $З_{\text{осн}}$							134672,84

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:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} * K_{\text{доп}}, \quad (3.15)$$

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

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

$$\text{Для руководителя: } З_{\text{доп}} = 47285 * 0,1 = 4728,5 \text{ рублей}$$

$$\text{Для инженера: } З_{\text{доп}} = 87387,84 * 0,1 = 8738,784 \text{ рублей}$$

3.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{общ}}, \quad (3.16)$$

$$C_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 134672,84 = 40671,198 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{внеб}} = 30,2\%$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

3.5.4 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 составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.17)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов;

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot 148140,124 = 118512,1 \text{ руб.}$$

3.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией

в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 3.13.

Таблица 3.13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	408	пункт 3.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	250	
Затраты на потребляемую электроэнергию	647,52	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	134672,84	пункт 3.5.2
4. Отчисления во внебюджетные фонды	40671.198	пункт 3.5.3
5. Накладные расходы	118512,1	пункт 3.5.4
6. Бюджет затрат НИИ	295161,66	пункт 3.5.5

3.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), эффективности исследования

Все научно-исследовательские работы должны проводиться с полным технико-экономическим обоснованием ожидаемой и фактической эффективности результатов разработки. В связи с многообразием форм

воздействия результатов НИР на все стороны общественного развития, виды эффекта от выполняемых работ можно классифицировать грубо по двум признакам; по сфере проявления эффекта и характеру его воздействия на общественное развитие. По характеру воздействия на общественное развитие выделяется три основных эффекта; экономический, оборонный, социальный.

В связи с тем, что под эффектом НИР, в общем подразумевают полезный результат, отдача её выполнения и последующего за тем внедрения, существует система количественных и качественных характеристик оценки разных видов эффектов.

Социальный эффект можно рассматривать как совокупность его основных разновидностей.

- социально-политический,
- социально научный,
- социально-культурный.

Социально-научный эффект в росте числа открытий, изобретений, увеличение суммарного объема научно-технической информации, полученной в результате выполнения НИР. За последние годы появилось предложение не только определять по количественной характеристике социального эффекта, но и по системе количественных показателей его оценки.

Элементом количественной оценки социально-научного эффекта следует определение научно-технического эффекта НИР по методике. Сущность этой методики состоит в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент социально-научного эффекта НИР:

$$H_T = \sum_{i=1}^4 r_i k_i, \quad (3.18)$$

где r_i - весовой коэффициент i -го признака научно – технического эффекта;

k_i - количественная оценка i -го признака.

Количественная оценка уровня новизны определяется на основе значений баллов. Теоретический уровень полученных результатов НИР определяется на основе значений баллов, приведенных в Таблице 11.

Таблица 3.14 - Весовые коэффициенты признаков научно-технического эффекта.

Признаки научно-технического эффекта	Примерные значения r_i
Уровень новизны	0,4
Теоретический уровень	0,4
Возможность реализации	0,3
Масштабы реализации	0,3

Оценим по данной методике научно-технический эффект данной дипломной работы и сравним её по коэффициентам научно-технического эффекта с максимально и минимально возможным.

Таблица 3.15 – Баллы уровней новизны.

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	баллы
Принципиальное	По новому или впервые улучшены известные факты, закономерности. Разработано существенное усовершенствование.	8-10
Новое	Разработано усовершенствование. Впервые прощены расчеты. Разработаны более простые способы для достижения прежних результатов.	5-7
Относительно новое	Результаты исследований систематизируются и обобщаются имеющиеся сведения. Определяют	2-4

	пути дальнейшего исследования. Проведена рациональная частичная модификация.	
Традиционные	Работа выполнена по традиционной методике. Результат исследований носит информационный характер. Подтверждены или поставлены под сомнения известные представления, нуждающиеся в проверке.	1
Не обладающие новизной	Получен результат, который был ранее известен.	0

Таблица 3.16 – Баллы значимости теоретических уровней.

