

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Копулярный подход для принятия решений на примере обнаружения радиоактивного источника

УДК 519.87:519.224:539.16

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В41	Жуман Айгерим Бауржанкызы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов Михаил Евгеньевич	к.ф.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к. филос. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д. т. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крицкий Олег Леонидович	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
ПК-1	К самостоятельной работе
ПК-2	Использовать современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования
ПК-3	Использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на ЭВМ, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение
ПК-4	Настраивать, тестировать и осуществлять проверку вычислительной техники и программных средств
ПК-5	Демонстрировать знание современных языков программирования, операционных систем, офисных приложений, Интернета, способов и механизмов управления данными; принципов организации, состава и схемы работы операционных систем
ПК-6	Решать проблемы, брать на себя ответственность
ПК-7	Проводить организационно-управленческие расчеты, осуществлять организацию и техническое оснащение рабочих мест
ПК-8	Организовывать работу малых групп исполнителей
ПК-9	Определять экономическую целесообразность принимаемых технических и организационных решений
ПК-10	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК-11	Знать основные положения законы и методы естественных наук; выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат
ПК-12	Применять математический аппарат для решения поставленных задач, способен применять соответствующую процессу математическую модель и проверять ее адекватность
ПК-13	Применять знания и навыки управления информацией
ПК-14	Самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук
<i>Универсальные компетенции</i>	
ОК-1	Владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения
ОК-2	Логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь
ОК-3	Уважительно и бережно относится к историческому наследию и культурным традициям, толерантно воспринимать социальные и культурные различия; понимать движущие силы и закономерности исторического процесса, место человека в историческом процессе, политической организации общества
ОК-4	Понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы
ОК-5	Владеть одним из иностранных языков на уровне бытового общения, а также переводить профессиональные тексты с иностранного языка

ОК-6	К кооперации с коллегами, работе в коллективе
ОК-7	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готов нести за них ответственность
ОК-8	Использовать нормативно-правовые документы в своей деятельности
ОК-9	Стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства
ОК-10	Осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
ОК-11	Использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач
ОК-12	Анализировать социально значимые проблемы и процессы
ОК-13	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОК-14	Понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, осознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОК-15	Оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы
ОК-16	Создавать и редактировать тексты профессионального назначения
ОК-17	Использовать для решения коммуникативных задач современные технические средства и информационные технологии
ОК-18	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, быть способным к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности

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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
0В41	Жуман Айгерим Бауржанкызы

Тема работы:

Копулярный подход для принятия решений на примере обнаружения радиоактивного источника	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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, изделю 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>	Наблюдения датчиков, полученные в течение N временных интервалов длиной в одну секунду.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Обзор литературы по теории копул.2. Рассмотрение математических методов оценивания параметров копула-функций.3. Проведение сравнительного анализа копулярного подхода и правила Chair-Varshney.4. Разработка математической модели принятия решения о наличии сигнала в условиях движения источника сигнала.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Меньшикова Екатерина Валентиновна	
«Социальная ответственность»	Федорчук Юрий Митрофанович	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов Михаил Евгеньевич	к.ф.-м.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В41	Жуман Айгерим Бауржанкызы		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0B41	Жуман Айгерим Бауржанкызы

Школа	ИЯТШ	Отделение	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	1. <i>Стоимость расходных материалов</i> 2. <i>Стоимость расхода электроэнергии</i> 3. <i>Норматив заработной платы</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	1. <i>Тариф на электроэнергию</i> 2. <i>Коэффициенты для расчета заработной платы</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	1. <i>Отчисления во внебюджетные фонды (27,1%)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. <i>Анализ конкурентных технических решений;</i> 2. <i>SWOT – анализ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. <i>Структура работ в рамках научного исследования;</i> 2. <i>Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования;</i> 3. <i>Бюджет научно - технического исследования (НТИ).</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к. филос. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0B41	Жуман Айгерим Бауржанкызы		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 0В41	ФИО Жуман Айгерим Бауржанкызы
----------------	----------------------------------

Школа Уровень образования	ИЯТШ Бакалавр	Отделение Направление/специальность	Экспериментальной физики Прикладная математика и информатика
------------------------------	------------------	--	--

Тема дипломной работы: Популярный подход для принятия решений на примере обнаружения радиоактивного источника.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Целью данной работы является построение многомерной функции распределения коррелированных решений для обнаружения радиоактивного источника.
2. Описание рабочего места на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шумы, микроклимат, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);
 - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится расчет освещенности на рабочем месте;
 - приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте и мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;
 - приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, перечисляются СКЗ и СИЗ;
 - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
 - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:
 - приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;
 - приводится классификация пожароопасности помещений, указывается категория пожароопасности помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение, маркировка;
 - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).
3. Охрана окружающей среды:
 - анализ воздействия при работе на ПЭВМ на атмосферу, гидросферу, литосферу;
 - наличие отходов (бумага, картриджи, компьютеры и т. д.);
 - методы утилизации отходов.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:
 - приводятся возможные для Сибири ЧС (морозы, диверсия);
 - разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;

– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.
Перечень графического материала: 1) Пути эвакуации 2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В41	Жуман Айгерим Бауржанкызы		

Реферат

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе выполнена на 73 страницах машинописного текста, содержит 12 таблиц, 11 рисунков, 55 формул, 17 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: система датчиков, копулярный подход, принятие решений, вероятность обнаружения, вероятность ложного сигнала.

Объект исследования: наблюдения датчиков, полученные в течение N временных интервалов длиной в одну секунду.

Цель исследования: построение многомерной функции распределения коррелированных решений датчиков.

Полученные результаты: построены многомерные функции распределения независимых (правило Chair-Varshney) и коррелированных (копулярный подход) решений системы датчиков, на основе которых были получены вероятности обнаружения радиоактивного источника и ложного сигнала.

Оглавление

Введение.....	13
1. Теоретическая часть	15
1.1 Постановка задачи	15
1.2 Локальные решения.....	16
1.3 Оптимальный критерий	18
1.4 Совместное распределение решений.....	20
1.5 Копула-функции	21
1.5.1 Нормальная копула-функция	23
1.5.2 Копула Стьюдента.....	23
2. Практическая часть.....	24
2.1 Алгоритм вычисления вероятностей обнаружения и ложного сигнала для системы двух датчиков.....	24
2.2 Проведение экспериментальных исследований при статическом положении источника сигнала.....	25
2.3 Проведение экспериментальных исследований при перемещении источника сигнала вдоль оси абсцисс.....	26
2.4 Проведение экспериментальных исследований при перемещении источника сигнала вдоль оси абсцисс (сложная траектория)	28
2.5 Проведение экспериментальных исследований при перемещении источника сигнала вдоль осей x и y	29
3. Социальная ответственность	32
3.1 Описание рабочего места.....	32
3.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов	33
3.3 Микроклимат в помещении.....	37
3.4 Освещенность рабочей зоны	39
3.5 Производственный шум.....	43
3.6 Электромагнитное поле	45
3.7 Электростатическое поле.....	47
3.8 Психофизиологические факторы и опасные факторы.....	47
3.9 Электробезопасность.....	48
3.10 Пожарная безопасность	50

3.11	Охрана окружающей среды.....	52
3.12	Защита в чрезвычайных ситуациях	53
3.13	Перечень нормативно-технической документации	53
3.14	Выводы и рекомендации.....	54
4.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	56
4.1	Анализ конкурентных технических решений	56
4.2	SWOT-анализ	57
4.3	Планирование научно-исследовательских работ	59
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	59
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	59
4.3.3	Разработка графика проведения научного исследования	61
4.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	63
4.4.1	Расчет материальных затрат НТИ	64
4.4.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	65
4.4.3	Отчисления во внебюджетные фонды	67
4.4.4	Накладные расходы.....	67
4.4.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	68
	Заключение	69
	Список используемых источников.....	70
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	72
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	73

Введение

Обнаружение случайных сигналов и слияние данных с использованием системы датчиков остается активной областью исследований за последние десятилетия.

В работе [12] были разработаны правила принятия решений для задачи обнаружения случайных сигналов системой из двух датчиков при условии независимости наблюдений датчиков. В исследовании [13] были подробно изучены параллельные и последовательные системы обнаружения случайных сигналов, в которых правила принятия локальных решений были получены с помощью критериев Неймана-Пирсона и Байеса. В статьях [14, 15] были предложены схемы обнаружения случайных сигналов и принятия решений для больших сенсорных сетей со случайным числом датчиков. В работах [16, 17] были предложены оптимальные правила слияния коррелированных решений, требующие некоторой предварительной информации о совместной статистике наблюдений или решений датчиков.

В качестве примера в данной работе рассматривается задача обнаружения источника радиоактивного излучения. На каждый датчик поступают сигналы, после чего осуществляется их обработка, на основании которой принимаются локальные однобитовые решения. Далее эти решения отправляются в центр обработки информации, где происходит их объединение и принятие окончательного решения относительно наличия или отсутствия радиоактивного источника.

В данной работе мы используем в качестве метода объединения коррелированных решений копулярные модели. Для использования указных моделей достаточно априорное знание только частных (маргинальных) распределений наблюдаемых случайных, по которым всегда можно построить их совместное (многомерное) распределение. Заметим, что если информация о частных распределениях отсутствует, то это не является препятствием для использования копулярных моделей, т.к. можно построить

выборочные оценки параметров частных распределений и продолжить работу.

В настоящее время копула-функции или просто копулы активно используются при решении задач из различных предметных областей, например, таких как эконометрика, финансовая и актуарная математика [6-9], в задачах построения систем безопасности, биостатистике, гидрологии, климатологии. В русскоязычной литературе базовые элементы теории и приложения копул изложены в работах [5, 10].

Основной целью данной работы является построение многомерной функции распределения коррелированных решений датчиков. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Осуществить обзор литературы по теории копул.
2. Рассмотреть математические методы оценивания параметров копула-функций.
3. Провести сравнительный анализ копулярного подхода и правила Chair-Varshney [4].
4. Разработать математическую модель принятия решения о наличии сигнала в условиях движения источника сигнала.

1. Теоретическая часть

1.1 Постановка задачи

Решение проблемы обнаружения радиоактивного источника сводится к проверке статистических гипотез. Введем необходимые обозначения и сформулируем основную H_0 и альтернативную H_1 гипотезы.

Будем предполагать, что сигналы поступают на i датчиков в течение N временных интервалов, каждый из которых имеет длину $(0, t]$. Обозначим b_{ij} – счетчик фонового излучения, c_{ij} – счетчик источника радиации, ω_{ij} – погрешности измерения на i -ом датчике, расположенном в точке (x_i, y_i) , в течение j -го интервала времени, $i = 1, 2; j = 1, \dots, N$.

