

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 ООП– Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Расчет основных показателей надежности технических систем с нечетко-определенными параметрами

УДК 004.415.2:621-027.45

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Лю Линьбо		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Ефремов Александр Александрович			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШПИП	Былкова Т. В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШПИП	Сечин А. И.	д.т.н.		

Нормоконтроль(при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман А.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М. В.	к.т.н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и

Код компетенции	Наименование компетенции
	систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные

Код компетенции	Наименование компетенции
	<p>поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.</p>
ПК(У)-10	<p>Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.</p>
ПК(У)-11	<p>Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.</p>
ПК(У)-18	<p>Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.</p>
ПК(У)-19	<p>Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.</p>
ПК(У)-20	<p>Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.</p>
ПК(У)-21	<p>Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.</p>
ПК(У)-22	<p>Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.</p>

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
158Т92	Лю Линьбо

Тема работы:

Расчет основных показателей надежности технических систем с нечетко-определенными параметрами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	33-43/с от 02.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	10.06.2023 г.
--	---------------

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>Объектом исследования являются основные показатели надежности технических систем с неоднозначными параметрами</p> <p>Целью расчета основных показателей надежности для параметрически нечетких технических систем является оценка надежности системы для определения вариантов проектирования и обслуживания системы с целью обеспечения стабильности и надежности используемой системы.</p>
---	---

<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (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).</p>	<p>-Нечеткое определение и методы расчета параметров; - Функция распределения; - Виды структурной схемы расчета надежности; - Определение нечетких функций; - matlab app designer; - Социальная ответственность; -Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Заключение.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>БылковаТатьяна Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Александр Иванович, профессор ООД ШБИП, д.т.н.</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>02.02.2023</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Старший преподаватель ОАР ИШИТР</p>	<p>Ефремов Александр Александрович</p>			<p>02.02.2023</p>

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>158Т92</p>	<p>Лю Линьбо</p>		<p>02.02.2023</p>

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (ООП)–15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
158Т92	Лю Линьбо

Тема работы:

Расчет основных показателей надежности технических систем с нечетко-определенными параметрами

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

10.06.2023 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2023 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Ефремов Александр Александрович			02.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		02.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Лю Линьбо		02.02.2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа 79 с., 38 рис., 21 табл., 21 источников.

Ключевые слова: Нечеткие числа; Нечеткие функции; теория надежности; Нечеткие множества; Программа MATLAB

Объектом исследования являются основные показатели надежности технических систем с неоднозначными параметрами, т.е. оценка надежности системы производится путем расчета показателей надежности для параметров, по которым в технической системе существует неопределенность или неоднозначность.

Целью расчета основных показателей надежности для параметрически нечетких технических систем является оценка надежности системы для определения вариантов проектирования и обслуживания системы с целью обеспечения стабильности и надежности используемой системы.

Исследование основных показателей надежности технических систем с параметрической нечеткостью с помощью MATLAB дает результаты по надежности системы, распределению параметров, диаграммам анализа надежности и вариантам проектирования и оптимизации надежности, предоставляя инженерам и лицам, принимающим решения, основу для принятия решений, основанных на надежности и рисках.

Содержание

Введение	11
1 Нечеткое множество и методы расчета параметров	13
2 Определение и значение ключевых показателей надежности	15
2.1 Вероятность безотказной работы.....	15
2.2 Интенсивность отказов	15
3 Функция распределения.....	17
3.1 Экспоненциальная распределение.....	17
3.2 Распределение Вейбулла.....	17
4 Виды соединений элементов системы	18
4.1 Основное (последовательное) соединение	18
4.2 Параллельное резервирование	18
4.3 Мажоритарное резервирования	19
5 Определение нечетких функций	21
5.1 Нечёткое число.....	21
5.2 Нечеткие функции	21
5.3 Функции принадлежности.....	21
6 Написание функций принадлежности с помощью Matlab	22
6.1 Треугольные функции принадлежности	22
6.2 Трапециевидные функции принадлежности.....	24
7 Создание функций распределения вероятностей с помощью Matlab	26
8 Matlab app designer	30
9 Процесс создания программного обеспечения.....	35
10 Область применения.....	44
11 Прогнозные предположения о развитии объекта исследования.....	46
12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
12.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	49

12.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	49
12.1.2 Анализ конкурентных технических решений	50
12.1.3 SWOT- анализ	51
12.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	52
12.2 Планирование научно-исследовательских работ	53
12.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ	54
12.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	55
12.2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	56
12.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования	58
13 Социальная ответственность	63
13.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	64
13.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	64
13.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	64
13.1.3 Производственная безопасность	66
13.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов	67
13.2.1 Отклонение показателей микроклимата	67
13.3 Экологическая безопасность	74
13.3.1 Воздействие на литосферу	74
13.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
13.5 Вывод по разделу социальная ответственность	76
Заключение	77
Список использованных источников	78

Введение

Надежность - важный показатель качества продукции. Надежность продукции влияет не только на ее работоспособность, но и на безопасность и стабильность страны и общества. Усилия по повышению качества и надежности продукции могут не только предотвратить Надежность продукции позволяет не только предотвратить отказы и аварии, особенно катастрофические, но и избежать частых "постсобытийных изменений" при разработке продукции, тем самым сокращая время, необходимое для ее разработки. Это сокращает циклы разработки, экономит затраты на разработку, снижает затраты на техническое обслуживание и другие дополнительные расходы, связанные с низкой надежностью. Это сокращает циклы разработки, экономит затраты на разработку, снижает затраты на техническое обслуживание и другие дополнительные расходы, возникающие из-за низкой надежности. Именно поэтому надежность стала основным объектом исследований и научных изысканий во многих странах. Именно поэтому надежность стала основным направлением исследований во многих странах.

Нечеткие множества являются эффективным инструментом, позволяющим работать с неточными или расплывчатыми понятиями и информацией. Техника расчета параметров нечетких множеств может оценить системы, обрабатывая входные данные с неоднозначностью, и повысить надежность системы. Эта техника может помочь справиться с неопределенностью, двусмысленностью и субъективностью в процессе оценки, тем самым повышая точность оценки.

Руководствуясь высокими целями, многие исследования направлены на улучшение показателей надежности технических систем с помощью методов расчета параметров с нечетким определением. Целью данной работы является систематическое исследование этого и того, как такие методы могут быть использованы для расчета метрик надежности технических систем, чтобы

помочь администраторам или лицам, принимающим решения, лучше понять производительность технических систем. В данной работе мы опишем расчеты параметров, нечеткие определения и то, как они могут быть объединены для расчета метрик надежности технических систем. Мы также обсудим, как эта методика может быть применена для повышения производительности технических систем, и представим результаты и выводы исследования для лиц, принимающих решения в различных отраслях.

1 Нечеткое множество и методы расчета параметров

В современном машиностроении методы параметрического расчета являются важным методом проектирования и оценки надежности систем. Однако в практических приложениях, поскольку существуют нечеткие определения или неопределенности между параметрами, это усложняет оценку надежности систем. Поэтому в данной работе предлагается методика расчета основных показателей надежности системы с нечетко определенными параметрами и обсуждается, как решить проблему нечеткости и неопределенности.

Нечеткое определение относится к тому факту, что некоторые важные факторы не могут быть точно описаны при определении количественных параметров системы. Эти факторы могут включать в себя трудно поддающиеся количественной оценке условия окружающей среды, различные критерии оценки оценщика и другие факторы. В традиционных методах расчета параметров эти факторы рассматриваются как фиксированные значения, однако в практических приложениях это часто не так. Поэтому для более точной оценки надежности системы необходим метод работы с этими факторами неоднозначной природы.

Для решения этих вопросов в данной работе предлагается метод, сочетающий нечеткие определения с параметрическими вычислительными методами для оценки надежности системы. Основная идея заключается в использовании нечеткой логики и нечетких множеств для определения и описания неопределенности и нечеткости системы. Эти нечеткие определения и отклонения затем используются в вычислительном процессе для включения этих факторов в вычислительную модель.

Ключом к этому подходу является способ количественной оценки нечетких свойств. Например, условия окружающей среды могут быть описаны как "холодно" или "жарко", но такая формулировка не позволяет точно измерить

температуру, и для описания диапазона температур необходимо использовать нечеткое множество. Конечно, функция принадлежности в нечетком множестве должна быть правильно количественно определена и подвергнута строгому математическому анализу, чтобы точно рассчитать значение нечеткости в нечетком множестве.

В данной работе также рассматривается, как использовать нечеткие определения и методы параметрического расчета для вычисления основных показателей надежности системы. Во-первых, нам необходимо определить все возможные состояния системы и присвоить каждому состоянию значение надежности. Эти значения надежности могут быть определены с помощью моделирования или статистических методов. Затем, используя методы нечеткой логики и нечетких множеств, эти значения надежности включаются в вычислительную модель для расчета показателей надежности системы.

Таким образом, в данной работе представлен метод расчета основных показателей надежности технической системы с использованием нечетко определенных параметров, с помощью методов нечеткой логики и нечеткого множества для решения проблемы неопределенности и нечеткости параметров системы. Этот метод может помочь инженерам более точно оценить надежность системы и тем самым улучшить проектирование и оценку системы.

2 Определение и значение ключевых показателей надежности

В области вычислительной техники показатели надежности являются важными критериями для измерения эксплуатационной устойчивости и производительности системы.

2.1 Вероятность безотказной работы

Вероятность безотказной работы [1] - это вероятность того, что отказ не произойдет в течение заданного времени работы (на заданном интервале времени t).

Эта характеристика связана с функцией распределения времени безотказной работы следующим образом:

$$P(t) = 1 - Q(t) \quad (1)$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы;

$Q(t)$ – функция распределения времени безотказной работы, которая представляет собой вероятность появления отказа в течение времени t .

Очевидно, что $0 \leq P(t) \leq 1, P(0) = 1, P(\infty) = 0$.

Для определения величины $P(t)$ используется следующая статистическая оценка:

$$P'(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (2)$$

где N_0 – число изделий, поставленных на испытание или на эксплуатацию;

$n(t)$ – число изделий, отказавших в течение времени t .

2.2 Интенсивность отказов

Интенсивность отказов - это отношение числа объектов (образцов оборудования, изделий, деталей, механизмов, устройств, узлов и т.д.), которые отказывают в единицу времени, к среднему числу объектов, которые исправно работают в течение заданного периода времени, при условии, что отказавшие объекты не ремонтируются и не заменяются на пригодные к эксплуатации. Другими словами, интенсивность отказов численно равна количеству отказов за

единицу времени, деленному на количество узлов, которые безотказно работали до этого времени. Следующие определения интенсивности отказов эквивалентны:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_{\text{ср}}} = \frac{n(t)}{[N-n(t)]\Delta t} = \frac{f(t)}{P(t)} \quad (3)$$

где N — общее число рассматриваемых изделий;

$f(t)$ — скорость отказов — количество изделий, отказавших к моменту времени t в единицу времени;

$P(t)$ — количество изделий, не отказавших к моменту времени t ;

$n(t)$ — число отказавших образцов в интервале времени;

Размерность интенсивности отказов обратна времени, обычно измеряется в 1/час.

В целом, надежность, интенсивность отказов и среднее время ремонта являются важными критериями для измерения основных показателей надежности систем вычислительной техники. Вычисляя и измеряя эти показатели, можно лучше оценить эксплуатационное состояние систем вычислительной техники, обеспечивая поддержку и направление для дальнейшей оптимизации и улучшения производительности системы.

3 Функция распределения

Функция распределения в теории вероятностей — функция, характеризующая распределение случайной величины или случайного вектора; вероятность того, что случайная величина примет значение, меньшее X , где x — произвольное действительное число. При соблюдении известных условий (см. ниже) полностью определяет случайную величину.

3.1 Экспоненциальная распределение

Экспоненциальная функция распределения [2] - это функция распределения вероятностей, которая описывает временной интервал между наступлением случайных событий и широко используется в таких областях, как анализ надежности и теория очередей.

Вероятность безотказной работы (ВБР):

$$P(t) = e^{-\lambda t}; \quad (4)$$

Интенсивность отказов:

$$h(t) = \lambda = const. \quad (5)$$

где $t \geq 0, a \lambda > 0$ -параметр распределения.

3.2 Распределение Вейбулла

Распределение Вейбулла [3] в теории вероятностей — двухпараметрическое семейство абсолютно непрерывных распределений. Названо в честь Валодди Вейбулла, детально охарактеризовавшего его в 1951, хотя впервые его определил Фреше в 1927, а применено оно было ещё в 1933 для описания распределения размеров частиц.

Вероятность безотказной работы (ВБР):

$$P(t) = e^{-(t/\eta)^\beta}; \quad (6)$$

Интенсивность отказов:

$$h(t) = (\beta/\eta) \cdot (t/\eta)^{\beta-1}. \quad (7)$$

где $t \geq 0, a \beta, \eta > 0$ -параметр распределения.

4 Виды соединений элементов системы

4.1 Основное (последовательное) соединение

Пусть система состоит из двух элементов E_1 и E_2 , соединенных последовательно [4].

Обозначим через e_i событие, заключающееся в том, что i -й элемент ($i = 1, 2$) работоспособен на интервале, тогда

$$\Pr\{e_i\} = \Pr\{E_i \text{ работоспособен на } [0; t]\} = P_i(t), \quad (8)$$

где $P_i(t)$ - функция ВБР i -го элемента.

Поскольку последовательная система работоспособна тогда и только тогда, когда работоспособны все ее элементы, то вероятность того, что система работоспособна на интервале $[0; t]$; (т.е. ВБР системы), равна

$$P_s(t) = \Pr\{e_1 \cap e_2\}. \quad (9)$$

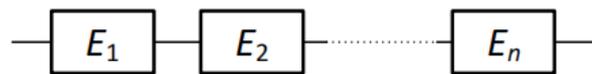


Рисунок 1 – Последовательное соединение

4.2 Параллельное резервирование

Говорят, что компоненты системы соединены параллельно, если система работоспособна до тех пор, пока работоспособен хотя бы один из ее компонентов, т.е. отказ системы наступает при отказе ее последнего работающего компонента.