№	Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1	Установление закона, разработка новой теории.	9-10
2	Глубокая разработка проблемы: многоэлементный анализ связей, взаимосвязей между фактами.	7-8
3	Разработка способов(алгоритм, программа мероприятий).	3-6
4	Элементарный анализ между факторами с наличием гипотезы, классификации, объясняющей версии.	0.6-2
5	Описание отдельных элементарных фактов, изложение опыта, наблюдение результатов измерений.	0-0.5

Таблица 3.17 – Вероятность реализации научных результатов (теоретических работ) по времени и масштабу реализации.

№	Время реализации	Баллы
1	В течение первых лет	5-10
2	От 5 до 10 лет	3-4

3	Более 10 лет	0-2
---	--------------	-----

Таблица 3.19 – Масштабы реализации.

№	Масштабы реализации	Баллы
1	Одно или несколько предприятий	0-2
2	Отрасль(министерство)	3-4
3	Народное хозяйство	5-10

Настоящая дипломная работа оценивается следующим образом:

- балл уровня новизны – 4
- балл значимости теоретического уровня – 5
- балл по времени реализации – 10
- балл по масштабам реализации – 3

Коэффициент научно-технического эффекта дипломной работы составляет:

$$H_r = 0.4 * 4 + 0.4 * 5 + 0.3 * 5 + 0.3 * 3 = 5.2$$

Максимальный возможный коэффициент:

$$H_{Tmax} = 10.4$$

Минимально возможный коэффициент:

$$H_{Tmin} = 1$$

Выводы по разделу

1. Работа была направлена на разработку новой методики расчета разделительного каскада. В ходе данной работы была предложена наиболее эффективная модель, которая позволит существенно упростить процесс расчета каскада. Сама модель достаточно проста и доступна, что делает ее не затратной с экономической точки зрения.

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 109 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 66 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 23;

3. Бюджет научно-технического исследования составил 295161,66 руб. Бюджет НТИ состоит из материальных затрат (408,5 руб.), затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ (250 руб.), затрат на потребляемую электроэнергию (647,52 руб.), затрат на оплаты труда (134672,84 руб.), отчислений во внебюджетные фонды (40671,198 руб.) и накладных расходов (118512,1 руб.).

4. В ходе выполнения данной дипломной работы была рассчитана смета затрат на НИР. Произвели оценку научно-технического эффекта НИР, которая получилась равной 5.2. При сравнении с максимальным коэффициентом $H_{T_{max}} = 10.4$, пришли к выводу, что работа выполнена на среднем уровне.

4 Социальная ответственность

Введение

В работе проводится создание алгоритма расчёта каскада газовых центрифуг в среде визуального моделирования Simulink. Созданный в результате алгоритм значительно упростит расчёт параметров каскада газовых центрифуг.

Создание алгоритма проводилось на личном ПК.

В разделе рассмотрены опасные и вредные факторы, рассмотрены воздействия исследуемого объекта на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации. В этом документе указано, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из главных забот государства.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда

на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

В трудовом кодексе Российской Федерации говорится, что нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, работодатель обязан вести учет времени, отработанного каждым работником.

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

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, как изображено на рисунке 1.

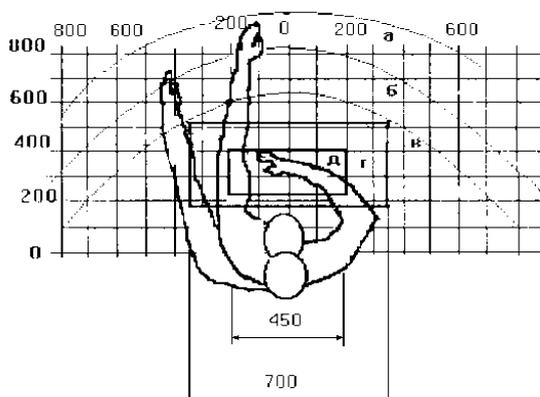


Рисунок 4.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное

пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

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

При выборе рабочего места, а именно письменного стола должны быть учтены следующие требования, которые представлены в таблице 1.

