

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Математическое моделирование распространения загрязняющих веществ от лесных пожаров в приземном слое атмосферы

УДК 630:614.842:504.3.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E21	Лытнева Юлия Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов Валерий Афанасьевич	Доктор физико-математических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные и общепрофессиональные компетенции		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-5, ОК-11, ОПК-2), Критерий 5 АИОР ¹ (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
Профессиональные компетенции		
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)

	опасностей.	
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ОК-15, ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-16, ПК-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой Романенко С.В.

(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
З-1Е21	Лытневой Юлии Сергеевне

Тема работы:

Математическое моделирование распространения загрязняющих веществ от лесных пожаров в приземном слое атмосферы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	676/с от 06.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Литературные данные по проблематике лесных пожаров, их математическому моделированию, нормативно-техническая документация.
---	---

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>	1. Построение математической модели распространения загрязняющих веществ от лесных пожаров. 2. Разработка методики численных расчетов. 3. Проведение численных расчетов и получение результатов 4. Анализ полученных результатов
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Графики распространения С2 и С3 при $v = 3; 5; 7; 10$ м/с и $t = 10; 15; 20$ с.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов Валерий Афанасьевич	Доктор физико-математических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е21	Лытнева Юлия Сергеевна		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Уровень образования: Бакалавриат

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 Выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполняемой работы:	16.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2017	Введение	10
03.04.2017	1. Обзор литературы	10
12.04.2017	1.1 Объект и методы исследования 1.2. Методика для расчета объема выбросов и распространения загрязняющих веществ при лесных пожарах	10
20.04.2017	2. Математическое моделирование распространения загрязняющих веществ 2.1. Физическая постановка задачи	10
28.04.2017	2.2. Математическая постановка задачи	10
05.05.2017	2.3. Метод решения	10
15.05.2017	2.4. Анализ полученных результатов	10
	3. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
	4. Раздел «Социальная ответственность»	10
10.06.2017	Заключение	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов Валерий Афанасьевич	Доктор физико- математических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E21	Лытневой Юлии Сергеевне

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 36800 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - затраты на специальное оборудование; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. График Гантта
3. Расчет бюджета затрат НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E21	Лытнева Юлия Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E21	Лытневой Юлии Сергеевне

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Описание рабочего места (аудитория 120 корпуса №8 ТПУ, оборудованная компьютерами) на предмет возникновения: - вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шум, микроклимат); - опасных проявлений факторов производственной среды (электрической и пожарной природы); - негативное воздействие на окружающую природную среду; - чрезвычайных ситуаций.
1. Производственная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения; 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Обоснование допустимых норм вредных и опасных факторов на работающего на ПЭВМ: - микроклимат; - освещенность; - шум. Пожары в офисных помещениях с ПК. Источниками загорания в компьютерном классе могут быть приборы, применяемые для технического обслуживания, электрические схемы от ЭВМ, устройства кондиционирования воздуха и электропитания.
2. Экологическая безопасность:	Изучение этапов утилизации ПЭВМ.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	• СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к

	естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" • СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" • ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы». • ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность». • ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1Е21	Лытнева Юлия Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102с., 32 рис., 23 табл., 42источника.

Ключевые слова: экологическая проблема, атмосфера, лесной пожар, загрязнение атмосферы, загрязняющие вещества и их классификация, радиоактивные элементы, тяжелые металлы, математическое моделирование.

Объектом исследования являются вещества, загрязняющие атмосферу, которые образуются при лесных пожарах.

Предметом исследования является математическое моделирование наиболее вероятных сценариев распространения загрязняющих веществ.

Цель работы – исследование теоретической базы для прогнозирования последствий экологической проблемы и создание математической модели распространения загрязняющих веществ, возникающих в результате лесных пожаров.

В процессе исследования проводились: определение траектории распространения загрязняющих веществ от лесных пожаров при помощи программы «Wildgas»; построение графиков размеров зон распространения при помощи программы «MatLab».

В результате исследования получены значения радиуса и максимальные размеры зон распространения загрязняющих веществ от лесных пожаров.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: данная программа позволяет определить размеры зон и траекторию распространения загрязняющих веществ от лесных пожаров и дает возможность в более короткие сроки ликвидировать последствия.

Область применения – экологические службы, МЧС.

Экономическая эффективность/значимость заключается в уменьшении масштабов и максимально возможном предотвращении распространения

загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при минимальных финансовых затратах (потерях).

В будущем планируется: создание более удобного интерфейса, 3D восприятие ситуации.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и представлена на CD–диске (в конверте на обороте обложки).

REPORT

The Graduation Thesis contains 102 pages, 32 pictures, 23 tables, 42 sources.

Keywords and phrases: ecological problem, atmosphere, forest fires, the pollution of the atmosphere, radiating elements, heavy metals, mathematical modeling.

The objects of the research are the materials polluting the atmosphere that is building up by the forest fires.

The object of the research is the mathematical modeling of spreading out the polluting materials that could happen in the many cases.

The target of the work is the research theoretical bases for prediction the consequences of ecological problems and creating the mathematical model of spreading out of the polluting materials, building up as the result of the forest fires.

In the research process was made: the targeting of the spreading out of the polluting materials from the forest fire with the help of the program «Wildgas»; the constructing graphs of spreading out areas, with the help of the program «MatLab».

As the result of the research was got values of the radius and maximal sizes spreading out areas of the polluting materials.

Main constructive, technical and exploitation characteristics: this program allows determining the sizes of areas and a trajectory of distribution of pollutants from wildfires and gives the chance in shorter terms to liquidate consequences.

Application ranges are ecological services, Ministry of Emergency Situations.

Economic efficiency / importance consists in reduction of scales and the greatest possible prevention of distribution of pollutants in a ground layer of the atmosphere at the minimum financial expenses (losses).

It is in the future planned: creation of more convenient interface, 3D perception of a situation.

The Graduation Thesis is performed in a text editor Microsoft Word and presented on a CD disk (in an envelope on the back of a cover).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Лесной пожар – это стихийное, неуправляемое распространение огня в лесу.

Лесная пирология - наука о природе лесных пожаров и вызываемых ими многообразных изменениях в лесу; о методах профилактики лесных пожаров и способах борьбы с ними; о путях использования управляемого огня в лесном хозяйстве.

Загрязнение атмосферы Земли – принесение в атмосферный воздух новых, нехарактерных для него физических, химических и биологических веществ или изменение их естественной концентрации.

Поллютант - вещество, загрязняющее среду обитания.

В данной работе применены следующие сокращения:

ЛГМ – лесные горючие материалы;

ИСДМ – Информационная система дистанционного мониторинга;

ВОЗ – Всемирная Организация Здравоохранения;

Росстат – Федеральная служба государственной статистики

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	15
1. Экологическая проблема загрязнения атмосферы в результате лесных пожаров	18
1.1 Лесная пирология	18
1.1.1 Лесной пожар и причины возгорания	18
1.1.2 Лесные горючие материалы и их классификация	22
1.1.3 Классификация лесных пожаров	24
1.2 Определение и классификация веществ, загрязняющих атмосферу в результате лесных пожаров	29
1.3 Методика для расчета объема выбросов и распространения загрязняющих веществ при лесных пожарах	37
2. Математическое моделирование распространения загрязняющих веществ	43
2.1 Физическая постановка задачи	43
2.2 Математическая постановка задачи	45
2.3 Метод решения	48
2.4 Анализ полученных результатов	54
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	69
4. Социальная ответственность	86
Заключение	98
Список использованных источников	99

Введение

Лес – это природное богатство нашей страны. Он играет значимую роль в жизни человечества: обогащает кислородом атмосферу, тем самым очищая ее, нормализует температурный режим и регулирует климат. Лес – единственная составляющая биосферы, которая способна создавать органические вещества и растительный мир. Он непосредственно участвует в круговороте воды в природе и таким образом поддерживает водный баланс. Корни деревьев поддерживают влагоемкость и водопроницаемость почвы, сдерживают ее засоление. Являясь источником пищи, энергии и сырья, лес имеет большое значение для хозяйственной деятельности человека. Нельзя не отметить, что наличие или отсутствие леса влияло на некоторые исторические и политические события, ход военных событий и развитие архитектуры.

Россия по праву считается лесной державой, на неё приходится 1/5 часть всех лесов мира, 1/2 часть всех хвойных лесов, леса занимают примерно 50% всей площади страны и составляют 1,2 млрд. га[35].

В настоящее время большой угрозой для лесных покровов являются пожары. Они наносят огромный урон экологии, для восстановления леса требуется несколько десятков лет и несколько поколений лесничих. На территории лесного фонда России ежегодно регистрируется от 10 до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 0,5 до 2,5 млн. га. С учетом горимости огромного количества лесов на неохраемых и эпизодически охраняемых территориях северных районов Сибири и Дальнего Востока общая величина пройденной огнем площади составляет от 2,0 до 5,5 млн. га[35].

Распространение лесных пожаров привело к возникновению самостоятельной науки пирологии (от греч. — руг огонь и logos — слово, учение) [14].

Лесные пожары являются губительными для растительного и животного мира: замедляется естественное возобновление лесов, и образуются пустыри, происходит массовая миграция диких животных и сокращается их численность, снижается устойчивость к вредителям и болезням.

Последствия от лесных пожаров также вредны для экологии атмосферы: воздух загрязняется углекислым газом, частицами сажи, продуктами пиролиза лесных горючих материалов и фенолами. Химические соединения и некоторые органические вещества являются мутагенными и канцерогенными. Происходит выгорание кислорода и задымление воздуха. Все это непосредственно влияет на изменение климата в худшую сторону, уменьшение прозрачности атмосферы, снижение видимости и освещенности.

Несмотря на постоянное изучение динамики развития лесных пожаров, усовершенствованию противопожарной безопасности и методов борьбы, ежегодно в России выгорают гектары лесных массивов. Загрязнение атмосферы в результате горения является серьезной экологической проблемой. Именно этими причинами и обуславливается актуальность данного исследования.

Целью работы является исследование теоретической базы и статистических данных для прогнозирования последствий экологической проблемы и создание математической модели распространения загрязняющих веществ, возникающих в результате лесных пожаров.

Основные задачи работы:

- изучение теоретических сведений по теме (основные понятия и классификация);
- исследование статистических данных и имеющегося опыта работы по борьбе с распространением загрязняющих веществ от пожаров;
- разработка физической и математической постановки задачи о распространении загрязняющих веществ;

- разработка и анализ методики решения;
- анализ экономической эффективности предложенной модели.

Объектом исследования являются вещества, загрязняющие атмосферу, которые образуются при лесных пожарах. Предмет исследования - математическое моделирование наиболее вероятных сценариев распространения загрязняющих веществ.

Актуальность исследования обусловлена частотой возникновения и увеличением площади лесных пожаров и, как следствие, остротой и глобальностью экологической проблемы загрязнения атмосферы.

Если же говорить о степени изученности проблемы, то можно подчеркнуть, что проблематика лесных пожаров поднималась в трудах таких ученых как Г.А. Мокеев, В.В. Матренинский, Н.П. Курбатский, Г.И.Коровин, А.А. Молчанов, П.П.Серебренников, В.Г.Нестеров, Г.А.Амосов и другие [24].

С.А. Дыренков посвятил основную часть своих учений лесоводству, был одним из главных идеологов создания в системе лесного хозяйства России лесных резерватов, где должен соблюдаться абсолютно заповедный режим[14].

В.К. Рахилин - автор свыше 800 научных и научно-популярных публикаций, некоторые из них посвящены лесным богатствам России[14].

Именно И.С. Мелехов разработал понятие «лесная пирология» - учение о природе лесных пожаров, их последствиях и борьбе с ними; предложил шкалу горимости лесов с учетом типов леса, подготовил и издал учебник для студентов по борьбе с лесными пожарами. И.С. Мелехов - автор известных трудов по лесной пирологии: «Опыт изучения лесных пожаров на Севере» (1939), «Природа леса и лесных пожаров» (1947), «Влияние лесных пожаров на лес»(1948), «Лесная пирология» (1976) и др. [14].

С. П. Анцишкин, Н. Н. Храмцов, А. М. Симский, С. В. Белов, И. В. Овсянников, М. Г. Червонный - известные лесоводы, занимающиеся

организационной, научно-технической, популяризаторской и учебно-методической работой в области охраны лесов от пожаров[24].

1 Экологическая проблема загрязнения атмосферы в результате лесных пожаров

1.1 Лесная пирология

1.1.1 Лесной пожар и причины возгорания

Лесной пожар – это стихийное, неуправляемое распространение огня в лесу. Загорание – это потушенный пожар, когда выгорело не более 0,1–0,2 га.[3].

Лесные пожары приводят к полному или частичному выгоранию растительности, лесной подстилки, плодородного слоя почвы, вызывают миграцию и гибель животных и птиц [13]. Любой лесной пожар очень опасен, ведь, несмотря на мониторинг и прогнозирование районов, подверженных бедствию, на момент обнаружения огнем уже охвачены довольно большие пространства. Особого внимания заслуживают пожары в засушливые периоды, потому как скорость их распространения намного выше, кроме того они поражают сельские хозяйства и небольшие населенные пункты.

Необходимость своевременного мониторинга, изучения и предотвращения лесных пожаров, поиск эффективных методов борьбы с ними привели к появлению понятия «лесная пирология». Итак, лесная пирология - наука о природе лесных пожаров и вызываемых ими многообразных изменениях в лесу; о методах профилактики лесных пожаров и способах борьбы с ними; о путях использования управляемого огня в лесном хозяйстве [8].

Основными задачами лесной пирологии являются:

- выявление причин горимости лесов;

- изучение условий возникновения и развития лесных пожаров;
- изучение последствий лесных пожаров;
- разработка мер противопожарной профилактики в лесу;
- разработка эффективных методов обнаружения, локализации и тушения лесных пожаров;
- разработка технических средств тушения пожаров;
- оптимизация структуры и деятельности лесопожарной службы;
- оценка ущерба от лесных пожаров и лесохозяйственные меры снижения или компенсации ущерба;
- использование в лесохозяйственной практике управляемого огня [8].

Причиной любой современной экологической проблемы являются два типа факторов: природные и антропогенные. Несмотря на различное происхождение результат в итоге один – большие потери растительного и животного мира. Не трудно догадаться, что большая часть, а именно больше 80%, лесных пожаров происходят по вине человека[2]. На рисунке 1.1 схематично представлено распределение причин возникновения пожаров:



Рисунок 1.1 – Причины возникновения пожаров в лесу

Основными природными причинами пожаров являются [2]:

- молнии;
- магматический вулканизм;
- самовозгорание торфа.

Основными антропогенными причинами лесных пожаров являются:

- рекреационная деятельность;
- сельскохозяйственная деятельность;
- промышленная деятельность;
- железные дороги;
- намеренные поджоги;
- наличие в лесах большего количества воспламеняющегося топлива в

связи с лесозаготовками или тушением пожаров.

Туризм, рыбалка, проведение отдыха на природе, пикники, сборы ягод и грибов часто сопровождаются разведением костров. Неаккуратное обращение с огнем приводят к возникновению лесных пожаров [2]. Сюда же можно отнести оставленные сигаретные окурки, непотушенные костры, осколки стекла. Большую роль играет близость расположения к лесу крупных городов и мегаполисов: когда большое количество людей на отдыхе в прилегающих лесах не соблюдают противопожарную безопасность.

В последнее время в России причиной увеличения количества пожаров становится плановое выжигание земель для очистки под хозяйственную деятельность [2]. Часто по неосторожности и недосмотру пламя выходит за пределы предполагаемой территории и захватывает соседние массивы. Лес, подвергающийся рубке или другому негативному воздействию, намного чувствительней к пожарам.

Косвенное действие оказывают и экономический кризис и политическая нестабильность. В этом случае ради получения дохода люди начинают активнее эксплуатировать лес: та же охота, рыбалка, незаконные вырубки, сборы, но уже в больших масштабах.

Различают следующие элементы лесного пожара: место возникновения пожара, его фронт и тыл, левый и правый фланги. Фронт пожара может быть неровным и включать выступы (языки) и впадины (карманы)[3].

На сайте Федеральной службы государственной статистики последние открытые опубликованные данные датированы 2012 годом.

Таблица 1.1 – Количество лесных пожаров в России [28]

	Число лесных пожаров, тыс.ед.	Лесные земли, пройденные пожарами, тыс. га	Сгорело леса накорню, млн. м3
2008	26,3	2069,8	30,1
2009	23,2	2111,6	25,4
2010	34,8	2026,9	93,1
2011	21,1	1408,4	28,7
2012	20,2	2101,2	64,3

Согласно опубликованному Реестру ослабленных, поврежденных и погибших лесных насаждений на территории Российской Федерации только за 2016 год площадь повреждения лесов от пожаров составила 402 753,3 га, 138 384,7 га погибших насаждений[27]. Будет важным отметить, что в России за 13 лет диких лесов стало меньше на 6,5 %, то есть на 178 тысяч квадратных километров, что примерно равно площади Республики Карелия [32].

В настоящее время ИСДМ-Рослесхоз получает данные наземного, авиационного и космического мониторинга лесопожарной обстановки с 15 российских и зарубежных космических аппаратов, NOAA, Terra, Aqua, Spot, Landsat, RapidEye, Метеор-М и других, а также метеорологическую информацию, фактическую и прогнозную, от 2077 метеостанций сети Росгидромета. Кроме того, ИСДМ-Рослесхоз получает данные системы регистрации молниевых разрядов ФБУ «Авиалесоохрана», состоящей из 34 станций[27].

1.1.2 Лесные горючие материалы и их классификация

Процесс горения происходит только при наличии и определенном соотношении трех элементов: горючих материалов (объектов загорания), кислорода и источника огня [1]. Так как кислород в принципе входит в состав воздуха, то возникновение и распространение пожара, в основном, зависит от состояния лесных горючих материалов, их количества, размещения и структуры.

Н.П. Курбатский в зависимости от роли в процессе горения лесного биогеоценоза разработал такую классификацию ЛГМ [10]:

1. Лишайники, мхи, опад в местах, лишенных растительности, травяная ветошь. Именно эти горючие материалы являются главным проводником в пламенных напочвенных и верховых пожарах. От их влажности зависит, возникнет ли возгорание.

2. Подстилка, состоящая из полуразложившегося опада, очеса мха, гумусового торфянистого горизонта с включенными кусками гнилой древесины. Такие ЛГМ не станут основой для пламенного горения, но будут проводником в почвенных пожарах.