В зависимости от того, в каком режиме находятся резервные компоненты параллельной системы, различают:

- «горячее» (нагруженное) резервирование;
- «холодное» (ненагруженное) резервирование;
- «теплое» (недогруженное) резервирование.

В случае горячего резервирования резервные элементы находятся в тех же рабочих условиях и несут ту же нагрузку, что и «основной» элемент.

Элементы, находящиеся в холодном резерве, являются ненагруженными

до момента переключения в рабочий режим. Предполагается, что резервные элементы не отказывают из состояния холодного резерва.

Для элементов, находящихся в теплом резерве, характерен облегченный режим работы. Находясь в теплом резерве, элементы могут отказаться, но интенсивность отказов в этом случае меньше, чем для элементов в рабочем режиме.

В дальнейшем, если особо не оговорено, под параллельным резервированием будем понимать горячее резервирование.

Пусть система состоит из двух элементов E_1 и E_2 , соединенных параллельно.

Обозначим через событие, заключающееся в том, что i -й элемент ($i = 1, 2$) отказал на интервале $[0, t]$, тогда

$$\Pr\{e_i\} = \Pr\{E_i \text{ отказал на } [0; t]\} = F_i(t), \quad (10)$$

Где $F_i(t) = 1 - P_i(t)$ – функция вероятности отказа i -го элемента.

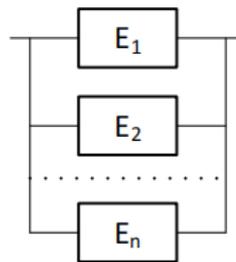


Рисунок 2 – Горячее резервирование

4.3 Мажоритарное резервирование

Рассмотрим простейшую систему с дробной кратностью $3/2$, состоящую из элементов А, В и С [5].

Такая система будет работоспособна, если работоспособны все три ее элемента: АВС, а также любые два ее элемента: А'ВС, АВ'С, АВС'.

Т.о., ВБР системы может быть записана в виде:

$$P_s = P_A P_B P_C + (1 - P_A) P_B P_C + P_A P_B (1 - P_C) + P_A (1 - P_B) P_C \quad (11)$$

В случае, когда все элементы равнонадежны и их ВБР равна P , ВБР

системы равна:

$$P_s = 3P^2 - 2P^2. \quad (12)$$

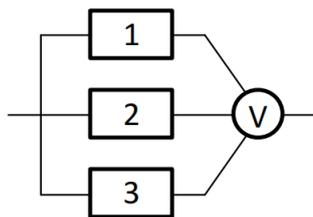


Рисунок 3 – Мажоритарное резервирования

5 Определение нечетких функций

Нечеткая функция – это взаимно однозначное соответствие двух полей нечетких чисел.

5.1 Нечёткое число

Нечёткое число [6] — абстрактное понятие, появившееся в рамках нечёткой арифметики и представляющее собой нечёткую величину, функция принадлежности которой является выпуклой и унимодальной. В общем случае нечёткое число является частным случаем нечёткого интервала.

Аппарат нечётких чисел был введён для оперирования неопределёнными или неточными величинами в практических задачах [7].

5.2 Нечеткие функции

Нечеткую функцию можно понимать, как отображение на некоторое заданное нечеткое множество, которое отображает каждый элемент на вещественное число от 0 до 1, указывающее на степень принадлежности (или уверенности, надежности) этого элемента в данном нечетком множестве.

5.3 Функции принадлежности

Функция принадлежности нечёткого множества [8] — обобщение индикаторной (или характеристической) функции классического множества. В нечёткой логике она представляет степень принадлежности каждого члена пространства рассуждения к данному нечёткому множеству.

Для пространства рассуждения X и данной функции принадлежности: $X \rightarrow [0,1]$ нечёткое множество определяется как

$$A = \{(x, \mu_A(x) \mid x \in X\}. \quad (13)$$

Функция принадлежности $\mu_A(x)$ количественно градуирует принадлежность элементов фундаментального множества пространства рассуждения $x \in X$ нечёткому множеству A . Значение 0 означает, что элемент не включен в нечёткое множество, 1 описывает полностью включенный элемент. Значения между 0 и 1 характеризуют нечётко включенные элементы

6 Написание функций принадлежности с помощью Matlab

MATLAB - это мощное программное обеспечение для численного анализа и научный язык программирования. Он ориентирован в первую очередь на области математики, инженерии и научных вычислений и стал одним из наиболее широко используемых инструментов в академических и промышленных кругах.

6.1 Треугольные функции принадлежности

Треугольные функция принадлежности является одной из широко используемых нечетких функций принадлежности, обычно используемых для отображения действительного числа в нечеткое значение между 0 и 1, указывающее на степень принадлежности действительного числа, соответствующего нечеткому множеству. Треугольная функция принадлежности может быть выражена следующей формулой:

$$\mu(x) = \max \{ 0, \min [(x - a)/(m - a), (b - x)/(b - m)] \} \quad (14)$$

a , m и b представляют собой левую границу, вершину и правую границу треугольной функции при принятых значениях соответственно, а $\mu(x)$ представляет собой подчиненность действительного числа x этой треугольной функции. Когда x меньше или равно a или больше или равно b , $\mu(x)$ принимает значение 0; когда x равно m , $\mu(x)$ принимает значение 1; в противном случае значение $\mu(x)$ линейно изменяется с x .

Поскольку подчиненная функция треугольника является сегментированной, запишем подчиненную функцию треугольника в виде сегментированной функции.

```
x = 0:0.1:5;
p = app.aEditField.Value;      % Левая вершина
q = app.bEditField.Value;      % Верхняя вершина
l = app.cEditField.Value;      % Правая вершина
f = trimf(x, [p q l]); % Тригонометрическая функция принадлежности
```

Рисунок 4 – Запись функций принадлежности треугольника в m

Поскольку нам необходимо подставить нечеткую функцию в качестве параметра в функцию распределения вероятности, мы получаем значения особых точек и подставляем их в функцию распределения вероятности путем усреднения принадлежности по нескольким уровням от 0 до 1.

```
k = app.kEditField.Value;
x = zeros(1, 2*k+1);
f = zeros(1, 2*k+1);
x(1) = p;
x(end) = 1;
f(1) = 0;
f(end) = 0;
for i = 1:1:2*k+1
    if i<=k+1
        dx = (q-p)/k;
        x(i) = p + (i-1)*dx;
        f(i) = (i-1)/k;
    end
    if i==k+1
        dx = (q-p)/k;
        x(i) = p + (i-1)*dx;
        f(i) = (i-1)/k;
    end
    if i>k+1
        dx = (1-q)/k;
        x(i) = q+(i-k-1)*dx;
        f(i) = 1-(i-k-1)/k;
    end
end
end
```

Рисунок 5 – Деление функций принадлежности на уровни

Комбинируя приведенный выше код с вводом параметров вершин, мы можем получить требуемый график функции принадлежности.

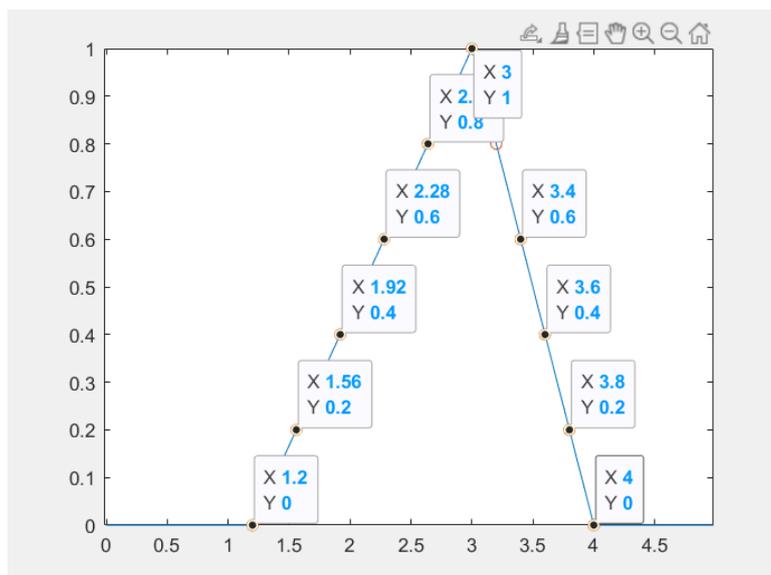


Рисунок 6 – Треугольные функции принадлежности

6.2 Трапециевидные функции принадлежности

Трапециевидная функция принадлежности является одной из широко используемых нечетких функций принадлежности, обычно используемых для отображения действительного числа в нечеткое значение между 0 и 1, указывающее на степень принадлежности действительного числа, соответствующего нечеткому множеству. Трапециевидная функция принадлежности может быть выражена следующей формулой:

$$\mu(x) = \max \{ 0, \min [(x - a)/(b - a), 1, (d - x)/(d - c)] \} \quad (15)$$

a , b , c и d представляют собой соответственно левый низ, левый верх, правый низ и правый верх трапециевидной функции, а $\mu(x)$ - подчиненность действительного числа x этой трапециевидной функции. Когда x меньше или равно a или больше или равно d , $\mu(x)$ принимает значение 0; когда x находится в интервале $[b, c]$, $\mu(x)$ принимает значение 1; в противном случае значение $\mu(x)$ линейно изменяется с x . Где a , b , c и d представляют собой левую часть трапециевидной функции снизу, левую часть сверху, правую часть снизу и правую часть сверху, соответственно, а $\mu(x)$ представляет собой подчиненность действительного числа x этой трапециевидной функции. Когда x меньше или равно a или больше или равно d , $\mu(x)$ принимает значение 0; когда x находится

в интервале $[b, c]$, $\mu(x)$ принимает значение 1; в противном случае значение $\mu(x)$ линейно изменяется с x .

```

x = zeros(1, 2*k+2);
f = zeros(1, 2*k+2);
x(1) = p;
x(end) = 1;
f(1) = 0;
f(end) = 0;

for i = 1:1:2*k+2
    if i<=k+1
        dx = (q-p)/k;
        x(i) = p + (i-1)*dx;
        f(i) = (i-1)/k;
    end
    if i==k+2
        x(i) = 1;
        f(i) = 1;
    end
    if i>k+2
        dx = (d-1)/k;
        x(i) = 1+(i-k-2)*dx;
        f(i) = 1-(i-k-2)/k;
    end
end
end

```

Рисунок 7 – Создание трапецевидных нечетких функций в m

Подобно функции принадлежности треугольника, функция принадлежности трапеции имеет дополнительную вершину, поэтому необходимо внести изменения в среднюю часть.

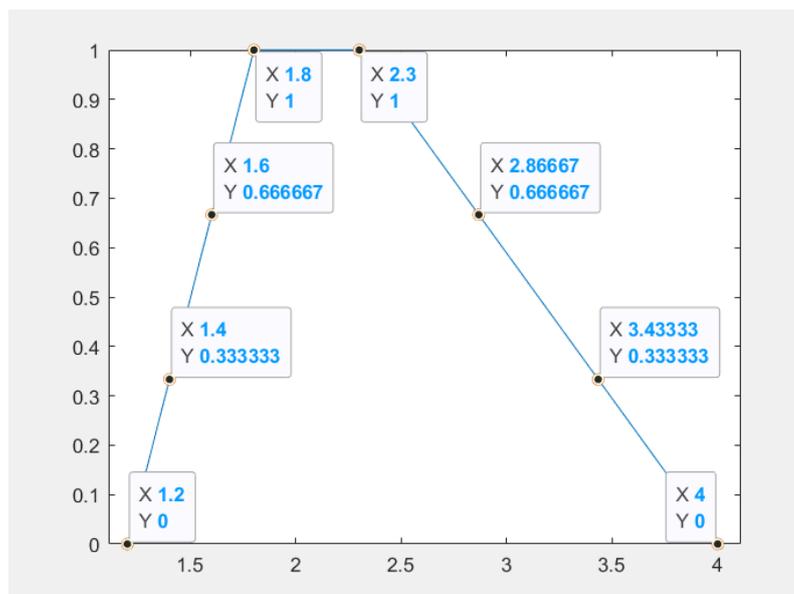


Рисунок 8 – Трапецевидные функции принадлежности

7 Создание функций распределения вероятностей с помощью

Matlab

Для того чтобы подставить нечеткую функцию в качестве аргумента функции распределения вероятностей, хорошо подходит использование кругового оператора.

```
t = 0:100:j;  
b=@(t,a) 1-expcdf(t,a);  
N = length(x);  
new_mat = zeros(numel(x), numel(t));  
for i = 1:N  
    new_mat(i,:) = b(t,1000/x(i)); %  
end
```

Рисунок 9 – Утверждения цикла

Сначала создается поле определения t , а затем берется 1 число через каждые 100 чисел. Затем определите функцию b как экспоненциальную функцию распределения вероятности. Затем создается матрица new_mat для хранения всех результатов вычислений. Наконец, используется оператор цикла для подстановки всех аргументов подчиненной функции в каждый момент времени t .

