

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

Институт – Энергетический
Направление подготовки – Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра – Теоретической и промышленной теплотехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Математическое моделирование теплопереноса в слоистой структуре кожного покрова при воздействии излучения от лесного пожара с учетом испарения клеточной влаги
УДК 616-001.17:611.77:536.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ5В	Попцов Николай Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Барановский Николай Викторович	к.ф-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Теоретической и промышленной теплотехники	Кузнецов Г.В.	д.ф-м.н.		

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

Институт Энергетический
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
_____ Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группы	ФИО
5БМ5В	Попцову Николаю Андреевичу

Тема работы:

Математическое моделирование теплопереноса в слоистой структуре кожного покрова при воздействии излучения от лесного пожара с учетом испарения клеточной влаги

Утверждена приказом ректора (номер, дата)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объектом исследования является элемент кожного покрова человека. Кожа имеет слоистую структуру, поэтому рассмотрению подлежит модель с эффективными теплофизическими характеристиками. Предмет исследования – теплоперенос в слоистой структуре кожного покрова при тепловом воздействии от фронта лесного пожара. Исходные данные – теплофизические характеристики кожного покрова.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературы по тематике исследования. Формулировка физической и математической моделей теплового воздействия на кожные покровы человека. Анализ результатов математического моделирования. Сравнительный анализ с результатами экспериментов или других авторов. Формулировка выводов по результатам численного исследования.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Попова Светлана Николаевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Василевский Михаил Викторович</p>
<p>Раздел на немецком языке</p>	<p>Костомаров Петр Иванович</p>

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
<p>Введение</p>
<p>Современное состояние области исследования</p>
<p>Заключение</p>
<p>Список используемой литературы</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Барановский Николай Викторович</p>	<p>к.ф.-м.н</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5БМ5В</p>	<p>Попцов Николай Андреевич</p>		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
магистра по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и
теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	Универсальные компетенции	
P1	Использовать представления о методологических основах научного познания и творчества, анализировать, синтезировать и критически оценивать знания	Требования ФГОС (ОК-8, 9; ПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3; ПК-8, 24), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации, осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки	Требования ФГОС (ОК-4, 5; ПК-3, 16, 17, 25, 27, 28, 32), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
	Профессиональные компетенции	
P6	Использовать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и применения инновационных технологий в теплоэнергетике	Требования ФГОС (ПК-1, 5), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P7	Применять глубокие знания в области современных технологий теплоэнергетического производства для постановки и решения задач инженерного анализа, связанных с созданием и эксплуатацией теплотехнического и теплотехнологического оборудования и	Требования ФГОС (ПК-2, 7, 11, 18 – 20, 29, 31), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	установок, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов теплоэнергетики	
P8	Разрабатывать и планировать к разработке технологические процессы, проектировать и использовать новое теплотехнологическое оборудование и теплотехнические установки, в том числе с применением компьютерных и информационных технологий	Требования ФГОС (ПК-9, 10, 12 – 15, 30), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Использовать современные достижения науки и передовой технологии в теоретических и экспериментальных научных исследованиях, интерпретировать и представлять их результаты, давать практические рекомендации по внедрению в производство	Требования ФГОС (ПК-6, 22 – 24), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Применять методы и средства автоматизированных систем управления производства, обеспечить его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на теплоэнергетическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-21, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Готовность к педагогической деятельности в области профессиональной подготовки	Требования ФГОС (ПК-32), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ5В	Попцову Николаю Андреевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Тепломассообменные процессы и установки

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования. Приблизительная стоимость ресурсов научного исследования, в том числе научно-технического оборудования, составляет 847862,77 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Рассчитать социальные отчисления по упрощенной схеме (27% от суммы заработной и дополнительной платы)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Технико-экономическое обоснование НИР
2. Разработка устава научно-технического проекта	Не разрабатывается
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение этапов работы, трудоемкости работы, составление план-графика, сметы затрат, расчет нарастания технической готовности работ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка научно-технического уровня НИР.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ5В	Попцов Николай Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ5В	Попцову Николаю Андреевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Тепломассообменные процессы и установки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Математическое моделирование теплопереноса в слоистой структуре кожного покрова при воздействии излучения от лесного пожара с учетом испарения клеточной влаги. Объектом исследования является элемент кожного покрова человека на который действует лучистый тепловой поток от фронта лесного пожара. Кожа имеет слоистую структуру, поэтому рассмотрению подлежит трехслойная модель. Предмет исследования–теплоперенос в слоистой структуре кожного покрова при воздействии высокоинтенсивного нагрева. Исходные данные–теплофизические характеристики кожного покрова. На основе таких математических моделей могут быть разработаны медицинские информационные системы нового поколения. Опасными факторами лесных пожаров по механизму воздействия на организм человека являются: физико–химические, психофизические и биологические. Пожар оказывает существенное влияние на окружающую среду, загрязняя ее продуктами сгорания, несгоревшими горючими веществами.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Производственная безопасность</p>	<p>В лаборатории на работников влияют различные факторы, а именно: психофизические (зрительное напряжение, монотонность труда), физические (недостаточная освещенность, несоответствие микроклимата в помещении, повышенный уровень электромагнитных излучений), химические и биологические. Действие всех этих факторов негативно сказывается на здоровье работников лаборатории.</p> <p>При работе в лаборатории необходимо рассмотреть действие следующих опасных факторов: возможность поражения электрическим током и возникновение пожара в рабочей зоне, источником пожара могут быть незащищенные и неизолированные электропровода, не заземленное оборудование, неисправности розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. 2. ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная безопасность. Общие требования. 3. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. 4. ГОСТ 12.1.019–79. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. 5. ГОСТ 12.3.032–78. Рабочее место при выполнении работ сидя. 6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Естественное и искусственное освещение. 7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. 8. СанПиН 2.2.4.548–96. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 9. СНиП 23–05–95. Естественное и искусственное освещение.
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>При тушении лесного пожара вода, соприкасаясь с раскаленными веществами, превращается в пар. Как пар, так и вода насыщаются при этом отравляющими веществами. Пар попадает в атмосферу и участвует в круговороте веществ между океаном и сушей, выпадая на землю в виде осадков, а именно, кислотных дождей и</p>