3. Травы, кустарнички, включая подрост, самосев, подлесок, не превышающие кустарнички. В основном, эта группа является постоянно влажными ЛГМ и, в большинстве, случаев пассивно сгорают. Смолистые кустарнички составляют исключение, т.к. усиливают горение.

4. Мертвые растительные остатки: сухостой, сухие пни и сучья, валежник, мелкие порубочные остатки. Их влажность зависит от погоды. Не являясь проводниками горения, такие ЛГМ обеспечивают пожару устойчивый характер.

5. Подрост, подлесок (кустарники). Такие ЛГМ участвуют в пламенном горении и служат переходу огня из низового пожара в кроны.

6. Мелкие веточки, листва и хвоя. Влажность зависит от сезона. Материалы этой группы активно горят, увеличивая интенсивность верховых пожаров.

7. Живые сучья и стволы растущих деревьев. Они имеют постоянную влажность, не горят и не являются проводником горения. Исключением являются только больные и поврежденные стволы.

Классификация ЛГМ, предложенная Ходаковым В.Е. немного другая, хоть и перекликается с предыдущей:

1. почвенные; 2. напочвенные; 3. ступенчатые; 4. кроновые.

Червонным М.Г. описана классификация ЛГМ по плотности их сложения [1].

Таблица 1.2 - Классификация лесных горючих материалов по плотности их сложения [11]

Горючие материалы	Объемная масса, кг/м ³	Класс сложения	Преобладающая фаза горения. Виды пожаров.	Скорость распространения горения, м/ч
Хвоя и веточки в пологе древостоя	До 0,3	открытый	Верховые. Пламенная.	200-18000
Опад злаков, разнотравной растительности (ветошь)	0,3-4	рыхлый	Пламенная. Низовые беглые	18-15000
Неразложившийся опад из листвы, лишайники кустистые	5-12	полурыхлый	Пламенная. Низовые беглые	12-600
Зеленые мхи, сфагнум, полуразложившийся опад листвы, опад из длинной хвои (сосны, кедра)	13-30	уплотненный	Разнофазная. Низовые устойчивые	3-200
Торф, сильно разложившийся опад (нижний слой подстилки), уплотненный опад из короткой хвои (ели, пихты, лиственницы)	31-80	плотный	Беспламенная. Торфяные, подстилочные	0,6-80
Гумус, дернина	81-130	очень плотный	Беспламенная. Подстиочно-гумусовые.	0,015-0,5

1.1.3 Классификация лесных пожаров

В зависимости от характера возгорания и состава леса лесные пожары подразделяются на:

- низовые;
- верховые;
- почвенные.

На данный момент это самая распространенная классификация, т.к. описывает воздействие огня на составные части фитоценоза.

Низовые пожары возникают чаще других – в 97% случаев[3]. Они характеризуются горением нижних ярусов растительности: подстилки, опада, мохового и травяного покрова, которые сгорают полностью. При этом обгорает кора деревьев, перестают расти или гибнут корни деревьев. Пожарища имеют вытянутую форму с неровной кромкой. Цвет дыма – светло-серый. Скорость движения пожара по ветру составляет 0,25-5 км/ч. Высота пламени достигает 2,5 м. Температура горения около 700 °С (иногда выше). Чаще возникают летом после полного просыхания подстилки.

Выделяют 2 формы низовых пожаров: беглую и устойчивую.

Беглые пожары характерны для весеннего периода, когда высыхает верхний слой мелких горючих материалов, а лесная подстилка еще влажная. Огонь распространяется со средней скоростью 3-5 м/мин, но сравнительно мало повреждает древостой, поскольку не задерживается долго на одном месте. Поэтому лес выгорает не до конца.

Устойчивые низовые пожары происходят преимущественно с середины лета в условиях длительной засухи. При этом высыхает не только опад, но лесная подстилка и моховой покров. Такие пожары движутся медленнее, средняя скорость продвижения фронта пожара 2-3 м/мин. Огонь оказывает сильное локальное воздействие.

Деление низовых пожаров на беглые и устойчивые имеет большое практическое значение. Отличаются не только последствия этих форм

пожаров, но различны и тактические приемы, применяемые при их тушении [1].

Верховые пожары составляют 2% от общего числа пожаров и отличаются от низовых тем, что кроме горения напочвенного покрова задействованы кроны деревьев[3]. Возникают они в горных лесах, разновозрастных древостоях, многоярусных насаждениях. При горении захватываются большие площади, область распространения имеет яйцевидно-вытянутую форму. Скорость огня превышает 5-30 км/ч. Цвет дыма – темно-серый. Верховые пожары возникают в засушливую погоду, при ветрах средней и большой скорости. Исключение составляют хвойные леса: в этом случае пожары легко распространяются при слабом ветре из-за низкоопушенных крон. Верховой пожар – это обычно завершающаяся стадия пожара.

Верховые пожары, как и низовые, могут быть беглыми (ураганными) и устойчивыми (повальными) [2].

Беглый пожар возникает при сильном ветре и распространяется со скоростью от 15 до 30 км/ч. Он опасен высокой скоростью распространения, но часто горят только кроны деревьев.

При устойчивом пожаре огонь движется сплошной стеной, захватывая напочвенный покров, подстилку и кроны деревьев. Скорость его от 0,3 до 8 км/ч. Такие пожары наиболее разрушительны, т.к. лес выгорает полностью.

Почвенные (торфяные, подземные) пожары возникают при возгорании торфа в результате осушения болот. Огонь часто не выходит на поверхность, поэтому такие пожары часто малозаметны. Они распространяются на глубину до нескольких метров и характерны беспламенным горением. Возникают они во второй половине лета: в результате засухи просыхает верхний слой торфа. Определить торфяной пожар можно по вываливанию деревьев на территории пожара. Границы пожара сначала трудно установить, но потом они хорошо видны. Дым – едкий, с сильным запахом торфа[2].

Таблица 1.3 – Сравнительные характеристики разных типов лесных пожаров [10]

Параметры пожара	Значение показателей силы пожара		
	Слабого	Среднего	Сильного
Низовой пожар			
Скорость распространения огня, м/мин.	До 1	1-3	Более 3
Высота пламени, м.	До 0,5	0,5-1,5	Более 1,5
Верховой пожар			
Скорость распространения огня, м/мин.	До 3	3-100	Более 100
Почвенный пожар			
Глубина прогорания, м.	До 25	25-50	более 50

В зависимости от интенсивности и распространения лесные пожары делятся на:

- загорание – огонь охватывает не более двух гектаров, а потому предупреждение лесных пожаров на этой стадии обойдётся минимальными действиями и средствами: погасить их нетрудно;

- малый пожар – от 2 до 20 гектара;
- средний – от 20 до 200 гектара;
- крупный – от 200 до 2 тыс. гектара;
- катастрофический – превышает 2 тыс. гектара [14].

Большое значение в процессе распространения и тушения огня имеют погодные условия. Определяющими факторами становятся влажность почвы и воздуха, почвенной подстилки и растительности. При высокой влажности пожарная опасность снижается, при низкой, наоборот, повышается. Живые зеленые растения и сырой ЛГМ не будут гореть. Ночью воздух более влажный, чем днем, поэтому возможность возникновения и скорость, с

которой распространяется огонь, будут ниже. Также стоит учитывать скорость и направление ветра, т.к. он способствует распространению огня и создает новые очаги горения. Чаще всего пожары возникают с середины лета, потому что сухая и жаркая погода благоприятна для возникновения пожаров.

В.В. Пахучий в своем учебном пособии «Лесная пирология» дал характеристику пожарной опасности по природным условиям (табл. 1.4).

Таблица 1.4 - Шкала оценки пожарной опасности в лесу по природным условиям [3]

Класс пожарной опасности	Объект загорания (характерные типы леса и типы вырубок, другие категории насаждений и безлесных пространств)	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность периода их возможного возникновения и распространения
I	Хвойные молодняки. Сплошные вырубки: лишайниковые, вересковые, вейниковые и др. (особенно захламленные). Сосняки лишайниковые и верещатники. Расстроенные, отмирающие и сильно поврежденные древостои (сухостой, участки бурелома и ветровала, недорубы), участки условно-сплошных и интенсивных выборочных рубок.	В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, а на участках с наличием древостоя верховые. На вейниковых и других травяных типах вырубок по суходолу особенно значительна пожарная опасность весной, а в некоторых районах и осенью.
II	Сосняки, брусничники, особенно с наличием соснового подроста или подлеска можжевельника выше средней густоты. Листвяги кедрово-стланцевые.	Низовые пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона; верховые – в периоды пожарных максимумов.
III	Сосняки кисличники и черничники. Листвяги-брусничники. Кедровники всех типов, кроме приручейных и сфагновых. Ельники-брусничники и кисличники.	Низовые и верховые пожары возможны в период летнего пожарного максимума.

Продолжение Таблицы 1.4

IV	Сплошные вырубki таволговых и долгомошниковых типов (особенно захламлинные). Сосняки, листинги и насаждения лиственных пород травяных типов. Сосняки и ельники сложные, липняковые, лещиновые, дубняковые. Ельники–черничники, сосняки сфагновые и долгомошники. Кедровники приручейные и сфагновые. Березняки-брусничники, кисличники, черничники и сфагновые. Осинники-кисличники и черничники. Мари.	Возникновение пожаров (в первую очередь низовых) возможно в травяных типах леса и на таволговых вырубках в периоды весеннего и осеннего пожарных максимумов; в остальных типах леса и на долгомошниковых вырубках – в периоды летнего максимума.
V	Ельники, березняки и осинники-долгомошники. Ельники сфагновые и приручейные. Ольшаники всех типов.	Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях (длительная засуха).

I класс – возникновение пожаров от молний при сухих грозах. Мелкие пожары прекращают действовать сами, существующие – устойчивы.

II класс – пожары от устойчивых и сильных источников огня. Незначительное количество загораний, маленькая скорость распространения, возможность быстрого тушения.

III класс – возникновение пожаров практически от любых источников. Быстрое распространение, образование новых очагов. Тушение затруднено, но облегчается при своевременном обнаружении.

IV класс – возникновение пожаров от незначительных источников огня. Быстрое распространение, образование новых очагов. Тушение почти невозможно без использования технических и тактических средств тушения пожара.

V класс – возникновение пожаров от любых источников огня. Быстрое развитие и распространение. Тушение также, как и при IV классе [3].

1.2 Определение и классификация веществ, загрязняющих атмосферу в результате лесных пожаров

Загрязнение атмосферы Земли – принесение в атмосферный воздух новых, нехарактерных для него физических, химических и биологических веществ или изменение их естественной концентрации [14].

Каждый год в мире умирает примерно 3,7 млн. человек только по причине загрязнения атмосферного воздуха. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) от действия загрязненного воздуха в атмосфере и помещениях погибают до 7 млн. человек.

Смерти, вызванные загрязнением атмосферного воздуха, – разбивка по болезни:

- 40% – ишемическая болезнь сердца;
- 40% – инсульт;
- 11% – хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ);
- 6% – рак легких;
- 3% – острые инфекции нижних дыхательных путей у детей [15].

За 2016 год службы мониторинга природной среды зафиксировали в РФ 44 случая экстремально высокого и высокого загрязнения атмосферного воздуха (10 ПДК и более). Кроме того, зафиксировано 5 случаев аварийного загрязнения [31].

Таблица 1.5 – Загрязнение атмосферного воздуха в 2015-2016 гг. [31]

	Январь-сентябрь 2016г	В % к январю- сентябрю 2015г.	<u>Справочно</u> январь-сентябрь 2015г. в % к январю - сентябрю 2014г.
Число зафиксированных случаев загрязнения	44	191,3	121,1

Продолжение Таблицы 1.5

в том числе: экстремально высокого загрязнения	1	25,0	-
высокого загрязнения	43	В 2,3 р.	100,0

**Число зарегистрированных случаев
высокого загрязнения атмосферного воздуха**



Рисунок 1.2 – Число зарегистрированных случаев высокого загрязнения воздуха в 2014-2016 гг.

Одним из основных источников загрязнения атмосферы нашей планеты можно назвать лесные пожары. Они считаются естественным источником загрязнения. Их негативные последствия для планеты в целом:

- разрушаются устоявшиеся экосистемы;
- уничтожается фитомасса лесных биогеоценозов;
- происходит эрозия почвы, опустынивание земель;
- уменьшается количество солнечной радиации на подстилающую поверхность;
- нарушается природный углеродный цикл;
- содействует глобальному потеплению.

Экологические последствия от них представлены на следующем рисунке.

Экологические последствия лесных пожаров



Рисунок 1.3 – Экологические последствия лесных пожаров

Лесные пожары вызывают активное движение химических элементов в биосфере. Вместе с горячим воздухом в атмосферу выбрасывается не только углерод в виде углекислого газа и сажи, но другие минеральные вещества, в том числе радиоактивные.

Состав выбросов зависит от процесса горения и химического состава ЛГМ. Во время пожаров горят древесина, мох, опавшие сухие листья и веточки, трава. В процессе горения выделяются: оксид углерода; диоксид углерода; оксиды азота; сажа; дым.

Далее в таблице представлены вещества, выбрасываемые в атмосферу при горении лесов с их коэффициентами эмиссии.

Таблица 1.6 – Загрязняющие вещества при лесных пожарах и их коэффициенты эмиссии [33]

Наименование поллютанта	Значение K_{α} , кг/кг
Оксид углерода (окись углерода)	0.135
Углекислый газ	0.094
Оксид азота	0.000405
Сажа (элементарный углерод) при горении	0.0014
Дым (режим горения)	0.014
Дым (режим тления)	0.055
Сажа при тлении	0.011
Метан	0.075
Другие углеводороды	0.011
Озон	0.001

Оксид углерода – самый опасный из продуктов горения, обладающий общетоксическими свойствами. При пожаре он выделяется гораздо больше, чем другие токсичные газы.

Он образуется при неполном сгорании углеродсодержащих веществ: $2C + O_2 = 2CO$. Не имеет цвета и запаха. Плотность по воздуху – 0,97 [4].

Угарный газ входит в состав дыма и выделяется при тлении и горении почти всех горючих веществ и материалов.

Оксид углерода поступает в организм человека через органы дыхания. Отравление газом наступает через 45 минут, при этом отмечают: головная боль, головокружение, шум в ушах, нарушение координации движений, снижение остроты зрения и слуха, тошнота, иногда рвота[14]. При длительном отравлении поднимается артериальное давление, температура, учащается пульс, на коже и слизистой появляются красные пятна. В таблице 1.7 представлено токсичное действие угарного газа при разной его концентрации в воздухе и времени воздействия.

Таблица 1.7 – Токсичность оксида углерода для человека [4]

Концентрация CO в мг/м ³ (об.%)	Время действия	Токсический эффект
110(0,01)	Несколько часов	Легкие проявления интоксикации
1100-1400 (0,1-0,12)	1 час	Выраженные проявления интоксикации (без смертельного исхода)
4600-5700 (-0,4)	17 – 20 минут	Потеря сознания, судороги, смерть
5700 (0,5)	5 – 10 минут	Смерть
14080 (более 1,0)	1 – 3 минуты	Смерть

Диоксид углерода (CO₂) - углекислый газ, который всегда и в больших количествах присутствует в атмосфере при пожаре. Он не имеет цвета, тяжелее воздуха, на вкус и запах кисловатый.

Углекислый газ образуется при полном сгорании органического материала, окислении углеродистых соединений[4].

Результатом увеличения содержания его в атмосфере может стать парниковый эффект. На Всемирной конференции по климату было описано, что превышение нормы CO₂ в два раза приведет к повышению средней температуры на 1,5-3С.

Углекислый газ менее токсичен, чем угарный. При сильной задымленности главным фактором является недостаток кислорода. Интоксикация проявляется через раздражение слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей, затруднение мышления, нарушение координации и внимания, головную боль. Зависимость концентрации CO₂ и его действия на организм представлена в таблице 1.8

Таблица 1.8 – Зависимость проявления действия диоксида углерода на организм от его концентрации [29]

Уровень CO ₂ , %	Проявления действия газа
0,25 - 1	Изменения функции внешнего дыхания и кровообращения
2,5 - 5	Головная боль, раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, гипервентиляция, тахикардия, гипертензия
7	К перечисленным явлениям добавляются: потливость, шум в ушах, тахикардия, головокружение, психическое возбуждение, рвота, гипотермия, нарушения темновой адаптации и аккомодации, светобоязнь, признаки поражения головного и спинного мозга
20	Смерть от остановки дыхания при отсутствии судорог (или могут быть кратковременные судороги) через несколько секунд

Оксиды азота относятся к веществам быстрого действия. Оксид азота (NO) — бесцветный газ. Оксид азота — нестойкое соединение и при выделении в атмосферу через 30 с. переходит в NO₂. Диоксид азота (NO₂)— летучая жидкость бурого цвета.

Действие на организм человека оксидов азота описано в таблице 1.9

Таблица 1.9 – Действие на организм оксидов азота[4]

Оксид	Действие
N ₂ O	Слабое наркотическое
NO	Угнетение ЦНС
N ₂ O ₂	Угнетение сосудодвигательного центра Метгемоглибинообразование
NO ₂	Раздражающее
N ₂ O ₄	Прижигающее
N ₂ O ₃	Угнетение ЦНС и сосудодвигательного центра Метгемоглибинообразование
N ₂ O ₅	Раздражающее Прижигающее

Превышение допустимого уровня оксидов азота вызывают катар верхних дыхательных путей, бронхит, воспаление легких. Люди, имеющие

хронические заболевания дыхательных путей и сердечнососудистые заболевания могут быть более чувствительны к воздействию оксидов азота. Самым токсичным действием при пожаре обладает диоксид азота. Зависимость его действия от концентрации в воздухе описана в таблице 1.10. Таблица 1.10 - Токсические эффекты, оказываемые диоксидом азота на человека[4]

Длительность экспозиции, мин	Концентрация, мг/м ³	Эффект
5	7504,0	Гибель в ранние сроки
	752,0	Отек легких, бронхоспазм
	376,0	Поражение дыхательных путей
	71,5	Предел переносимости
	24,0	Раздражение глаз, носоглотки
	0,14	Изменения световой чувствительности
15	752,0	Гибель в ранние сроки
	376,0	Отек легких, бронхоспазм
	188,8	Раздражение дыхательных путей
	120,0	Одышка, явления раздражения
	51,0	Предел переносимости
20	38,0	Предел переносимости
60	19,0	Предел переносимости

Диоксид серы (SO₂) - очень токсичный, бесцветный газ, имеющий резкий запах, хорошо растворимый в воде.