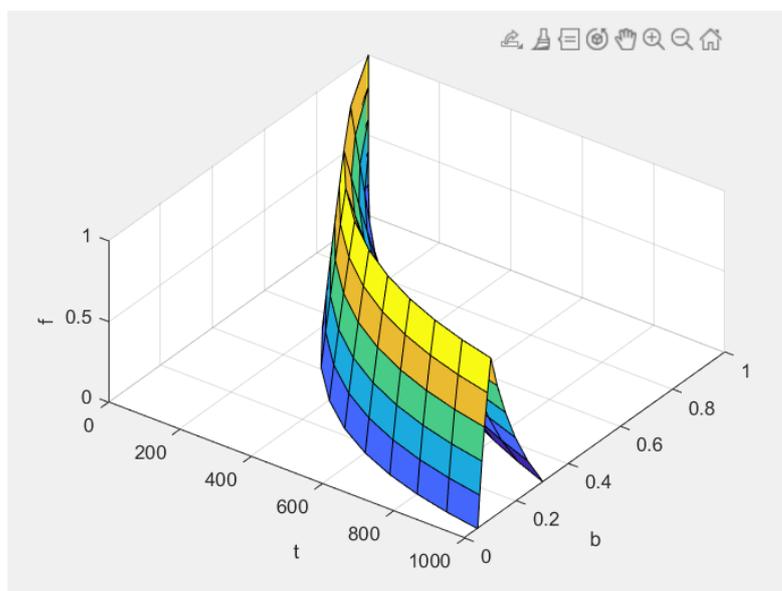


Рисунок 10 – Экспоненциальная функция (Треугольные нечеткие

параметры)

В отличие от экспоненциальной функции распределения, функция распределения Вейбулла является двухпараметрической, поэтому нам необходимо создать два нечетких параметра и подставить полученные значения в каждый из них.

```
N = length(x1);  
t = 0:100:j;  
y = @(t,a, b) exp(-(t/a).^b);  
Y1 = zeros(numel(x1),numel(t));  
for i = 1:N  
    Y1(i,:) = y(t,x1(i),x2(i));  
end
```

Рисунок 11 – Создание функций распределения Вейбулла на языке m

Предположим, когда степень принадлежности равна 0, функция принадлежности 1 соответствует x-значениям a, b; функция принадлежности 2 соответствует x-значениям c, d. Поскольку значения функций распределения вероятностей, полученных от различных порядков параметров на одном уровне, будут различными, возможность комбинирования параметров проявится в следующих четырех возможных формах комбинирования.

$$P1 = e^{-(t/a)^c}; \quad (16)$$

$$P2 = e^{-(t/b)^c}; \quad (17)$$

$$P3 = e^{-(t/a)^d}; \quad (18)$$

$$P4 = e^{-(t/b)^d}; \quad (19)$$

Дальше нужно найти максимальное и минимальное значения этих четырех и сохранить их.

```

N = length(x1);
t = 0:100:j;
y = @(t,a, b) exp(-(t/a).^b);
x3 = fliplr(x1);%Инверсия матрицы
Y1 = zeros(numel(x1),numel(t));
Y2 = zeros(numel(x3),numel(t));
for i = 1:N
    Y1(i,:) = y(t,x1(i),x2(i));
    Y2(i,:) = y(t,x3(i),x2(i));
end
for i=1:N
    C(:, :, i) = [Y1(i,:);Y1(end-i+1,:); Y2(i,:);Y2(end-i+1,:)];
    F(i,:) = max(C(:, :, i));%Получить максимальную
    F(2*k-i+2,:) = min(C(:, :, i)); %Получить минимальное значение
end

```

Рисунок 12 – Создание функций распределения Вейбулла на языке m

После ввода соответствующих параметров можно получить следующий график:

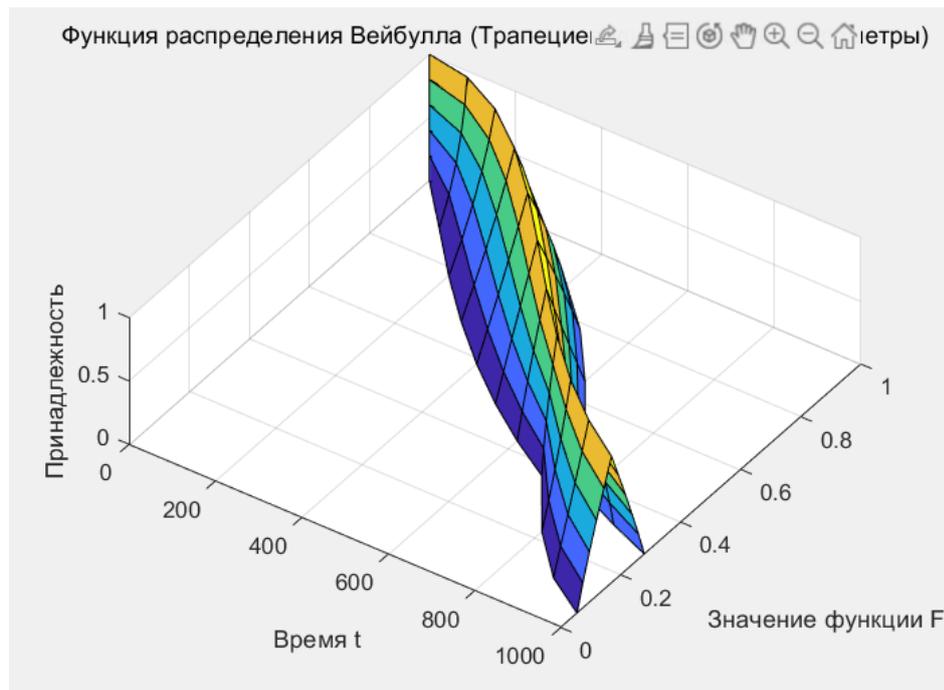


Рисунок 13 – Функция распределения Вейбулла (Треугольные нечеткие параметры)

Для того чтобы лучше изучить характер изображения функции распределения вероятностей в какой-то момент времени, нам необходимо

получить представление о поперечном сечении в этот момент времени.

```
g = zeros(1, 2*k+2);  
g(1)=g(end)==v;  
for i = 1:1:2*k+2  
    g(i)=v;
```

Рисунок 14 – Создание новой матрицы

Сначала нужно создать новую матрицу со всеми нулями. Затем используйте оператор цикла для присвоения этой матрицы в нужный вам отрезок времени.

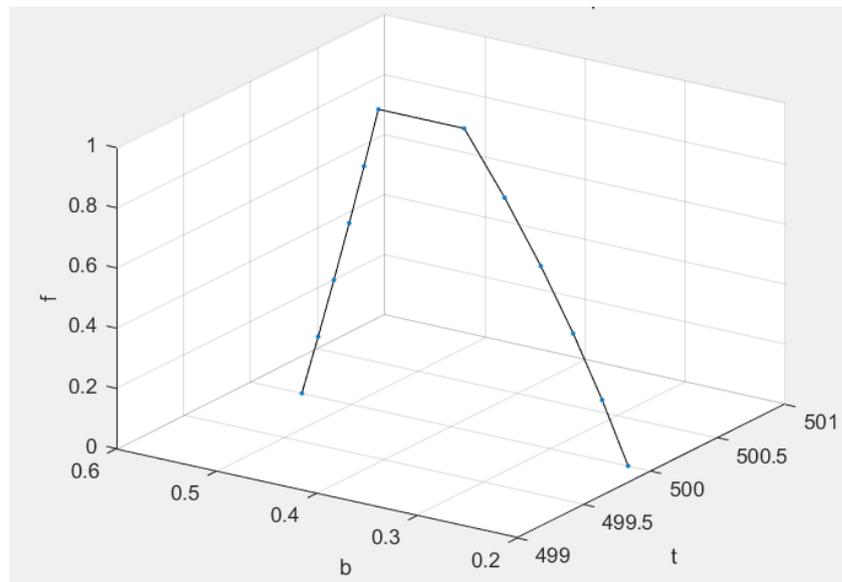


Рисунок 15 – Поперечное сечение

8 Matlab app designer

Использование инструментов разработки приложений для разработки приложений

Конструктор приложений — это интерактивная среда разработки для разработки макетов приложений и программирования их поведения. Он предоставляет полностью интегрированную версию редактора MATLAB и ряд интерактивных компонентов пользовательского интерфейса. Он также предоставляет диспетчер макета сетки для организации пользовательского интерфейса и автоматической настройки параметров макета, чтобы ваше приложение обнаруживало изменения размера экрана и реагировало на них. Он позволяет распространять приложение, упаковывая его в виде файла установщика непосредственно с панели инструментов конструктора приложений или создавая автономное настольное или веб-приложение (требуется компилятор™ MATLAB).

1) Макет приложения в представлении «Дизайн» в конструкторе приложений

Представление «Дизайн» в конструкторе приложений предоставляет богатые инструменты компоновки для разработки современных, профессионально выглядящих приложений. Он также предоставляет библиотеку многих компонентов пользовательского интерфейса, чтобы вы могли создавать различные интерактивные функции. Любые изменения, внесенные в представлении «Дизайн», автоматически отражаются в представлении «Код». В результате вы можете настроить многие аспекты своего приложения без написания кода.

Чтобы добавить компонент в приложение, используйте один из следующих методов:

Перетащите компонент из библиотеки компонентов на холст.

Щелкните компонент в библиотеке компонентов и наведите курсор на

холст. Курсор изменится на перекрестие. Щелкните мышью, чтобы добавить компонент на холст в размере по умолчанию, или щелкните и перетащите, чтобы изменить размер компонента по мере его добавления. Некоторые компоненты могут быть добавлены только в размере по умолчанию.

После добавления компонента на холст его название будет отображаться в браузере компонентов. Компонент можно выбрать как на холсте, так и в браузере компонентов. Действие выбора происходит в обоих местах одновременно. После добавления компонента на холст его название будет отображаться в браузере компонентов. Компонент можно выбрать как на холсте, так и в браузере компонентов. Действие выбора происходит в обоих местах одновременно.

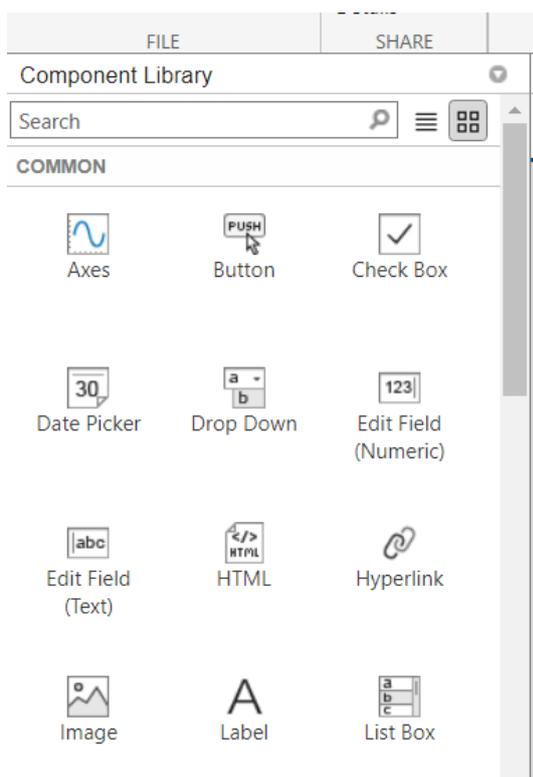


Рисунок 16 – Библиотека компонентов

После добавления компонента на холст его название будет отображаться в браузере компонентов. Компонент можно выбрать как на холсте, так и в браузере компонентов. Действие выбора происходит в обоих местах

одновременно.

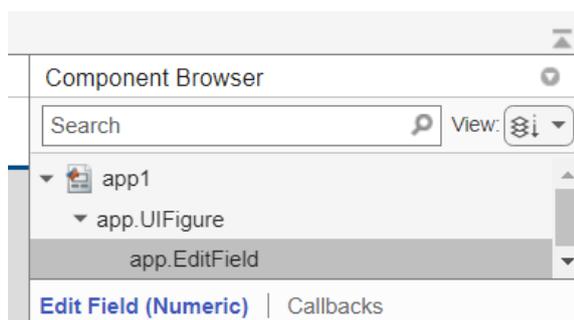


Рисунок 17 – Название компонента

Когда вы перетаскиваете определенные компоненты (например, поля редактирования и ползунки) на холст, они будут сгруппированы вместе с помощью одной и той же метки. По умолчанию эти метки не отображаются в браузере компонентов, но вы можете добавить их в список, щелкнув правой кнопкой мыши в любом месте браузера компонентов и выбрав команду Включить метки в браузер компонентов. Если вы не хотите, чтобы у компонента были метки, вы можете удерживать клавишу **Ctrl** при перетаскивании компонента на холст, чтобы метки не были включены.

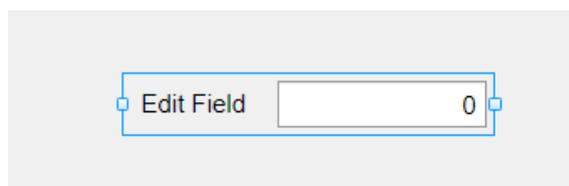


Рисунок 18 – Цифровые компоненты

Если у компонента есть метка и текст метки изменен, то имя компонента в браузере компонентов также будет изменено в соответствии с этим текстом. Имя компонента можно настроить, дважды щелкнув по компоненту и введя новое имя.

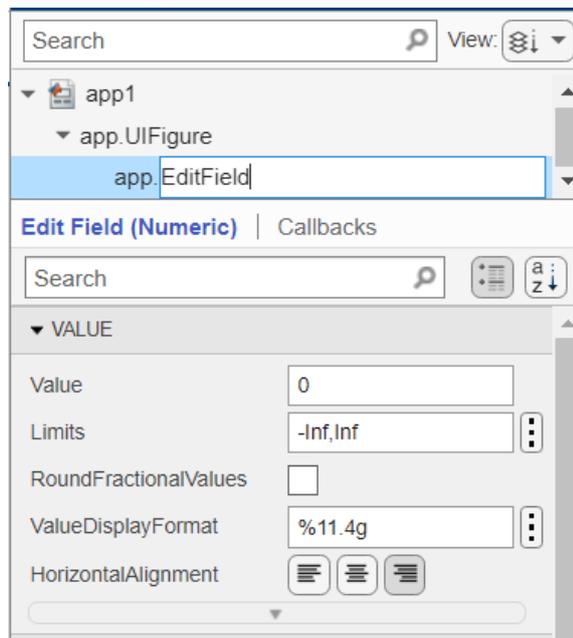


Рисунок 19 – Настройка компонентов

Вы можете настроить внешний вид компонента, выбрав его, а затем изменив его свойства на вкладке "Компоненты" браузера компонентов. Например, вы можете изменить расположение текста, отображаемого на кнопке, на вкладке "Кнопка".