	<p>снега.</p> <p>Процесс горения пожара сопровождается не только выбросом в атмосферу раскаленных продуктов сгорания и тепловым излучением, но и потреблением больших объемов воздуха.</p> <p>К наиболее опасным веществам выделяющимся в процессе горения пожара относятся оксид углерода (угарный газ), углекислый газ, хлористый водород, синильная и уксусная кислота и другие вещества. Все токсичные вещества присутствующие в воздухе в количествах, в несколько раз превышающих допустимые нормативы качества атмосферы, что приводит к отравлению людей.</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>В лаборатории возможно возникновение возгорания или взрывов вследствие несоблюдения техники безопасности (ТБ) при работе с оборудованием. Пожар на рабочем месте может привести к неблагоприятным последствиям (порча имущества, потеря ценной информации, гибель людей), поэтому необходимо: выявить и устранить все причины возникновения пожара и оповещение персонала, также в лаборатории должны быть средства индивидуальной защиты от чрезвычайных ситуаций (ЧС), правила поведения при возникновении ЧС и план эвакуации.</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>Правовая основа по обеспечению охраны труда и безопасности на рабочем месте основывается на Конституцию РФ и состоит из ряда федеральных законов и нормативно правовых актов. Правовую основу организации работ в чрезвычайных ситуациях и ликвидации их последствий составляет закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994 г.). Организационные вопросы обеспечения безопасности: Обеспечение защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия; Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС; Подготовка персонала к действиям в условиях ЧС; Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержании их в готовности; Выявление угроз пожара и оповещение персонала.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ5В	Попцов Николай Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 149 с., 44 рис., 19 табл., 90 источников, 1 прил.

Ключевые слова: кожный покров, ожог, тепловое излучение, математическое моделирование, лучистый тепловой поток, теплоперенос, медицинская информационная система.

Объектом исследования является элемент кожного покрова человека.

Цель работы – численный анализ процессов тепло – и массопереноса в структурно неоднородном кожном покрове при действии лучистого и конвективного тепловых потоков от фронта лесного пожара.

В процессе исследования были сформулированы физико-математические модели теплопереноса в тканях кожного покрова человека под воздействием лучистого теплового потока от фронта лесного пожара.

В результате исследования были получены температурные распределения в слое кожного покрова с учетом слоя потожировых выделений и представлены графически поля температур при различной интенсивности действующего теплового потока от пламени, что, впоследствии, позволяет предсказать степень повреждения и использовать данную информацию для прогнозирования ожогов.

Область применения: перспектива создания нового поколения медицинских информационных систем для нужд МЧС и экстренной медицинской помощи при ликвидации и минимизации ущерба от воздействия лесных пожаров.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ..	15
1.1 Типы и характеристика лесов и лесных пожаров.....	15
1.2 Характеристика кожного покрова и тканей человека.....	20
1.3 Поражения человека при тепловом воздействии	24
1.4 Численные методы прогнозирования теплового поражения кожного покрова	29
1.4.1 Экспериментальный метод	31
1.4.2 Расчетный и расчетно-экспериментальный метод.....	33
1.5 Модели поражения кожного покрова человека	38
1.6 Медицинские информационные системы	41
1.7 Выводы по результатам обзора литературы	47
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	48
2.1 Объект исследования	48
2.2 Алгоритм решения задачи теплопроводности.....	49
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	57
3.1 Формулировка физической модели	57
3.2 Математическая модель тепло и массопереноса для двухслойной структуры кожного покрова	58
3.3 Распределение температура в двухслойной системе кожного покрова.	61
3.4 Численное моделирование теплопереноса в кожном покрове в двумерной постановке с учетом испарения	64
3.5 Численное моделирование теплопереноса в кожном покрове в двумерной постановке с учетом действия излучения от фронта лесного пожара	70

3.6 Анализ болевого порога	76
3.7 Анализ влияния состава потожировых выделений	77
3.8 Обсуждение результатов	80
ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	81
4.1 Организация и планирование работ	81
4.2 Расчет сметы затрат	87
4.3 Оценка научно-технической результативности НИР	94
ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	98
5.1. Профессиональная социальная безопасность	99
5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	99
5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации исследуемого объекта	104
5.2. Экологическая безопасность	105
5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ...	105
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	110
5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований	110
5.3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	113
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	118
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	119
Приложение А	129

ВВЕДЕНИЕ

При тепловом поражении людей возникает необходимость оказания безотлагательной медицинской помощи пострадавшим на догоспитальном этапе путем оперативного проведения организационно – технических мероприятий в условиях острого дефицита времени.