Несмотря на то, что основным загрязнителем атмосферы оксидами серы в наше время выступает антропогенный фактор, немаловажную роль играет и естественный круговорот веществ. Главные природные источники - это поверхность океана и суши, деятельность вулканов и лесные пожары. Соединения серы образуются в процессе разрушения органических веществ с помощью, анаэробных микроорганизмов. При растворении в воде становится катализатором кислотных дождей.

Симптомами отравления сернистым газом являются кашель, першение в горле, охриплость, насморк и характерный привкус во рту. При длительном вдыхании появляется удушье, рвота, нарушение речи и отек легких.

Сажа (C) - аморфный углерод; вещество, образующееся при неполном сгорании и разложении при высокой температуре в неконтролируемых условиях [14]. Она переносится дымом, осаживается на поверхностях и соприкасается с предметами. Летучая сажа характеризуется большим количеством золы.

Сажа – это мелкодисперсные взвешенные частицы, которые не задерживаются долго в атмосфере и выпадают с осадками. Существуют мнения, что большие выбросы сажи в окружающую среду, в том числе, провоцируют глобальное потепление.

Частицы сажи являются опасными для здоровья, потому как при вдыхании они не всегда отфильтровываются в верхних дыхательных путях и попадают в легкие.

Сероводород (H_2S) – бесцветный газ, имеющий сладкий вкус и запах протухших куриных яиц. Горючий, токсичный, растворяется в воде. В природе образуется при гниении белков, в составе которых есть цистеин и серосодержащие аминокислоты.

При вдыхании сероводорода начинается головная боль, головокружение, тошнота. Большая концентрация приводит к отеку легких, судорогам, коме и, возможно, смерти. При небольшой концентрации достаточно быстро возникает адаптация к характерному запаху, он перестает ощущаться из-за паралича обонятельного нерва.

Во время лесных пожаров через атмосферу мигрирует большое количество веществ первого класса опасности: кадмий, мышьяк, ртуть радиоактивные стронций и цезий. В небольших количествах – свинец, цинк и марганец. При сильных пожарах выброс таких элементов может достигать половины от их исходного содержания в лесной подстилке и других компонентах лесной биосферы.

1.3 Методика для расчета объема выбросов и распространения загрязняющих веществ при лесных пожарах

Для моделирования распространения загрязняющих веществ Государственным научно-внедренческим предприятием "Огонь и экология" при Томском государственном университете была разработана специальная методика. Приказом Госкомэкологии России № 90 от 5 марта 1997 г была введена в действие и используется по настоящее время.

Основной целью методики является расчет итоговых и текущих значений масс выбросов загрязняющих веществ и тепла в атмосферу при неконтролируемом горении лесных горючих материалов в открытом пространстве.

Для расчетов требуются такие исходные данные, как:

- 1) карта-схема района пожара;
- 2) краткое природно-климатическое описание района, в котором расположен очаг пожара:
- 3) метеорологические характеристики окружающей среды (температура, скорость ветра, наличие осадков).
- 4) запас лесных горючих материалов (ЛГМ);
- 5) экологическое состояние окружающей среды (фоновые концентрации загрязняющих веществ) [30].

Схематичный рисунок лесного пожара представлен на рисунках 1.4 и 1.5. Фронт пожара – это его составная часть, которая характеризуется самыми сильными изменениями среды, зрительно представляется светящейся зоной и распространяется с некоторой скоростью. Часть пожара, отделяющая его фронт от несгоревших ЛГМ называется кромкой.

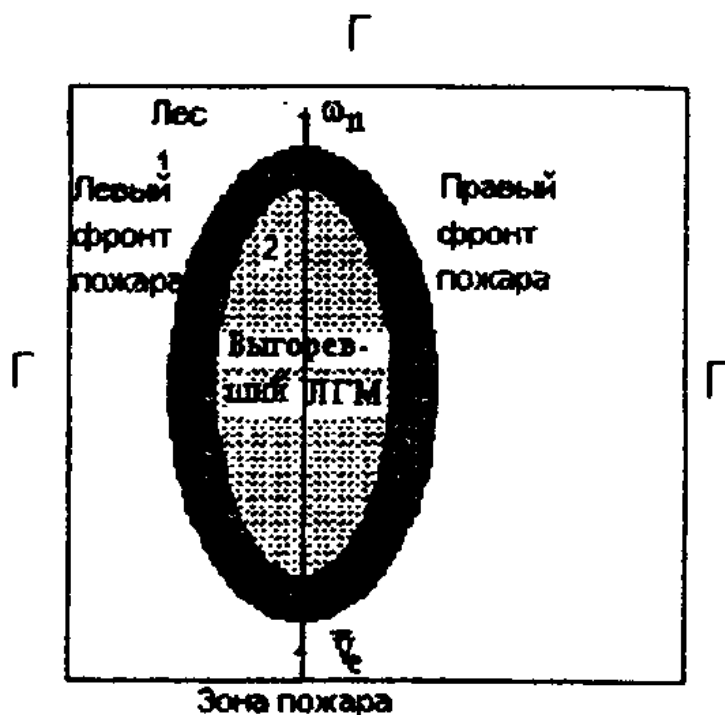


Рисунок 1.4- Схема зоны лесного пожара (вид сверху).

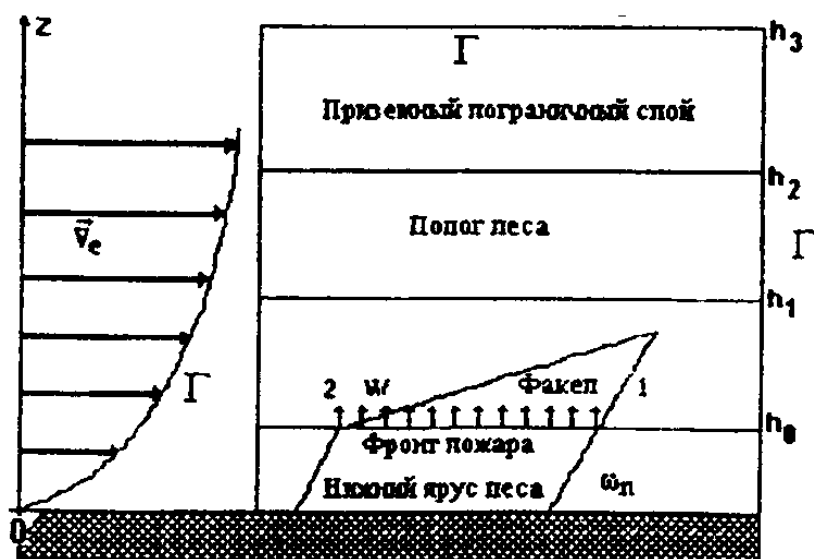


Рисунок 1.5- Схема зоны лесного пожара (вид в вертикальной плоскости).

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу - это поступление за определенное время в воздух или образование в нем физико-химических агентов и веществ, неблагоприятно воздействующих на людей и окружающую среду. Выброс любого вредного вещества α обозначается M_α и

измеряется в единицах массы (г, кг, моль) [30]. Соответственно рассматриваемому временному промежутку выбросы можно поделить на текущие и итоговые. Текущие выбросы рассчитываются на определенный, не полный момент горения, а итоговые предоставляются за весь период.

Удельный выброс или коэффициент эмиссии α - вещества при пожаре рассчитывается по формуле[30]:

$$K_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}}{m_r}, [K_{\alpha}] = \text{кг/кг}, \alpha = 1, 2, \dots, N, \quad (1.1)$$

где m_r - масса ЛГМ на единице площади лесной территории, сгоревшая при лесном пожаре;

m_{α} - масса α -компонента, образованного при горении ЛГМ на той же единице площади лесной территории;

индекс α изменяется от 1 до N, где N - общее число поллютантов (вредных веществ), возникающих при лесном пожаре.

Недожог ЛГМ - масса несгоревшего в условиях неконтролируемого горения топлива m_n на единицу площади. Коэффициент недожога:

$$K_n = \frac{m_n}{m_0}, \quad (1.2)$$

где. m_0 - запас ЛГМ в абсолютно сухом состоянии, кг/м^2 ;

m_n - масса несгоревшего топлива.

Количество сгоревшего ЛГМ m_r измеряется в кг/м^2 и рассчитывается по формуле:

$$m_r = m_0 - m_n. \quad (1.3)$$

Поллютант - вещество, загрязняющее среду обитания.

Масса выброса поллютанта α -сорта, возникающего при горении единицы площади растительного покрова ЛГМ m_{α} измеряется в кг/м^2 и определяется по формуле:

$$m_{\alpha} = K_{\alpha} (m_0 - m_n). \quad (1.4)$$

Выброс тепла в атмосферу – количество теплоты Q_n , выделяющееся при горении массы m_r ЛГМ. Измеряется в Дж/м^2 и определяется по формуле:

$$Q_{\Pi} = q (m_0 - m_n) \quad (1.5)$$

Где q - тепловой эффект горения ЛГМ, Дж/кг;

S_i - площадь лесной территории, пройденная огнем, m^2 ;

M_n - масса несгоревшего в результате пожара ЛГМ на площади S_i , кг;

M_r - масса сгоревшего в результате пожара ЛГМ на площади S_i , кг;

$$K = \frac{m_r}{m_0}, \quad K = 1 - K_n. \quad (1.6)$$

где W - влагосодержание ЛГМ, в процентах;

W^* - предельное значение влагосодержания, выше которого ЛГМ не горит, в процентах;

x, y - координаты контура пожара;

a, b - большая и малая полуоси эллипса, соответствующего контуру пожара;

x_0, y_0 - координаты центра эллипса;

V_e - скорость ветра, м/с;

ω_A - скорость распространения фронта пожара по направлению ветра, м/с;

ω_B - скорость распространения фронта пожара против скорости ветра, м/с;

ω_C - скорость распространения фронта пожара перпендикулярно скорости ветра, м/с;

t - текущее время горения, с;

t^* - полное время горения ЛГМ, с;

M_{α^*} - полное значение выбросов поллютантов к моменту времени t^* , кг;

Q^* - полное значение выбросов тепла к моменту времени t^* , Дж;

S_r - открытая площадь горения торфяной залежи, через которую происходит выброс поллютантов в атмосферу, m^2 .

При исследовании лесного пожара составляется карточка учета, в которой отмечается тип пожара (низовой, верховой или подземный), площадь выгорания, и др. Зная коэффициент недожога, коэффициент полноты сгорания и имея такую карту можно вычислить итоговый выброс массы α -компонента и тепла $Q_{\text{п}}$. Расчет ведется по формуле:

$$M_{\alpha i} = S_i K_i K_{\alpha i} m_{30i}, Q_{\text{п}i} = q_i k_i m_{30i}, i = 1, 2, 3. \quad (1.7)$$

Где S_i - площадь лесной территории, пройденная огнем;

$Q_{\text{п}i}$ - теплота, выделившаяся при пожаре в Дж;

q_i - тепловой эффект горения ЛГМ в Дж/кг;

индекс i , равный:

1 - соответствует параметрам низового лесного пожара;

2 - верховому лесному пожару;

3 - пожару на торфяниках.

Для предотвращения распространения возгорания имеет смысл прогнозировать выбросы поллютантов, теплоты и контуров лесного пожара для любых моментов времени. Рассчитывается это исходя из следующих уравнений:

$$\frac{dQ}{dt} = \int_L q K \omega_n m_3 ds, \quad (A.1)$$

$$\frac{dM_{\alpha}}{dt} = \int_L K_{\alpha} K \omega_n m_3 ds, \quad (A.2)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \omega_n |\text{grad} \varphi| = 0, \quad (A.3)$$

Очаг лесного пожара принято принимать как плоский источник поллютантов, увеличивающийся со временем. Контур пожара представляется эллипсом в любой момент времени.

$$\frac{(x - x_0)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, a = \frac{(\omega_A + \omega_B)t}{2}, b = \omega_C t, x_0 = \frac{(\omega_A - \omega_B)t}{2} \quad (A.4)$$

Периметр и площадь этого эллипса определяется по формулам:

$$L = \pi[1.5(a + b) - \sqrt{ab}], \quad (\text{A.5})$$

$$S = \pi ab = \frac{\pi}{2}(\omega_A + \omega_B)\omega_C t^2 \quad (\text{A.6})$$

Следует учитывать еще такой параметр как влажность ЛГМ. Сухое сгорает практически полностью, поэтому $K = 1$, а $K_n = 0$. Определенное влагосодержание прекращает процесс горения: $W = W_*$. Исходя из этого считается:

$$K = \frac{W_* - W}{W_*}, \quad (\text{A.7})$$

где W - влагосодержание ЛГМ.

Для низовых лесных пожаров, величина $W_* = 0.13$, а $K \sim 0.5$.

При условии, что K_α и скорость распространения не зависят от времени, а запас m_3 не меняется по периметру контура лесного пожара то, разбивая контур на N равных частей и подставляя в (1.6) формулы (A.4) и (A.6) в результате интегрирования получаются следующие выражения для массы α - загрязняющего компонента:

$$M_\alpha = KK_\alpha m_3 \pi \left\{ 1.5 \left[\frac{(\omega_A + \omega_B)}{2} + \omega_C \right] - \sqrt{\frac{(\omega_A + \omega_B)}{2} \omega_C} \right\} t^2 \sum_{i=1}^N \omega_{ni}. \quad (\text{A.8})$$

В общем случае, когда m_3 и ω_n несимметричны относительно оси x , необходимо использовать формулу:

$$M_\alpha = K \frac{K_\alpha \pi}{2} \left\{ 1.5 \left[\frac{(\omega_A + \omega_B)}{2} + \omega_C \right] - \sqrt{\frac{(\omega_A + \omega_B)}{2} \omega_C} \right\} t^2 \sum_{i=1}^N m_3 \omega_{ni}, \quad (\text{A.9})$$

где N - число точек по всему периметру контура лесного пожара.

Поллютанты присутствуют в атмосфере в разнообразных формах: газообразной и аэрозолей. Вторые представляют собой жидкие или твердые частицы малых размеров, взвешенных в воздухе. В зависимости от габаритов и визуального присутствия аэрозоли называют золой, пылью, дымом, дождём, туманом и т.п.

Частицы аэрозолей всегда пребывают в состоянии броуновского движения. И чем меньше размер частиц, тем больше интенсивность движения. Поллютанты в атмосфере могут менять своё состояние. Газы могут образоваться из-за испарения частиц аэрозолей.

А конденсация газов, в свою очередь, к образованию аэрозолей. Также в процессе коагуляции образуются новые, более крупные частицы. Этот процесс представляет собой результат столкновений и слипаний друг с другом частиц аэрозолей во время броуновского движения.

Математическая модель распространений угарного и углекислого газов в атмосфере состоит из двух частей. Первая – описание динамики среды. Вторая – распределение пассивных неконсервативных примесей при заданном поле скоростей.

Высота верхней границы области расчёта, непосредственно, отсчитывается от подстилающей поверхности, которая взята плоской.

Также для расчетов для математической модели будет применено уравнение Рейнольдса для турбулентного перемещения, согласно критерию Рейнольдса. В данном случае движение будет носить турбулентный характер, так как характер перемещения воздушных потоков в атмосфере в любом случае будет таковым.

2. Математическое моделирование распространения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы вследствие лесных пожаров.

2.1. Физическая постановка задачи.

Предполагаем, что в пологом леса имеется область повышенной температуры, то есть очаг верхового лесного пожара, имеющий конечные размеры в направлении оси x_1 , превышающие размеры в направлении горизонтальной оси x_2 . Поэтому задачу можно рассмотреть в двумерной системе координат $x_1 x_3$ (где x_3 – вертикальная координата). На высоте h , над

пологом леса, задана скорость ветра v_e . Под действием очага горения происходит инертный прогрев лесных горючих материалов в пологе леса, из них испаряется влага, происходит пиролиз с выделением конденсированных и летучих продуктов, которые затем воспламеняются. Затем образуется фронт горения, перемещающийся по пологу леса под воздействием ветра. При этом газообразные продукты пиролиза и горения выбрасываются в приземный слой атмосферы и переносятся под действием ветра. Рассмотрим область изучаемого процесса. Ось Ox_3 направим вверх, а оси Ox_1 и Ox_2 – параллельно поверхности земли (ось Ox_1 совпадает с направлением ветра). На Рис.2.1 представлена схема данного процесса:

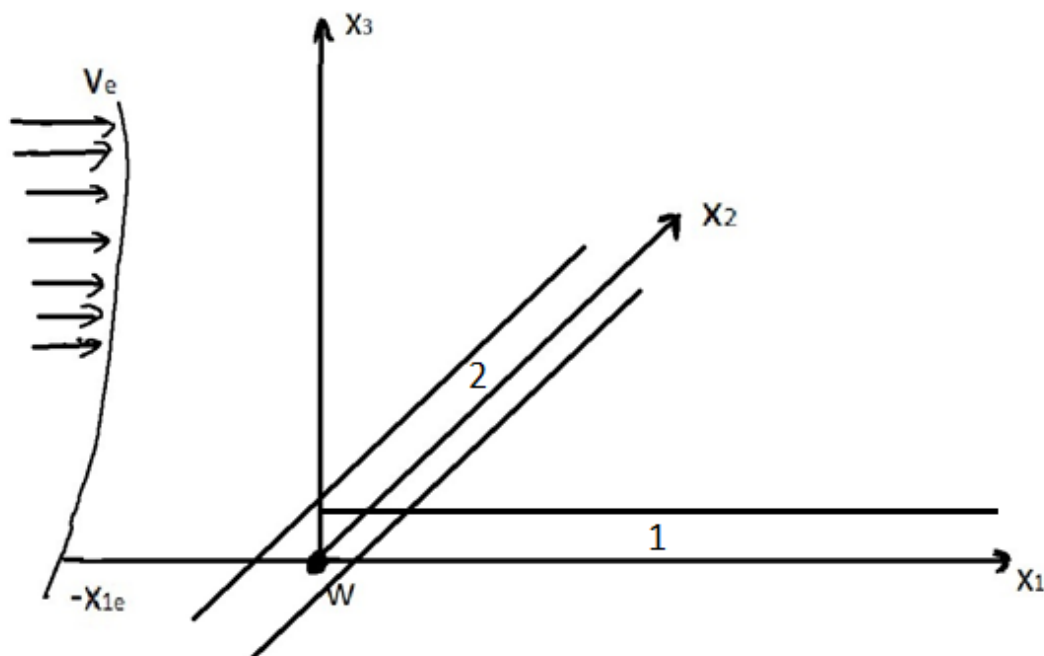


Рисунок 2.1 – Распространение продуктов горения и пиролиза.