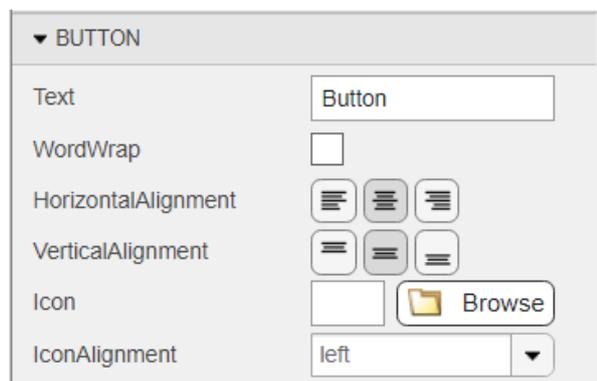


Рисунок 20 – Свойства компонента кнопки

Некоторые свойства управляют поведением компонентов. Например, вы можете изменить диапазон значений, принимаемых числовым полем редактирования, изменив свойство Limits.

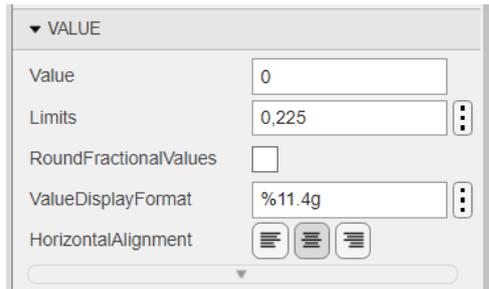


Рисунок 21 – Свойства текста компонента

Когда приложение запущено, поле редактирования будет принимать значения только в этом диапазоне.

Некоторые свойства можно редактировать прямо на холсте, дважды щелкнув по компоненту. Например, можно изменить метку кнопки, дважды щелкнув на ней и введя нужный текст. Чтобы добавить несколько строк текста, удерживайте нажатой клавишу SHIFT и нажмите ENTER.

В режиме просмотра дизайна вы можете располагать и изменять размеры компонентов, перетаскивая их на холст или используя инструменты на вкладке холста панели инструментов.

Конструктор приложений предоставляет подсказки для выравнивания компонентов при их перетаскивании по холсту. Оранжевая пунктирная линия, проходящая через центр нескольких компонентов, означает, что центры этих компонентов выровнены. Сплошная оранжевая линия на краю означает, что край выровнен. Вертикальная линия указывает на то, что компонент находится в центре своего родительского контейнера.

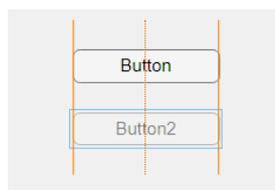


Рисунок 22 – Размещение компонентов

9 Процесс создания программного обеспечения

Цель создания программного обеспечения - получить распределение вероятности системы, выбрав подходящую для ваших нужд модель и введя нужные параметры.

Программное обеспечение имеет 36 экранов, включая главный экран, экран выбора функций и экран генерации функций.

Сначала нам нужно создать основной интерфейс с именем app01. Основной интерфейс состоит из выбора количества модулей в системе. Выберите модули текста и кнопок из библиотеки компонентов и выберите подходящее место для размещения модулей.

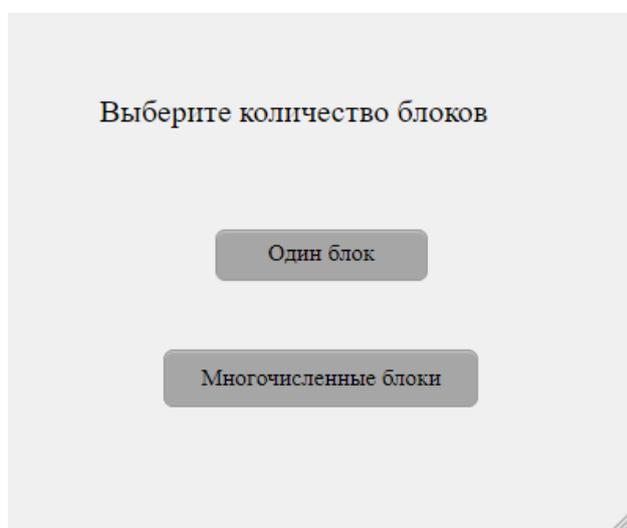


Рисунок 23 – Главный экран

После создания интерфейса мы приступаем к программированию. Щелкните правой кнопкой мыши на кнопке и выберите Create Callback Function.

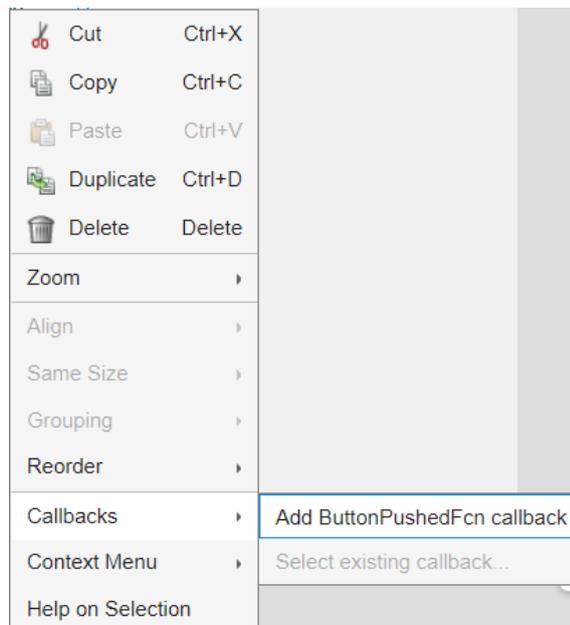


Рисунок 24 – Интерфейс функции обратного вызова

Сделаем так, чтобы при нажатии кнопки (один модуль) автоматически открывалась программа app02; при нажатии кнопки (несколько модулей) автоматически открывалась программа app9. наконец, экран автоматически удалялся.

```
function ButtonPushed(app, event)
    app02;
    delete(app);
end

% Button pushed function: Button_2
function Button_2Pushed(app, event)
    app9;
    delete(app);
end
```

Рисунок 25 – Заявления о выборе интерфейса

После создания главного экрана необходимо создать экран выбора для одного блока и нескольких блоков. Оба интерфейса были созданы с помощью компонентов выпадающего списка из библиотеки компонентов.

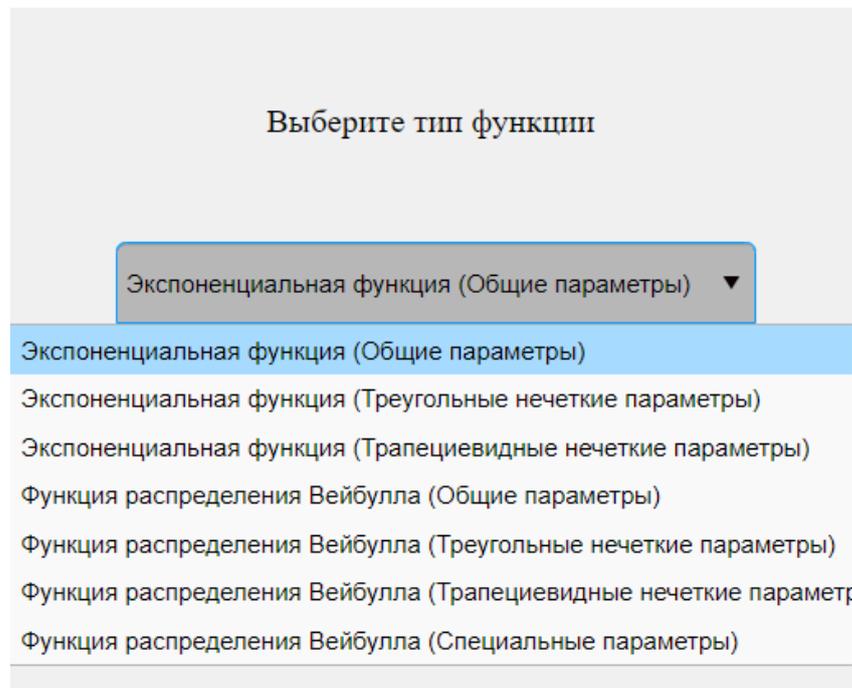


Рисунок 26 – Экран выбора выпадающего окна

После того как мы создали соответствующий интерфейс, мы начинаем писать часть кода. В этом разделе мы используем функцию оператора выбора для перехода к выбранному нами экрану и его удаления в зависимости от содержимого выбранного нами компонента выпадающего окна.

```
val = app.DropDown.Value;
switch(val)
  case 'Экспоненциальная функция (Общие параметры)'
    app03
  case 'Экспоненциальная функция (Треугольные нечеткие параметры)'
    app04
  case 'Экспоненциальная функция (Трапециевидные нечеткие параметры)'
    app05
  case 'Функция распределения Вейбулла (Общие параметры)'
    app06
  case 'Функция распределения Вейбулла (Треугольные нечеткие параметры)'
    app07
  case 'Функция распределения Вейбулла (Трапециевидные нечеткие параметры)'
    app08
  case 'Функция распределения Вейбулла (Специальные параметры)'
    app09
end
delete(app);
```

Рисунок 27 – Экран выбора выпадающего окна

В случае нескольких модулей существуют различные комбинации, которые в зависимости от комбинации можно разделить на следующие разделы.

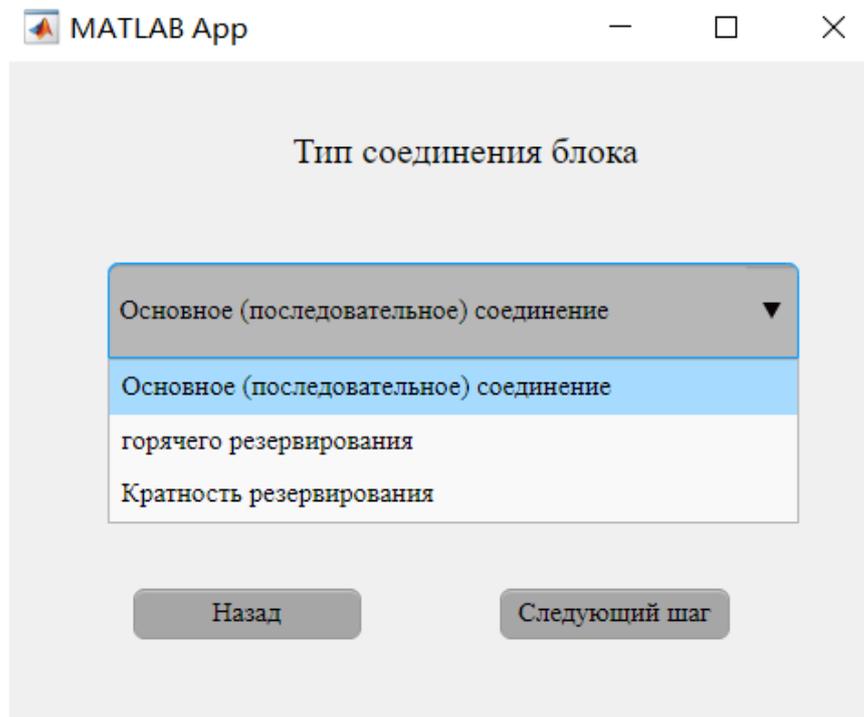


Рисунок 28 – Тип соединения блока

В случае тандемной композиции возможны различные варианты в зависимости от параметров и функций.

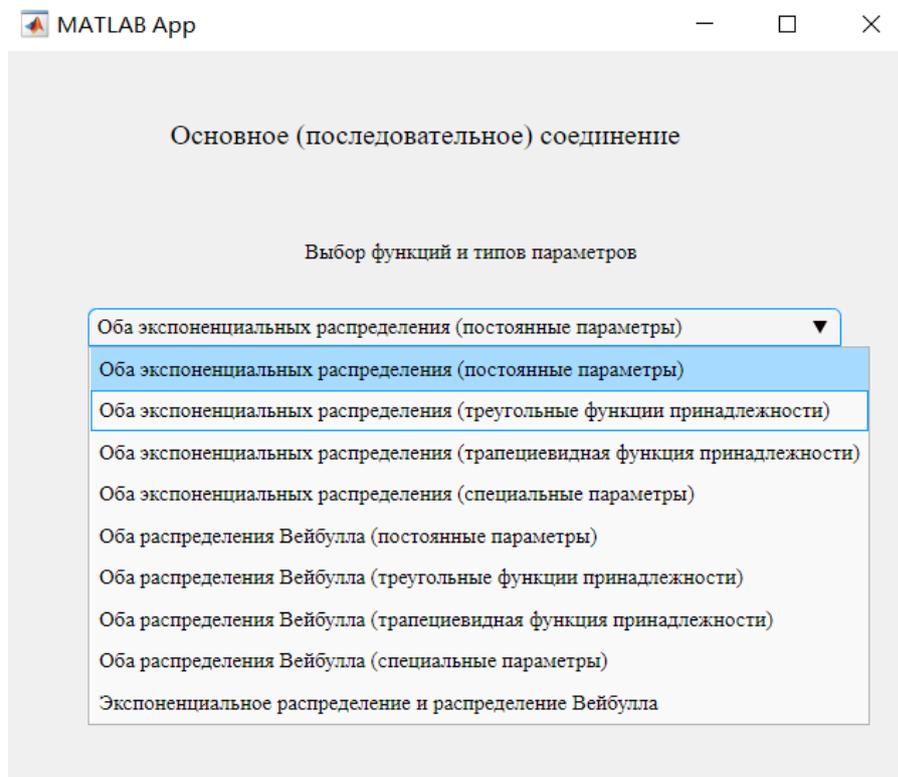


Рисунок 29 – Основное (последовательное) соединение

То же самое можно сказать и о следующем экране.