Величина b_{ij} имеет распределение Пуассона с параметром λ_b .

Величина c_{ij} также имеет распределение Пуассона с параметром

$$\lambda_{ci} = \frac{A}{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2},$$

который будем называть *функцией интенсивности источника радиации* A .

Величины ω_{ij} имеют нормальное распределение с дисперсией σ_ω^2 .

Предполагается, что величины b_{ij} и ω_{ij} являются независимыми друг от друга [2].

С учетом введенных обозначений наблюдения, полученные любым из датчиков в течение временного интервала $1 \leq j \leq N$, представимы в виде

$$z_{ij} = b_{ij} + \omega_{ij} \quad (\text{нет сигнала}) \quad \text{и} \quad z_{ij} = c_{ij} + b_{ij} + \omega_{ij} \quad (\text{есть сигнал}),$$

$$i = 1, 2; j = 1, \dots, N.$$

Окончательно сформулируем гипотезы следующим образом:

$$\begin{aligned} H_0 : z_{ij} &= b_{ij} + \omega_{ij} \\ H_1 : z_{ij} &= c_{ij} + b_{ij} + \omega_{ij} \end{aligned}, \quad i = 1, 2; j = 1, \dots, N.$$

Принятие альтернативной гипотезы H_1 указывает на наличие радиоактивного источника, а принятие основной гипотезы H_0 – на его отсутствие.

1.2 Локальные решения

Рассмотрим случай для двух датчиков. Схематичное представление расположения датчиков, источника сигнала и центра принятия решения приведено на рис. 1.

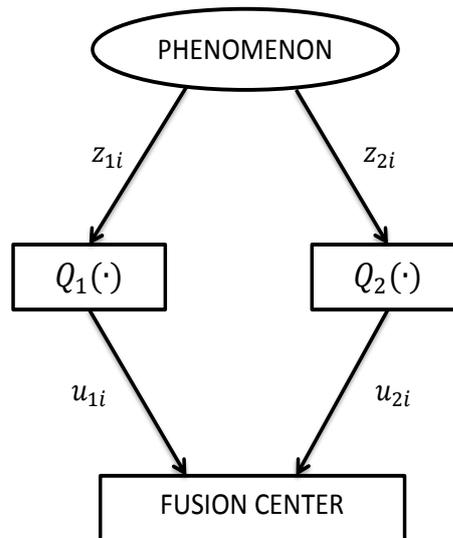


Рисунок 1 – Схематичное представление расположения датчиков, источника сигнала (phenomenon) и центра принятия решения (fusion center)

Пусть τ_1 и τ_2 являются индивидуальными порогами датчиков, используемыми для принятия однобитовых решений, тогда квантованные решения датчиков на любом временном интервале $1 \leq i \leq N$ определяются следующим образом [2]:

$$u_{1i} = Q(z_{1i}) = \begin{cases} 0, & -\infty < z_{1i} \leq \tau_1 \\ 1, & \tau_1 \leq z_{1i} < \infty \end{cases}, \quad (1)$$

$$u_{2i} = Q(z_{2i}) = \begin{cases} 0, & -\infty < z_{2i} \leq \tau_2 \\ 1, & \tau_2 \leq z_{2i} < \infty \end{cases}. \quad (2)$$

Обозначим вероятности обнаружения p_i и ложного сигнала q_i для i -го датчика следующим образом:

$$\Pr(u_{1i} = 1 | H_1) = p_1, \Pr(u_{1i} = 1 | H_0) = q_1, \Pr(u_{2i} = 1 | H_1) = p_2, \Pr(u_{2i} = 1 | H_0) = q_2.$$

Если $f(z_{1i} | H_1)$ и $f(z_{1i} | H_0)$ являются функциями условной плотности (соответствующие гипотезам H_1 и H_0) i -го наблюдения, полученного на первом датчике (z_{1i}), тогда получаем

$$p_1 = \int_{\tau_1}^{\infty} f(z_{1i} | H_1) dz_{1i}, \quad (3)$$

$$q_1 = \int_{\tau_1}^{\infty} f(z_{1i} | H_0) dz_{1i}. \quad (4)$$

Аналогично можно определить величины p_2 и q_2 .

Согласно гипотезе H_0 , наблюдения, полученные любым из датчиков в течение временного интервала $1 \leq j \leq N$, представимы в виде

$$z_{ij} = b_{ij} + \omega_{ij}.$$

Следовательно, они имеют следующее иерархическое распределение

$$z_{ij} \sim N(b_{ij}, \sigma_\omega^2) \text{ и } b_{ij} \sim P(\lambda_b).$$

При условии истинности основной гипотезы H_0 частная функция плотности вероятности z_{ij} имеет следующее представление:

$$\begin{aligned} f(z_{ij} | H_0) &= f(b = k, z_{ij}) = \sum_{k=0}^{\infty} f(z_{ij} | b = k) P(b = k) = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\omega^2}} \exp\left[-\frac{(z_{ij} - k)^2}{2\sigma_\omega^2}\right] \frac{\exp(-\lambda_b) \lambda_b^k}{k!}. \end{aligned}$$

Аналогично получаем частную функцию плотности вероятности при условии истинности альтернативной гипотезы H_1 :

$$f(z_{ij} | H_1) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\omega^2}} \exp\left[-\frac{(z_{ij} - k)^2}{2\sigma_\omega^2}\right] \frac{\exp(-(\lambda_b + \lambda_{ci})) (\lambda_b + \lambda_{ci})^k}{k!}.$$

Следовательно, получаем смешанное нормальное распределение

$$f(z_{ij} | H_0) \sim N(\lambda_b, \sigma_\omega^2 + \lambda_b), f(z_{ij} | H_1) \sim N(\lambda_b + \lambda_{ci}, \sigma_\omega^2 + \lambda_b + \lambda_{ci}).$$

Зная функции плотности вероятности при условии истинности обеих гипотез, перепишем вероятности обнаружения и ложного сигнала для каждого датчика в виде

$$p_1 = Q\left(\frac{\tau_1 - \lambda_b - \lambda_{c1}}{\sqrt{\sigma_\omega^2 + \lambda_b + \lambda_{c1}}}\right), \quad (5)$$

$$p_2 = Q\left(\frac{\tau_2 - \lambda_b - \lambda_{c2}}{\sqrt{\sigma_\omega^2 + \lambda_b + \lambda_{c2}}}\right), \quad (6)$$

$$q_1 = Q\left(\frac{\tau_1 - \lambda_b}{\sqrt{\sigma_\omega^2 + \lambda_b}}\right), \quad (7)$$

$$q_2 = Q\left(\frac{\tau_2 - \lambda_b}{\sqrt{\sigma_\omega^2 + \lambda_b}}\right), \quad (8)$$

где функция $Q(\cdot)$ – дополнение кумулятивной функции стандартного нормального распределения [2].

1.3 Оптимальный критерий

Пусть u_1 и u_2 – это векторы локальных решений (рис. 1), тогда оптимальным критерием для принятия решения является критерий отношения правдоподобия [3]. Статистика критерия имеет следующий вид

$$\Lambda(u) = \frac{P(u_1, u_2 | H_1)}{P(u_1, u_2 | H_0)}, \quad (9)$$

где $P(u_1, u_2 | H_0)$, $P(u_1, u_2 | H_1)$ – функции совместного распределения векторов u_1 и u_2 .

Исходя из предположения о временной независимости решений датчиков, статистику (9) можно представить как

$$\Lambda(u) = \frac{\prod_{i=1}^N P(u_{1i}, u_{2i} | H_1)}{\prod_{i=1}^N P(u_{1i}, u_{2i} | H_0)}. \quad (10)$$

Введем для краткости записи следующие обозначения

$$P(u_{1i} = 0, u_{2i} = 0 | H_1) = P_{00}, P(u_{1i} = 0, u_{2i} = 1 | H_1) = P_{01},$$

$$P(u_{1i} = 1, u_{2i} = 0 | H_1) = P_{10}, P(u_{1i} = 1, u_{2i} = 1 | H_1) = P_{11},$$

$$P(u_{1i} = 0, u_{2i} = 0 | H_0) = Q_{00}, P(u_{1i} = 0, u_{2i} = 1 | H_0) = Q_{01},$$

$$P(u_{1i} = 1, u_{2i} = 0 | H_0) = Q_{10}, P(u_{1i} = 1, u_{2i} = 1 | H_0) = Q_{11},$$

тогда функции совместного распределения векторов u_1 и u_2 при условии истинности гипотез H_0 и H_1 представимы в виде

$$P(u_{1i}, u_{2i} | H_1) = P_{00}^{(1-u_{1i})(1-u_{2i})} P_{01}^{(1-u_{1i})u_{2i}} P_{10}^{u_{1i}(1-u_{2i})} P_{11}^{u_{1i}u_{2i}}, \quad (11)$$

$$P(u_{1i}, u_{2i} | H_0) = Q_{00}^{(1-u_{1i})(1-u_{2i})} Q_{01}^{(1-u_{1i})u_{2i}} Q_{10}^{u_{1i}(1-u_{2i})} Q_{11}^{u_{1i}u_{2i}}. \quad (12)$$

Подставляем (11) и (12) в (10), логарифмируем и получаем

$$\log \Lambda(u) = C_1 \sum_{i=1}^N u_{1i} + C_2 \sum_{i=1}^N u_{2i} + C_3 \sum_{i=1}^N u_{1i} u_{2i}, \quad (13)$$

где $C_1 = \log \frac{P_{10} Q_{00}}{P_{00} Q_{10}}$, $C_2 = \log \frac{P_{01} Q_{00}}{P_{00} Q_{01}}$, $C_3 = \log \frac{P_{00} P_{11} Q_{01} Q_{10}}{P_{01} P_{10} Q_{00} Q_{11}}$.

Величины u_{1i} , u_{2i} и $u_{3i} = u_{1i} u_{2i}$ имеют распределение Бернулли. Вероятности успеха для u_{1i} и u_{2i} при истинности гипотезы H_1 равны p_1 и p_2 соответственно. При истинности H_0 соответствующие вероятности равны q_1 и q_2 . Пусть вероятность успеха для u_{3i} равна $p_3 = P_{11}$ при истинности H_1 и $q_3 = Q_{11}$ при истинности H_0 . Тогда, исходя из предположения о временной независимости решений датчиков, величины $\sum u_{1i}$, $\sum u_{2i}$, $\sum u_{3i}$ имеют биномиальное распределение. При использовании приближения Муавра-Лапласа статистика $\log \Lambda(u)$ приобретает нормальное распределение при истинности обеих гипотез [2].