1-полог леса; 2-верховой пожар

В рассматриваемой задаче предполагаем, что: 1) течение является развитым турбулентным и молекулярным переносом пренебрегаем, 2) плотность газовой фазы не зависит от давления из-за малой скорости течения в сравнении со скоростью звука, 3) известна скорость ветра над пологом леса в невозмущенных условиях, 5) газодисперсная смесь бинарная и состоит из частиц конденсированной фазы, а также газовой фазы – компонентов

кислорода, газообразных горючих продуктов пиролиза, горения и инертных компонентов (азот, водяной пар и т.д.).

2.2. Математическая постановка задачи

Представленная выше задача сводится к решению системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho v_j) = \dot{m}, \quad j=1,3, \quad i=1,3; \quad (1)$$

$$\rho \frac{dv_i}{dt} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}(-\rho \overline{v'_i v'_j}) - \rho s c_d v_i |\vec{v}| - \rho g_i - \dot{m} v_i; \quad (2)$$

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j}(-\rho c_p v'_j \overline{T'}) + q_5 R_5 - \alpha_v (T - T_s) + k_g (c U_R - 4\sigma T^4); \quad (3)$$

$$\rho \frac{dc_\alpha}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j}(-\rho \overline{v'_j c'_\alpha}) + R_{5\alpha} - \dot{m} c_\alpha, \quad \alpha = \overline{1,4}; \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_j} \right) - k c U_R + 4k_s \sigma T_s^4 + 4k_g \sigma T^4 = 0, \quad k = k_g + k_s; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^4 \rho_i c_{pi} \varphi_i \frac{\partial T_s}{\partial t} = q_3 R_3 - q_2 R_2 + k_s (c U_R - 4\sigma T_s^4) + \alpha_v (T - T_s); \quad (6)$$

$$\rho_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = -R_1, \rho_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial t} = -R_2, \rho_3 \frac{\partial \varphi_3}{\partial t} = \alpha_c R_1 - \frac{M_c}{M_1} R_3, \rho_4 \frac{\partial \varphi_4}{\partial t} = 0; \quad (7)$$

$$\sum_{\alpha=1}^4 c_\alpha = 1, \quad p_e = \rho R T \sum_{\alpha=1}^4 \frac{c_\alpha}{M_\alpha}, \quad \vec{v} = (v_1, v_3), \quad \vec{g} = (0, g), \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \dot{m} &= (1 - \alpha_c) R_1 + R_2 + \frac{M_c}{M_1} R_3 + R_{53} + R_{54}, \\ R_{51} &= -R_3 - \frac{M_1}{2M_2} R_5, \quad R_{52} = v(1 - \alpha_c) R_1 - R_5, \end{aligned} \quad (9)$$

Данная система решается с учетом следующих начальных и граничных условий:

$$t=0: v_i = 0, \quad T = T_e, \quad c_\alpha = c_{\alpha e}, \quad T_s = T_e, \quad \phi_k = \phi_{ke}, \quad i=1,3; k=1,2,3; \alpha=\overline{1,5}. \quad (10)$$

$$x_1 = -x_{1e} : v_1 = V_e(x_3), v_3 = 0, \quad T = T_e, \quad c_\alpha = c_{\alpha e}, -\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_1} + c U_R / 2 = 0. \quad (11)$$

$$x_1 = x_{1e} : \frac{\partial v_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial v_3}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_1} = 0, -\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_1} + c U_R / 2 = 0. \quad (12)$$

$$x_3 = 0 : v_1 = 0, \quad (\rho v_3) = h_0 \bar{m},$$

$$T = T_s = \begin{cases} T_e + (T_0 - T_e) \exp(-((x_1 - x_{10}) / \Delta_x)^2) t / t_0, & t \leq t_0 \\ T_e + (T_0 - T_e) \exp(-(((x_1 - x_{10}) - x_f) / \Delta_x)^2), & t > t_0 \end{cases},$$

$$-\rho D_t \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_3} + \rho v_3 c_\alpha = h_0 \bar{R}_{5\alpha}, -\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_3} = \frac{\varepsilon}{2(2-\varepsilon)} (4\sigma T_s^4 - c U_R), \quad (13)$$

$$x_3 = x_{3e} : \frac{\partial v_1}{\partial x_3} = 0, \quad \frac{\partial v_3}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0, \quad \frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_3} + \frac{c}{2} U_R = 0. \quad (14)$$

где x_1, x_3, v_1, v_3 - декартовы координаты и проекции вектора скорости на соответствующие оси; R_5 и $R_{5\alpha}$ - горения летучих продуктов пиролиза и образования α - компонентов газодисперсной фазы; c_p, ρ , - удельные теплоемкости и плотность газовой фазы; T , - температура газовой фазы; c_α - массовые концентрации ($\alpha=1$ - кислород, 2 - CO, 3 - CO₂, 4 - инертные компоненты воздуха); P -давление; U_R - плотность энергии излучения; σ - постоянная Стефана-Больцмана; k_g коэффициент поглощения для газодисперсной фазы; q_5, E_5, k_5 - тепловые эффекты, энергии активации и предэкспоненты реакции горения летучих продуктов пиролиза; M_α, M - молекулярные веса индивидуальных компонентов газовой фазы и воздушной смеси; c - скорость света; α_c, ν - коксовое число и массовая доля горючих газов в массе летучих продуктов пиролиза; g - ускорение свободного падения. Индексы "o" и "e" относятся к значениям функций в источнике горения и на значительном удалении от зоны пожара соответственно. Верхний индекс " ' " относится к пульсационной составляющей данной величины. Система уравнений описывает процессы переноса в области и над пологом леса. Термодинамические, теплофизические параметры

соответствуют лесным горючим материалам соснового леса и равны: $E_5/R=11500$ К, $k_5 = 3 \cdot 10^{13}$, $q_5 = 10^7$ Дж/кг, $c_p=1000$ Дж/(кг·К), $\alpha_c=0.06$, , $\nu=0.7$, $\rho_e = 1.2$ кг/м³, $c_{2e} = 0$, $p_e = 10$ н/м², $T_e = 300$ К, $c_{1e}=0.23$.

Компоненты тензора турбулентных напряжений $\overline{\rho v'_i v'_j}$, а также турбулентные потоки тепла и массы $\overline{\rho v'_j c_p T'}$, $\overline{\rho v'_j c'_\alpha}$ записываются через градиенты среднего течения согласно

$$-\overline{\rho v'_i v'_j} = \mu_t \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} K \delta_{ij}, ; -\overline{\rho v'_j c_p T'} = \lambda_t \frac{\partial T}{\partial x_j}, -\overline{\rho v'_j c'_\alpha} = \rho D_t \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_j}, \quad (15)$$

$$\lambda_t = \mu_t c_p / Pr_t, \rho D_t = \mu_t / Sc_t ; \mu_t = c_\mu \rho K^2 / \varepsilon, \quad (16)$$

где K - кинетическая энергия турбулентности, v_i и v'_i - компоненты средней скорости и пульсационной составляющей скорости в проекции на ось x_i ; μ_t , λ_t , D_t - коэффициенты турбулентной, динамической вязкости, турбулентной теплопроводности и диффузии; Pr_t , Sc_t - турбулентные числа Прандтля и Шмидта; δ_{ij} - символы Кронекера. Согласно $\mu_t = c_\mu \rho K^2 / \varepsilon$, где ε - скорость диссипации турбулентной кинетической энергии, c_μ -константа. Для определение коэффициента турбулентной динамической вязкости используется приближенный способ замыкания, основанный на гипотезе пути смешения Прандтля, что фактически означает равновесное приближение (баланс генерации и диссипации) для уравнения кинетической энергии турбулентности. Для рассматриваемого случая предположим, что в уравнении для кинетической энергии турбулентности можно пренебречь нестационарным и конвективными членами, а также членами диффузии турбулентной кинетической энергии. Окончательная формула для турбулентной динамической вязкости в системе координат Ox_1x_3 будет иметь следующий вид:

$$\mu_t = \rho l^2 \left\{ 2 \left[\left(\frac{\partial v_1}{\partial x_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_3}{\partial x_3} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial v_1}{\partial x_3} + \frac{\partial v_3}{\partial x_1} \right)^2 - \frac{2}{3} \left[\frac{\partial v_1}{\partial x_1} + \frac{\partial v_3}{\partial x_3} \right]^2 - \frac{g}{T Pr_t} \frac{\partial \theta}{\partial x_3} \right\}^{1/2}, \quad (17)$$

где $\theta = T - T_e$.

$$l = x_3 k_T / (1 + 2.5 x_3 \sqrt{c_d s / h}), \quad (18)$$

здесь $k_t=0.4$ - постоянная Кармана, h -размер полога леса.

2.3.Метод решения

В связи с тем, что длина фронта лесного пожара в направлении оси x_2 значительно превышает ширину фронта в направлении оси x_1 , рассмотрим данную задачу в двумерной постановке в системе координат Ox_1x_3 .

Для численного интегрирования исходной системы уравнений будем использовать метод контрольных объемов.

На рисунке 2.3.1 рассмотрим способ разбиения расчетной области для двумерного случая.

Далее мы разбиваем расчётную область на некоторое число непересекающихся контрольных объемов. После чего исходное уравнение надо проинтегрировать по каждому контрольному объему (рис.2.3.2) В результате мы получаем алгебраическую систему нелинейных уравнений.

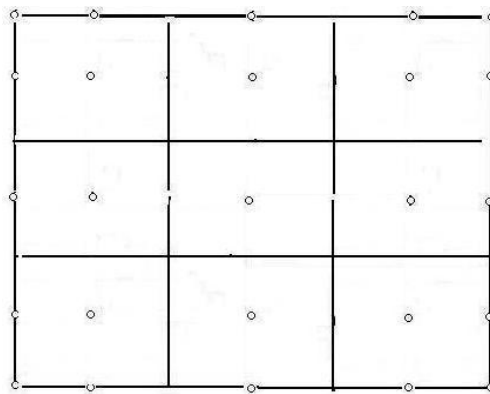


Рисунок 2.3.1

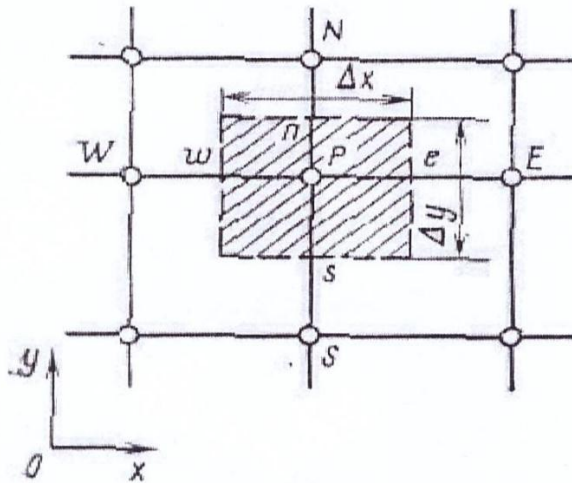


Рисунок 2.3.2

(На рисунке область, которая заштрихована, будет являться контрольным объемом)

Система уравнений (3.1) редуцирована к дискретной форме методом контрольного объема. В основе алгоритма решение лежит разделения по отдельным физическим процессам. В первую очередь была рассчитана картина со стороны гидродинамики, далее решение уравнений химической кинетики, потом учитывались химические источники для скалярных функций.

Система уравнений 3.1 состоит из уравнений 3.1-3.7:

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0, \quad (3.1)$$

Общее дифференциальное уравнение для конвекции и диффузии:

$$\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial \Phi}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x_j} \right) + S, \quad (3.2)$$

Уравнение в двумерной форме выглядит так:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \Phi) + \frac{\partial J_x}{\partial t} + \frac{\partial J_z}{\partial t} = S, \quad (3.3)$$

J_x, J_y - суммарные потоки конвекции и диффузии, которые определены, как:

$$J_x = \rho u \Phi - \Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x}, \quad (3.4)$$

$$J_y = \rho v \Phi - \Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (3.5)$$

где u - компонент скорости оси x

v - компонент скорости оси y

Уравнение 3.3 по контрольному объему рис.1, получаем:

$$\frac{(\rho_P \Phi_P - \rho_P^0 \Phi_P^0) \Delta x \Delta z}{\Delta t} + J_e - J_w + J_n - J_s = (S_c + S_P \Phi_P) \Delta x \Delta z, \quad (3.6)$$

в данном случае источниковый член линеаризован стандартным образом, ρ_P и Φ_P полагаются преобладающими на всем пространстве контрольного объема, ρ_P^0 и Φ_P^0 - старые значения, взятые на предыдущем временном шаге. В следствии полностью неявного способа аппроксимации другие величины, не имеющие верхних индексов, мы будем рассматривать в качестве новых значений. Величины J_e, J_w, J_n и J_s - проинтегрированные по разным граням контрольного объема суммарные потоки, т.е. например: $J_e = \int J_x dy$, для грани e . Таким же образом можно проинтегрировать уравнение неразрывности по контрольному объему:

$$\frac{(\rho_P - \rho_P^0) \Delta x \Delta z}{\Delta t} + F_e - F_w + F_n - F_s = 0, \quad (3.7)$$

где

F_w, F_s, F_n и F_e - это массовые расходы потока, проходящие через различные грани контрольного объема. Если в точке (e) (ru) преобладающее по всей грани e контрольного объема, то:

$$F_e = (\rho u)_e \Delta z; \quad (3.8)$$

$$F_w = (\rho u)_w \Delta z; \quad (3.9)$$

$$F_n = (\rho v)_n \Delta x; \quad (3.10)$$

$$F_s = (\rho v)_s \Delta x, \quad (3.11)$$

Умножим уравнение (3.7) на Φ_P и вычтем из него уравнение (3.6), и получаем (3.12):

$$(\Phi_P - \Phi_P^0) \frac{\rho_P \Delta x \Delta z}{\Delta t} + (J_e - F_e \Phi_P) - (J_w - F_w \Phi_P) + (J_n - F_n \Phi_P) - (J_s - F_s \Phi_P) = (S_c + S_P \Phi_P) \Delta x \Delta z, \quad (3.12)$$

Уравнение (3.12) является дискретным аналогом комбинации уравнений (3.1) и (3.2).

Используем предположение о постоянстве ряда величин на гранях контрольного объема дает, полученный при анализе одномерной задачи, к двумерному случаю, таким образом:

$$(J_e - F_e \Phi_P) = a_e (\Phi_P - \Phi_E), \quad (3.13)$$

$$(J_w - F_w \Phi_P) = a_w (\Phi_W - \Phi_P), \quad (3.14)$$

Где:

$$a_e = D_e A(|P_e|) + [| - F_e, 0|]; \quad (3.15)$$

$$a_w = D_w A(|P_w|) + [| - F_w, 0|], \quad (3.16)$$

Здесь D_e и D_w аналогично с F_e и F_w содержат площадь равную $\Delta y \times 1$ граней e и w . Можем записать конечный вид дискретного аналога, используя выражение для $J_n - F_n \Phi_P$ и $J_s - F_s \Phi_P$. Опираясь на уравнения (3.13) и (3.14), можно сделать вывод, что правило о том, что суммы соседних коэффициентов относительно суммы выполняется.

Если данные поля плотности и скорости удовлетворяют дискретному аналогу уравнению неразрывности, то вывод, который представлен выше, с выводом про уравнение (3.6) будут давать идентичные дискретные аналоги. Но, если данные поля не удовлетворяют вышеназванному уравнению, то оба эти вывода дадут разные уравнений и вытекающие из них решения.

Но когда возможен такой случай, что поля течения не удовлетворяют уравнению неразрывности? Такой случай имеет место быть, только в том случае, когда поле не является действительно заданным, а его рассчитывают с помощью инерционного метода, так же, как и в задах на теплопроводность рассчитывают коэффициент теплопроводности. Приближенные поля течения на промежуточных итерациях могут не удовлетворять уравнению непрерывности, до того, как не достигается окончательная сходимость.

Можем записать окончательный вид двухмерного дискретного аналога в данном виде:

$$\alpha_P \Phi_P = \alpha_E \Phi_E + \alpha_W \Phi_W + \alpha_N \Phi_N + \alpha_S \Phi_S + b, \quad (3.17)$$

где:

$$\alpha_E = D_e A(|P_e|) + [| -F_e, 0 |]; \quad (3.18)$$

$$\alpha_W = D_w A(|P_w|) + [| F_w, 0 |]; \quad (3.19)$$

$$\alpha_N = D_n A(|P_n|) + [| F_n, 0 |]; \quad (3.20)$$

$$\alpha_S = D_s A(|P_s|) + [| F_s, 0 |]; \quad (3.21)$$

$$b = S_c \Delta x \Delta z + \alpha_P^0 \Phi_P^0; \quad (3.22)$$

$$\alpha_P = \alpha_E + \alpha_W + \alpha_N + \alpha_S + \alpha_P^0 - S_P \Delta x \Delta z; \quad (3.23)$$

$$\alpha_P^0 = \frac{\rho_P^0 \Delta x \Delta z}{\Delta t}. \quad (3.24)$$

где ρ_P^0 и Φ_P^0 - известные значения, взятые для времени t

F_w, F_s, F_n и F_e – массовые расходы, определенные уравнениями (3.8-3.11)

Остальные величины являются неизвестными величинами для времени $t + \Delta t$.