Таблица 4.1. Требования к оснащению рабочего места, предусматривающего длительную работу за ПК

Ширина рабочего стола	От 80 до 140 см
Высота рабочего стола	75 см
Глубина рабочего стола	От 60 до 80 см
Расстояние от глаз до монитора	От 50 до 60 см
Расстояние клавиатуры от края стола	От 10 до 30 см
Сидение	Должно позволять регулировку по высоте, повороту и углу наклона спинки (регулировки должны быть независимыми друг от друга)
Пространство для ног	Ширина от 30 см, глубина – от 40 см, с углом наклона до 20 градусов

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 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Также должна предусматриваться возможность регулировки экрана монитора:

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

В случае если работа оператора предполагает однообразную умственную работу, которая требует значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, то лучше всего выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки (слабонасыщенные оттенки холодного голубого или зеленого цветов), которые не ослабляют внимание. Если работа требует большой умственной и физической напряженности, тогда следует использовать более теплые оттенки, которые способствуют повышению концентрации внимания.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1. Анализ вредных и опасных факторов.

Для создания алгоритма в Simulink используется личный ПК.

Производственные условия на месте выполнения работы характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые по природе возникновения делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Опасные и вредные факторы, которые могут воздействовать на персонал при создании модели, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.2. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Повышенный уровень электромагнитного излучения	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
4. Превышение уровня шума	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки
5. Психофизиологические факторы	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
6. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

К психологически вредным факторам, воздействующим на персонал, можно отнести:

- нервно - эмоциональные перегрузки;
- умственное напряжение;
- физические перегрузки.

Биологические и химические вредные производственные факторы отсутствуют.

4.2.1 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

4.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата

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 нормами и приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.3 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
Теплый	22-24	40	0,1

Отклонение показателей микроклимата от нормы не вызывает повреждений или нарушений состояния здоровья, но может приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

4.2.2.2 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение - распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

Экран и системные блоки ЭВМ производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна соответствовать таблице 4.3.

Повышенный уровень электромагнитного излучения может негативно влиять на организм человека, а именно приводить к нервным расстройствам, нарушению сна, значительному ухудшению зрительной активности, ослаблению иммунной системы, расстройствам сердечно-сосудистой системы.

Таблица 4.3 Допустимые уровни параметров электромагнитного поля

Наименование параметров		Величина допустимого уровня
Напряженность электромагнитного поля	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	Диапазон частот 2 кГц – 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.

4.2.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

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

По нормативам (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий) освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться:

- системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных;
- помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы;
- комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники;
- местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

4.2.2.4 Превышение уровня шума

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. В нашем случае источником шума является откачивающий компрессор. Уровень шума компрессора менее 65 дБ, что соответствует санитарным нормам.

В таблице 4.4 приведены нормы уровня шума при различных видах работ.

Таблица 4.4. Нормативы уровня шума при различных видах работ

	Максимально допустимый уровень шума (дБ), в полосах следующих октав (Гц)									Эквивалентные уровни шума, дБА
	86	71	61	54	49	45	42	40	38	
Научная работа, расчеты, конструирование	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Офисы, лаборатории	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

4.2.2.5 Психофизиологические факторы

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

Трудовая деятельность работников непромышленной сферы относится к категории работ, связанных с использованием больших объемов информации, с применением компьютеризированных рабочих мест, с частым принятием ответственных решений в условиях дефицита времени,

непосредственным контактом с людьми разных типов темперамента и т.д. Это обуславливает высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижает функциональную активность центральной нервной системы, приводит к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стрессу.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»).

4.2.2.6 Поражение электрическим током

Рабочее помещение по опасности поражения электрическим током можно отнести ко 2 классу, т.е. это помещение без повышенной опасности из-за возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

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

Степень опасного воздействия электрического тока на организм человека зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются:

- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

4.3 Экологическая безопасность

В работе создаётся алгоритм в Simulink.

Влияние эксплуатации оборудования на окружающую среду минимально.