Пусть μ_1 и σ_1^2 – математическое ожидание и дисперсия статистики $\log \Lambda(u)$ при истинности H_1 , а μ_0 и σ_0^2 – математическое ожидание и дисперсия статистики $\log \Lambda(u)$ при истинности H_0 , тогда их можно представить в следующем виде

$$\mu_0 = N \cdot [C_1 q_1 + C_2 q_2 + C_3 q_3], \quad (14)$$

$$\sigma_0^2 = N \cdot [C_1^2 q_1 (1 - q_1) + C_2^2 q_2 (1 - q_2) + C_3^2 q_3 (1 - q_3)], \quad (15)$$

$$\mu_1 = N \cdot [C_1 p_1 + C_2 p_2 + C_3 p_3], \quad (16)$$

$$\sigma_1^2 = N \cdot [C_1^2 q_1 (1 - q_1) + C_2^2 q_2 (1 - q_2) + C_3^2 q_3 (1 - q_3)] \quad (17)$$

и записать вероятность обнаружения радиоактивного источника P_D и вероятность ложного сигнала P_{FA} для системы датчиков в виде

$$P_D = Q\left(\frac{\gamma' - \mu_1}{\sigma_1}\right), \quad (18)$$

$$P_{FA} = Q\left(\frac{\gamma' - \mu_0}{\sigma_0}\right), \quad (19)$$

где γ' – критическое значение статистики. Согласно критерию Неймана-Пирсона значение γ' можно вычислить по правилу

$$\gamma' = \sigma_0 Q^{-1}(P_{FA}) + \mu_0, \quad (20)$$

где вероятность ложного сигнала выбрано равным α (заданный уровень значимости), т.е. $P_{FA} = \alpha$, функция $Q(\cdot)$ – дополнение кумулятивной функции стандартного нормального распределения [1, 2].

В случае, когда решения, полученные от первого и второго датчиков, условно независимые, тогда коэффициент C_3 обращается в ноль, а выражение (13) сводится к статистике, лежащей в основе правила Chair-Varshney [4]:

$$\log \Lambda_1(u) = C_1 \sum_{i=1}^N u_{1i} + C_2 \sum_{i=1}^N u_{2i}. \quad (21)$$

1.4 Совместное распределение решений

Зная значения вероятностей обнаружения P_D и ложного сигнала P_{FA} для каждого датчика, можно построить совместное распределение решений для системы датчиков. Из предположения о независимости наблюдений датчиков

и, следовательно, их решений при истинности гипотезы H_1 получаем следующие функции совместного распределения векторов u_1 и u_2 [2]:

$$P_{00} = (1 - p_1)(1 - p_2), \quad (22)$$

$$P_{01} = (1 - p_1)p_2, \quad (23)$$

$$P_{10} = p_1(1 - p_2), \quad (24)$$

$$P_{11} = p_1p_2. \quad (25)$$

В случае наличия зависимости решений датчиков возникает задача построения функции распределения коррелированных решений.

Для решения данной задачи необходимо прибегнуть к теории копул. При использовании копул-функций совместные функции распределения при истинности гипотезы H_1 примут следующий вид [1]

$$P_{00} = C(1 - p_1, 1 - p_2), \quad (26)$$

$$P_{01} = 1 - p_1 - C(1 - p_1, 1 - p_2), \quad (27)$$

$$P_{10} = 1 - p_2 - C(1 - p_1, 1 - p_2), \quad (28)$$

$$P_{11} = p_1 + p_2 + C(1 - p_1, 1 - p_2), \quad (29)$$

где функция $C(\cdot)$ – это копул-функция двух аргументов.

При истинности гипотезы H_0 функции распределения в обоих случаях (с учетом и без учета зависимости решений датчиков) получаются аналогично при замене в выражениях (22)-(25) вероятностей p_i на вероятности q_i , $i = 1, 2$, а затем использования выражений (26)-(29), записанных для q_i $i = 1, 2$.

1.5 Копула-функции [5]

С помощью копула-функций описываются законы многомерного распределения вероятностей. Они определяются частными одномерными распределениями анализируемого многомерного закона и характером зависимостей, существующих между компонентами рассматриваемой многомерной случайной величины.

Определение. Функция $C(u_1, u_2, \dots, u_n)$ от n переменных, определенная на единичном гиперкубе $I^n = [0, 1]^n$ (т.е. $u_i \in [0, 1]$, $i = 1, 2, \dots, n$), называется копула-функцией, если она обладает следующими свойствами:

- 1) область значений функции – единичный интервал $[0, 1]$;
- 2) если $u_i = 0$ по крайней мере для одного $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, то $C(u_1, u_2, \dots, u_n) = 0$;
- 3) $C(1, \dots, 1, u_i, 1, \dots, 1) = u_i$ для любых $u_i \in [0, 1]$;
- 4) $C(u_1, u_2, \dots, u_n)$ является n -возрастающей функцией в том смысле, что для всех $(a_1, a_2, \dots, a_n), (b_1, b_2, \dots, b_n) \in [0, 1]^n$ с $a_i \leq b_i$ справедливо неравенство

$$\sum_{i_1=1}^2 \dots \sum_{i_n=1}^2 (-1)^{i_1 + \dots + i_n} C(u_{1i_1}, \dots, u_{ni_n}) \geq 0, \quad (30)$$

где $u_{j1} = a_j$, $u_{j2} = b_j$ для всех $j \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Теорема Склара. Пусть F – n -мерная функция распределения с частными распределениями F_1, \dots, F_n . Тогда существует n -мерная копула-функция C такая, что для всех действительных (x_1, x_2, \dots, x_n) :

$$F(x_1, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \quad (31)$$

Если все частные функции распределения непрерывны, то копула-функция определена единственным образом; в противном случае C определена единственным образом лишь на области определения $RanF_1 \times RanF_2 \times \dots \times RanF_n$, где Ran – область значений частных функций распределения. Обратно, если C – копула-функция, а F_1, \dots, F_n – функции распределения, то функция F , определяемая выражением (31), является совместной функцией распределения с частными распределениями F_1, \dots, F_n .

Для копула-функций, аналогично функциям распределения, можно определить понятие плотности. В частности, плотность $c(u_1, u_2, \dots, u_n)$, ассоциированная с копула-функцией $C(u_1, u_2, \dots, u_n)$, определяется соотношением

$$c(u_1, u_2, \dots, u_n) = \frac{\partial^n C(u_1, u_2, \dots, u_n)}{\partial u_1 \dots \partial u_n}. \quad (32)$$

1.5.1 Нормальная копула-функция

В общем случае функция распределения нормальной копулы определяется следующим образом

$$C_{\Sigma}^G(k) = \phi_{\Sigma}(\phi^{-1}(k_1), \dots, \phi^{-1}(k_m)), \quad (33)$$

а ее плотность имеет следующий вид

$$c_g(k_1, k_2, \dots, k_m) = \frac{1}{|\Sigma|^{1/2}} \exp\left[\frac{-y^T(\Sigma^{-1} - I)y}{2}\right], \quad (34)$$

где ϕ_{Σ} – это n -мерная функция стандартного нормального распределения с матрицей корреляции Σ , $y = (\phi^{-1}(k_1), \dots, \phi^{-1}(k_m))^T$ – вектор, компонентами которого являются значения обратной функции стандартного одномерного нормального распределения.

1.5.2 Копула Стьюдента

В общем случае многомерная T копула-функция определяется следующим образом

$$C_{\nu, \Sigma}^G(k) = t_{\nu, \Sigma}(t^{-1}(k_1), \dots, t^{-1}(k_m)), \quad \nu > 2, \quad (35)$$

а плотность T копула-функции имеет следующий вид

$$c_t(k_1, k_2, \dots, k_m) = \frac{1}{|\Sigma|^{1/2}} \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+m}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left[\frac{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)} \right]^m \frac{\left(1 + \frac{-y^T \Sigma^{-1} y}{\nu}\right)^{-(\nu+m)/2}}{\prod_{i=1}^m \left(1 + \frac{y_i^2}{\nu}\right)^{-(\nu+1)/2}}, \quad (36)$$

где $t_{\nu, \Sigma}$ – это n -мерная функция распределения Стьюдента с матрицей корреляции Σ и ν степенями свободы, $y = (t^{-1}(k_1), \dots, t^{-1}(k_m))^T$ – вектор, компонентами которого являются значения обратной функции одномерного распределения Стьюдента.

2. Практическая часть

2.1 Алгоритм вычисления вероятностей обнаружения и ложного сигнала для системы двух датчиков

1. Задание параметров для вычисления функции интенсивности

источника радиации, определяемой по формуле $\lambda_{ci} = \frac{A}{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}$,

где A – интенсивность источника сигнала, (x_0, y_0) – координаты местоположения источника сигнала, (x_1, y_1) и (x_2, y_2) – координаты местоположения датчиков.

2. Задание параметров для генерации выборок наблюдений датчиков:

λ_b – среднее значение счетчика фонового излучения, σ_ω^2 – дисперсия погрешностей измерения для обоих датчиков, N – количество временных интервалов, в течение которых наблюдения поступают на датчики, длина каждого из них равна одной секунде.

3. Генерация выборки наблюдений датчиков $z_{ij} : N(b_{ij}, \sigma_\omega^2)$, $b_{ij} : P(\lambda_b)$, $i = 1, 2, j = 1, \dots, N$.

4. Вычисление локальных вероятностей обнаружения и ложного сигналов p_1, p_2, q_1, q_2 при помощи формул (5)-(8).

5. Построение функций совместного распределения векторов решений датчиков $P_{00}, P_{01}, P_{10}, P_{11}, Q_{00}, Q_{01}, Q_{10}, Q_{11}$:

а) для статистики (21), лежащей в основе правила Chair-Varshney, которое предполагает независимость наблюдений и, соответственно, решений датчиков, используются формулы (22)-(25);

б) для статистики (13), учитывающей корреляционную зависимость решений датчиков, используются копула-функции (нормальная и Стьюдента), как показано в формулах (26)-(29); для оценивания параметра обеих копула-функций используется коэффициент ранговой

корреляции Кендалла [11], а число степеней свободы для копулы Стьюдента берется равным трем.

6. Вычисление математических ожиданий и дисперсий статистики оптимального критерия $\log \Lambda(u)$ при истинности гипотез H_0 и H_1 , определяющихся по формулам (14)-(17):

а) для статистики (21), лежащей в основе правила Chair-Varshney, коэффициент C_3 в (14)-(17) обращается в ноль;

б) для статистики (13), учитывающей корреляционную зависимость решений датчиков, в качестве p_3, q_3 берутся значения P_{11}, Q_{11} соответственно.

7. Вычисление вероятностей обнаружения и ложного сигнала для системы, представленной в (18), при использовании критерия Неймана-Пирсона, согласно которому максимизируется вероятность обнаружения радиоактивного источника при $P_{FA} = \alpha$.