Представим проводимости в виде:

$$D_e = \frac{\Gamma_e \Delta z}{(\delta x)_e}; \quad (3.25)$$

$$D_w = \frac{\Gamma_w \Delta z}{(\delta x)_w}; \quad (3.26)$$

$$D_n = \frac{\Gamma_n \Delta x}{(\delta x)_n}; \quad (3.27)$$

$$D_s = \frac{\Gamma_s \Delta x}{(\delta x)_s}; \quad (3.28)$$

Числа Пекле:

$$P_e = \frac{F_e}{D_e}; \quad (3.29)$$

$$P_w = \frac{F_w}{D_w}; \quad (3.30)$$

$$P_n = \frac{F_n}{D_n}; \quad (3.31)$$

$$P_s = \frac{F_s}{D_s}; \quad (3.32)$$

Функция $A(|P|)$ должна соответствовать выбранной схеме. Рекомендуется схема со степенным законом, для которой:

$$A(|P|) = [0, (1 - 0,1|P|)^5], \quad (3.33)$$

Нужно заметить, что смысл коэффициентов из уравнения (3.17) в плане физики остается понятен. Коэффициенты a с соответствующими основаниями: e, w, n, s , учитывают влияние двух процессов: конвекцию и

диффузию, для различных граней контрольного объема, которые зависят от проводимости и массового расхода, обозначенными D и F соответственно.

Член $a_p^0 \Phi_p^0$ характеризует величину Φ по времени t для контрольного объема, отнесенную к шагу по времени. Другие члены можно интерпретировать аналогичным образом.

2.4. Анализ полученных результатов

В программе MATLAB были заданы требуемые параметры, вычисленные с помощью программы WILDGAS.

Было произведено моделирование при изменении двух параметров: скорости и времени, соответственно:

Скорость ветра: 3,5,7,10 м/с

Время после выброса: 10,15,20 с

С помощью математической модели были проведены расчеты по процессам распространения оксида углерода(CO) и диоксида углерода(CO₂). В результате численных расчетов получены распределения концентраций данных компонентов газовой фазы в рассматриваемой области. На Рис. 2.4.1 - 2.4.12 представлены графики распространения угарного газа.

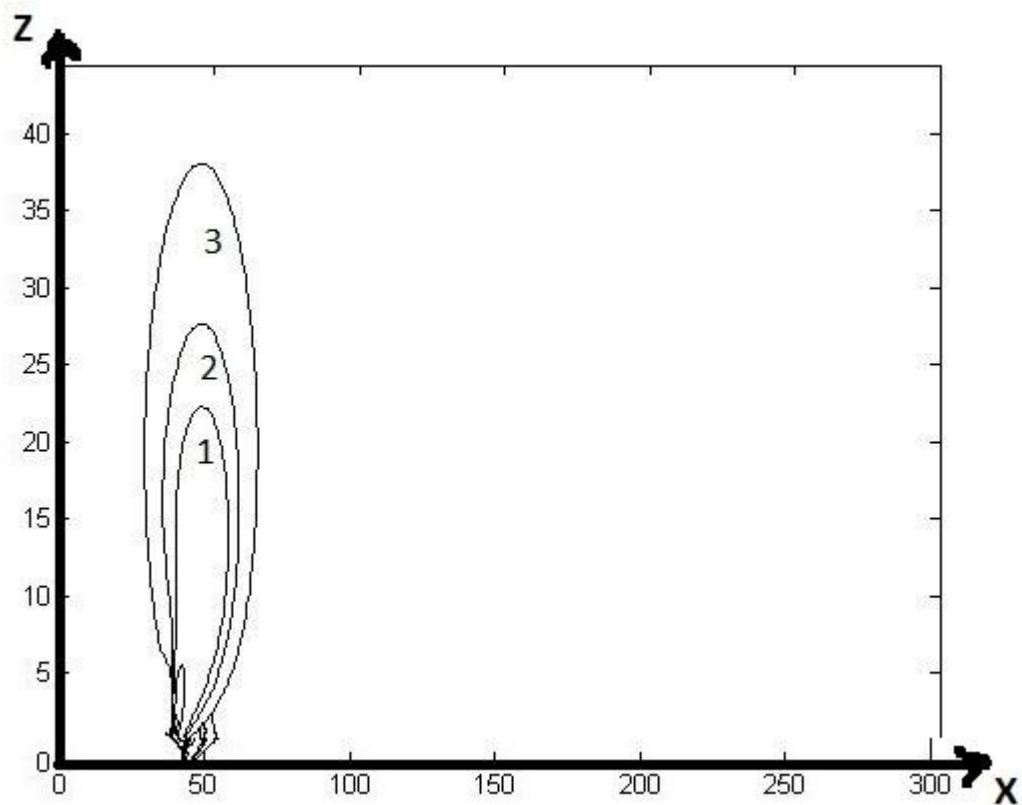


Рисунок 2.4.1- Распределение при скорости 3 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C2$$

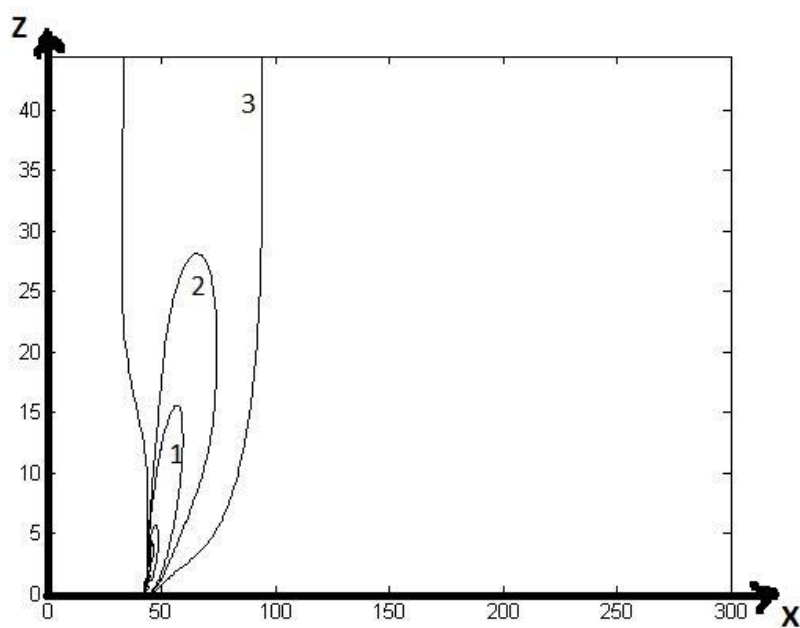


Рисунок 2.4.2- Распределение при скорости 3 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$,

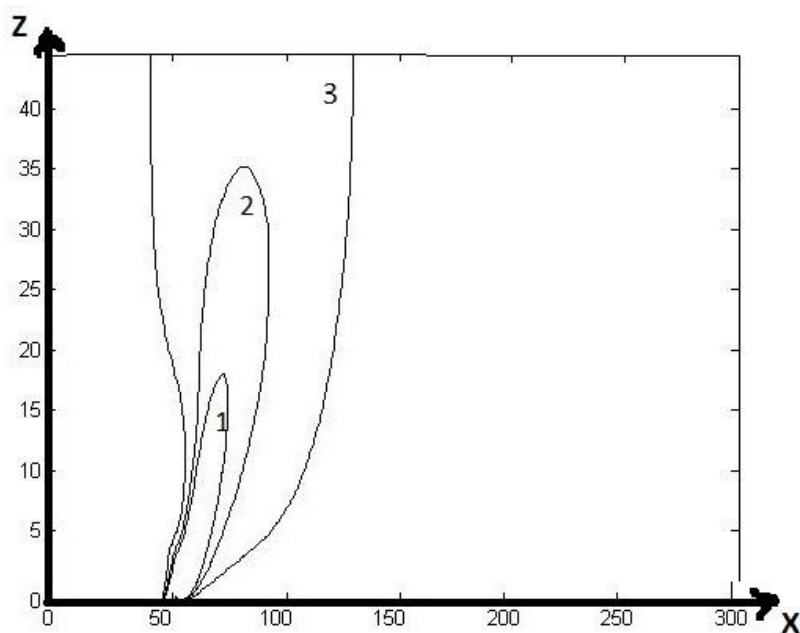


Рисунок 2.4.3- Распределение при скорости 3 м/с спустя 20 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$, $C=C2$

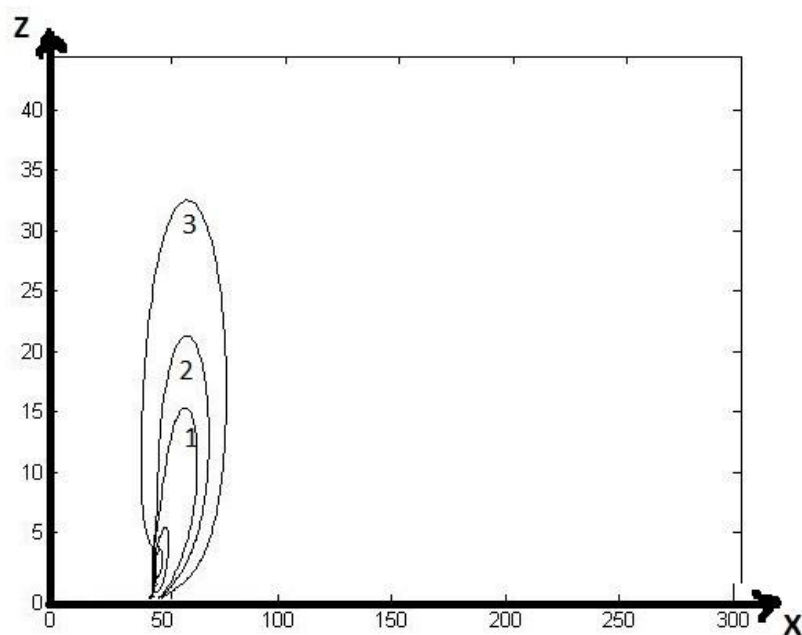


Рисунок 2.4.4- Распределение при скорости 5 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_2$$

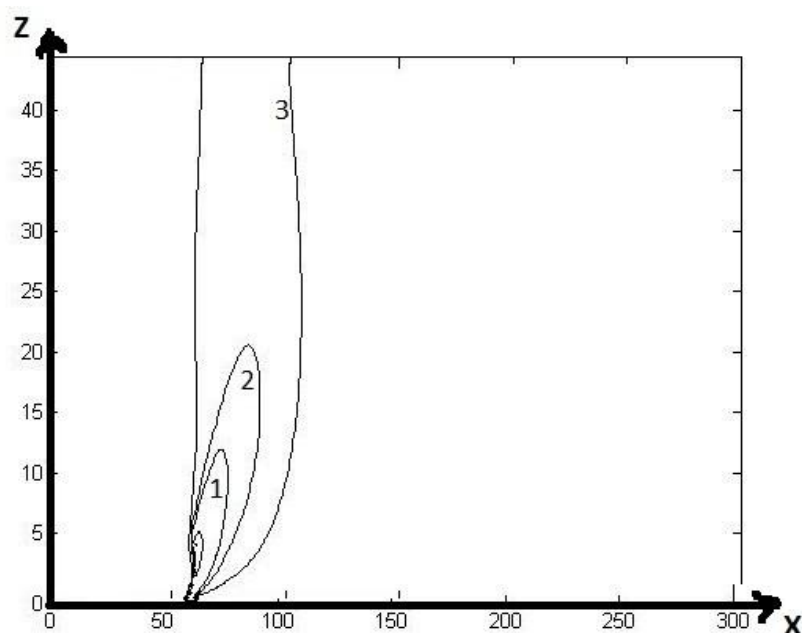


Рисунок 2.4.5- Распределение при скорости 5 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_2$$

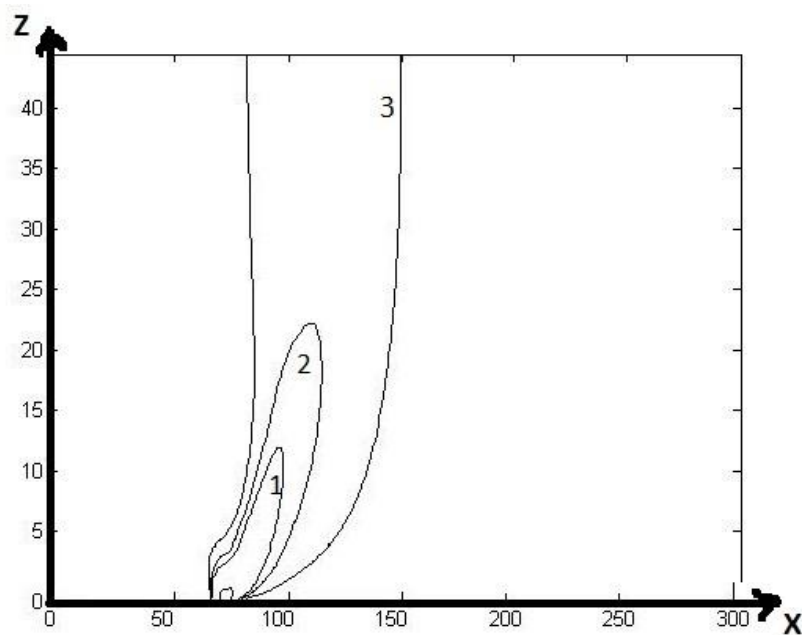


Рисунок 2.4.6- Распределение при скорости 5 м/с спустя 20 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_2$$

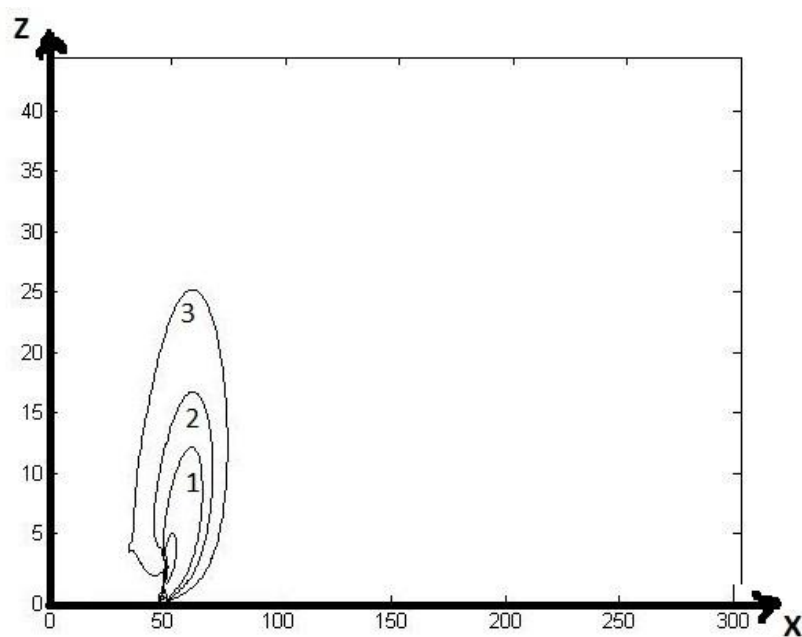


Рисунок 2.4.7-Распределение при скорости 7 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_2$$

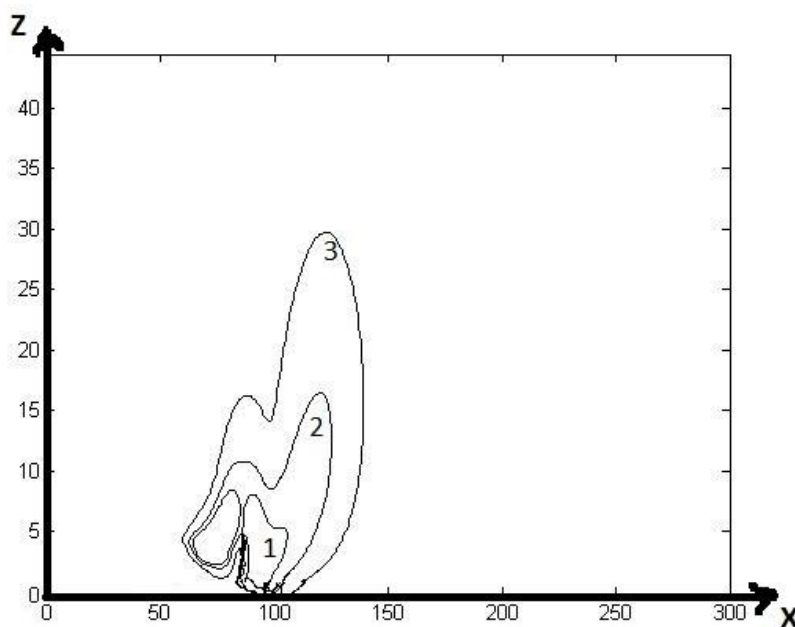


Рисунок 2.4.8- Распределение при скорости 7 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_2$$

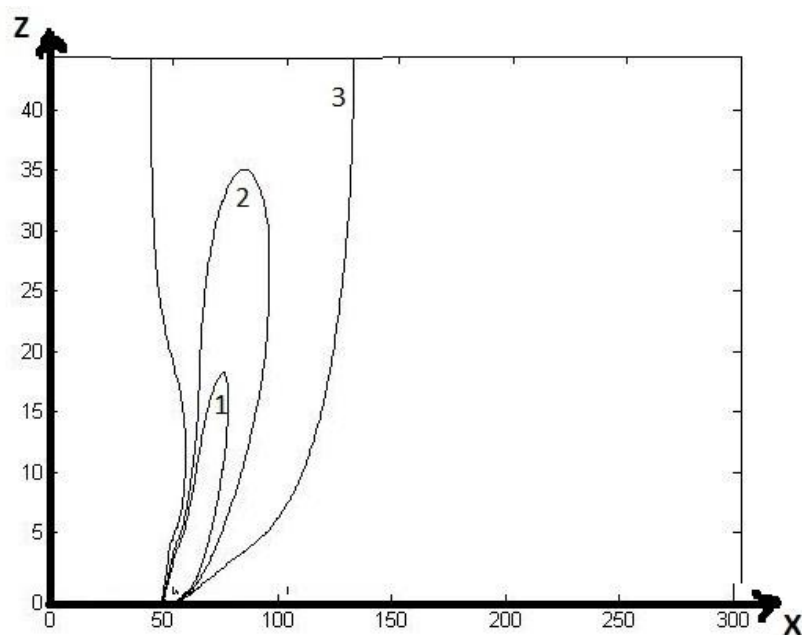


Рисунок 2.4.9- Распределение при скорости 7 м/с спустя 20 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$