Для оценки последствий возникновения теплового излучения в чрезвычайных ситуациях (лесных пожаров) могут применяться различные отечественные и зарубежные методы, представляющие количественные зависимости между термодинамическими и медицинскими критериями теплового поражения [1]. Основой для создания стандартных методов оценки поражения биообъектов послужили результаты обработки экспериментальных исследований. После проведения гармонизации отечественных и зарубежных методов прогнозирования теплового поражения для системы «тепловой источник – пакет одежды – человек» выделяются следующие методы прогнозирования: 1) инструментальные; 2) расчетные; 3) расчетно – экспериментальные методы. Причем, в настоящее время отсутствуют программные компоненты, реализующие развитые математические модели реальных теплофизических процессов, происходящих в кожных покровах и тканях человека [2].

Основным поражающим факторам пожаров является термическое воздействие, обусловленное тепловым излучением пламени. Угрозу для человека представляют интенсивные тепловые нагрузки, приводящие к повреждению кожного покрова или поверхности дыхательных путей.

Цель работы – численный анализ процессов тепло – и массопереноса в структурно неоднородном кожном покрове при воздействии лучистого и конвективного тепловых потоков фронта пожара.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по выбранной тематике;
2. Обоснование актуальности работы;
3. Формулировка физической модели исследуемого процесса;
4. Разработка математических моделей процессов тепло – и массопереноса в структурно неоднородном кожном покрове при воздействии лучистого и конвективного тепловых потоков;
5. Численный анализ процессов тепло – и массопереноса в структурно неоднородном кожном покрове при воздействии лучистого и конвективного тепловых потоков;
6. Анализ результатов математического моделирования;
7. Формулировка выводов по результатам численного исследования.

Научная новизна: Разработаны новые математические модели процессов тепло – и массопереноса в структурно неоднородном кожном покрове при воздействии лучистого и конвективного тепловых потоков с учетом испарения клеточной влаги.

Практическая значимость результатов.

Разработка математических моделей тепло – и массопереноса в кожном покрове человека открывает перспективы создания более совершенных математических моделей оценки степени термического поражения кожного покрова. На основе таких математических моделей могут быть разработаны медицинские информационные системы нового поколения.

Достоверность результатов полученных в процессе исследования подтверждается использованием апробированных численных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных, а также анализом сходимости решения на последовательности сгущающихся сеток.

Апробация работы: основные результаты, докладывались на конференции:

Международная молодежная научная конференция «Тепломассоперенос в системах обеспечения тепловых режимов энергонасыщенного технического и технологического оборудования». Тема: «Теплоперенос в кожном покрове с учетом испарения влаги в условиях радиационно – конвективного теплообмена при воздействии лесного пожара».

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Типы и характеристика лесов и лесных пожаров

Лесные пожары наносят огромный вред, уничтожая при этом в Российской Федерации государственный лесной фонд, так же лесные пожары приводят к гибели людей и загрязнению атмосферы [3].

Подразделяются лесные пожары на низовые, вершинные верховые, повальные верховые, торфяные и массовые [4,5]. При наземных (низовых) пожарах сгорает грунтовый покров. При напочвенных и повальных верховых лесных пожарах сгорает кроны и покров деревьев. Верховой пожар оказывает негативное последствие только лишь на кроны деревьев. Пожары, возникающие под землёй, характеризуются наличием источника горения в толще слоя. Массовые лесные пожары происходят во время возникновения катастроф, а также при воздушном ядерном взрыве [6]. Лесные пожары также так же подразделяются по скорости распространения огня – беглые и устойчивые.

Более полная классификация лесных пожаров, которая существует уже шесть десятилетий и служит отправной точкой для научных работников, была предложена в [7] (табл.1.1.1).

Таблица 1.1.1 – Классификация лесных пожаров [7]

Низовые	Верховые	Подземные
1)Валежные (беглые и устойчивые); 2)Напочвенные (беглые и устойчивые); 3)Подлесно-кустарниковые (беглые и устойчивые); 4)Подстилочно-гумусовые (устойчивые);	5)Стволовые (устойчивые); 6)Повальные (беглые и устойчивые); 7)Вершинные (беглые и устойчивые);	8)Торфяные (устойчивые).

Спустя время данная классификация лесных пожаров (табл.1.1.1) была дополнена делением напочвенных пожаров на травяные, кустарниковые, моховые и лишайниковые.

В литературе существуют несколько вариантов определения лесного пожара. В первом варианте под лесным пожаром подразумевают только горение, стихийно распространяющееся по лесной площади. Во втором варианте, в соответствии с классификацией, представленной в литературе [7], лесные пожары классифицируются как повальные, так и отдельные «фрагменты» пожара, то есть горение на той же площади сухостойных деревьев (стволовые пожары), валежника и пней (валежные и пневые пожары). [7].