2.2 Проведение экспериментальных исследований при статическом положении источника сигнала

Задаем параметры для вычисления функции интенсивности источника радиации: $A = 10, (x_0, y_0) = (10, 10), (x_1, y_1) = (10, 6), (x_2, y_2) = (10, 14)$.

Определяем параметры для генерации выборок наблюдений датчиков:

$$\lambda_b = 10, \sigma_\omega^2 = 10, N = 100.$$

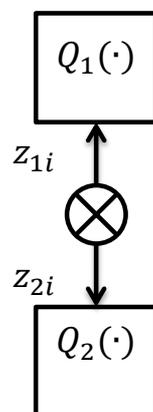


Рисунок 2 – Схема расположения датчиков

Результаты вычислений в случае статического положения источника сигнала представлены на рисунке 3.

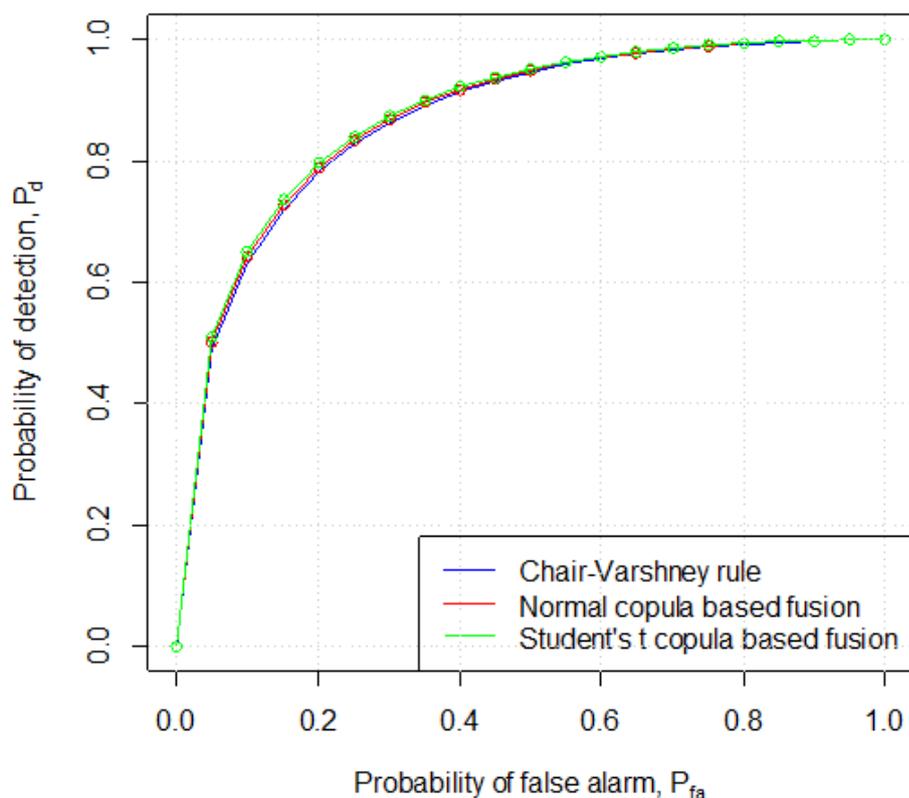


Рисунок 3 – Зависимость вероятностей обнаружения P_d и ложного сигнала P_{fa} при статическом положении источника сигнала

Из рисунка 3 видно, что результаты вычислений отличаются друг от друга незначительно, однако копулярный подход (в большей мере подход, использующий копулу Стьюдента) обеспечивает более высокую вероятность обнаружения радиоактивного источника, чем подход, основанный на правиле Chair-Varshney [4].

2.3 Проведение экспериментальных исследований при перемещении источника сигнала вдоль оси абсцисс

Параметры для генерации выборок наблюдений датчиков и координаты местоположения датчиков остаются неизменными. Однако происходит изменение местоположение источника сигнала в связи с движением по оси

абсцисс (рис. 4). Движение осуществляется от точки с координатами $(x_0^1, y_0^1) = (10, 10)$ с шагом $h=0,2$ вдоль оси x до точки $(x_0^n, y_0^n) = (14, 10)$.

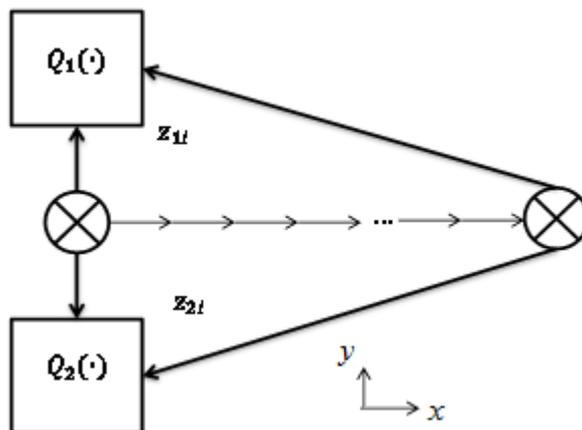


Рисунок 4 – Схема движения источника сигнала вдоль оси абсцисс

Результаты вычислений в случае движения источника сигнала вдоль оси абсцисс представлены на рисунке 5.

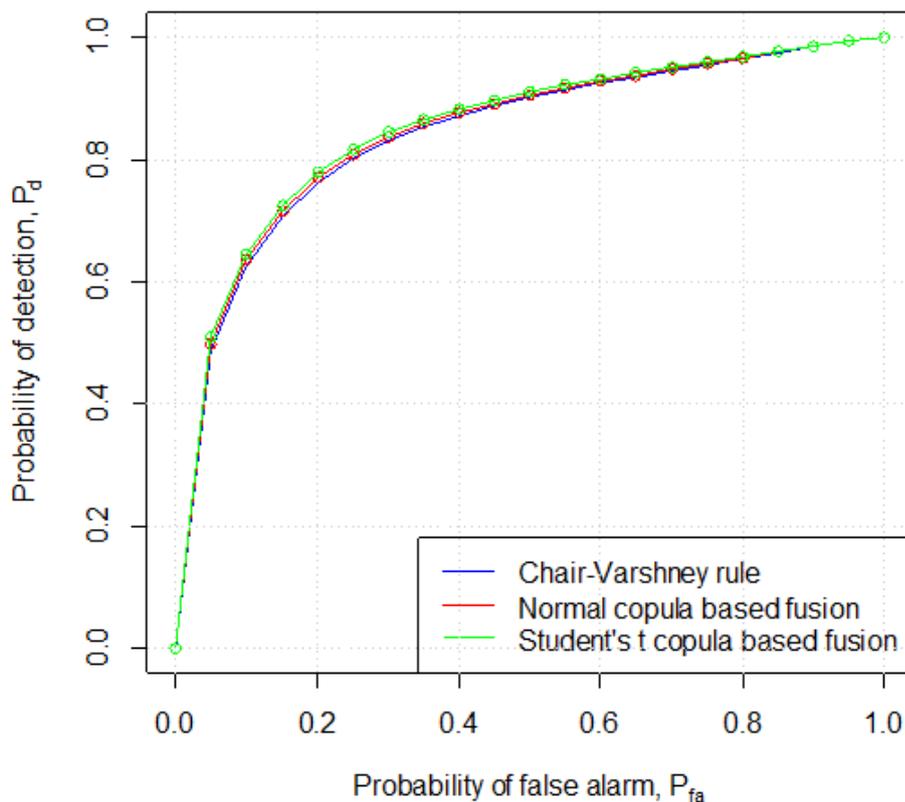


Рисунок 5 – Зависимость вероятностей обнаружения P_d и ложного сигнала P_{fa} при перемещении источника сигнала вдоль оси абсцисс

Как и в случае статического положения источника сигнала, результаты вычислений отличаются друг от друга незначительно, однако популярный подход обеспечивает более высокую вероятность обнаружения радиоактивного источника, чем подход, основанный на правиле Chair-Varshney. Помимо этого на графике наблюдается снижение вероятности обнаружения радиоактивного источника по мере удаления источника сигнала от датчиков.

2.4 Проведение экспериментальных исследований при перемещении источника сигнала вдоль оси абсцисс (сложная траектория)

Параметры для генерации выборок наблюдений датчиков и координаты местоположения датчиков остаются неизменными. Как и в предыдущем случае осуществляется движение источника сигнала вдоль оси абсцисс, однако направление движения поочередно изменяется следующим образом: сначала источник движется вперед с шагом $h_1 = 0.3$, затем в обратном направлении с шагом $h_2 = 0.1$ (рис. 6). Движение осуществляется от точки с координатами $(x_0^1, y_0^1) = (10, 10)$ до точки $(x_0^n, y_0^n) = (12, 10)$.

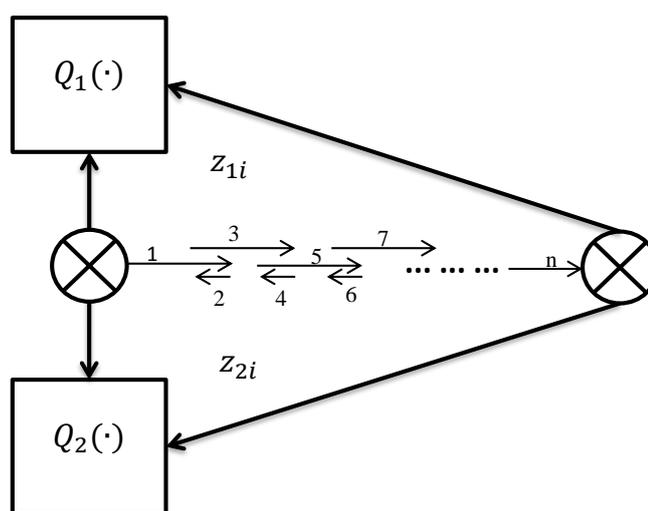


Рисунок 6 – Схема движения источника сигнала вдоль оси абсцисс (сложная траектория)

Результаты вычислений в случае движения источника сигнала вдоль оси абсцисс (вперед-назад) представлены на рисунке 7.