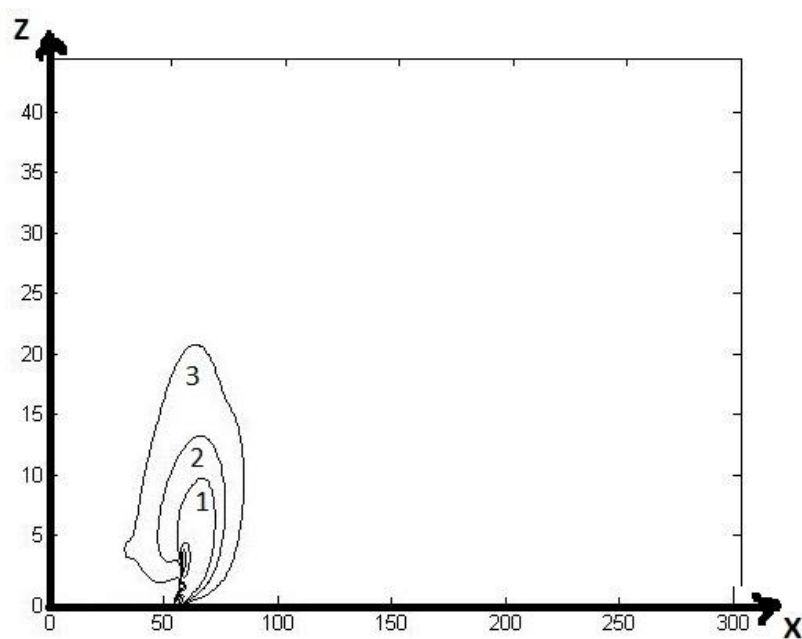


Рисунок 2.4.10- Распределение при скорости 10 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_2$$

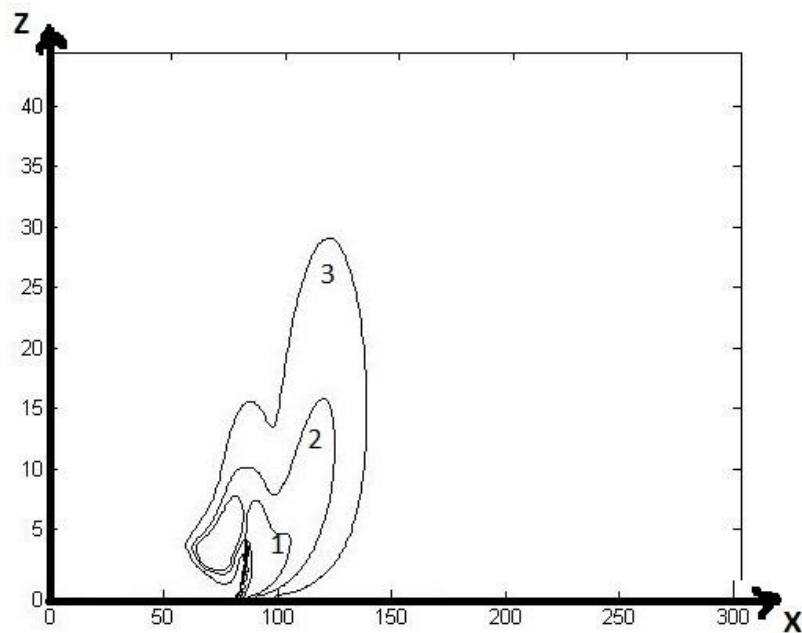


Рисунок 2.4.11- Распределение при скорости 10 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$,

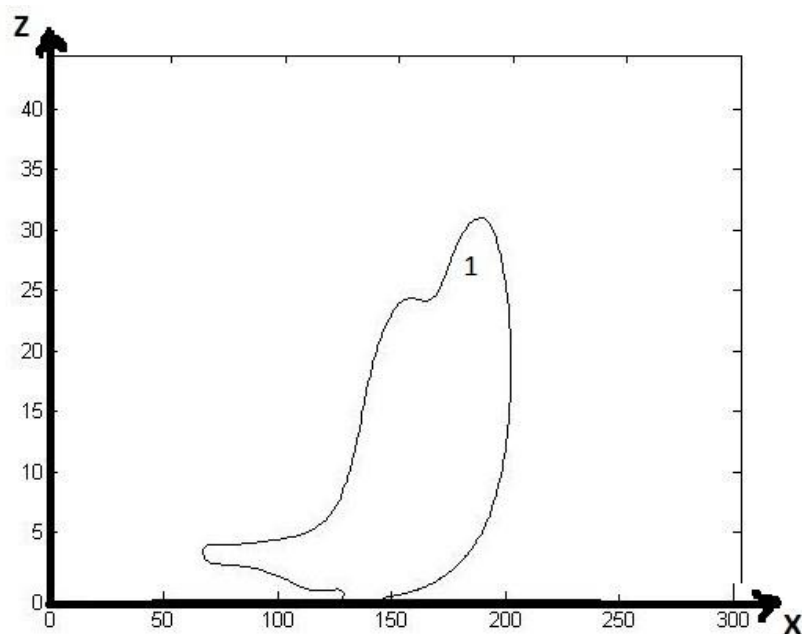


Рисунок 2.4.12- Распределение при скорости 10 м/с спустя 20 секунд.

Рисунки 2.4.13 -2.4.24 являются графическими изображениям по площади распространения углекислого газа.

На этом графике мы можем наблюдать только одну изолинию 1- 0,01; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C3$

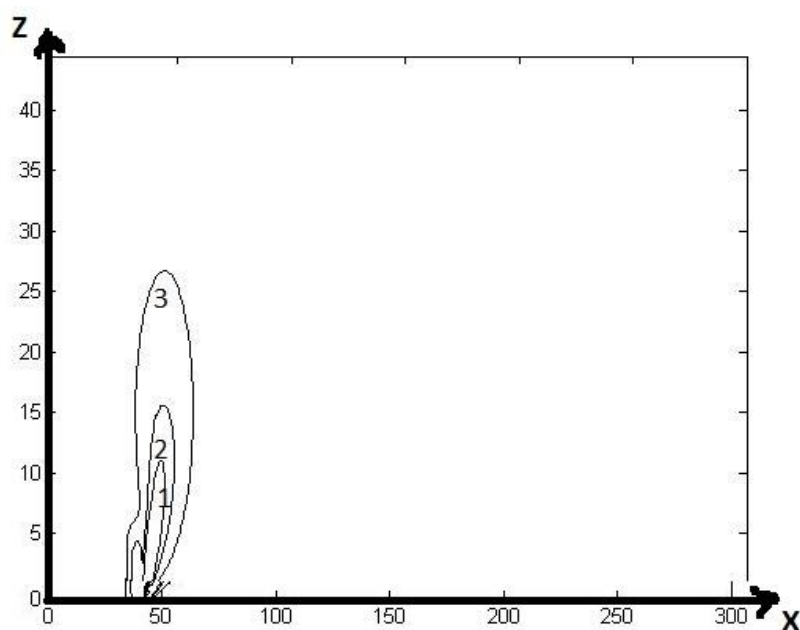


Рисунок 2.4.13- Распределение при скорости 3 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C3$$

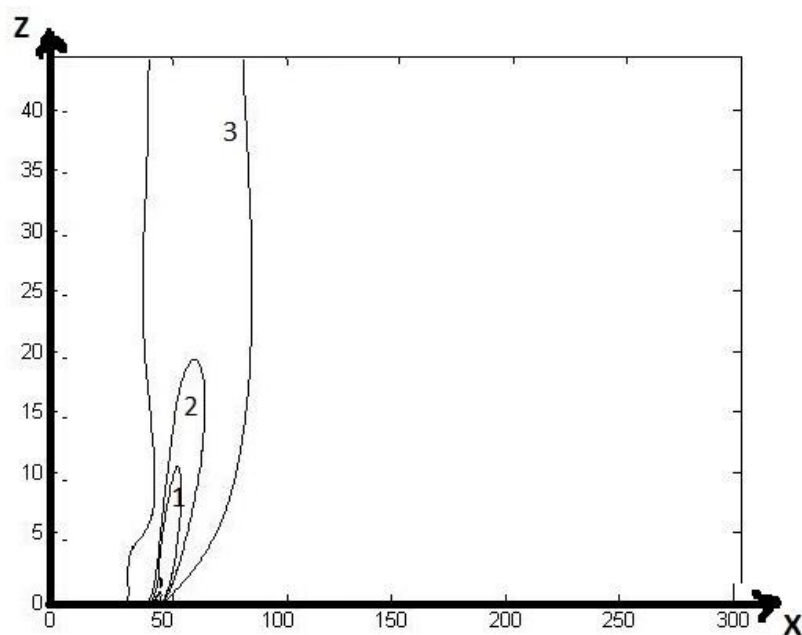


Рисунок 2.4.14- Распределение при скорости 3 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_3$$

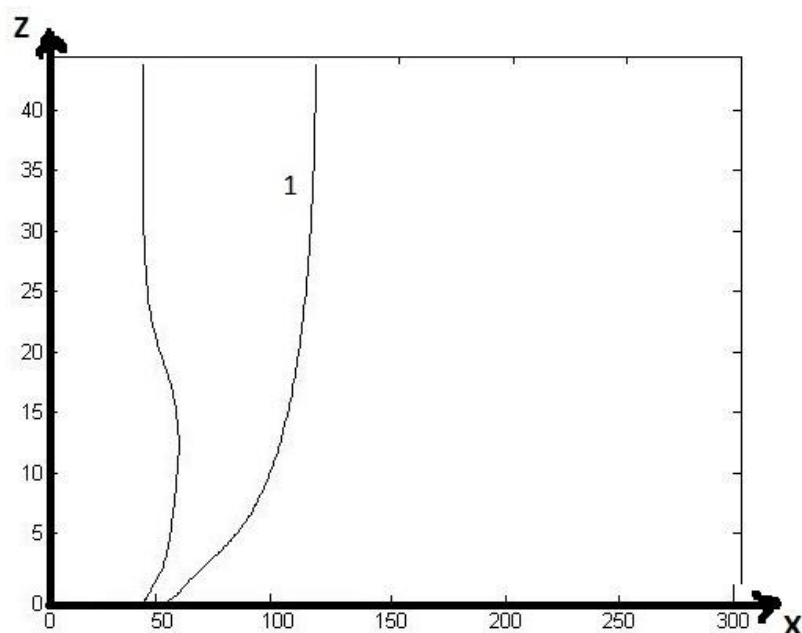


Рисунок 2.4.15- Распределение при скорости 3 м/с спустя 20 секунд.

На этом графике мы можем наблюдать только одну изолинию 1- 0,01; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая

определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$, $C=C_3$

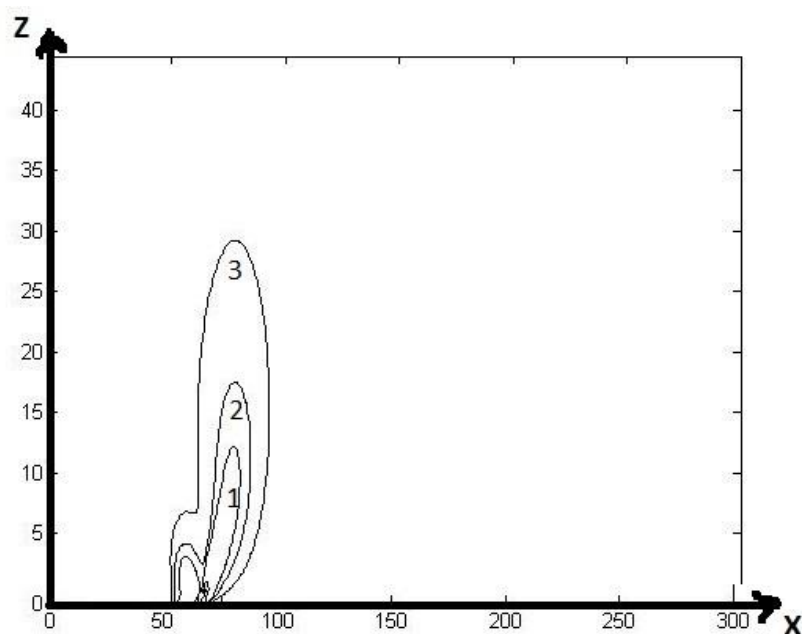


Рисунок 2.4.16- Распределение при скорости 5 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_3$$

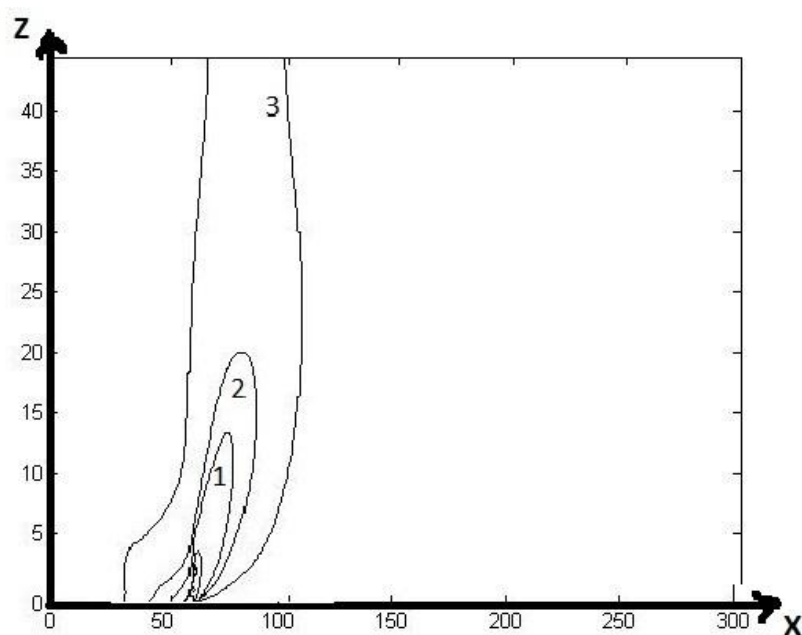


Рисунок 2.4.17- Распределение при скорости 5 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой

концентрации вещества, которая определяется следующим образом, $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$, $C=C3$

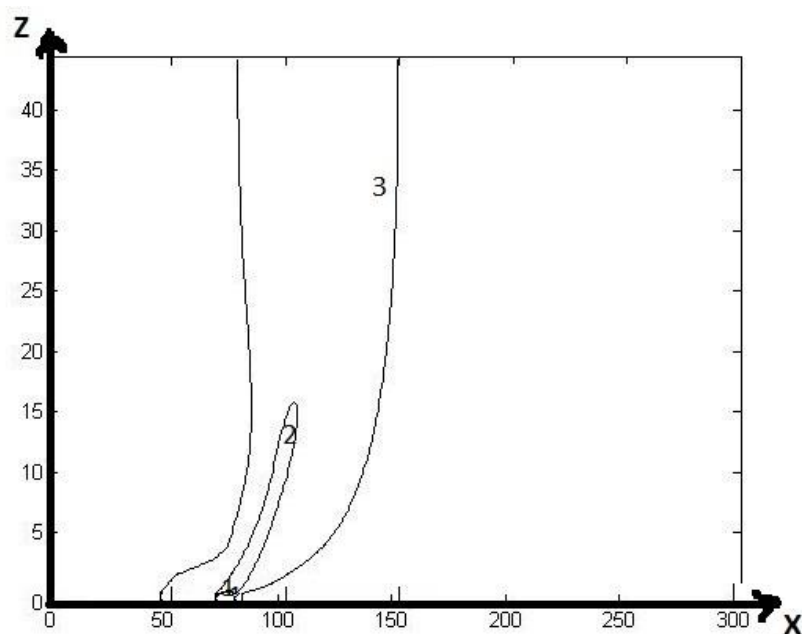


Рисунок 2.4.18- Распределение при скорости 5 м/с спустя 20 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C3$$

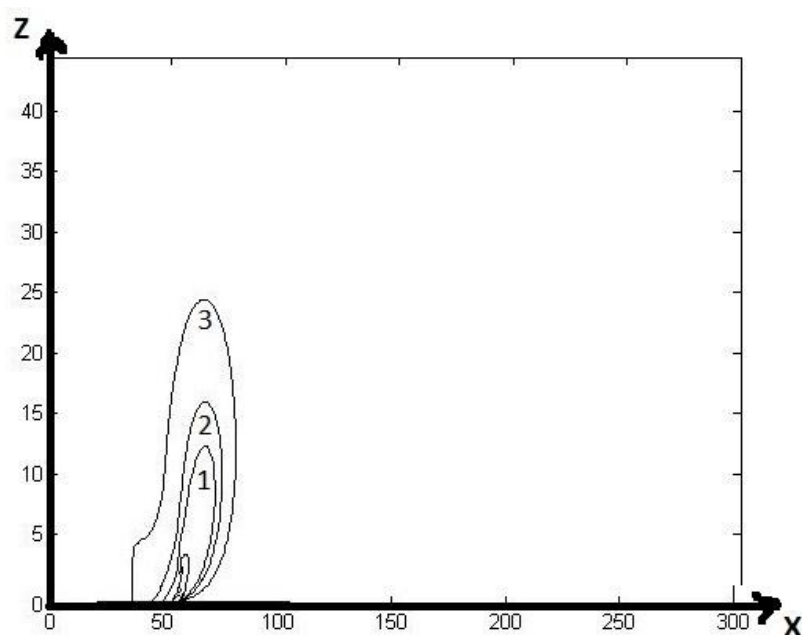


Рисунок 2.4.19- Распределение при скорости 7 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$,

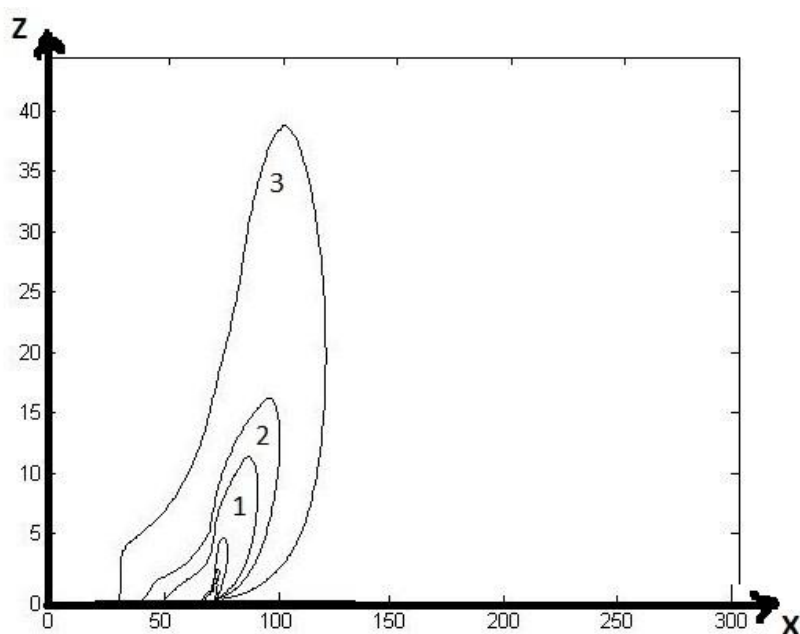


Рисунок 2.4.20- Распределение при скорости 7 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}$,