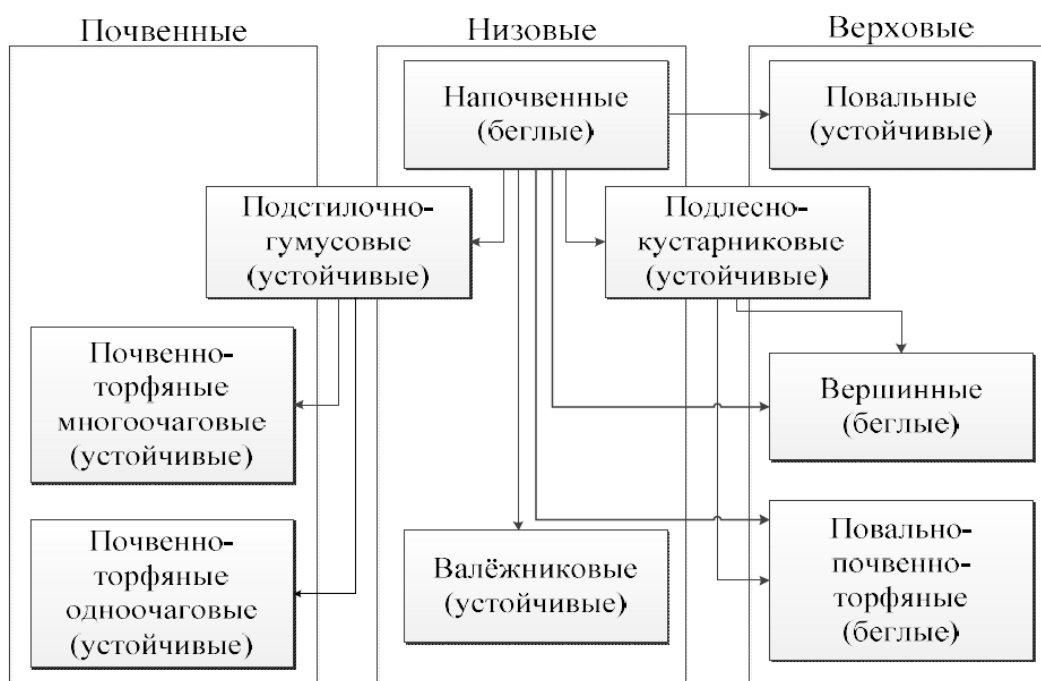


Рисунок 1.1.1– Классификация лесных пожаров [7]

Организацию тушения и учета лесных пожаров их можно классифицировать в зависимости от времени, интенсивности горения, площади, причинам повторяемости и возникновения.

Лесные пожары классифицируются по интенсивности как слабые, средние и сильные (табл. 1.1.2). Так же интенсивность горения лесных пожаров может зависеть от силы ветра и времени суток [8].

Таблица 1.1.2 – Классификация лесных пожаров по интенсивности горения [8]

	Параметры	Подвид лесного пожара		
		слабый	средний	сильный
Низовой пожар	по скорости распределения, м/мин	до 1	от 1 до 3	более 3
Верховой пожар	по скорости распределения, м/мин	до 3	от 3 до 100	более 100
Торфяной пожар	По глубине прогорания	до 25	от 25 до 50	более 50

Вышеуказанную классификацию можно считать условной. Причина этого заключается в быстром изменении параметров пожара. Исключение составляет только глубина прогорания торфа при торфяном пожаре. Поэтому в практике авиалесоохранных работ принято считать слабым такой пожар, по кромке которого с высоты полета 200 метров огонь не виден (беспламенное горение), средним – на протяжении до 50% длины кроны виден огонь отдельными очагами и сплошной линией, сильным – на протяжении всей кромки более 50% длины виден огонь (пламенное горение).

Важное практическое значение имеет площадь лесного пожара. При классификации лесных пожаров по площади используются следующие цифровые придержки (га) [8]:

- класс А – менее 0,1;
- класс Б – от 0,1 до 5;
- класс В – от 5 до 150;
- класс Г – от 50 до 150;
- класс Д – свыше 150.

В районах, отнесенных к наземной охране, пожары, которые охватывают площадь 25 га и более, относятся к крупным, при авиационной охране к таковым относятся пожары с площадью более 200 га.

Классификация лесных пожаров по площади используется для тушения пожаров, а после того как пожар ликвидировали, используется уже для статистики площадей затронутых пожаром [8].

Самым опасным видом пожаров являются верховые. Они наносят сильнейший вред, от которого выгорает до 70% площади. Можно сказать о том, что на данное время не выяснены условия возникновения различных видов лесных пожаров [10]. При тушении лесных пожаров необходимо большая затрата средств и сил.

Из данных статистики лесных пожаров можно сделать вывод, что по количеству (90... 95%) и по площади (85... 90%) распространения во всей стране преобладают низовые пожары. Гораздо реже случаются верховые и подземные [9].

В Томской области в основном низовые пожары (98,5 %) наносят огромный вред [11]. Доля пожаров, которые происходят из-за причин антропогенных воздействий, по статистике достаточно стабильна, а пожары от разряда молнии являются циклическими. Периоды с массовыми грозами сменяются более спокойными. По статистике леса горят в основном в период пожароопасного сезона. Самые пожароопасные месяца летом – июнь и июль, так как они являются самыми жаркими в году. Время продолжительности пожароопасного периода находится в диапазоне 137 – 161 день [11].

Причинами возникновения лесных пожаров являются не только погодные условия, типы растительности и влагосодержание лесных горючих материалов, но и человеческий фактор. Статистика показывает, что до 90% лесных пожаров возникают из-за халатности человека и лишь малая часть 10 % сухие грозы [12].

Лесные пожары оказывают прямое воздействие на человека и окружающую среду, негативное влияние пожаров сказывается на экономике, экологии и несет социальный ущерб (рис.1.1.2) [13].