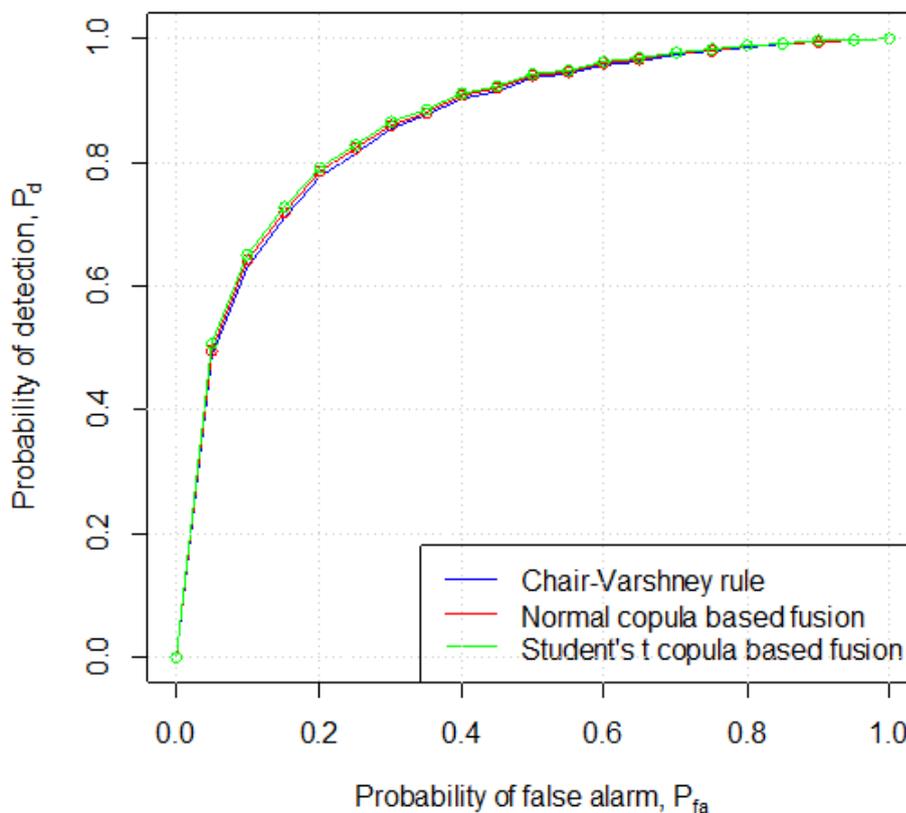


Рисунок 7 – Зависимость вероятностей обнаружения P_d и ложного сигнала P_{fa} при перемещении источника сигнала вдоль оси x (сложная траектория)

Как и в предыдущих двух случаях, большую вероятность обнаружения радиоактивного источника обеспечивает копулярный подход, основанный на использовании копулы Стьюдента. Помимо этого на графике наблюдаются изломы в связи со сменой направления движения.

2.5 Проведение экспериментальных исследований при перемещении источника сигнала вдоль осей x и y

Параметры для генерации выборок наблюдений датчиков и координаты местоположения датчиков остаются неизменными. Как и в предыдущих двух случаях изменяется местоположение источника сигнала, однако движение осуществляется вдоль обеих осей одновременно (рис. 8). Движение

осуществляется от точки с координатами $(x_0^1, y_0^1) = (10, 10)$ до точки $(x_0^n, y_0^n) = (14, 14)$ с шагом $h=0.2$ по обеим координатам.

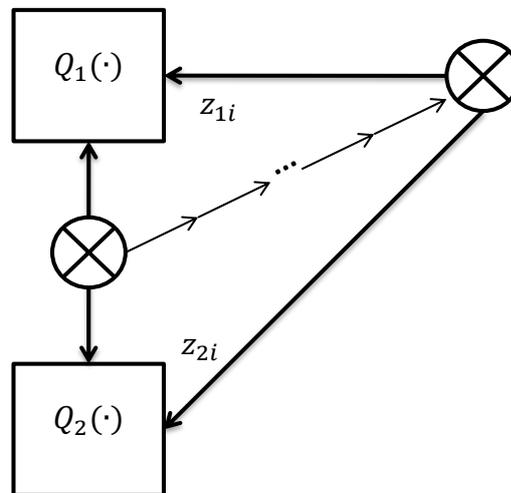


Рисунок 8 – Схема движения источника сигнала вдоль осей x и y

Результаты вычислений в случае движения источника сигнала вдоль осей x и y представлены на рисунке 9.

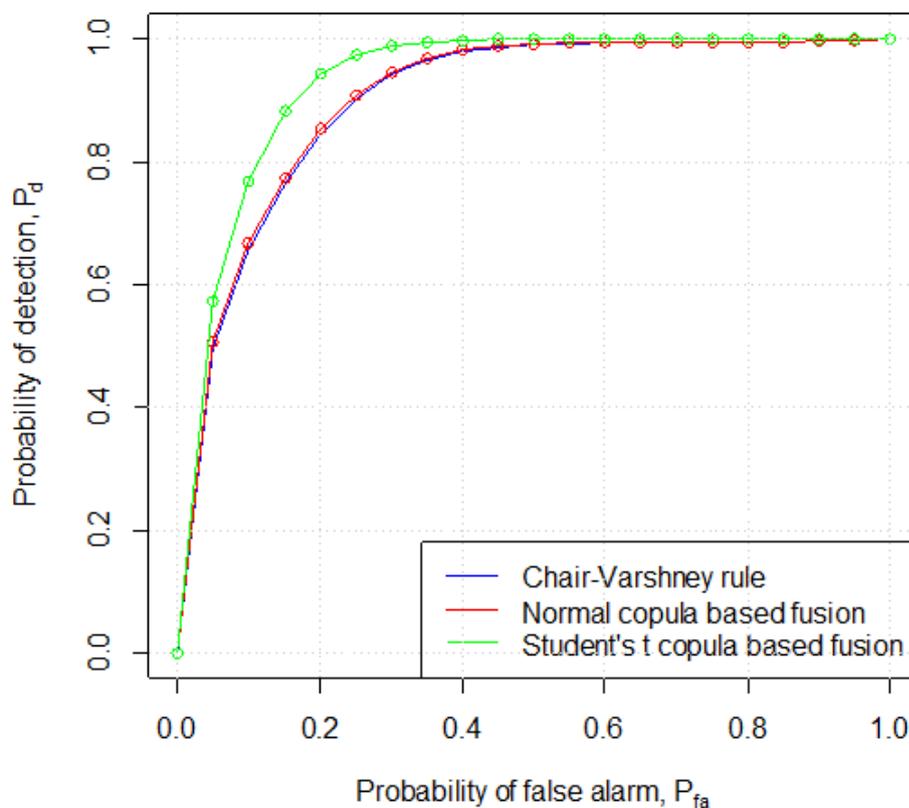


Рисунок 9 – Зависимость вероятностей обнаружения P_d и ложного сигнала P_{fa} при перемещении источника сигнала вдоль осей x и y

Как и во всех предыдущих случаях, более высокую вероятность обнаружения обеспечивает копулярный подход. Но в данном случае из рисунка видно, что подход, основанный на использовании копулы Стьюдента, значительно эффективнее, так как обеспечивает наибольшую вероятность обнаружения источника радиоактивного сигнала.

Численные эксперименты выполнены с использованием языка программирования R, результаты вычислений в табличном виде для всех рассматриваемых вариантов перемещения источника сигнала приведены в Приложении А.

3. Социальная ответственность

Охрана труда и окружающей среды, а также обеспечения безопасности сотрудников в чрезвычайных ситуациях являются важными компонентами организации рабочего процесса в настоящее время.

С каждым годом все большее применение находят электронно-вычислительные машины (ЭВМ) как на производстве, так и для научно-исследовательских и конструкторских работ, а также в сфере управления и образования. Компьютеры уже завоевали свое место на предприятиях, в организациях, офисах и даже в домашних условиях. Однако компьютер является источником вредного воздействия на организм человека, а, следовательно, и источником профессиональных заболеваний.

Несоблюдение требований безопасности приводит к тому, что при работе за компьютером человек может ощущать дискомфорт: возникают головные боли и резь в глазах, появляются усталость и раздражительность. У некоторых людей нарушается сон, аппетит, ухудшается зрение, наблюдаются боли в руках, шее, пояснице. При ненормированной работе возможно нервное истощение.

В связи с этим сотруднику необходимо знать вредные и опасные производственных факторы при работе с ПЭВМ и способы их устранения.

3.1 Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрена проектировка рабочего места и помещения, в котором оно находится.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования,

оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании рабочей зоны необходимо уделить внимание охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как рабочая зона находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

Результатами разработки данного раздела будут являться достижение следующих целей:

- выявление и изучение вредных и опасных производственных факторов при работе с ПЭВМ;
- оценка условий труда;
- определение способов снижения действия вредных факторов до безопасных пределов или, по возможности, полного их исключения;
- рассмотрение вопросов техники пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

3.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего мгновенно приводит к травме или летальному исходу. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием.

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

При работе с ПЭВМ пользователь также подвергается влиянию различных опасных и вредных производственных факторов. К их числу относятся:

1. электромагнитные поля;
2. электростатические поля;
3. шум и вибрация;
4. микроклимат в помещении;
5. освещенность рабочей зоны;
6. психофизиологические факторы.

Отрицательное воздействие ПЭВМ на человека носит комплексный характер комбинации вредных и опасных производственных факторов:

1. монитор компьютера является источником: электромагнитного поля (ЭМП); электростатического поля; рентгеновского излучения; вредного действия светового потока и отраженного света.
2. Значительной нагрузке подвергается зрительный аппарат в результате несовершенства способов создания изображения на экране монитора.
3. Работа компьютера сопровождается акустическими шумами, включая ультразвук.
4. Несоблюдение эргономических параметров, обеспечивающих безопасность приёмов работы пользователя ПЭВМ: гигиенических и психофизиологических; антропометрических; эстетических может повлечь снижение эффективности действий человека.

Характеристика помещения, где была разработана бакалаврская работа: ширина комнаты составляет $b = 4$ м, длина $a = 6$ м, высота $H = 2,8$ м. Тогда площадь помещения будет составлять $S = a \cdot b = 24$ м², объем $V = a \cdot b \cdot h = 72$

м³. В помещении имеется окно, через которое осуществляется вентиляция помещения. В помещении отсутствует принудительная вентиляция, т.е. воздух поступает и удаляется через дверь и окно, вентиляция является естественной. В зимнее время помещение отапливается, что обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещении используется комбинированное освещение - искусственное и естественное. Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛБ. Рабочая поверхность имеет высоту 0,75м. Электроснабжение сети переменного напряжения 220 В. Помещение без повышенной опасности в отношении поражения человека электрическим током по ГОСТ Р 12.1.019-2009.

Компьютер, расположенный на рабочей поверхности высотой 0.77 м, обладает следующими характеристиками: процессор Intel Core i7, оперативная память 8 ГБ, операционная система Microsoft Windows 8.1, частота процессора 2,00 ГГц, дисплей HD с диагональю 15,6 дюйма разрешением 1366 на 768 точек.

Наиболее правильная организация рабочего места позволяет значительно снизить напряженность в работе, уменьшить неблагоприятные чрезмерные нагрузки на организм и, как следствие, повысить производительность труда.

Место для работы на компьютере и взаиморасположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. При устройстве рабочего места человека, работающего за ПК необходимо соблюсти следующие основные условия: наилучшее местоположение оборудования и свободное рабочее пространство.