Мероприятия, позволяющие не нарушать экологическую безопасность находясь на рабочем месте:

- Правильная утилизация ПЭВМ и других систем, а также их комплектующих;
- Использование светодиодных ламп;

Снижение уровня загрязнения окружающей среды возможно за счёт более эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением, ответственно относиться к утилизации различных устройств, т.к. они могут разлагаться в окружающей среде от десятков до сотен лет.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятной чрезвычайной ситуации, которая может возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь за собой

человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

При проведении исследования наиболее вероятной ЧС является пожар. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании;
- старение изоляции;
- увлажнение изоляции;
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и порядок действий в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность помещения должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т. к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;

- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Рабочее помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанную схему, на которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации.

Существует порядок действий и правила поведения в случае возникновения пожара:

- 1) Незамедлительно позвонить в аварийную службу или МЧС (112);
- 2) Поставить в известность руководство (дежурного);
- 3) По возможности принять меры для эвакуации людей и меры для тушения пожара.

Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС.

В первом подразделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

В подразделе «Производственная безопасность» проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований, также приведены мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.

В подразделе «Экологическая безопасность» проведен обзор возможного влияния процесса исследования на окружающую среду, также рассмотрены меры по защите окружающей среды.

В заключительном подразделе «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» проведен анализ вероятной чрезвычайной ситуации (ЧС), которая может возникнуть на рабочем месте при проведении исследований, помимо этого приведены мероприятия по предотвращению ЧС и порядок действий во время возникновения ЧС.

Выводы по работе

1. В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы была разработана Simulink-модель для расчёта основных параметров разделительного каскада бинарной изотопной смеси.

2. Были рассчитаны однокаскадная технологическая схема и многокаскадная технологическая схема.

3. Полученные параметры каскадов были сравнены с параметрами каскадов в [9]. Расхождения в результатах составило не более 5%. Связано это с тем, что нами были использованы различные характеристики центрифуг.

4. Была проведена внутренняя проверка параметров разделительного каскада, путём проверки материального баланса внутри ступени и между ступенями.

5. Предложенная модель позволяет осуществлять расчет технологической схемы произвольной структуры при помощи соединения типовых блоков ступеней и задания параметров в них, что делает модель интересной для использования всех предприятиях государственной корпорации «РОСАТОМ».

Список используемых источников

1. Сулаберидзе, Г.А. Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей: учеб. пособие / Г.А. Сулаберидзе, В.А. Палкин, В.Д. Борисевич, В.Д. Борман, А.В. Тихомиров. – М. : НИЯУМИФИ, 2011. - 368 с.
2. Бать Г.А., Коченов А.С., Кабанов Л.П. Исследовательские ядерные реакторы - М. : Атомиздат, 1972. - 272 с. Truneček V. Unipolar high – frequency discharge // Folia Fac. Sci. Nat. University. 1971, - vol. 12, - pp.3-13.
3. Российское атомное сообщество. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/node/1779>.
4. Круглов А.К., Рудик А.П. Реакторное производство радиоактивных нуклидов - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 256 с.
5. Андреев О.В. Активационная радиометрия нейтронных полей: учеб. пособие / Т. : Изд-во ТПИ им. С.М. Кирова, 1991. - 56 с.
6. Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 304 с.
7. Бойко, В.И., Нейтронно-физический и теплогидравлический расчет реактора на тепловых нейтронах: учеб. пособие / В.И Бойко, Ф.П. Кошелев, И.В. Шаманин, Г.Н. Колпаков. – Т. : ТГУ, 2002. - 192 с.
8. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 784 с.
9. Маслюков Е.В. Методы расчета и оптимизации каскадов для разделения бинарной и многокомпонентной смесей изотопов урана: дис. ... канд. техн. наук. Ур. фед. университет, Екатеринбург, 2019.
10. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
11. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс] : принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года. : (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции

Российской Федерации от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ30 декабря 2008 № 6-ФКЗ и № 8 – ФКЗ) // СПС «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

12. ГОСТ 12.2.049-80 (ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования)

13. ГОСТ ИЕС 60519-1-2011 (Безопасность электротермического оборудования. Часть 1.)

14. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

15. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

16. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

17. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки

18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

19. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.