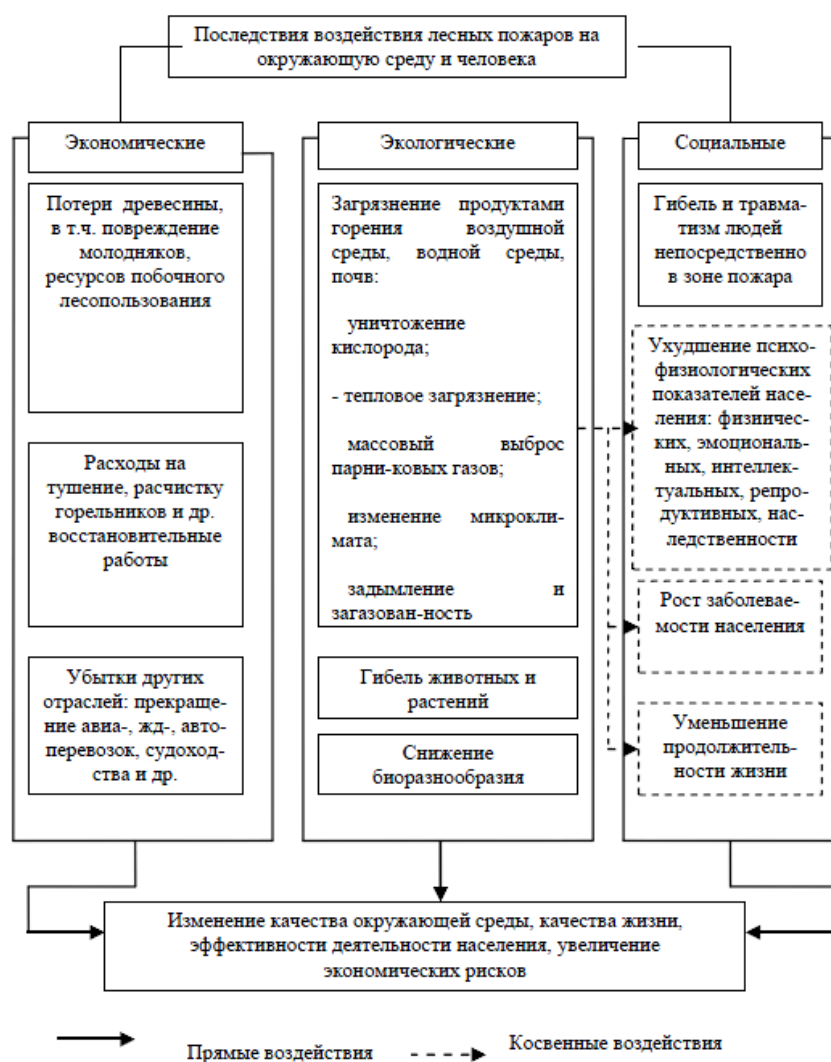


Рисунок 1.1.2 – Структура последствий лесных пожаров [13]

3 апреля 1998 г. была утверждена Инструкция по выявлению ущерба, который причиняет лесной пожар [88]. Данная инструкция определяет размер ущерба, нанесенного лесными пожарами лесному фонду России. Так как пожар причиняет большой ущерб как экологии (повреждение насаждений искусственного и естественного происхождения, загрязнение атмосферы продуктами сгорания, снижение почвозащитных и санитарно-гигиенических функций леса, гибель животных и растений), так и экономике (стоимость потерь сгоревшей древесины, колоссальные расходы на тушение пожаров, стоимость объектов сгоревших в результате лесного пожара)[12].

Лесные пожары наносят огромный вред на здоровье населения. Вследствие, воздействия поражающих факторов от лесного пожара, у человека возникают и обостряются всевозможные заболевания.

Атмосферный воздух, наделённый частицами дыма и газообразными включениями от лесного пожара, является фактором, увеличивающим риск смертности и влияющим на возникновение хронических заболеваний легких.

Лесной пожар оказывает непосредственное экологическое воздействие на запас углерода в экосистемах леса и баланс углерода в атмосфере. Пожары так же являются источниками эмиссии как прямой (при горении углерода), так и эмиссии, которая возникает при разложении поврежденной растительности от лесного пожара [14]. Количество выбросов углерода от лесных пожаров зависит от биомов, так например, пожары, которые возникают на лугах, на их долю приходится около 50 % от выбросов произошедших за год [15].

В настоящее время велика вероятность возникновения природных, а так же техногенных катастроф, террористических актов, локальных военных конфликтов, что еще больше подчеркивает важность рассматриваемой в данной работе проблемы [15].

1.2 Характеристика кожного покрова и тканей человека

Тепловое излучение является основным способом передачи тепла от источника высокой температуры к источнику низкой температуры. [16].

Степень повреждения покрова кожи зависит от количества тепловой энергии и интенсивности теплового излучения. Самым большим органом в теле человека, является кожа, вес кожи составляет приблизительно 15-16%, выполняет немаловажные роли в организме. Занимаемая ей площадь при этом 1,5-2 м². Именно поэтому следует учитывать структуру и свойства кожи, а также функции, которые она выполняет. Основными слоями кожи являются: эпидермис, дерма, подкожный слой рис 1.2.1. [17]. Ниже представлены компоненты дермы, так как она является основной частью кожного покрова. Основным компонентом кожи, является коллаген, который составляет 60-80% от веса, сухой обезжиренной кожи, и до 30% от объема дермы [18]. В свою очередь слой эпидермиса, представляет собой слой из