Основными элементами рабочего места являются стол и стул, т.к. рабочим положением является положение сидя. Рациональная планировка рабочего места определяет порядок и местоположение предметов, в особенности тех, которые для работ необходимы чаще.

Основные зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости показаны на рисунке 10.

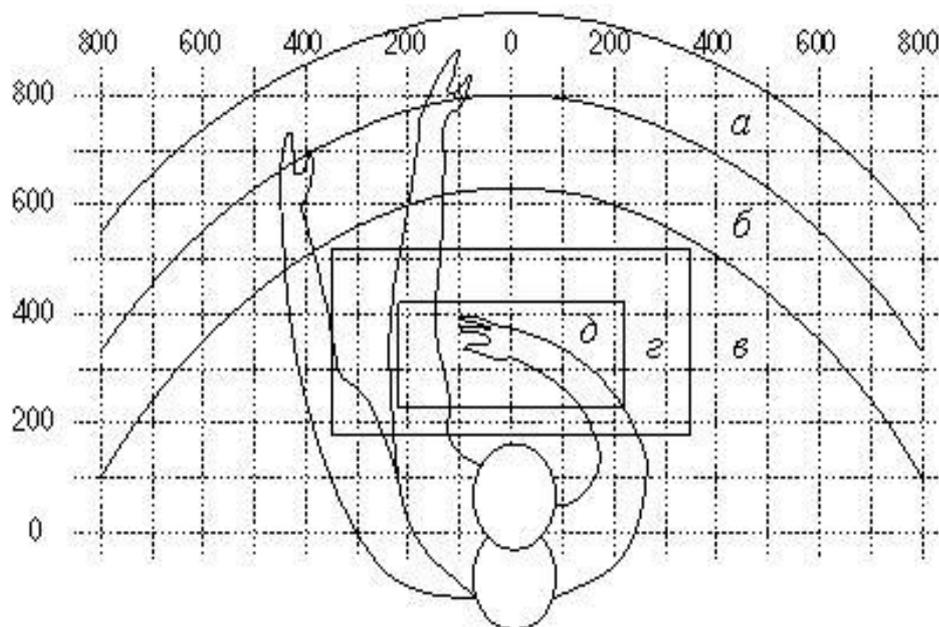


Рисунок 10 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:
а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой работы

В соответствии с этим рассмотрим оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

1. дисплей размещается в зоне **а** (в центре);
2. системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
3. клавиатура – в зоне **г/д**;
4. манипулятор «компьютерная мышь» – в зоне **в** справа;
5. сканер в зоне **а/б** (слева);
6. принтер находится в зоне **а** (справа);
7. документация, необходимая при работе в зоне **в**, а в выдвижных ящиках стола – литература, используемая не постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680–800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420–550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500–600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране. Должна предусматриваться возможность регулирования экрана.

Рабочие места с компьютерами должны размещаться так, чтобы расстояние от экрана одного монитора до тыла другого было не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями мониторов – не менее 1,2 м.

3.3 Микроклимат в помещении

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температур воздуха и поверхностей, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Оптимальные микроклиматические при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают сохранение теплового состояния организма и не вызывают отклонений в состоянии здоровья. Допустимые микроклиматические условия могут приводить к незначительным дискомфортным тепловым ощущениям. Возможно временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, без нарушения здоровья.

Нормы оптимальных и допустимых показателей микроклимата при работе с ЭВМ устанавливает СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений изложены в СанПиН 2.2.4.548-96. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Работа, производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением, относится к категории Ia – работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт). Для данной категории допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение
Холодный	Ia	(20÷24)	(15÷28)	55	(20÷80)	0.1	≤ 0.1
Теплый	Ia	(23÷25)	(15÷28)	55	(20÷80)	0.1	≤ 0.2

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод, что в рассматриваемом помещении параметры микроклимата соответствуют нормам СанПиН. Допустимый уровень микроклимата помещения обеспечивается системой водяного центрального отопления и естественной вентиляцией.

В производственных помещениях, где допустимые нормативные величины микроклимата поддерживать не представляется возможным, необходимо проводить мероприятия по защите работников от возможного перегрева и охлаждения. Это достигается различными средствами: применением систем местного кондиционирования воздуха; использованием индивидуальных средств защиты от повышенной или пониженной температуры; регламентацией периодов работы в неблагоприятном микроклимате и отдыха в помещении с микроклиматом, нормализующим тепловое состояние; сокращением рабочей смены и др.

Профилактика перегрева работников в нагревающем микроклимате включает следующие мероприятия: нормирование верхней границы внешней термической нагрузки на допустимом уровне применительно к 8-часовой рабочей смене; регламентация продолжительности воздействия нагревающей среды (непрерывно и за рабочую смену) для поддержания среднесменного теплового состояния на оптимальном или допустимом уровне; использование специальных СКЗ и СИЗ, уменьшающих поступление тепла извне к поверхности тела человека и обеспечивающих допустимое тепловое состояние работников.

3.4 Освещенность рабочей зоны

Свет является естественным условием жизни человека. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле

зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Существует три вида освещения: естественное – за счёт солнечного излучения, искусственное – за счёт источников искусственного света и совмещенное – освещение, включающее в себя как естественное, так и искусственное освещения. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий изложены в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Оценка освещенности рабочей зоны проводится в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1.1340-03.

В данном рабочем помещении используется комбинированное освещение: искусственное и естественное. Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛД.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $a = 6$ м, ширина $b = 4$ м, высота $H = 2,8$ м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,75$ м. Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2300$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 925 мм, ширина – 265 мм.

На первом этапе определим значение индекса освещенности i .

$$i = \frac{S}{(a+b) \cdot h}, \quad (37)$$

где S – площадь помещения;

h – расчетная высота подвеса светильника, м;

a и b – длина и ширина помещения, м.

Высота светильника над рабочей поверхностью h

$$h = H - h_p - h_c = 2,8 - 0,75 - 0,3 = 1,55, \quad (38)$$

где H – высота помещения, м;

h_p – высота рабочей поверхности, м;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес).

В результате проведенных расчетов, индекс освещенности i равен

$$i = \frac{S}{(a+b) \cdot h} = \frac{24}{(4+6) \cdot 1,55} = 1,5 \quad (39)$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 1,55 = 1,6 \text{ м} \quad (40)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{b}{L} = \frac{4}{1,6} = 2,5 \approx 3 \quad (41)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{a}{L} = \frac{6}{1,6} = 3,75 \approx 4 \quad (42)$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12 \quad (43)$$

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 24$.

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{1,6}{3} = 0,53 \text{ м} \quad (44)$$

Размещаем светильники в три ряда. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами представлен на рисунке 11.

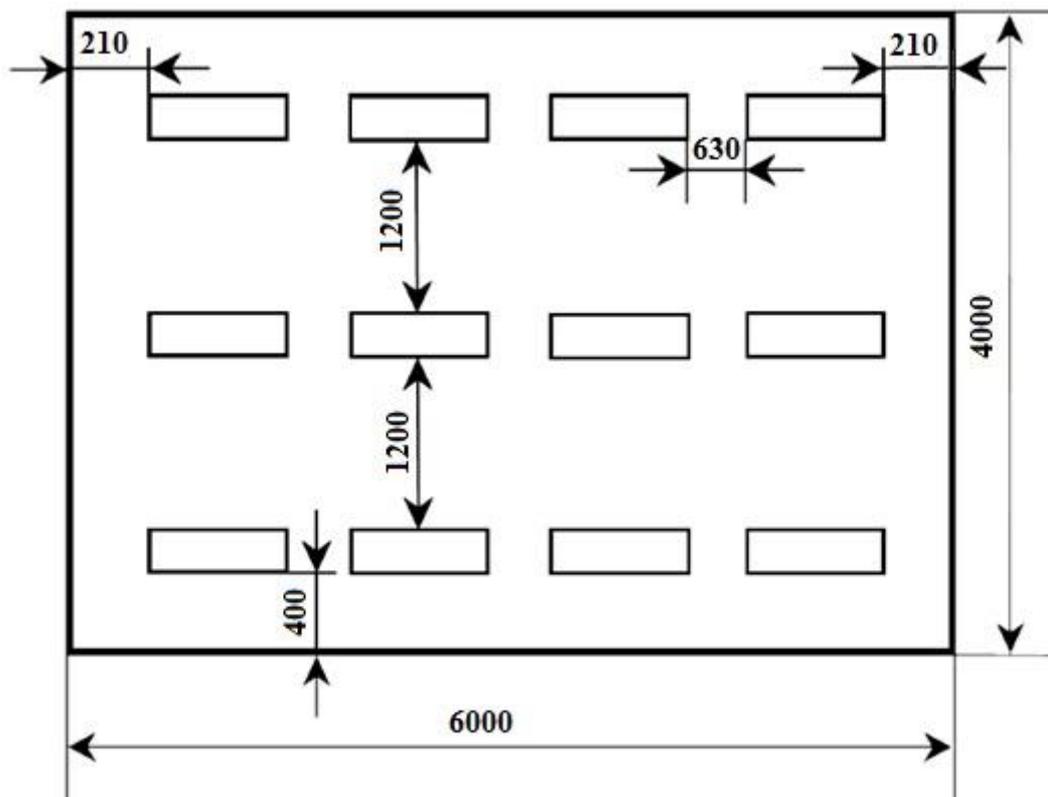


Рисунок 11 – План размещения светильников с люминесцентными лампами
(размеры указаны в мм)

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (45)$$

- где E_H – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;
 S – площадь освещаемого помещения, м²;
 K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;
 Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение E_{cp} / E_{min} .

Для люминесцентных ламп он равен 1,1;

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Данное помещение относится к типу помещения со средним выделением пыли, поэтому коэффициент запаса $K_3 = 1,5$; состояние потолка – свежепобеленный, поэтому значение коэффициента отражения потолка $\rho_n = 70\%$; состояние стен – побеленные бетонные стены, поэтому значение коэффициента отражения стен $\rho_c = 50\%$. Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_n = 70\%$, $\rho_c = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,5$ равен $\eta = 0,47$.

Нормируемая минимальная освещенность при использовании ЭВМ и одновременной работе с документами должна быть равна 600 лк.

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,47} = 2106 \text{ Лм}$$

Для люминесцентных ламп с мощностью 40 Вт и напряжением сети 220В, стандартный световой поток ЛД равен 2300 Лм.

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

Подставляя данные, получим:

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2106}{2300} \cdot 100\% = 8,43\%$$

$$-10\% \leq 8,43\% \leq 20\%$$

Таким образом, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

3.5 Производственный шум

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она

служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации, не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

1. СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звукоизоляции и звукопоглощения;

- применение средств, снижающих шум на пути их распространения;

2. СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Защита от шумов – заключение вентиляторов в защитный кожух и установление их внутри корпуса ЭВМ. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц.