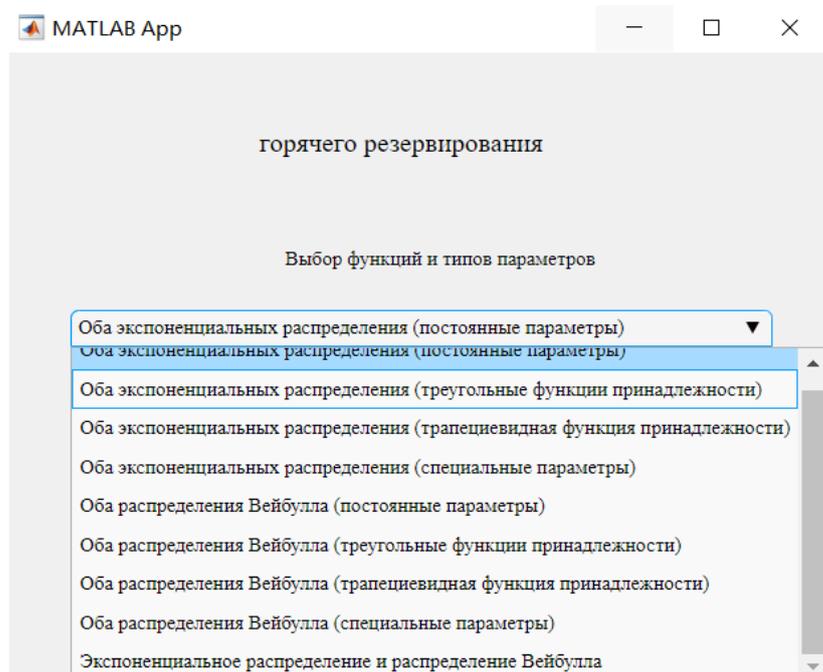


Рисунок 30 – горячего резервирования

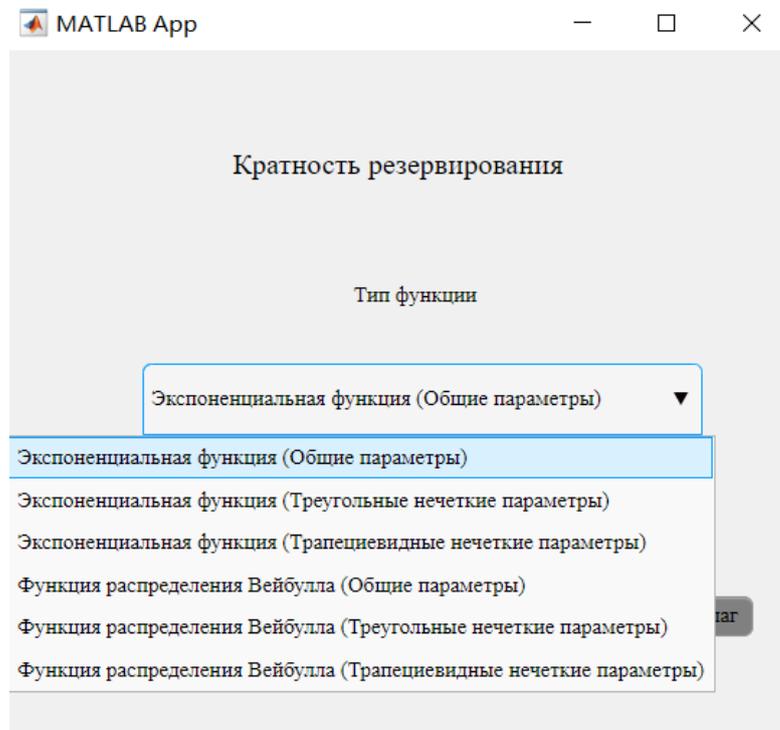


Рисунок 31 – Мажоритарная резервирования

Затем на основе выбранной функции и типа параметра строится экран генерации функции. На приведенной выше диаграмме, например, функция Weibull имеет две трапециевидные подчиненные функции в качестве параметров, поэтому мне нужно добавить в интерфейс 8 полей ввода параметров. Затем выберите время, необходимое для оценки и графика поперечного сечения.

Функция распределения Вейбулла (Трапециевидные нечеткие параметры)

	η	β
Левая граница	700	1.1
Верхняя левая граница	750	2
Верхняя правая граница	800	3
Правая граница	850	3.8

Время: 1500

Уровень: 5

Время, T: 500

Функции принадлежности

-
-
-
-

Рисунок 32 – Функция распределения Вейбулла (Трапециевидные нечеткие параметры)

После ввода указанных выше параметров мы можем выбрать кнопку справа. После нажатия на кнопку автоматически генерируется соответствующий кнопке график.

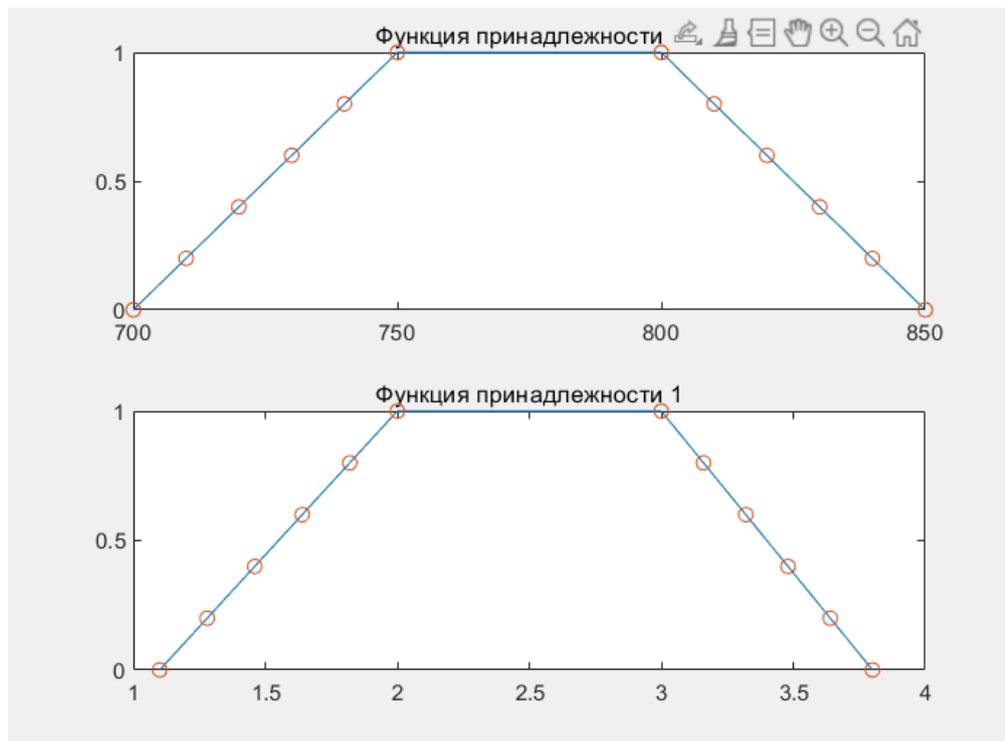


Рисунок 33 – Функции принадлежности

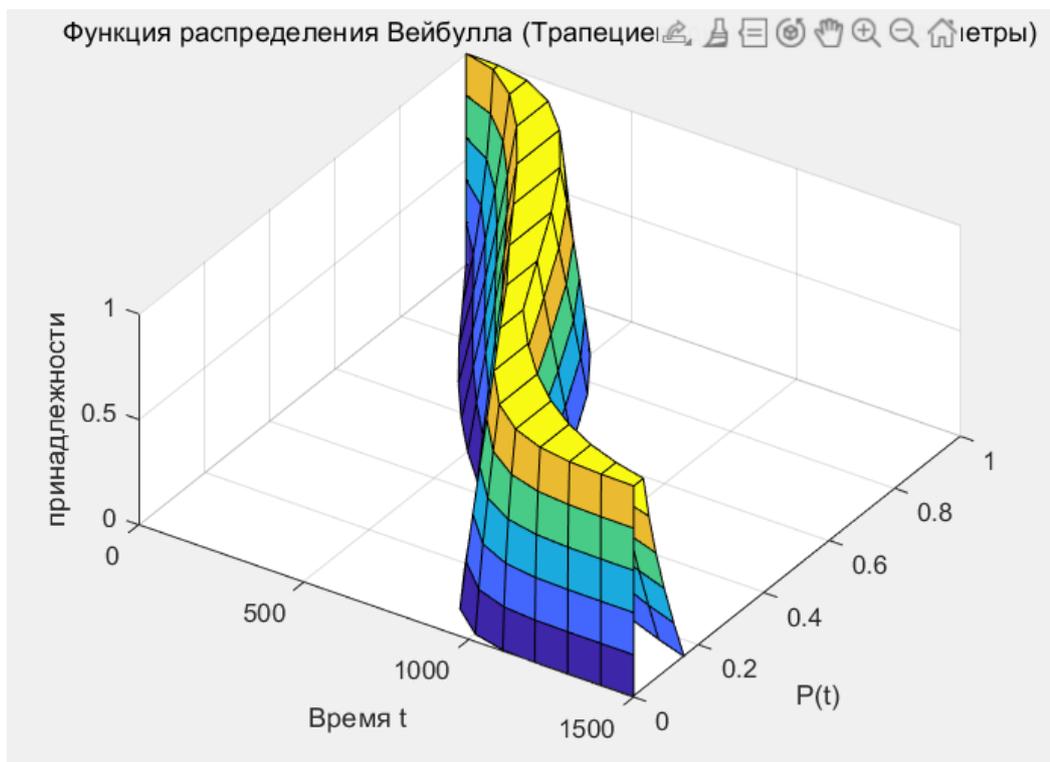


Рисунок 34 – функцией ВБР

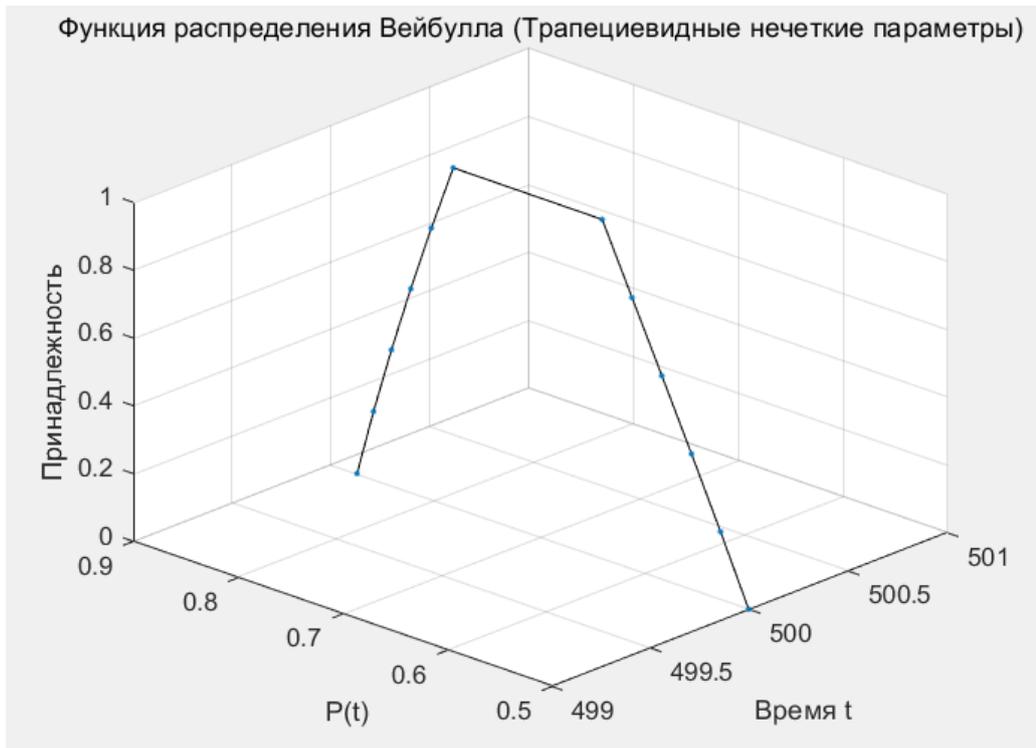


Рисунок 35 – Поперечное сечение (функцией ВБР)