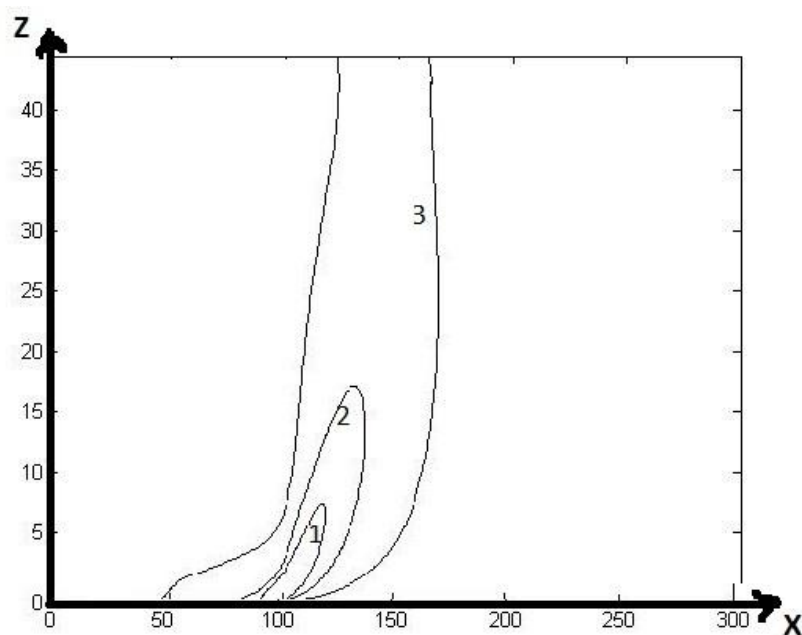


Рисунок 2.4.21- Распределение при скорости 7 м/с спустя 20 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{c}{c_{1e}}$

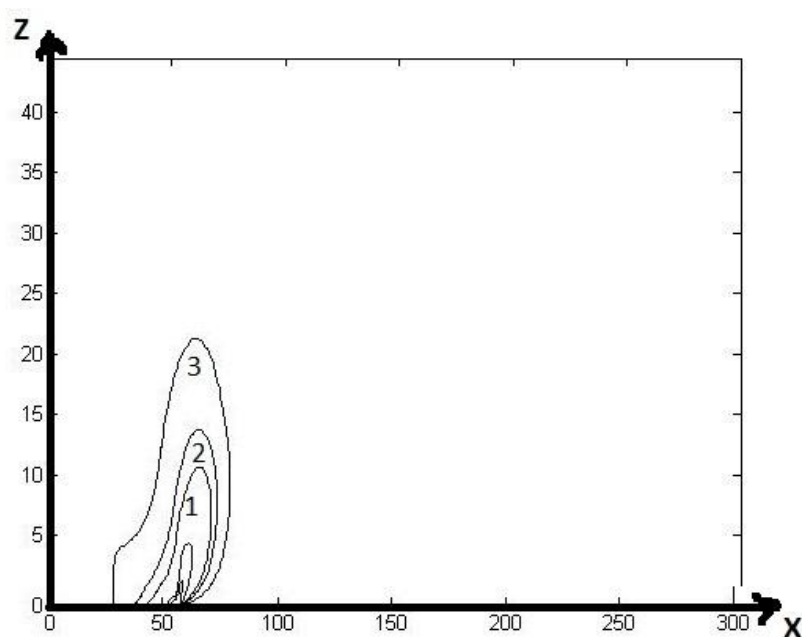


Рисунок 2.4.22- Распределение при скорости 10 м/с спустя 10 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом $\bar{C} = \frac{c}{c_{1e}}$

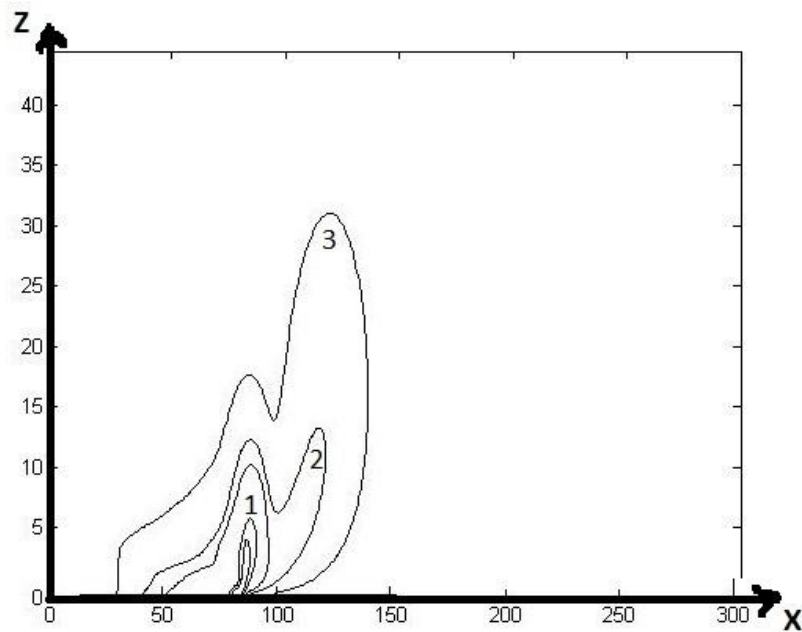


Рисунок 2.4.23- Распределение при скорости 10 м/с спустя 15 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C3$$

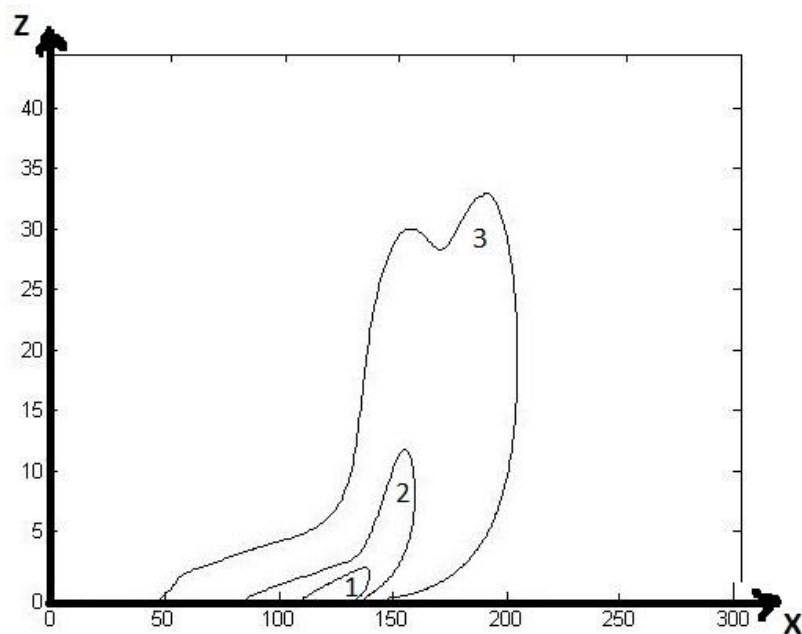


Рисунок 2.4.24- Распределение при скорости 10 м/с спустя 20 секунд.

Числами 1- 0,01; 2- 0,005; 3 – 0,001; обозначены значения массовой концентрации вещества, которая определяется следующим образом

$$\bar{C} = \frac{C}{C_{1e}}, C=C_3$$

Как видно из рисунков, что скорость ветра сильно влияет на площадь распространения в случаях, как и с оксидом, так и с диоксидом углерода. При низком показателе данного параметра (например: 3,5 м/с) большая часть выброса распределяется в вертикальном направлении. А при более высокой скорости, такой как: 7,10 м/с, облако покрывает большую площадь у поверхности земли. Очевидно, что при более длительном времени расчетов продукты горения распространяются на большее расстояние.

3. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения»

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Суть работы заключается в исследовании модели распространения загрязняющих веществ в результате лесного пожара. Исследование в своем роде уникально, на практике позволяет проводить прогнозы потенциально опасных территорий, территорий требующих эвакуации населения или изолирование экосистем, с целью обеспечить безопасность населения этих территорий и систем биогеоценоза.

Исходя из этого, можно выделить потенциальных потребителей результатов исследования, это региональные подразделения МЧС России, нештатные аварийно-спасательные формирования и другие подразделения, связанные с ликвидацией ЧС. На территории Томской области потенциальными потребителями являются главное управление МЧС России по Томской области, пожарные части МЧС России.

Цель исследования – создание рабочей модели, способной показывать потенциально поражённую зону пожара в лесу, и рассчитать экономические затраты подобной разработки.

В ходе исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить потенциальных потребителей результатов исследования;
2. Сделать анализ конкурентных технических решений;
3. Провести SWOT-анализ;
4. Распланировать структуру работы в рамках научного исследования;

5. Определить трудоемкость работ;
6. Разработка графика проведения научного исследования;
7. Рассчитать бюджет научно-технического исследования (НТИ);
8. Выявить эффективность исследования.

3.1.2 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, а также помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы повысить конкурентоспособность исследования.

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₁	Б _{к2}	Б _{к3}	К ₁	К _{к2}	К _{к3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство эксплуатации	0,07	4	4	3	0,28	0,28	0,14
Автоматический расчет уравнений программой	0,08	5	3	2	0,32	0,24	0,24
Простота эксплуатации	0,18	4	2	3	0,72	0,36	0,52
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	3	3	4	0,16	0,16	0,2
Визуальное представление результатов	0,17	2	4	4	0,18	0,3	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,09	5	3	3	0,45	0,24	0,24
Точность	0,14	4	3	2	0,7	0,42	0,56
Финансирование разработки	0,07	4	2	3	0,35	0,21	0,28

Продолжение Таблицы 3.1

Цена лицензии	0,1	3	2	4	0,2	0,15	0,25
Итого	1	34	26	28	3,36	2,36	2,73

K_1 -MatLab; K_2 -Visual Studio; K_3 -Mathcad.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 3,36, в то время как двух других аналогов (Visual Studio и Mathcad) 2,36 и 2,73 соответственно.

Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как простота эксплуатации, точность, финансирование разработки, автоматизация расчётов программы.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

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

В рамках третьего этапа лежит составление итоговой матрицы SWOT-анализа. Результаты учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках исследования.

Таблица 3.2 - SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С₁. Наличие опытного руководителя. С₂. Более низкая стоимость, по сравнению с другими технологиями. С₃. Использование современного оборудования С₄. Представление полученной информации наглядно (графики, формулы, таблицы). С₅. Актуальность программы	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл₁. Отсутствие квалифицированных кадров для работы с программой. Сл₂. Развитие новых технологий. Сл₃. Отсутствие программного обеспечения для работы с программой. Сл₄. Ограниченная область применения продукта. Сл₅. Ограниченные финансовые возможности
Возможности: В₁. Повышение стоимости конкурентных разработок В₂. Появление дополнительного спроса на новый	- В результате низкой стоимости продукт могут позволить себе многие организации - В результате использования современных технологий повысится	- При отсутствии навыков владения программой, результаты будут смазаны или в корне неверны, вследствие чего модель распространения будет отличаться от действительной ситуации.

продукт В₃. Повышение уровня предотвращения экологического загрязнения В₄. Повышение уровня оперативного реагирования спец. служб В₅. Повышение уровня локализации пожаров	скорость локализации экологического загрязнения - При вышеперечисленных возможностях мы добьемся наглядного распространения пожара и более быстрой его локализации	
Угрозы: У₁. Отсутствие навыков персонала пользоваться программой. У₂. Появление конкурентов. У₃. Появление новых технологий. У₄. Отсутствие спроса на программу. У₅. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.	- Спрос программы не будет теряться из за финансовой выгоды моделирования, в сравнении с экспериментальными методами прогнозирования; т.к. подобные методы опасны для экологии и несут колоссальные материальные затраты.	- Проведение обучения сотрудников организаций по работе с программой. - Расширить области применения программы. - Засертифицировать программу.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 3.3 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководитель, студент
	2	Календарное планирование ВКР	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследования	3	Подбор материалов по теме ВКР	Студент
Теоретические исследования	4	Изучение литературы по теме ВКР	Студент
	5	Написание теоретической части ВКР	Студент
	6	Подведение промежуточных итогов	Научный руководитель, студент
	7	Изучение компьютерной программы для практической части ВКР	Научный руководитель, студент
Экспериментальные исследования	8	Моделирование распространения пожара в программном продукте «MatLab»	Студент
	9	Проведение расчетов и обоснований по теме ВКР	Студент
Оценка полученных результатов	10	Анализ полученных результатов	Студент

Продолжение Таблицы 3.3

	11	Подведение итогов	Научный руководитель, студент
	12	Оформление итогового варианта ВКР	Студент

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (3.2.1)$$

где: $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{Pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{Pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3.2.2)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

3.2.3 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (3.2.3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (3.2.4)$$

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

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (таблица 3.4).

Таблица 3.4 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни			
Составление и утверждение темы ВКР	8	12	9,6	Научный руководитель, студент	4,8	7

Продолжение Таблицы 3.4

Календарное планирование ВКР	7	10	8,2	Научный руководитель, студент	4,1	6
Подбор материалов по теме ВКР	7	15	10,2	Студент	10,2	15
Изучение литературы по теме ВКР	10	20	14	Студент	14	21
Написание теоретической части ВКР	7	20	12	Студент	12	18
Подведение промежуточных итогов	5	8	6,2	Научный руководитель, студент	3,1	5
Изучение компьютерной программы для практической части ВКР	10	20	14	Научный руководитель, студент	7	10
Моделирование распространения пожара в программном продукте	10	30	18	Научный руководитель студент	9	13
Проведение расчетов и обоснований по теме ВКР	3	10	5,8	Студент	5,8	9
Анализ полученных результатов	3	7	4,6	Студент	4,6	7
Подведение итогов	3	7	4,6	Научный руководитель, студент	2,4	3
Оформление итогового варианта ВКР	7	10	8,2	Студент	8,2	12

После заполнения таблицы 3.4 строим календарный план-график (табл. 3.5).
При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 3.5 Календарный план-график

№ рабо т	Вид работ	Исполните ли	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрел ь			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение темы ВКР	Рук. студент	7														
2	Календарное планировани е ВКР	Рук, студент	6														
3	Подбор материалов по теме ВКР	Студент	15														
4	Изучение литературы по теме ВКР	Студент	21														
5	Написание теоретическо й части ВКР	Студент	18														
6	Подведение промежуточн ых итогов	Рук, студент	5														
7	Изучение компьютерно й программы	Рук, Студент	10														
8	Моделирова ние распростране ния пожара	Рук, студент	13														
9	Проведение расчетов и обоснований по теме ВКР	Студент	9														
10	Анализ полученных результатов	Студент	7														

Продолжение Таблицы 3.5

[illegible]

— студент;  — руководитель

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$3_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \mathbb{U}_i \cdot N_{\text{pacxi}} \quad (3.3.1)$$

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.);

Ц_і – 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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Для нашего расчета возьмем 15%.

Таблица 3.6 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Бумага	лист	100	160	2	2	230	368
Краска для принтерных картриджей	шт.	1	1	1300	1300	1495	1495
Ручка	шт.	1	1	20	20	23	23
Тетрадь	шт.	1	1	40	40	46	46
Итого:						3726	

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

Стоимость оборудования, используемого при выполнении данной научно-исследовательской работы, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Годовая норма амортизации выражается в процентном соотношении к первичной (восстановительной) стоимости имущества и рассчитывается по формуле:

$$K = (1 : n) * 100\%, \quad (3.3.2)$$

где K – годовая норма амортизации;

n – срок эксплуатации в годах.

При линейном методе начисления амортизации формула расчета представляет:

$$A = C * K / 12, \quad (3.3.3)$$

где A – размер ежемесячных амортизационных отчислений;

C – первичная стоимость имущества;

K – норма амортизации;

Срок эксплуатации оборудования примем 4 года.

Таблица 3.7 – Расчет амортизационных отчислений

№ п/ п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования		Цена единицы оборудования, руб.		Размер ежемесячных амортизационных отчислений руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1.	ПК	1	1	60000	40000	1250	833
Итого:						2083	

3.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зн} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (3.3.4)$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (3.3.5)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (3.3.6)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дни (табл. 3.8)

Таблица 3.8 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (3.3.7)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 3.9 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _{р.раб.} дн.	З _{осн} ,руб.
Руководитель	36800	1,3	71760	3750,27	30	112508,10
Студент	17000	1,3	33150	1732,46	79	136864,34
Итого:						249372,44

3.3.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 8:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (3.3.8)$$

Расчеты сделаны при $k_{\text{доп}}$ равен 0,12.

Таблица 3.10- Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата(руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата(руб.)
Руководитель	112508,10	0,12	13500,97
Студент	136864,34	0,12	16423,72
Итого:			29924,69

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 9:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (3.3.9)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 03.07.2016 №243-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30% (пенсионный фонд

22%, фонд соц. страхования – 2.9%, федеральный фонд медицинского страхования – 5.1%). На основании п. 5 – 9 статьи 427 Налогового кодекса РФ часть 2 от 05.08.2000г. № 117-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году водится пониженная ставка – 20%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (табл. 3.11)

Таблица 3.11 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	112508,10	13500,97
Студент	136864,34	16423,72
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды - 0.2		
Итого – 55859,43		

3.3.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1 – 5}) * k_{\text{нр}} \quad (3.3.10)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. $k_{\text{нр}}=16\%$

Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = (3726 + 2083 + 249372,44 + 29924,69 + 55859,43) * 0,16 = 54554,49 \text{ руб.}$$

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 3.12 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат, %
Материальные затраты НТИ	3726	0,9
Затраты на амортизацию оборудования	2083	0,5
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	249372,44	63,1
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	29924,69	7,6

Продолжение Таблицы 3.12

Отчисления во внебюджетные фонды	55859,43	14,1
Накладные расходы	54554,49	13,8
Бюджет затрат НТИ	395520,05	100%

4.1 Определение эффективности исследования

В ходе исследования была выполнена цель – проектирование и создание конкурентоспособной разработки, заключающиеся в модели распространения загрязняющих веществ в лесном пожаре.