Звукопоглощающие материалы по характеру поглощения звука делятся на:

- панельные материалы и конструкции, в которых звукопоглощение обусловлено активным сопротивлением системы, совершающей вынужденные колебания под действием попадающей звуковой волны (тонкие панели из фанеры, жесткие древесноволокнистые плиты и звуконепроницаемые ткани);
- пористые с твердым скелетом, в которых звук поглощается в результате вязкого трения в порах (пенобетон, газостекло);
- пористые с гибким скелетом, в которых, кроме резкого трения в порах, возникают релаксационные потери, связанные с деформацией нежесткого скелета (минеральная, базальтовая, хлопковая вата).

3.6 Электромагнитное поле

ЭМП обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека, что может повлечь следующие последствия: биохимические изменения в клетках и тканях; нарушения условно-рефлекторной деятельности, снижение биоэлектрической активности мозга, изменения межнейронных связей, отклонения в эндокринной системе; вследствие перехода ЭМП в тепловую энергию может

наблюдаться повышение температуры тела, локальный избирательный нагрев тканей и так далее.

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96:

1. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:
 - в диапазоне частот 5Гц-2кГц - 25В/м;
 - в диапазоне частот 2кГц/400кГц - 2,5В/м.
2. Плотность магнитного потока должна быть не более:
 - в диапазоне частот 5Гц-2кГц - 250нТл;
 - в диапазоне частот 2кГц/400кГц - 25нТл.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

1. Применение СКЗ
 - защита временем;
 - защита расстоянием;
 - снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
 - экранирование источника;
 - защита рабочего места от излучения;
2. Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя:
 - Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
 - Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

3.7 Электростатическое поле

Электризация заключается в следующем: нейтральные тела, в нормальном состоянии не проявляющие электрических свойств, при условии отрицательных контактов или взаимодействий становятся электростатически заряженными. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на человеческий организм, и не только в случае непосредственного контакта с зарядом, но и за счет действий электрического поля, которое возникает при заряде. При включенном питании компьютера на экране дисплея накапливается статическое электричество. Электрический ток искрового разряда статического электричества мал и не может вызвать поражение человека. Тем не менее, вблизи экрана электризуется пыль и оседает на нем. В результате чего искажается резкость восприятия информации на экране. Кроме того, пыль попадает на лицо работающего и в его дыхательные пути.

Основные способы защиты от статического электричества следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха. Также целесообразно применение полов из антистатического материала.

3.8 Психофизиологические факторы и опасные факторы

Значительное умственное напряжение и другие нагрузки приводят к переутомлению функционального состояния центральной нервной системы, нервно-мышечного аппарата рук. Нерациональное расположение элементов рабочего места вызывает необходимость поддержания вынужденной рабочей позы. Длительный дискомфорт вызывает повышенное позвоночное напряжение мышц и обуславливает развитие общего утомления и снижение работоспособности.

При длительной работе за экраном дисплея появляется выраженное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на

неудовлетворительность работы, головные боли, усталость и болезненное ощущение в глазах, в пояснице, в области шеи, руках.

Режим труда и отдыха работника: при вводе данных, редактировании программ, чтении информации с экрана непрерывная продолжительность работы не должна превышать 4-х часов при 8-часовом рабочем дне. Через каждый час работы необходимо делать перерыв на 5-10 минут, а через два часа на 15 минут.

С целью снижения или устранения нервно-психологического, зрительного и мышечного напряжения, предупреждение переутомления необходимо проводить комплекс физических упражнений и сеансы психофизической разгрузки и снятия усталости во время регламентированных перерывов, и после окончания рабочего дня.

3.9 Электробезопасность

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные,

кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Для защиты людей от поражения электрическим током используют следующие средства коллективной защиты: заземление, зануление, защитное отключение, разделительный трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

Помещение, где была разработана бакалаврская работа, принадлежит к категории помещений без повышенной опасности по степени вероятности поражения электрическим током, вследствие этого к оборудованию предъявляются следующие требования:

- экран монитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя (расстояния от источника);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов.

К основным электротехническим средствам в электроустановках напряжением до 1000 В относятся:

- изолирующие штанги;
- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки; изолированный инструмент.

Работать со штангой разрешается только специально обученному персоналу в присутствии лица, контролирующего действия работающего.

При операциях с изолирующей штангой необходимо пользоваться дополнительными изолирующими защитными средствами – диэлектрическими перчатками и изолирующими основаниями (подставками, ковриками) или диэлектрическими ботами.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

3.10 Пожарная безопасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_n , G_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 класс или офисное помещение относится к категории В - горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б. По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера. Основной причиной возникновения пожара неэлектрического характера в офисном помещении может стать халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня). Причины возникновения пожара электрического характера:

короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Согласно общим требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 для устранения причин возникновения пожаров в помещении должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в) назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
- г) издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые (ОП-3) огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый закачной огнетушитель ОП-3. Тушение электроустановок нужно производить на расстоянии не менее 1 метра (имеется в виду расстояние от сопла огнетушителя до токоведущих частей). Зарядку порошковых огнетушителей следует производить один раз в пять лет. При возникновении необходимости ремонта или зарядки, следует обращаться в специализированные фирмы.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

3.11 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

С точки зрения потребления ресурсов компьютер потребляет сравнительно небольшое количество электроэнергии, что положительным образом сказывается на общей экономии потребления электроэнергии в целом.

Основными отходами при выполнении данной бакалаврской работы являются черновики бумаги, отработавшие люминесцентные лампы и картриджи. Израсходованная бумага была направлена на утилизацию в пункт приема макулатуры, люминесцентные лампы – в упакованном виде на ртутьперерабатывающий завод, расположенный в г. Северск. Составляющие израсходованных картриджей (стальные винты, алюминиевые каркасы, пластик, углеродистый порошок) по отдельности в упакованном виде также были направлены на утилизацию в соответствии с требованиями ГОСТ 30775-2001.

3.12 Защита в чрезвычайных ситуациях

В Томске преобладает континентально-циклонический климат. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.) отсутствуют. Возможными ЧС могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Кроме того, необходимо иметь альтернативные источники тепла, электроэнергии и транспорта.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

3.13 Перечень нормативно-технической документации

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
4. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
5. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
6. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
7. ГОСТ 12.1.003-83 ШУМ. Общие требования безопасности
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
- 10.ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования
- 11.СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
- 12.ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

3.14 Выводы и рекомендации

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где была разработана бакалаврская работа, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Само помещение и рабочее место в нем удовлетворяет всем нормативным требованиям. Кроме того, действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму, т.е. микроклимат, освещение и электробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно рассмотренного вопроса об экологической безопасности можно сказать, что деятельность помещения не представляет опасности окружающей среде.

Важно добавить, что монитор компьютера служит источником ЭМП – вредного фактора, который отрицательно влияет на здоровье работника при продолжительной непрерывной работе и приводит к снижению работоспособности. Поэтому во избежание негативного влияния на здоровье необходимо делать перерывы при работе с ЭВМ и проводить специализированные комплексы упражнений для глаз.

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

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Основным методом, используемым в данной работе, является метод копул (ф). Копула – это функция, позволяющая перейти от одномерных (частных) распределений случайных величин к совместному распределению. Копулы используются для описания зависимости между случайными величинами. Они уже нашли успешное применение при моделировании природных явлений, при исследовании способов перемешивания данных как средства защиты базы данных, при анализе микроэкономических данных.

Таблица 2

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Широта применения метода	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Новизна метода	0,1	4	2	2	0,4	0,2	0,2
3. Простота реализации	0,1	2	4	4	0,2	0,4	0,4
4. Временные затраты	0,1	2	4	3	0,2	0,4	0,3
5. Универсальность	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
6. Эффективность	0,3	5	3	3	1,5	0,9	0,9
Итого	1	23	23	21	3,8	3,2	2,9

Конкурентные методы:

1. Метод главных компонент (k1) – один из основных методов, используемых для уменьшения размерности данных с наименьшей потерей информации. Разработан К. Пирсоном в 1901 г. Применяется в распознавании образов, сжатии данных, компьютерном зрении и т. п. Вычисление главных компонент сводится к расчёту собственных векторов и собственных значений матрицы исходных данных. Обычно используют следующие критерии отбора главных компонент: критерий доли воспроизводимой дисперсии, критерий Кайзера, критерий Кеттелла (каменистой осыпи).

2. Корреляционный анализ (k2) – метод обработки статистических данных, с помощью которого измеряется теснота связи между двумя или более переменными. Корреляционный анализ тесно связан с регрессионным анализом, с его помощью определяют необходимость включения тех или иных факторов в уравнение множественной регрессии, а также оценивают полученное уравнение регрессии на соответствие выявленным связям. Данный метод обработки статистических данных весьма популярен в экономике, астрофизике и социальных науках (в частности в психологии и социологии).

Вывод: Высокая эффективность и универсальность популярного метода делает его наиболее конкурентоспособным по сравнению с методом главных компонент и корреляционным анализом.

4.2 SWOT-анализ

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

Разработанная для данного исследования матрица SWOT представлена в таблице 3.

Таблица 3

SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>C1. Высокая эффективность метода для обнаружения радиоактивного источника.</p> <p>C2. Гибкость применяемого метода с точки зрения типа распределения исходных данных.</p>	<p>Сл1. Сложность практического применения метода в связи с высокой стоимостью радиоактивных датчиков.</p> <p>Сл2. Сложность выбора наиболее точного подхода из-за большого количества видов копул.</p>
Возможности:		
V1. Использование предлагаемого метода для обнаружения случайных сигналов.	Благодаря гибкости и высокой эффективности данный метод может использоваться не только для обнаружения радиоактивного источника.	Широкая применимость метода может привлечь инвесторов для приобретения датчиков, что позволит реализовать данный метод на практике.
Угрозы:		
U1. Отсутствие спроса на предлагаемый метод в связи с дороговизной датчиков.	Наглядные результаты использования данного метода могут увеличить спрос на него.	Для тестирования данного метода можно использовать менее затратные радиоактивные датчики, что повлечет за собой повышение спроса.
U2. Получение искаженных данных.	Анализ результатов, полученных при использовании данного метода, может выявить искажение исходных данных.	

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научно-исследовательской работы формируется рабочая группа, в состав которой могут входить:

- 1) Руководитель проекта (Р);
- 2) Инженер (И).

Таблица 4

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный	1	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	2	Составление и утверждение научного задания	Руководитель
Исследование и анализ предметной области	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Анализ полученных результатов	Руководитель, инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к.

зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (46)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (47)$$

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

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

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

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (48)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (49)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 52$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

Следовательно, $k_{\text{кал}} = 1,22$.