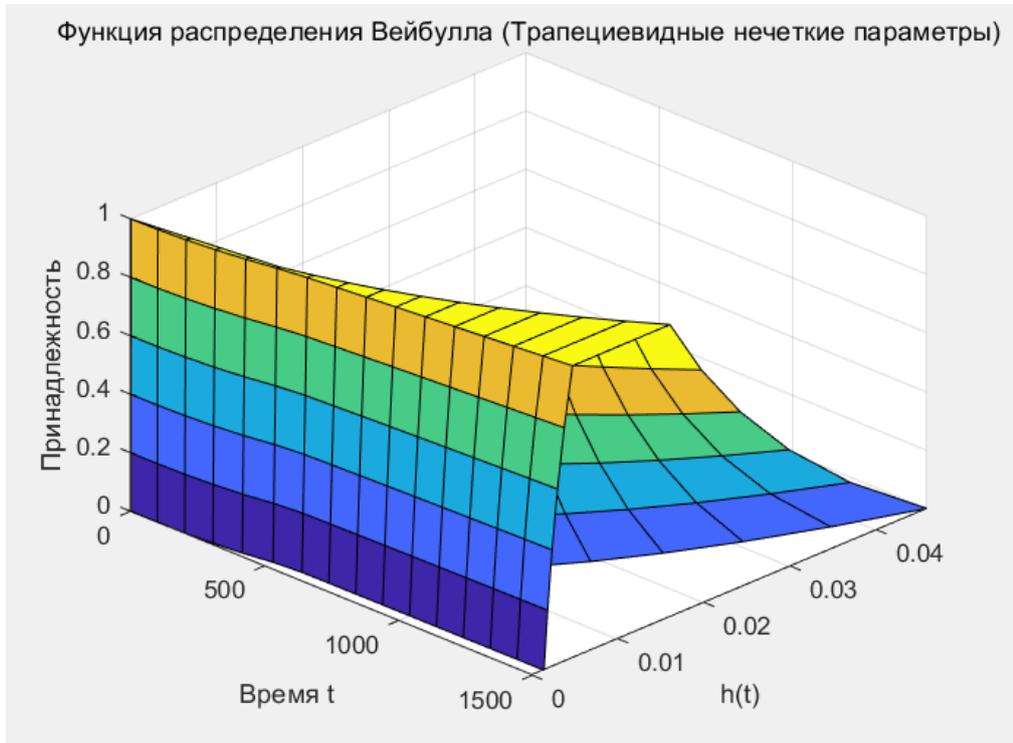


Рисунок 36 – Интенсивность отказов

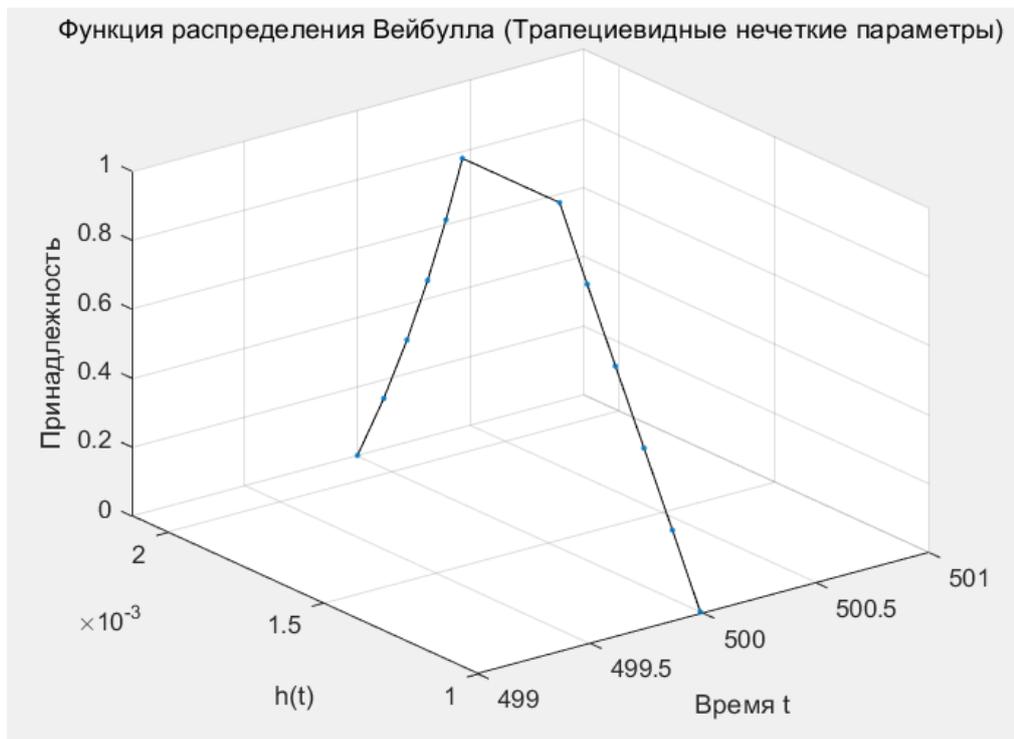


Рисунок 37 – Поперечное сечение (Интенсивность отказов)

10 Область применения

Метод расчета параметров с нечетким определением имеет широкий спектр применения в технике надежности, особенно в анализе надежности, проектировании и управлении сложными системами. Ниже приведены области применения этого метода в различных сферах.

1. Промышленная автоматизация.

В промышленной автоматизации различные машины и устройства управляются системами управления для выполнения автоматизированной производственной работы. Для оценки надежности и улучшения систем управления можно использовать методы расчета нечетко заданных параметров. Анализ нечетких параметров, включенных в работу системы управления, помогает инженерам лучше понять надежность системы и предложить соответствующие решения по ее улучшению.

2. Строительство.

При проектировании зданий проектировщикам необходимо учитывать множество факторов, таких как внешние факторы, например, землетрясения и ветер, а также внутренние факторы, такие как собственный вес и нагрузка здания, для оценки надежности и безопасности здания. Методы расчета параметров с нечетким определением могут помочь проектировщикам лучше справиться с этими неопределенностями и предложить соответствующие диапазоны переменных для повышения надежности зданий.

3. Транспорт.

В области транспорта нечеткие методы расчета параметров могут быть использованы при анализе надежности и проектировании самолетов, поездов, автомобилей и других транспортных средств. Анализируя различные неопределенности на транспорте, такие как транспортный поток и погода, можно лучше предсказать вероятность дорожно-транспортных происшествий и повысить надежность транспорта за счет улучшения конструкции.

4. Аэрокосмическая промышленность.

В аэрокосмическом секторе методы расчета параметров с нечетким определением могут использоваться для анализа надежности и проектирования самолетов и летательных аппаратов. На всех этапах проектирования и производства использование методов вычисления параметров с нечетким определением позволяет лучше справиться с неопределенностями проектирования и производства и повысить надежность самолетов и транспортных средств.

В заключение следует отметить, что методы параметрических вычислений с нечетким определением параметров имеют потенциал для использования в широком спектре приложений во всех областях инженерии надежности. Используя этот подход, мы можем лучше понять надежность сложных систем и предложить соответствующие улучшения. Это поможет повысить производительность и безопасность в различных отраслях промышленности.

11 Прогнозные предположения о развитии объекта исследования

Поскольку технологии продолжают развиваться, спрос на ключевые показатели надежности систем вычислительной техники будет расти. В будущем этот спрос будет полностью удовлетворен.

Во-первых, в промышленном секторе основные показатели надежности систем параметрических вычислительных технологий могут быть использованы в широком спектре отраслей промышленности, таких как обрабатывающая, аэрокосмическая и энергетическая. Эта технология может быть использована для оптимизации производственных процессов в реальном времени и повышения производительности и качества продукции за счет мониторинга параметров в реальном времени в промышленных производственных процессах.

Во-вторых, в военном секторе эта технология также имеет большой потенциал для применения. Военное оборудование, как правило, имеет высокие требования к производительности и длительный срок службы, поэтому необходимо обеспечить стабильность и надежность показателей системы вычислительных технологий. Используя системы параметрических вычислительных технологий, можно контролировать жизненно важные компоненты системы вооружения в режиме реального времени, своевременно обнаруживать неисправности и проводить ремонт.

Кроме того, эта технология имеет большой потенциал для использования в медицинской сфере. Например, в области медицинского оборудования параметрические вычислительные системы можно использовать для мониторинга признаков и показателей заболеваний пациентов в режиме реального времени, а также для своевременного обнаружения и лечения отклонений. В сфере здравоохранения технология может быть использована для сбора и анализа основной физиологической информации от пациентов и предоставления врачам более точных рекомендаций по лечению.

Одним словом, перспективы применения в будущем очень широки, люди могут использовать основные показатели надежности системы параметрических вычислительных технологий, применяемых в различных областях, для достижения повышения производительности, производительности оборудования и доступа в реальном времени к основной медицинской информации, принося больше удобства и комфорта в работу и жизнь людей.

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т92	Лю Линьбо

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Среднерыночные цены РФ для определения стоимости материальных ресурсов. Нормативные документы НИ ТПУ, ФЗ «О минимальном размере оплаты труда» для определения оплаты труда исполнителей проекта.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф электроэнергии 3,16 руб. кВт/ч., районный коэффициент 30 %.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления в социальные внебюджетные фонды 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценить потенциальных потребителей исследования, проанализировать конкурентных решений, представить SWOT – анализ. Предложить возможные альтернативы проведения НИ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Представить план этапов работ, определить трудоёмкость и построить календарный график, сформировать бюджет НИ.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определить интегральные показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности разработки. Рассчитать сравнительную эффективность проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений. 2. Матрица SWOT-анализа 3. Морфологическая матрица 4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей 5. Временные показатели проведения НИ 6. Бюджет НИ 7. Оценка характеристик вариантов исполнения 8. Сравнительная эффективность разработки.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2023.г
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		01.03.2023.г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Лю Линьбо		01.03.2023.г

12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

12.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основными потребителями программного обеспечения являются аэрокосмическая промышленность, промышленная автоматизация и строительство.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка

		Использование продукции		
		Оценка надежности системы	Нечеткий анализ параметров	Прогнозирование вероятности наступления события
Группа потребителей	Аэрокосмическая промышленность			
	Промышленная автоматизация			
	Строительство			

Актуальность работы заключается в том, что путем расчета показателей надежности системы можно определить основные показатели, такие как интенсивность отказов, средний срок службы и надежность системы, а также доверительные интервалы для этих показателей, что помогает инженерам и лицам, принимающим решения, принимать решения, основанные на надежности и рисках, включая совершенствование конструкции, планирование запасных частей, устранение неисправностей, планирование технического обслуживания и т.д.

12.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.2	10	7	9	2	1.4	1.8
2. Помехоустойчивость	0.15	9	8	7	1.35	1.2	1.05
3. Надежность	0.1	8	9	9	0.8	0.9	0.9
4. Простота эксплуатации	0.15	10	9	8	1.5	1.35	1.2
5. Качество интеллектуального интерфейса	0.1	8	10	7	0.8	1	0.7
Итого	1	72	68	67	9.25	8.25	8.3

На основании этого анализа можно сделать вывод, что разрабатываемый продукт может быть конкурентоспособным с точки зрения цены, эксплуатационных требований и его пригодности для рассматриваемого производства. В отношении слабых сторон следует отметить, что продукт ограничен в диапазоне отраслей, в которые он может быть интегрирован, поскольку находится на стадии разработки. Спектр отраслей, в которые он может быть интегрирован, ограничен, поскольку находится на ранней стадии разработки и поскольку алгоритм является вычислительно слабым. Это недостаток, который будет учтен при дальнейшем развитии проекта. Этот недостаток будет устранен по мере дальнейшего развития проекта.

12.1.3 SWOT- анализ

Далее мы исследовали внутреннюю и внешнюю среду проекта с помощью техники SWOT-анализа. Используя технику SWOT-анализа, матрица SWOT-анализа (Таблица 3) описывает сильные и слабые стороны проекта (внутренние факторы) и показывает возможности и угрозы (внешние факторы) и возможные направления реализации. реализация.

Таблица 3 – Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научноисследовательского проекта:</p> <p>С1. Точный расчет С2. Эффективность и удобство С3. Широкая применимость С4. Визуализация данных. С5. Гибкая модель</p>	<p>Слабые стороны научноисследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Требуется некоторая математическая подготовка Сл2. Существует требование к точности данных Сл3. Предоставляются только метрические расчеты Сл4. Невозможно обрабатывать данные большого масштаба Сл5. Зависимость от Matlab</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Широкий спектр применения В2. Технологические инновации В3. Возникновение дополнительного спроса на новый продукт В4. Сокращение финансирования для систематического использования в исследованиях В5. Увеличение цены на конкурентное развитие</p>	<p>Повышенная точность результатов расчетов, основанная на технологических инновациях, программа имеет расширенную область применения и повышенную конкурентоспособность</p>	<p>Технологические инновации и уточнение информации могут повысить конкурентоспособность этого продукта.</p>

Продолжение таблицы 3 – Итоговая матрица SWOT

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые производственные технологии У2. Развитая конкуренция в сфере производственных технологий У3. Ограничения на экспорт технологий У4. Дополнительные национальные требования к сертификации продукции У5. Отсутствие своевременной финансовой поддержки исследований со стороны государства</p>	<p>Структура системы была уточнена для повышения точности ее работы и осуществления целенаправленного развития.</p>	<p>Упростить операционную систему, улучшить структуру системы и повысить ее актуальность.</p>
--	---	---

Разработанный SWOT-анализ позволил оценить внутреннюю и внешнюю среду проекта, чтобы выявить сильные и слабые стороны, а также определить дальнейшие действия. В целях снижения влияния глобальной экономики стоит также проанализировать деятельность конкурентов на рынке и В целях снижения влияния регрессии глобальной экономики стоит также проанализировать деятельность конкурентов на рынке.

12.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологические методы используются для определения возможных вариантов исследования и морфологическая матрица (Таблица 4).

Таблица 4 – Морфологическая матрица для авторучки

	1	2
А. Среда использования программного обеспечения	Matlab	-
Б. Моделирование производства исследований	Matlab	appdesigner

На основе этой матрицы можно предложить два функционально специфических решения.

– А1Б1, для создания приложения использовался математический пакет Matlab, а моделирование технических процессов проводилось в математическом

пакете Matlab.

– А1Б2, для создания приложения использовался математический пакет Matlab, а моделирование технического процесса проводилось в среде appdesigner.