Потенциальные потребители результата исследования на территории Томской области выделены: главное управление МЧС России по Томской области, пожарные части МЧС России и др.

Был проведен анализ конкурентных технических решений, где получен коэффициент исследования конкурентных показателей. Коэффициент находится выше конкурирующих программ (Visual Studio и Mathcad), с чего можно сделать вывод, что исследование базирующиеся на методе моделирования в данной программе – Matlab, является наиболее эффективным.

В процессе исследования проведен SWOT-анализ и выявлены сильные и слабые стороны разработки, а также возможности и угрозы. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Выявленная эффективность исследования, которая имеет больше экологический характер, т.к. последствия ЧС выливаются на жизнедеятельность экосистем и людей, в прилегающих территориях. И если оперативно определить масштабы проблемы, то выполнение работ по ликвидации и локализации ЧС затратят в разы меньшее количество времени и материальных ресурсов, уменьшая экологические последствия на окружающую среду и уменьшая время пребывания ликвидаторов на опасной территории.

4. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы.

Моя работа связана с математическим моделированием, т.е. в основном с работой за персональным компьютером (ПК), который находится в аудитории 8 корпуса ТПУ.

Для рабочих мест, оборудованных компьютерами (ПЭВМ или ПК), разработаны государственные Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (далее - Санитарные правила), которые являются основным документом при эксплуатации ПЭВМ. Точное название этого документа - "СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ". Он утвержден Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 N 118. Санитарные правила действуют на всей территории Российской Федерации и должны применяться как индивидуальными предпринимателями, так и юридическими лицами, которые эксплуатируют ПЭВМ.

4.1 Производственная безопасность

Опасные и вредные факторы, которые постоянно или периодически действуют на работающего на ПЭВМ представлены в Таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Опасные и вредные факторы при работе на ПЭВМ

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	

Продолжение Таблицы 4.1

Работа за ПЭВМ: 1. рабочее место; 2. кондиционер ы и различные печатающие устройства; 3. искусственно е освещение; 4. выполнение должностных обязанностей.	1. показатели микроклимата; 2. уровней шума; 3. освещенность рабочей зоны; 4. напряженность трудового процесса.	2. электрический ток.	Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548- 96. Параметры шума устанавливаются СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. Параметры освещенности рабочей зоны устанавливаются СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.
--	--	-----------------------------	--

Обоснование допустимых норм вредных и опасных факторов на работающего на ПЭВМ и рекомендации по уменьшению воздействия вредных и опасных факторов.

4.1.1 Микроклимат

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

На рабочем месте пользователей должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата. На работах, производимых сидя и не требующих физического напряжения, температура воздуха должна быть в холодный период года от 22 до 24 °С, теплый период года — от 23 до 25 °С. Относительная влажность воздуха на постоянных рабочих местах должна составлять 40-60%, скорость движения воздуха должна быть 0,1 м/с. Для

повышения влажности воздуха в помещениях следует применять увлажнители воздуха.

4.1.2 Освещение

Правильное освещение рабочих мест играет чрезвычайно важную роль, так как при правильной организации оно повышает производительность труда, способствует уменьшению зрительного утомления и улучшению функционального состояния организма, обеспечивает благоприятную санитарную обстановку труда и благоустройство рабочих помещений.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования — 10:1.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Для исключения бликов отражений в экране светильников общего освещения рабочий стол с ПК следует размещать между рядами светильников. При этом светильники должны быть расположены параллельно горизонтальной линии взгляда работающего. Для уменьшения бликов рекомендуется использовать приэкранный защитный фильтр для видеомониторов.

При рядном размещении рабочих столов не допускается расположение экранов дисплеев навстречу друг другу из-за их взаимного отражения, в противном случае между столами следует устанавливать перегородки.

4.1.3 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока (ГОСТ 12.1.009-82 ССБТ).

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 кабинет №403 относится к помещению без повышенной опасности поражения людей электрическим током.

На рабочем месте пользователя размещены системный блок клавиатура и монитор. При включении монитора на электронно-лучевой трубке формируется большое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками, прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии.

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

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы ПК на корпусах клавиатур, монитора и системного, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Эти разряды неопасны для человека, но могут привести к нарушению работы компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, общее и местное увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

4.1.4 Шум и мероприятия по уменьшению его воздействия.

Основные источники шума являются производственное оборудование. Допустимый уровень шума на рабочих местах приведен в СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

На человека в зале с ПК воздействует шум. Источниками шума являются кондиционеры и различные печатающие устройства. Печатающее оборудование, являющееся источником шума, следует устанавливать на звукопоглощающей поверхности автономного рабочего места пользователя. Если уровни шума от печатающего оборудования превышают нормируемые, оно должно быть расположено вне помещения с ПК. Помещения для выполнения основной работы с ПК не должны быть расположены рядом (смежно) с производственными помещениями с повышенным уровнем шума (мастерские, производственные цеха и т. п.).

При выполнении основной работы на мониторах и ПЭВМ (диспетчерские, операторские, залы вычислительной техники и т. д.), где работают инженерно-технические работники, уровень шума не должен превышать 60 дБА, в помещениях операторов ЭВМ (без дисплеев) — 65 дБА, на рабочих местах в помещениях, где размещаются шумные агрегаты вычислительных машин — 75 дБА.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы.

Для предупреждения преждевременной утомляемости у работающих с ВДТ и ПЭВМ, зрительного дискомфорта и других неблагоприятных субъективных ощущений, несмотря на соблюдение санитарно-гигиенических, эргономических требований, режимов труда и отдыха следует применять индивидуальный подход в ограничении времени работ с ВДТ и ПЭВМ, коррекцию длительности перерывов для отдыха или проводить смену деятельности на другую, не связанную с использованием ВДТ и ПЭВМ.

В случаях, когда характер работы требует постоянного взаимодействия с ВДТ (набор текстов или ввод данных и т. п.) и связан с напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не

связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения развития позотонического утомления целесообразно выполнять комплексы упражнений. Работающим на ВДТ и ПЭВМ с высоким уровнем напряженности во время регламентированных перерывов и в конце рабочего дня показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях (комната психологической разгрузки).

В соответствии с Перечнем вредных и (или) опасных производственных факторов, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), утвержденным приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 августа 2004 г. и СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03 “Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы”, обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры должны проходить лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), которые должны проводиться за счет работодателя. К работе с ПЭВМ (ПК) допускаются лица, не имеющие медицинских противопоказаний.

В соответствии с требованиями приказа Минздравмедпрома РФ “О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии” от 14 марта 1996 г. № 90 периодические медицинские осмотры пользователей ПЭВМ должны проводиться ежегодно.

Женщины со времени установления беременности должны переводиться на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них должно ограничиваться время работы с ПЭВМ (не более 3 часов за рабочую смену)

при условии соблюдения гигиенических требований, установленных СанПиН 2.2.2/2.4-1340-03 “Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы”.

4.2 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В компьютерах, как и в другом электронном оборудовании, содержатся компоненты, которые в природных условиях превращаются в токсичные вещества, опасные не только для человека. Это органические составляющие – такие, как пластик различных видов, материалы на основе поливинилхлорида, фенолформальдегида, как и почти полный набор металлов, среди которых свинец, сурьма, ртуть, кадмий, мышьяк.

Пользователь ПК, выбрасывает отслужившие детали компьютера на помойку. Компоненты компьютера после попадания в почву начинают гнить, при этом выделяют ядовитые газы, которые усугубляют общий объём загрязнения окружающей среды, поэтому компьютеры надо утилизировать. Для этого потребуется помощь специализированных компаний, которые все сделают правильно, поэтапно, согласно требований законодательства.

Утилизация ПЭВМ проходит в несколько этапов:

Первый этап всегда производится вручную. Это – удаление всех опасных компонентов. В современных настольных ПК и принтерах таких компонентов практически нет. Но переработке подвергаются, как правило, компьютеры и техника, выпущенные в конце 90-х - самом начале 2000-х годов, когда плоских жидкокристаллических мониторов просто не существовало. А в кинескопных мониторах содержится немало соединений

свинца. Другая категория продукции, содержащая опасные элементы, – ноутбуки. В аккумуляторах и экранах устаревших моделей имеется определенное количество ртути, которая также очень опасна для организма. Важно отметить, что в новых моделях ноутбуков от этих вредоносных компонентов избавились.

Затем удаляются все крупные пластиковые части. В большинстве случаев эта операция также осуществляется вручную. Пластик сортируется в зависимости от типа и измельчается для того, чтобы в дальнейшем его можно было использовать повторно. Оставшиеся после разборки части отправляют в большой измельчитель-шредер, и все дальнейшие операции автоматизированы. Во многом технологии переработки позаимствованы из горного дела – примерно таким же способом извлекают ценные металлы из породы.

Измельченные в гранулы остатки компьютеров подвергаются сортировке. Сначала с помощью магнитов извлекаются все железные части. Затем приступают к выделению цветных металлов, которых в ПК значительно больше. Алюминий добывают из лома посредством электролиза. В сухом остатке получается смесь пластика и меди. Медь выделяют способом флотации – гранулы помещают в специальную жидкость, пластик всплывает, а медь остается на дне. Сама эта жидкость не ядовита, однако, рабочие на заводе используют защиту органов дыхания – чтобы не вдыхать пыль.

Одним словом, только специализированные компании могут на качественном уровне соблюсти все выше обозначенные условия.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары.

Пожарная безопасность — состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Пожарная безопасность обеспечивается системой пожарной защиты и системой предотвращения пожара. Во всех служебных зданиях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения пожара и указывающий места расположения пожарной техники.

Пожары в офисных помещениях с ПК представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Характерная особенность кабинета с ПК — небольшие площади помещений. Как известно, пожар может возникнуть при взаимодействии источника зажигания, окислителя и горючих веществ. В зданиях с компьютерами присутствуют все три основных фактора, необходимых для возникновения пожара.

Горючими компонентами в компьютерном классе являются: строительные материалы для эстетической и акустической отделки зданий, изоляция кабелей, двери, перегородки, полы, перфоленты и перфокарты и др.

Источниками зажигания в компьютерном классе могут быть приборы, применяемые для технического обслуживания, электрические схемы от ЭВМ, устройства кондиционирования воздуха и электропитания, где в результате разных нарушений создаются перегретые элементы, дуги и электрические искры, которые могут вызвать загорания горючих материалов. В современных ПК достаточно высокая плотность размещения элементов электронных схем. Близко друг к друга располагаются соединительные кабели и провода. При протекании по ним электрического тока выделяется достаточное количество теплоты. При этом возможно оплавление изоляции. Для отвода избыточной теплоты от ПК служат системы кондиционирования

воздуха и вентиляции. Эти системы представляют собой дополнительную пожарную опасность при постоянном действии.

Для большинства зданий с компьютерным классом установлена категория пожарной опасности В (трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна)). в соответствии с НПБ 105-2003.

В помещении должны находиться углекислотный огнетушитель для тушения пожара и аптечка первой медицинской помощи.

Одна из наиболее важных задач пожарной защиты — защита строительных зданий от разрушений и обеспечение их достаточной прочности в условиях воздействия высоких температур при пожаре. Учитывая категорию его пожарной опасности, а также высокую стоимость электронного оборудования компьютерного класса, здания для компьютерных классов и части здания другого назначения, в которых предусмотрено размещение ПК, должны быть первой и второй степени огнестойкости. Для изготовления строительных конструкций используются, чаще всего, металл, кирпич, стекло, железобетон и другие негорючие материалы. Применение дерева должно быть ограничено, а в случае использования необходимо пропитывать его огнезащитными составами

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1. В данном пункте будут рассмотрены специальные трудовые нормы трудового законодательства и особенности трудового законодательства применительно к конкретным условиям моего проекта.

4.1.1. Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.

4.1.2. Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны

быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

4.1.3. Не допускается размещение мест пользователей ПЭВМ во всех образовательных и культурно-развлекательных учреждениях для детей и подростков в цокольных и подвальных помещениях.

4.1.4. Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

4.2. В данном пункте будут рассмотрены организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

4.2.1. Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

4.2.2. Полимерные материалы используются для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ при наличии санитарно-эпидемиологического заключения.

4.2.3. Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, следует использовать диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка - 0,7 - 0,8; для стен - 0,5 - 0,6; для пола - 0,3 - 0,5.

Заключение

Таким образом, применение данной математической модели позволяет описать процессы распространения загрязняющих веществ, выделяющихся в приземный слой атмосферы от лесных пожаров в зависимости от скорости ветра и времени действия очагов лесных пожаров. На основе метода контрольных объемов разработана методика численного решения поставленной задачи; получены результаты расчетов и проведен анализ полученных данных.

Список литературы:

1. Матвеев П.М., Матвеев А.М. Лесная пирология: Учебное пособие для студентов специальности 260400 всех форм обучения. – Красноярск: Сиб ГТУ, 2002
2. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования. – Херсон: Гринь Д.С., 2011. – 470 с.
3. Пахучий, В. В. Лесная пирология : учебное пособие / В. В. Пахучий, В. А. Дробахин ; Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар: СЛИ, 2013. – 60 с.
4. Маркизова Н.Ф., Преображенская Т.Н., В. А. Башарин, А. Н. Гребенюк. Токсичные компоненты пожаров Серия «Токсикология для врачей». – СПб: «ООО Издательство ФОЛИАНТ», 2008. — 208 с.
5. Федеральное агентство лесного хозяйства. Всероссийский научно-исследовательский Институт Лесоводства и Механизации лесного хозяйства. Электронный ресурс <http://www.vniilm.ru/index.php/ru/>
6. Малахов С. Г., Махонько Э. П. Выброс токсичных металлов в атмосферу и их накопление в поверхностном слое земли. Успехи химии, 1990. Т. 59, вып. 11. С. 1777—1798.
7. Против пожара. Энциклопедия пожарной безопасности. Электронный ресурс <http://protivpozhara.ru/>
8. Смирнов А.П., Мельников Е.С. Лесная пирология: Учебное пособие. СПб: СПб ГЛТА, 2006. 60 с.
9. Б.Л. Щербов, Е.В. Лазарева, И.С. Журкова. Лесные пожары и их последствия (на примере сибирских объектов)
10. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. – М., 1962. – 154 с.
11. Червонный М.Г. Охрана лесов. – М., 1981. – 240 с
12. Первый лесопромышленный портал. Архив «Российской лесной газеты». Электронный ресурс <http://www.wood.ru/ru/lesgazeta.html>

13. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Электронный ресурс <http://www.mchs.gov.ru>

14. Википедия. Свободная энциклопедия <https://ru.wikipedia.org>

15. Всемирная Организация Здравоохранения. Электронный ресурс <http://www.who.int/mediacentre/>

16. Щербов Б.Л. Лесные пожары как геохимическая угроза. Человек и среда

17. Андреев, Ю.А. Антропогенная пожарная опасность в лесах бассейна озера Байкал и пути ее снижения Текст. / Ю. А. Андреев, Г. Ф. Ларченко // Лесные пожары и борьба с ними. Красноярск: ВНИИПОМлесхоз, 1991. - С. 230-238.

18. Арцыбашев, Е.С. Лесные пожары и борьба с ними Текст. / Е.С. Арцыбашев. М.: 1974. - 152 с.

19. Валендик, Э. Я. Об интенсивности лесного пожара Текст. / Э. Я. Валендик, Р. В. Исаков // Прогнозирование лесных пожаров/ ИЛид СО АН СССР. — Красноярск, 1978. — С. 36—42.

20. Воробьев, Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы Текст. / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов; Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева // МЧС России.- М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004.- 312 с.

21. Гришин, А. М. Математические модели лесных пожаров Текст. / А.М. Гришин. — Томск: Изд-во Томского ун-та, 1981. — 278 с.

22. Доррер, Г. А. Математические модели лесных пожаров: основные понятия, классификация, требования Текст. / Г. А. Доррер, Н. П.

23. Курбатский // Прогнозирование лесных пожаров/ ИЛид СО АН СССР. — Красноярск, 1978. — С. 5—26.

24. Лесная энциклопедия. Электронный ресурс <http://forest.geoman.ru/forest/>

25. Федеральный закон от 4 мая 1999 г. N 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха"

26. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Электронный ресурс <http://www.mnr.gov.ru/>
27. Федеральное агентство лесного хозяйства. Электронный ресурс <http://www.rosleshoz.gov.ru/>
28. Федеральная служба государственной статистики. Электронный ресурс http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/
29. Филов В.А. (ред.) Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп. Справочник. - Л.: Химия, 1988. - 512 с.
30. А.М. Гришин, А.А. Долгов, А.Ф. Цимбалюк. Редактор: М. Ю. Булышко. Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров. Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. Введен в действие приказом Госкомэкологии России № 90 от 5 марта 1997 г.
31. Росгидромет. Электронный ресурс <http://www.meteorf.ru/>
32. Гринпис России. Электронный ресурс <http://www.greenpeace.org/russia/ru/>
33. Приложение 38 к приказу Министра охраны окружающей среды № 298 от 29 ноября 2010 г.
34. Волкова Р.А., Кузьмин Р.Н., Кулешов А.А., Мышецкая Е.Е., Савенкова Н.П., Тишкин В.Ф. Математическое моделирование лесных пожаров. - М., 2010. С. 56.
35. Воробьев Ю. Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы/ Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов; Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева; МЧС России. - М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. - 312 с.
36. Мелехов И.С. Лесоводство. Учебник. – М: МГУЛ, 2003. – 302 с.

37. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. – М.: Наука, 1962.
38. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978.
39. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости: - М.: Энергоатомиздат, 1984.-152с.
40. Патанкар С.В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течение в каналах: - М.: Издательство МЭИ, 2003. – 312 с.
41. Vladimir Agranat, Valeriy Perminov, Multiphase CFD Model of Wildland Fire Initiation and Spread // Proceedings for the 5th International Fire Behavior and Fuels Conference, April 11-15, 2016, Portland, Oregon, USA, Published by the International Association of Wildland Fire, Missoula, Montana, USA.
42. Белокопытов В.Н. Безопасность работы с ПЭВМ и копировально-множительной техникой – Смоленск, 2007.-155 с.