мертвых клеток, клетки выполняют роль защиты от влаги, высокого теплового и ультрафиолетового [19]. Через слой эпидермиса проходят потовыделяющие железы. Толщина эпидермиса различается, в зависимости от частей тела, так например на лице его толщина 0,05 мм, а на ладони до 2,4мм. [20]. Базальный слой, находится в нижней части эпидермиса, который находится на базальной мембране. Мембрана, разделяет дерму и эпидермис. В этом слое находятся клетки в форме цилиндров, которые делятся между собой на ороговевших участках кожи. [18]. Основной частью кожи, является дерма. Ее толщина намного больше, она содержит в себе корни волос, сосуды, сальные железы, изменяется от 0,5 до 5 мм. Дерма состоит из 2-х слоев, 1-й – сосочковый слой, который прилежит к эпидермису, а 2-й сетчатый. Первый слой состоит из различных волокон, которые придают коже упругость и делают ее прочной, также состоит из кровеносных сосудов, нервных окончаний, лимфатических сосудов. Под верхним слоем дермы, располагается сетчатый слой, который состоит из потовых и сальных желез, а также волосяных сумок. Структура дермы волокнистая, и состоит из волокон 3-х видов, коллагеновые, эластические и ретикулярные. Все что находится между волокнами, оставшимися частями кожи, занимает аморфная субстанция [21]. Если взять эпидермис и дерму вместе, то их толщина составит около 2 мм, под этими слоями находится подкожная ткань – гиподерма, в ней содержатся потовыделяющие железы, а также сосуды с кровью. Кровеносные сосуды позволяют коже приспособиться к нагреву или охлаждению, однако до определенного предела. В нее входят коллагеновые рыхлые сети, эластические и ретикулярные волокна. В петлях этих волокон располагается жировая ткань, которая представляет собой скопление крупных жировых клеток. Дерму и эпидермис поддерживают и питают, сети нервов и кровеносных сосудов, которыми пронизан подкожный слой. Образ жизни, питания, а также обмен веществ, влияют на толщину этого слоя [21].

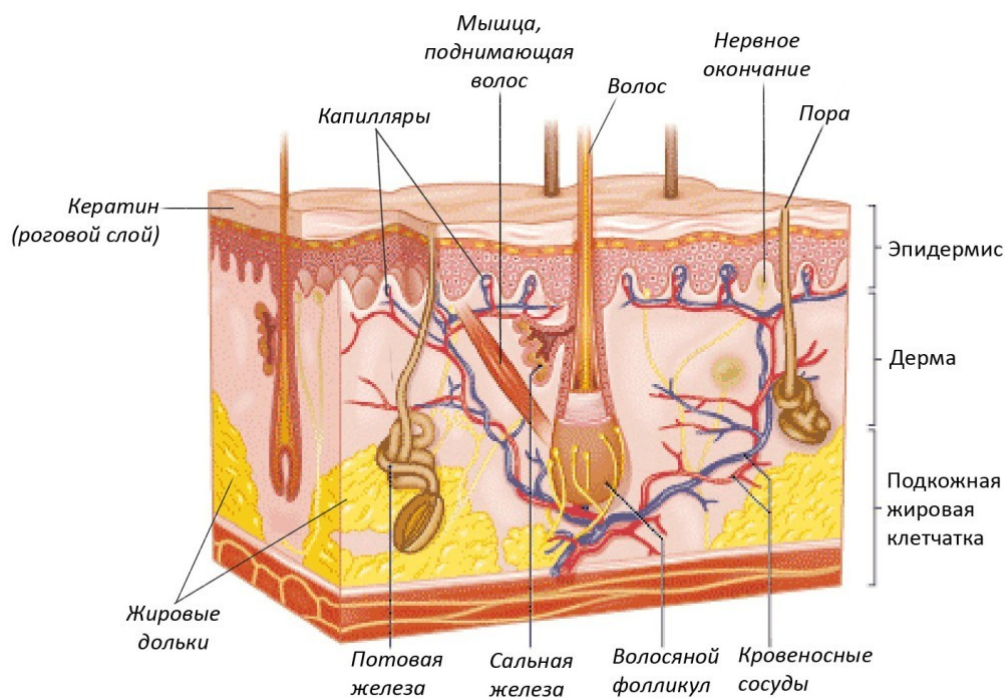


Рисунок 1.2.1– Структура кожного покрова человека [21]

Кожа имеет особенности в каждой из частей тела, у нее очень сложное строение. Чаще всего, кожу делят на тонкую и толстую, это зависит от толщины эпидермиса. Ладони и подошвы – покрыты толстой кожей. Характерной особенностью толстой кожи, является наличие толстого эпидермиса, на поверхности эпидермиса располагается толстый слой кератина [21].

Остальные части тела, покрывает кожа, имеющая тонкий слой эпидермиса, наружный слой ороговевший слой, тоже значительно тоньше. Также толстая дерма есть на участках тела, которые подвергаются давлению (спина, ягодицы, задние поверхности бедер) [20].

На толщину кожи влияют такие факторы как: возраст, пол, состояние здоровья и др.

Толщина кожи может колебаться в широких пределах, на различных участках толщина кожи может достигать 12мм у мужчин и 10мм у женщин. Толщина кожи пожилых людей и детей значительно меньше, чем у зрелых людей. Толщина кожи у детей до 1 года, составляет 1мм, в возрасте 7-ми лет,

кожа может достигать толщины 2мм, толщины 2,5-3 мм, кожа достигает к 20-25 годам

Также на коже могут быть источники эпителизации, ими служат придатки (волосяные фолликулы, потовые и сальные железы) (см. рис. 1.2.1). Возраст, национальность, пол, влияют на количество этих придатков. Дерма состоит из нервных окончаний и кровеносных сосудов. [22].