12.2 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Для проведения исследования была сформирована рабочая группа, состоящая из дипломника и тьютора. Последовательность этапов и задач, а также распределение исполнителей по этим видам работ приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка техниче- ского задания	1	Составление и утверждение техни- ческого задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	изучение создания моделей на matlab	Инженер
	4	Составление плана и расписания для каждой задачи	Руководитель инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Выбор подходящих моделей для теоретических расчетов	Инженер
	6	Построение моделей в matlab и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сравнение экспериментальных результатов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель инженер
<i>Проведение ОКР</i>			

Продолжение таблицы 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработайте простые блок-схемы для моделирования процесса расчета	Инженер
	11	На основе блок-схемы разработайте соответствующую программу	Инженер
	12	Оценка эффективности производства и применения разработанных продуктов	Руководитель инженер
Оформление отчета	13	Составление пояснительный меморандум	Руководитель инженер

12.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ календарных днях T_{ki}
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$			
1	1	5	2.6	1	2.6	3
2	1	3	1.8	1	1.8	2
3	1	3	1.8	2	0.9	1
4	1	2	1.4	1	1.4	2
5	1	2	1.4	1	1.4	2
6	4	7	5.2	2	2.6	3
7	2	5	3.2	1	3.2	4
8	3	5	3.8	1	3.8	5
9	2	5	3.2	1	3.2	4
10	5	15	9	2	4.5	6
11	5	7	5.8	2	2.9	4
12	2	5	3.2	1	3.2	4
13	3	5	3.8	1	3.8	5
Итого						45

12.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Таблица 7 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т к и кал дн	Продолжительность выполнения работ												
				март			апрель			май			июнь			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	3	P												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	2	P												
3	изучение создания моделей на matlab	Инженер	1		P											
4	Составление плана и расписания для каждой задачи	Руководитель инженер	2		P											
5	Выбор подходящих моделей для теоретических расчетов	Инженер	2			P										
6	Построение моделей в matlab и проведение экспериментов	Инженер	3			P										
7	Сравнение экспериментальных результатов с теоретическими исследованиями	Инженер	4				P									

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	65	65
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	15	10
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	285	290

Для предприятий, не относящихся к государственному сектору, заработная плата рассчитывается в соответствии со шкалой заработной платы, принятой на предприятии. Основная заработная плата рассчитывается в соответствии со шкалой, принятой на предприятии. Расчет базовой заработной платы представлен в таблице 10.

Таблица 11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	З _м , руб	З _{дн} , руб	Т _р , раб.дн.	З _{осн} , руб
Руководитель	37700	0.3	0.15	1.3	71064	3041	10	30410
Инженер	37700	0.3	0.15	1.3	36192	1389	81	112509
Итого								142919
Руководитель	37700	0.3	0.15	1.3	71064	3041	10	30410
Инженер	37700	0.3	0.15	1.3	36192	1389	100	112509
Итого								169310

Результаты расчета приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.		Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	
	Исп .1	Исп .2	Исп .1	Исп .2
Руководитель проекта	30410	30410	9123	9123
Студент-дипломник	112509	138900	33752,7	41670
ИТОГО	142919	169310	42875,7	50793

Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта

Определение бюджета расходов на исследовательский проект для каждой программы реализации представлено в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп. 1	Исп. 2
1. Материальные затраты НТИ	2 885,38	2 885,38
2. Затраты на специальное оборудо- вание для научных (эксперимен - тальных) работ	76288	76288
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	142919	169310
5. Отчисления во внебюджетные фонды	42875,7	50793
Итого	262082,7	296391

12.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования

Определение интегральных показателей эффективности проведём для двух вариантов исполнения разработки:

Вариант 1, использование математического пакета Matlab для разработки приложения, моделирование производства также осуществляется в математическом пакете Matlab.

Вариант 2, использование математического пакета Matlab для разработки приложения. Используйте пакет Matlab для разработки приложения для производственного моделирования в среде appdesigner.

Таблица 14 – Расчёт интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	Φ_{\max}	Φ_{pi}	$I_{финр}$
Вар. 1	296391	262082,7	0.88
Вар. 3		296391	1

Весовые коэффициенты и балльная оценка вариантов исполнения разработки приведены в таблице 22.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Исп. 1	Исп 2
1. Надежность алгоритмов	0,3	5	3
2. Убыстродействие	0,3	4	2
3. Удобство	0,1	4	3
4. Функциональность	0,2	5	4
5. Интерфейс	0,1	5	3
ИТОГО	1	4.6	2.9

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 16) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Эср):

Таблица 16 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.88	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.6	2.9
3	Интегральный показатель эффективности	5.2	2.9
4	Показатель сравнительной эффективности	1,8	

Сравнение общих показателей показывает, что первая версия программы диаграмма является наиболее эффективной с финансовой точки зрения и с

точки зрения ресурсов диаграмма. Исходя из данных таблицы 16, можно сделать вывод, что разработка в исполнении 1 эффективнее вариантов в исполнении 2 на 80 %.

В результате разработки программного обеспечения, анализа входных данных была построена модель процесса и создано приложение matlab с графическим интерфейсом. Разработанное приложение может быть применено в робототехнике, транспортной и производственной отраслях. В ходе анализа конкурирующих технологических решений было установлено, что разработанное программное обеспечение значительно превосходит конкурентов по эксплуатационным требованиям.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
158Т92		Лю Линьбо	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Расчет основных показателей надежности технических систем с нечетко-определенными параметрами	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объектом исследования являются основные показатели надежности технических систем с неоднозначными параметрами, т.е. оценка надежности системы производится путем расчета показателей надежности для параметров, по которым в технической системе существует неопределенность или неоднозначность.</p> <p>Область применения заключается в том, что путем расчета показателей надежности системы можно определить основные показатели, такие как интенсивность отказов, средний срок службы и надежность системы.</p> <p>Рабочая зона: лаборатория Размеры помещения (климатическая зона*) 5*6 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны 5*6 м.;</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: разработка программного обеспечения на базе Matlab</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. От 25.02.2022); ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком; ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009 Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплей.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных 	<p>Анализ выявленных вредных факторов: Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения; Перенапряжение зрительного анализатора; Статические перегрузки, связанные с рабочей</p>

производственных факторов	<p>позой;</p> <p>Повышенный уровень ультрафиолетового излучения;</p> <p>Отклонение показателей микроклимата;</p> <p>Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума.</p> <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <p>Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</p> <p>Средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <p>Средства защиты от поражения электрическим током: предохранительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, устройства автоматического отключения.</p> <p>Средства нормализации освещения рабочего места: осветительные приборы, источники света;</p> <p>Средства нормализации воздушной среды рабочего места: устройства для кондиционирования воздуха, отопления;</p> <p>Средства защиты от повышенных или пониженных температур воздуха, температурных перепадов: устройства для обогрева и охлаждения.</p>
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации	<p>Воздействие на литосферу: образование отходов при выходе из строя ПК.</p> <p>Воздействие объекта на селитебную зону, атмосферу и гидросферу не происходит.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природного характера – землетрясение;</p> <p>Техногенного характера – пожар (возгорание).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
30.01.2023	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		30.01.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Лю Линьбо		30.01.2023

13 Социальная ответственность

В ходе данной работы с помощью MATLAB было разработано программное обеспечение для исследования влияния нечетких параметров на надежность системы. Потенциальными пользователями разработанного решения являются программисты и операторы производства, управляющие техническими процессами. Разработка и реализация программного обеспечения проводилась в учебной аудитории 10-го учебного корпуса ТПУ с размером рабочей зоны 5*6 метров. Актуальность работы заключается в том, что путем расчета показателей надежности системы можно определить основные показатели.

Использовалось следующее оборудование рабочего пространства: ноутбук, стол, кабель Ethernet, настольная лампа. Рабочие процессы, выполняемые в рабочем пространстве в отношении объекта исследования, включают: разработку программного обеспечения с использованием MATLAB.

В данном разделе ВКР рассматриваются меры по защите работников от возможных негативных воздействий окружающей среды. Возможные негативные воздействия окружающей среды, а также вредные и опасные факторы окружающей среды, возможные аварийные ситуации и необходимые действия, которые должен предпринять застройщик в случае. Воздействие на операторов: отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения, отклонения в микроклимате, высокий уровень ультрафиолетового излучения, чрезмерное напряжение глаз, статические перегрузки, связанные с рабочей позой, повышенный уровень шума и другие неблагоприятные шумовые характеристики. Опасности использования персональных компьютеров включают возможность возникновения высокого напряжения и короткого замыкания, что создает риск поражения электрическим током. и правовое регулирование трудовых отношений.

13.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

13.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно Трудовому кодексу РФ [9], регулирование трудовых отношений в соответствии с Конституцией Российской Федерации осуществляется: трудовым законодательством (включая законодательство об охране труда), постановлениями Правительства Российской Федерации и нормативными правовыми актами федеральных органов исполнительной власти, нормативными правовыми актами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, нормативными правовыми актами органов местного самоуправления .

Согласно Трудовому кодексу РФ:

– продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю;

– во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

13.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно санитарным нормам, площадь на одно рабочее место пользователей ПК на базе плоских дискретных экранов - 4,5 м². Оптимальная рабочая поза при работе сидя обеспечивается также конструкцией стула: размерами, формой, площадью и наклоном сиденья, регулировкой по высоте. Основные требования к рабочей зоне приведены в ГОСТ 12.2.032–78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [10] и ГОСТ 21889–76 «Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования» [11].

Физиологические и функциональные требования оператора и наличие линий визирования, используемых во время выполнения производственного задания, определяют место расположения дисплея относительно оператора.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9355- 1-2009 «Эргономические требования к

проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком» [12], дисплеи должны быть расположены так, чтобы они всегда находились в пределах поля зрения оператора.

Руководствуясь ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи» [13] выделяют три зоны поля зрения оператора по критерию уменьшающейся эффективности визуального распознавания как для задач обнаружения, так и для задач мониторинга: рекомендуемая, допустимая и несоответствующая (таблица 17).

Таблица 17 – Зоны эффективности визуального распознавания

Зоны	Применяемость
Рекомендуемая	Применяется всегда, когда это возможно
Допустимая	Применяется тогда, когда невозможно использовать зону "рекомендуемая"
Несоответствующая	Эта зона не должна использоваться

Центральные линии рекомендуемой и допустимой визуальных зон лежат в средней плоскости и соответствуют линии визирования, как показано на рисунке 38.

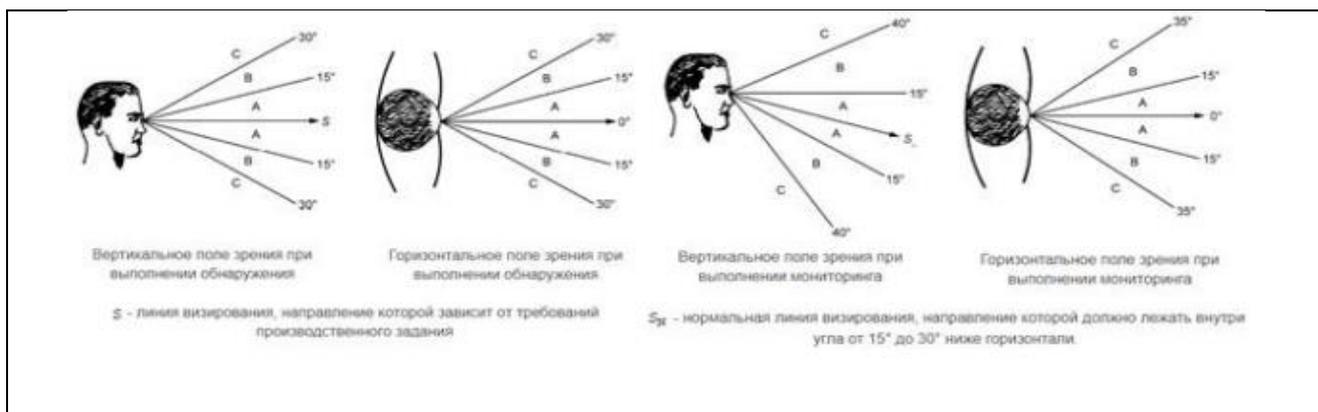


Рисунок 38 – Зоны эффективности распознавания сигнала в задаче обнаружения и мониторинга

Для задач обнаружения линия визирования связана с главным центром внимания. Для задач мониторинга дисплей может быть настроен на

прохождение линии визирования под углом к горизонтали и ниже горизонтали, что, как известно, более удобно для оператора.

13.1.3 Производственная безопасность

На человека в процессе разработки могут воздействовать опасные и вредные факторы, перечень которых утвержден стандартом ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [14].

Данные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

С помощью ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», был определен перечень опасных и вредных факторов при разработке проектируемого решения. Данный перечень представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте аудитория учебного корпуса 10 ТПУ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата		СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Отсутствие необходимого освещения	или недостатки искусственного	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума		СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

Продолжение таблицы 18 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте аудитория учебного корпуса 10 ТПУ.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы	
Перенапряжение анализатора	зрительного	МР 2.2.9.2311-07 Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности ГОСТ Р МЭК 60950-2002 Безопасность оборудования информационных технологий	
Статические перегрузки, связанные с рабочей позой		Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда	
Повышенный уровень ультрафиолетового излучения		СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания	
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий		ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. допустимые уровни прикосновения и токов	ССБТ. Предельно напряжений

13.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

13.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Показателями, определяющими микроклимат, являются: температура воздуха, температура поверхности, относительная влажность и скорость движения воздуха.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [15] показателями, характеризующими микроклимат в

производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей ограждающих устройств конструкций (стены, потолок, пол), устройств, а также технологического оборудования или ограждающих его устройств;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Если микроклимат отклоняется от рекомендуемых значений, это может снизить производительность, повлиять на самочувствие сотрудников и привести к профессиональным заболеваниям. Гипотермия приводит к охлаждению тела, что может привести к простуде и респираторным инфекциям. Низкие температуры приводят к охлаждению тела, что может привести к простудным заболеваниям. Высокая температура приводит к перегреву, повышенному потоотделению и снижению работоспособности. Высокая влажность воздуха приводит к нарушению терморегуляции организма и ухудшает состояние человека. Низкая влажность воздуха (<20%) приводит к сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Эта деятельность относится к энергоемкой категории 1а, поскольку процессы проектирования, производства и эксплуатации осуществляются преимущественно стационарно. К этой категории относятся работы с затратами энергии до 120 ккал/ч (до 139 Вт).

Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в обслуживаемой зоне помещений общественных зданий согласно пункту 95 таблицы 5.28* СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [16] приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата

Период года	Категория помещения	Температура воздуха, °С		Результир ующая температура, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60-30	0,2	0,3
Холодный	1 категория - помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха								

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны использоваться для регулирования микроклимата в помещении.