Таблица 5

Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожг}$, чел-дни		Р	И	Р	И
1. Выбор направления исследований	3	5	4	Р, И	2	2	3	3
2. Составление и утверждение научного задания	3	5	4	Р	4	-	5	-
3. Подбор и изучение материалов по теме	14	20	17	Р, И	9	9	11	11
4. Календарное планирование работ по теме	3	5	4	И	-	4	-	5
5. Проведение теоретических расчетов и обоснований	45	50	47	И	-	47	-	58
6. Анализ полученных результатов	10	15	12	Р, И	6	6	8	8
Итого					21	68	27	90

В таблице 6 проиллюстрирован календарный план в виде диаграммы Ганта. График представлен с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей (инженера и руководителя)

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				февр		март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	3, 3	■														
2	Составление и утверждение научного задания	Руководитель	5	■														
3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер	11, 11		■													
4	Календарное планирование работ по теме	Инженер	5			■												
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	58			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Анализ полученных результатов	Руководитель, инженер	8, 8											■	■			

■ – инженер

■ – руководитель

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;

- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (50)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Таблица 7

Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _м), руб.
Бумага	пачка	1	250	250
Канцелярские принадлежности	шт.	5	60	300
Итого				550

4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (51)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (52)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} , \quad (53)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 8

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (54)$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

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

Пример расчета заработной платы для руководителя:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 33300 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,3 = 56277 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{56277 \cdot 10,4}{251} = 2331,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2331,8 \cdot 21 = 48967,8 \text{ руб.}$$

Таблица 9

Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33300	0,3	1,3	56277	2331,8	21	48967,8
Инженер	9893	0,3	1,3	16719,17	692,75	68	47107
Итого							96074,8

4.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (55)$$

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

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

Таблица 10

Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная ЗП,руб	Отчисления во внебюджетные фонды
Руководитель	48967,8	13270,27
Инженер	47107	12766
Итого		26036,27

4.4.4 Накладные расходы

В данной статье нужно посчитать затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. Стоимость 1 кВт·час – составляет 5,8 руб. В среднем оборудование используется 6 часов в день.

Таблица 11

Накладные расходы

Исполнители	Мощность оборудования, кВт	Время использования оборудования, час	Накладные расходы, руб.
Руководитель	0,08	126	58,47
Инженер	0,08	408	189,32
Итого			247,79

4.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 12.

Таблица 12

Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	550
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	96074,8
3. Отчисления во внебюджетные фонды	26036,27
4. Накладные расходы	247,79
5. Бюджет затрат НИИ	122908,86

Заключение

В ходе проделанной работы были достигнуты следующие результаты:

1. Построены многомерные функции распределения решений датчиков на основе локальных вероятностей обнаружения радиоактивного источника и ложного сигнала.
2. Вычислены вероятности обнаружения радиоактивного источника и ложного сигнала для системы датчиков на основе критерия Неймана-Пирсона.
3. Проведено сравнение копулярного подхода и правила Chair-Varshney для слияния данных. Результаты показали, что копулярный подход обеспечивает более высокую вероятность обнаружения радиоактивного источника.
4. Разработана математическая модель принятия решения о наличии радиоактивного источника в условиях движения источника сигнала. Были рассмотрены случаи движения вдоль оси x без и со сменой направления движения, а также случай движения вдоль осей x и y одновременно.

Список используемых источников

1. A., Sundaresan, P.K. Varshney and N.S.V. Rao, “Copula-Based Fusion of Correlated Decisions”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 47 , No. 1, pp. 454 – 471, 2011.
2. Sundaresan, A., Varshney, P. K., and Rao, N. S. V. Distributed detection of a nuclear radioactive source using fusion of correlated decisions. In 10th International Conference on Information Fusion, July 9—12, 2007, 1—7.
3. P.K. Varshney, Distributed Detection and Data Fusion. Springer-Verlag, New York, 1997.
4. Chair, Z. and Varshney, P. K. Optimal data fusion in multiple sensor detection systems. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-22 (Jan. 1986), 98—101.
5. Фантащини Д. (2011). Моделирование многомерных распределений с использованием копула-функций. I. Прикладная эконометрика, 2 (22):98 – 134.
6. Антонов И. Н. Прогнозирование курсов валют на основе копулярных моделей. Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса, 34(1):158–164, 2016.
7. Ацканов И. А. Применение GAS-копул для оптимизации инвестиционного портфеля акций российских компаний. Финансы и кредит, 32():25–37, 2016.
8. Пеникас Г. И. Иерархические копулы в моделировании рисков инвестиционного портфеля. Прикладная эконометрика, 35(3):18–38, 2014.
9. Травкин А. И. Конструкции из парных копул в задаче формирования портфеля акций. Прикладная эконометрика, 32(4):110–133, 2013.
10. Благовещенский Ю. Н. Основные элементы теории копул. Прикладная эконометрика, 26(2):113–130, 2012.
11. Lindskog, F., 2000, Linear correlation estimation, Working paper, RiskLab, ETH Zurich.

12. Robert R Tenney and Nils R Sandell, "Detection with distributed sensors", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic systems, , no. 4, pp. 501–510, 1981.
13. Ramanarayanan Viswanathan and Pramod K. Varshney, "Distributed detection with multiple sensors part i. fundamentals", Proceedings of the IEEE, vol. 85, no. 1, pp. 54–63, 1997.
14. Ruixin Niu and Pramod K. Varshney, "Distributed detection and fusion in a large wireless sensor network of random size," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, vol. 2005, no. 4, pp. 462–472, 2005.
15. Ruixin Niu, Pramod K. Varshney, and Qi Cheng, "Distributed detection in a large wireless sensor network," Information Fusion, vol. 7, no. 4, pp. 380–394, 2006.
16. ELIAS Drakopoulos and C-C Lee, "Optimum multisensor fusion of correlated local decisions", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 27, no. 4, pp. 593–606, 1991.
17. Moshe Kam, Qiang Zhu, and W Steven Gray, "Optimal data fusion of correlated local decisions in multiple sensor detection systems", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 28, no. 3, pp. 916–920, 1992.

Таблица 1

Результаты вычислений

Вероятность ложного сигнала	Вероятность обнаружения											
	А			Б			В			Г		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.05	0,489	0,501	0,51	0,488	0,499	0,508	0,485	0,497	0,506	0,496	0,507	0,573
0.1	0,632	0,642	0,651	0,625	0,636	0,645	0,63	0,641	0,65	0,656	0,666	0,768
0.15	0,719	0,729	0,737	0,707	0,717	0,725	0,711	0,72	0,729	0,765	0,774	0,882
0.2	0,781	0,789	0,796	0,762	0,771	0,778	0,776	0,785	0,792	0,846	0,853	0,944
0.25	0,827	0,834	0,84	0,802	0,809	0,816	0,815	0,822	0,828	0,903	0,908	0,975
0.3	0,863	0,869	0,874	0,831	0,838	0,844	0,855	0,861	0,867	0,942	0,945	0,99
0.35	0,891	0,896	0,901	0,854	0,86	0,866	0,876	0,881	0,886	0,966	0,968	0,996
0.4	0,914	0,918	0,922	0,873	0,878	0,884	0,903	0,908	0,912	0,98	0,983	0,998
0.45	0,932	0,936	0,939	0,888	0,893	0,898	0,916	0,92	0,924	0,987	0,99	0,999
0.5	0,947	0,95	0,953	0,902	0,906	0,911	0,936	0,939	0,942	0,991	0,993	1
0.55	0,959	0,962	0,964	0,914	0,917	0,922	0,944	0,947	0,95	0,993	0,995	1
0.6	0,969	0,971	0,973	0,925	0,928	0,932	0,959	0,961	0,963	0,994	0,996	1
0.65	0,977	0,979	0,98	0,936	0,938	0,942	0,964	0,966	0,968	0,995	0,996	1
0.7	0,984	0,985	0,986	0,946	0,948	0,951	0,975	0,977	0,978	0,995	0,996	1
0.75	0,989	0,99	0,99	0,956	0,958	0,96	0,979	0,981	0,982	0,995	0,996	1
0.8	0,993	0,994	0,994	0,966	0,967	0,969	0,987	0,988	0,989	0,995	0,996	0,999
0.85	0,996	0,996	0,997	0,976	0,977	0,978	0,991	0,991	0,992	0,995	0,996	0,999
0.9	0,998	0,998	0,998	0,985	0,986	0,987	0,996	0,996	0,996	0,997	0,997	0,999
0.95	0,999	1	1	0,994	0,994	0,994	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	1

А – статическое положение источника

Б – движение вдоль оси x

В–движение вдоль оси x (вперед-назад)

Г – движение вдоль осей xi y

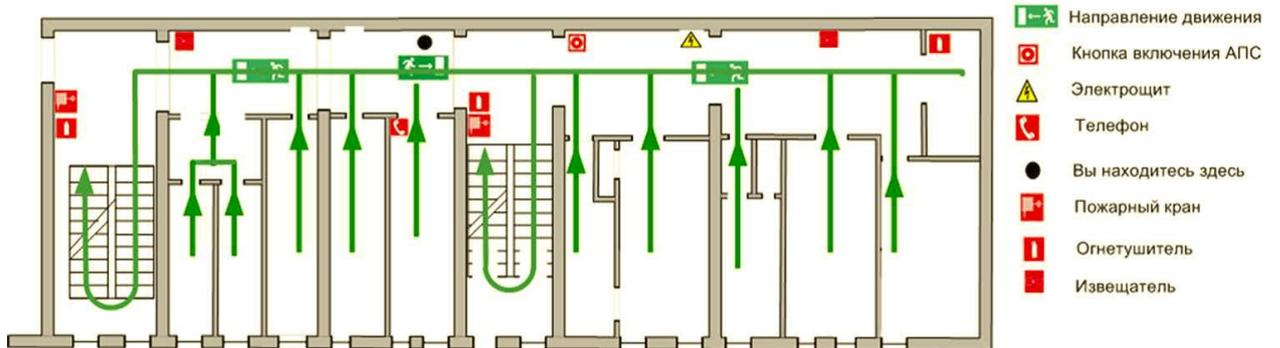
1 – Chair-Varshney

2 – нормальная копула

3 – копула Стьюдента

План эвакуации в случае пожара

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ
2-го этажа



Ответственный за эвакуацию и включение системы оповещения

Действия при пожаре		
Сохранять спокойствие		
1	Сообщить по телефону	 <ul style="list-style-type: none"> • Адрес объекта • Место возникновения пожара • Свою фамилию
2	Эвакуировать людей	 <ul style="list-style-type: none"> • Ориентироваться по знакам направления движения • Взять с собой пострадавших
3	По возможности принять меры по тушению пожара	 <ul style="list-style-type: none"> • Использовать средства противопожарной защиты • При необходимости обесточить помещение