Кожа выполняет следующие функции [22]:

1. Функция барьера. Слой эпидермиса, в большей части его ороговевший слой, создают барьер, который предотвращает попадание вредных микроорганизмов.
2. Кожа выполняет функцию, помогая поддерживать водно-электролитный обмен. Вода практически не проникает через роговое вещество кожи. Эта функция кожи помогает избежать больших потерь влаги, там где климат очень жаркий, помогает избежать резкое изменение водно-электролитного состава, в то время как организм находится в воде с повышенным содержанием солей или наоборот, когда вода пресная.
3. Функция терморегуляции. Кожа регулирует теплопотери с помощью изменения просвета между сосудами кожи, так называемая флюктуация, также за счет того что роговой слой обладает малой теплопроводностью, за счет выделения и испарения с поверхности кожи , и т.д. Экскреторная функция проявляется, главным образом, выделением пота и кожного сала, а также ряда химических соединений.
4. С помощью меланина, кожа выполняет защитную функцию, от ультрафиолетового излучения.
5. Кожа так же участвует в общем обмене. С помощью ультрафиолетового излучения, кожа выделяет витамин D, который необходим организму. Так же, кожей потребляются биологические макромолекулы.

6. За счет содержания в коже нервных окончаний, которые воспринимают внешние раздражения, и создает внешние ощущения, кожа выполняет чувствительную функцию.
7. Кожа транспортирует множество химических веществ, тем самым выполняя резорбционную функцию.
8. Кроме того, кожа выполняет функцию дыхания, так как через нее также поступает кислород в организм человека и происходит выделение углекислоты.
9. Кожа выполняет эндокринную функцию, продуцируя витамин D, интерлейкины 1,2,3, интерферон и множество биологических активных соединений.
10. Кожа – это периферический орган иммунной системы, поэтому она выполняет иммунологическую функцию.

Таким образом, кожа представляет собой чрезвычайно сложный орган, который выполняет многочисленные и разнообразные функции.

1.3 Поражения человека при тепловом воздействии

В случае термической травмы первично получают повреждение клетки кожного покрова, что проявляется в нарушении их функций и структуры клеток. Так же происходит нарушение барьерной функции клеточных и внутриклеточных мембран, вследствие чего происходит выключение ионных насосов. По этой причине наблюдается нарушение распределения веществ как внутри клетки, так и между клеткой [23].

При действии излучения (теплого, видимого или ультрафиолетового) на кожные покровы человека могут возникнуть такие термические повреждения, как ожоги. Ожоги называют дистантными из-за того, что они возникают на коже, не имея при этом непосредственного контакта с нагретым телом. К примеру, к таким ожогам относятся ожоги от электросварки, солнечные ожоги, поражения, которые возникают в результате длительного нахождения человека у источника нагрева [22].

Термическую травму относят к наиболее частым и опасным осложнениям комбинированных поражений.

При слабом тепловом излучении происходит повреждение эпидермиса на глубину около 1 мм. Более интенсивный тепловой поток может повредить не только эпидермис, но и дерму, а если рассматривать облучение еще большей интенсивности, то такое облучение повлияет на подкожный слой [18].

Степень прогревания в разных участках тела у пострадавшего от теплового излучения может быть неодинаковой. Особое значение имеют теплозащитные свойства поверхностных слоев кожи (рогового слоя) [18].

Краткосрочное воздействие даже очень высоких температур может не привести к развитию ожогов. Оптимальная температура активности ферментов составляет 36-37 ° С. Чем выше степень перегрева тканей (начиная от 41 ° С и выше), тем быстрее происходит гибель клеток [22].

Омертвевшие в результате действия термического фактора ткани получили название струпа. Незначительный нагрев кожи (до 60° С) приводит к формированию влажного или колликвационного струпа. В случае более высокого разогрева формируется плотный сухой или коагуляционный струп [22].