В стенах классной комнаты установлен механический вентилятор, оснащенный вентилятором, который вытягивает воздух из помещения. Это обеспечивает проветривание помещения и, таким образом, устраняет нежелательную влажность. Кроме того, классные комнаты подключены к городской системе центрального отопления, что помогает регулировать температуру в зимние месяцы.

1) Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения

Согласно нормам освещения, освещенность на рабочем месте является вредным фактором, который отрицательно влияет на зрение и приводит к быстрой утомляемости и снижению работоспособности. Для нормализации освещенности производственных помещений и рабочих мест рекомендуются следующие меры: дополнительные источники света, осветительные приборы и включение освещения. Для снижения негативного влияния этого фактора на здоровье и работоспособность при работе за компьютером необходимо соблюдать допустимое время нахождения перед монитором компьютера и делать перерывы в работе.

В таблице 20 представлены нормативные показатели освещения рабочих мест в учебных аудиториях в университете согласно приложению Л* в

СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*» [17].

Таблица 20 – Показатели искусственного освещения основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий

Искусственное освещение			
Освещенность, лк		Объединенный показатель дискомфорта RUG, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
При комбинированном	При общем освещении		
-	500	19	10

При длительной работе за компьютером необходимо делать перерывы, во время которых следует выполнять упражнения, состоящие из общеукрепляющих и специальных упражнений для глаз. Правильно спроектированное и реализованное освещение также обеспечивает высокий уровень работоспособности, снимает нагрузку на органы зрения, оказывает положительное психологическое воздействие на работников и способствует повышению производительности труда.

2) Перенапряжение зрительного анализатора

Работа с персональными компьютерами связана с обработкой больших объемов информации. Анализ данных, инженерные исследования, вычисления и разработка программного обеспечения требуют высокой степени концентрации внимания. При обработке визуальной информации напрягаются глаза, которые являются зрительными анализаторами человека. Во время работы постоянный визуальный контроль расстояния до объекта не меняется, потому что тогда мышцы глаз устают и зрение снижается. После длительного воздействия на дисплей и постоянного наблюдения аналогичной визуальной информации человек начинает испытывать стресс.

Согласно ГОСТ Р МЭК 60950-2002 «Безопасность оборудования информационных технологий» [18], разработка программно-алгоритмического комплекса относится к группе В, I категории (до двух часов) – творческая

работа в режиме диалога с ПК. Когда в течение смены выполняются различные группы работ, основной считается та работа, на которую приходится не менее 50% рабочего дня. Для обеспечения оптимальной производительности и сохранения здоровья пользователя в течение рабочей смены должны быть установлены регламентированные перерывы, продолжительность которых составляет 30 минут в течение 8-часового рабочего дня. Не более 2 часов непрерывной работы должно выполняться с использованием ПК. Для первого вида работ - 15-минутный обеденный перерыв через два часа после начала работы и через 1,5-2 часа.

Для поддержания высокого уровня работоспособности во время запланированных перерывов выполняйте комплекс упражнений для глаз. Для снижения негативного влияния монотонности рекомендуется чередовать осмысленную работу с текстом и числовыми данными, чередовать редактирование текста и ввод данных (смена содержания работы).

Работа над комплексами программ и алгоритмов требует концентрации внимания и частого переключения между несколькими программами одновременно. Поэтому, чтобы обеспечить работу зрительного анализатора на должном уровне, каждый учебный день делаются перерывы на 5-10 минут, а каждый второй учебный день - на 20 минут.

3) Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума

Звуковые колебания от движущихся частей машин и приборов могут влиять на здоровье человека. Громкий шум может вызвать проблемы со слухом, а длительное воздействие шума свыше 80 децибел может привести к потере или повреждению слуха.

Для целей данной статьи основным источником шума является системный блок ПК, который имеет внутреннюю систему охлаждения, состоящую из вентиляторов, издающих постоянный шелестящий или гудящий звук.

Однако уровень шума не превышает 50 дБ. Постоянный уровень шума

может повлиять на работоспособность и концентрацию человека. Рабочее место соответствует нормам и представляет собой помещение с самым низким уровнем шума при программировании и разработке программного обеспечения для планирования производства. Кроме того, каждый учебный день предусмотрен перерыв для того, чтобы вы могли выключить компьютер и выйти из помещения для разгрузки нервной системы и органов слуха.

4) Статические перегрузки, связанные с рабочей позой

В современном мире почти каждая работа так или иначе связана с работой на компьютере. Разработчики программного обеспечения, инженеры и все те, кто учится, вынуждены проводить много времени перед интерфейсом "человек-компьютер". Это заставляет пользователя принимать одну и ту же позу в течение длительных периодов времени, что создает статическую перегрузку мышечного пояса.

Согласно Р 2.2.2006-05 рабочая поза – свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40% времени смены.

Также для предотвращения статической перегрузки рекомендуется выполнять физические упражнения во время регламентированных перерывов.

5) Повышенный уровень ультрафиолетового излучения

Компьютерные видеотерминалы не только влияют на зрение оператора, но и являются самым вредным источником излучения, которое наносит вред здоровью. Источники ультрафиолетового излучения от компьютеров.

Экраны компьютеров излучают коротковолновый сине-фиолетовый свет - на 40% больше, чем естественный свет. Такое воздействие важно при длительной работе за компьютером или при заболеваниях сетчатки. Сотрудники, проводящие перед монитором компьютера семь и более часов в день, страдают от воспаления глаз на 70% чаще, чем те, кто проводит перед компьютером меньше времени. Ультрафиолетовое излучение также вызывает быстрое старение кожи.

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» в пункте 136 устанавливает предельно допустимые уровни ультрафиолетового излучения, создаваемые изделиями, предназначенными для применения в качестве товаров народного потребления.

б) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Во избежание электротравм перед началом работы необходимо проверить состояние используемой аппаратуры и измерительных приборов. В первую очередь необходимо проверить целостность электропроводки и убедиться в отсутствии оголенных проводов или соединений.

Помещение, в котором находится рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности. Его можно охарактеризовать, как сухое, непыльное, с токонепроводящими полами и нормальной температурой воздуха. Температурный режим, влажность воздуха, химическая среда не способствуют разрушению изоляции электрооборудования. Защита от электрического тока на рабочем месте производится с помощью изоляции токопроводящих частей (все провода изолированы). Электрические устройства, в частности процессор от ПК расположен в защитном коробе.

Исходя из пункта 1.2. в ГОСТ 12.1.038-82 [19], в таблице 21 приведены предельно допустимые значения силы переменного и постоянного тока и напряжения, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки.

Таблица 21 – Предельно допустимые значения силы тока и напряжения

	Переменный ток при частоте 50 Гц	Переменный ток при частоте 400 Гц	Постоянный ток
Напряжение, В	2,0	3,0	8,0
Сила тока, мА	0,3	0,4	1,0

Для защиты от полей высокого напряжения следует использовать защитные устройства, защитное заземление, системы автоматического

отключения, знаки безопасности, изолирующие устройства и кожухи.

13.3 Экологическая безопасность

Когда компонент компьютера выходит из строя, мы должны принять соответствующие меры по его утилизации. Компьютеры содержат пластик и тяжелые металлы, которые вредны для окружающей среды и могут привести к серьезному загрязнению окружающей среды, если их выбросить по собственному желанию.

13.3.1 Воздействие на литосферу

При выходе из строя, а также устаревании компонентов, ПК начинает представлять собой источник второсортного сырья. Каждый ПК содержит цветные металлы и целый набор опасных для окружающей среды веществ. Это производные газов, тяжелые металлы, среди которых кадмий, ртуть и свинец. Попадая на свалку, все эти вещества под воздействием внешней среды постепенно проникают в почву. Документы, перенесенные на бумагу, становятся источником бумажных отходов. Такие отходы медленнее разлагаются из-за предварительной обработки бумаги, а также содержат на себе следы краски, химические вещества которой опасны для почвы.

Юридические лица имеют право утилизировать оргтехнику только при прохождении процедуры полного списания, подтвержденного актом Р 2.2.2006-05. 2.2. «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Для макулатуры существуют специально установленные контейнеры, в которые помещаются отработавшие печатные издания, офисная бумага и другие изделия из переработанной целлюлозы. Макулатура отвозится в пункты по сбору макулатуры, где она утилизируются.

13.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При эксплуатации системы, наиболее вероятной ЧС, которая может быть инициирована объектом исследования, является возникновение пожара в

лаборатории. На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [20] в случае данного проектного решения вероятный пожар относится к классу С, так как он может возникнуть в результате неисправности электрических приборов или в результате короткого замыкания.

Для тушения пожара класса С необходимо отключить питание соответствующей электрической цепи. Для тушения пожара следует использовать только непроводящие огнетушащие вещества, такие как огнетушащий порошок и углекислый газ, независимо от того, отключена цепь или нет.

Человек, тушащий пожар класса С, должен всегда предполагать, что цепь находится под напряжением. Использование воды не допускается ни при каких обстоятельствах. В помещениях, где горит электрооборудование, необходимо использовать дыхательные аппараты, так как при горении изоляции могут выделяться токсичные пары.

Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности в СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности» [21], анализируемое в данной работе помещение относится к категории В1.

С целью недопущения возникновения пожаров необходимо соблюдать все правила и требования, которые установлены Федеральным законом Российской Федерации №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 (ред. 30.04.2021) и стандартом ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

В случае пожара отключите электропитание, вызовите пожарную бригаду,

эвакуируйтесь с места происшествия и используйте огнетушитель для тушения огня. Если пожар небольшой, подачу воздуха к огню можно перекрыть простыми средствами. Уйти с территории в соответствии с планом эвакуации.

13.5 Вывод по разделу социальная ответственность

При выполнении данного раздела были рассмотрены требования законодательства в сфере социальных, правовых и экологических вопросов, а также вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 разработка проектного решения относится к категории работ 1а по уровню энергозатрат организма. Выполнен анализ выявленных вредных и опасных факторов, предложены мероприятия по снижению их воздействий. Аудитория по электробезопасности, согласно ПУЭ, относится к категории «помещение без повышенной опасности», так как в данном помещении отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность. Согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал относится к группе I по электробезопасности.

Также рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях при разработке программного обеспечения. Наиболее вероятным видом чрезвычайной ситуации является пожар. При разработке проектного решения имеется воздействие на литосферу в виде образования отходов при выходе из строя ПК. Объект, оказывающий значительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объекту I категории.

Исходя из СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности», анализируемое в данной работе помещение относится к категории В1.

Следование правилам, описанным в данном разделе, помогут избежать чрезвычайных ситуаций, а также обеспечить здоровье персонала и сохранность окружающей среды.

Заключение

Во-первых, использование методов расчета параметров с нечетким определением может эффективно улучшить показатель надежности системы. Сравнивая и анализируя существующие методы расчета надежности, мы обнаружили, что использование методов расчета параметров с нечетким определением позволяет лучше справляться с неопределенностью и неоднозначностью в реальных ситуациях и, таким образом, более точно прогнозировать надежность системы.

Во-вторых, выбор соответствующих параметров нечеткого определения оказывает большее влияние на показатель надежности системы. Мы провели тематическое исследование нескольких широко используемых параметров нечеткого определения и обнаружили, что различные параметры имеют разную степень влияния на показатели надежности и должны выбираться и корректироваться в зависимости от конкретных ситуаций.

В-третьих, в технике расчета параметров нечеткого определения все еще остаются некоторые вопросы, требующие дальнейшего исследования и совершенствования. Например, как определить подходящую границу нечеткого множества, как работать с некоторыми более сложными нечеткими определениями и так далее, все эти вопросы требуют дальнейшего изучения и исследования.

В заключение следует отметить, что использование методов расчета параметров нечеткого определения может эффективно улучшить показатель надежности системы, но его необходимо обобщить и улучшить на практике. Мы считаем, что с непрерывным развитием технологий и углубленными исследованиями техника расчета параметров нечеткого определения будет иметь более широкое и глубокое применение.

Список использованных источников

1. Леликов О. П. Тема 2. Основные понятия и показатели надежности // Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу "Детали машин". - М.: Машиностроение, 2002.-С. 8-9. - 440 с. - 2000 экз. - ISBN 5-217-03077-1.
2. Андрей Рукосуев, Виктор Башлыков, Константин Балдин. Основы теории вероятностей и математической статистики. Учебник. - Litres, 2016-03-26. -С. 80. -489 с.-ISBN 9785457365889.
3. Fréchet, Maurice (1927), Sur la loi de probabilité de l'écart maximum, Annales de la Société Polonaise de Mathematique, Cracovie T. 6: 93–116.
4. Острейковский, В. А. Теория надежности: Учеб, для вузов / В. А. Острейковский. –М. : Высш. шк., 2003. - 463 с. // URL: <https://znanium.com/catalog/product/>
5. Сапожников, В. В. Основы теории надежности и технической диагностики : учебник / В. В. Сапожников, В. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. - СПб: Лань, 2019. - 588 с. // Лань: ЭБС.-URL: <https://e.lanbook.com/book/115495>
6. Б. М. Готлиб. Нечёткие величины, числа и интервалы // Введение в мехатронику: Учебное пособие. - Екатеринбург: Издательство Уральского государственного университета путей сообщения, 2007. - С. 174-175. - 782 с.
7. J. G. Dijkman, H. van Haeringen, S. J. De Lange. Fuzzy numbers (англ.) // Journal of Mathematical Analysis and Applications: журнал. -1983. - 15 апрель (т. 92, № 2). - С. 301-341.
8. 8. Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польского И. Д. Рудинского. - М.:Горячая линия - Телеком, 2004. - 452 с - ISBN 5-93517-103-1.
9. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
10. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.

Общие эргономические требования.

11. ГОСТ 21889-76 Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.

12. ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком».

13. ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи».

14. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

15. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

16. ГОСТ Р МЭК 60950-2002 «Безопасность оборудования информационных технологий».

17. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

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

19. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

20. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

21. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.