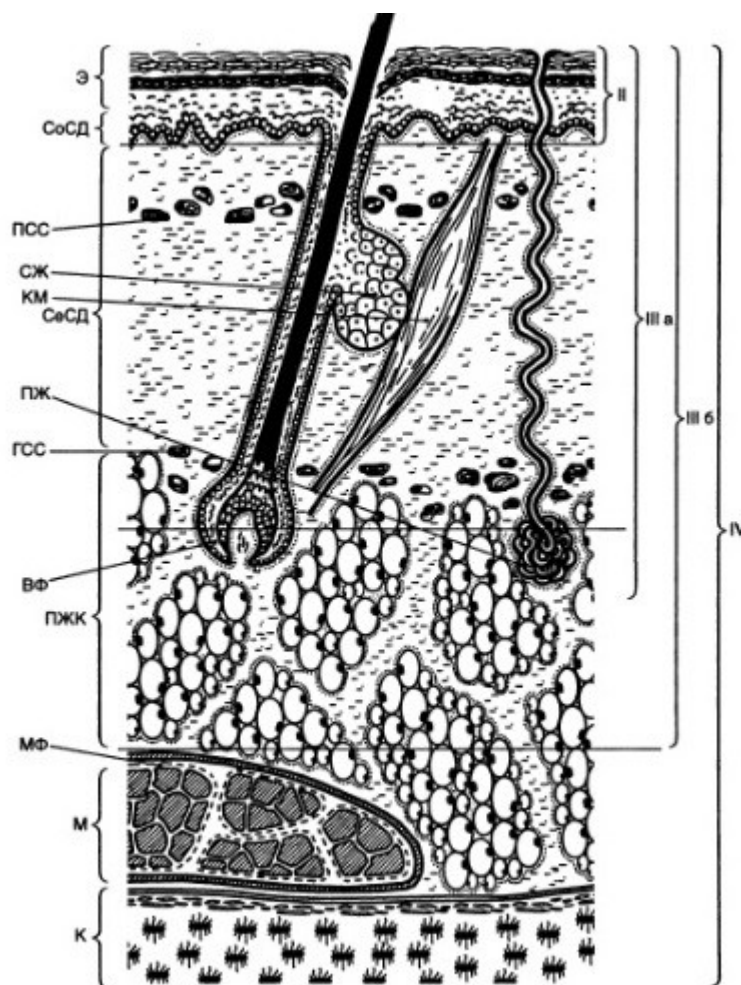


Рисунок 1.3.1– Классификация ожогов по глубине [22]: Э – эпидермис; СоСД – сосочковый слой дермы; СеСД – сетчатый слой дермы; ПСС – поверхностное сосудистое сплетение; СЖ – сальная железа; КМ – внутрикожная мышца; ПЖ – потовая железа; ГСС – глубокое сосудистое сплетение; ВФ – волосяной фолликул; ПЖК – подкожно – жировая клетчатка; МФ – мышечная фасция; М – мышцы; К – кость.

В зависимости от глубины термического поражения тканей кожи, ожоги делятся на четыре степени тяжести [22]:

I степень – проявляется гиперемией и отеком кожи;

II степень – поражение поверхностных слоев эпидермиса, на коже появляются пузыри, наполненные прозрачным содержимым;

IIIa степень – частичное поражение дермы, однако в ней сохраняются придатки кожи, из которых впоследствии происходит эпителизация;

Шб степень – поражение кожи на всю толщину с частичным захватом подкожно – жировой клетчатки;

IV степень – поражение глубоких структур (фасции, мышцы, кости) [22].

За рубежом широко распространена следующая классификация, также предусматривающая выделение четырех степеней поражения [21]:

- первая степень (first degree) – соответствует первой степени отечественной классификации;
- вторая поверхностная степень (second degree superficial) – соответствует II степени отечественной классификации;
- вторая глубокая степень (second degree deep) – соответствует ожогам IIIa степени;
- третья степень (third degree) – соответствует ожогам Шб степени;
- четвертая степень (fourth degree) – соответствует одноименной отечественной.

Ожоги первой степени вызывают покраснение кожи, слабую боль, и рассматриваются как «слабые» ожоги, которые не являются опасными для жизни человека, к таким ожогам относятся солнечные ожоги. Ожоги второй степени сопровождаются повреждением дермы, в результате таких ожогов образуются волдыри на коже. При ожогах третьей степени происходит повреждение подкожных слоев и разрушение тканей. Ожоги второй и третьей степени являются наиболее опасными и требуют мгновенной медицинской помощи, так как могут привести к летальному исходу [22].

Возможность выжить после получения ожогов, зависит от ряда факторов:

- возраст;
- степень ожога (I, II, IIIa, Шб, IV);
- размер обожженной площади кожи;
- состояние здоровья;

– перенесенные болезни.

Основными характеристиками теплового поражения человека в техногенных авариях являются время возникновения термического ожога, количество поглощенной кожным покровом тепловой энергии, степень тяжести ожога, критическая температура основных структурных слоев кожного покрова [2].

По длительности и тяжести течения ожоговая болезнь (ОБ) лидирует среди разных вариантов травматической болезни. Велики материальные затраты на лечение больных, высока частота их инвалидизации. Летальность составляет в среднем 5 – 10 %, а среди тяжелообожженных – значительно выше. Из-за несвоевременности оказания первой медицинской помощи летальность на догоспитальном этапе в России в 5 раз выше, чем в развитых странах и – составляет 25 – 30 % [23].

По данным Всемирной организации здравоохранения, ожоги занимают 2-е место в структуре прочих травм. Ежегодно, по данным Министерства здравоохранения Российской Федерации, от ожогов страдает около 700 тысяч человек, или 4 – 5 обожженных на 1000 населения [24]. В течение года в европейских странах от термической травмы погибает около 60 тысяч человек. Особенно высока летальность при критических (40 – 50 % поверхности тела) и сверхкритических (свыше 50 % поверхности тела) глубоких ожогах. Общая летальность в Российской Федерации при ожоговой травме за 2007 год составила 4,1 %, детская – 0,6 %. Из всех умерших в ожоговом шоке находилось 28 % пострадавших, причем 9 % пациентов имели ожоги менее 20 % поверхности тела. В стадии ожогового шока в отделения реанимации ожоговых центров РФ поступает до 12,5 % пострадавших. При глубоких ожогах площадью более 20 % поверхности тела пострадавшего летальность возрастает до 82,2 %. Одной из главных причин высокой летальности среди пострадавших с тяжелыми ожогами является отсутствие единой концепции лечения этой категории пациентов. Всё это требует более детального изучения механизмов развития и течения

ожогового шока, а также совершенствования протоколов ведения пациентов с тяжелой термической травмой. Ожоговая травма вызывает тяжелые метаболические расстройства, нарушает работу всех звеньев системы доставки кислорода, в том числе снижение сердечного выброса, уменьшение содержания кислорода в артериальной крови и нарушение его утилизации [24].

1.4 Численные методы прогнозирования теплового поражения кожного покрова

В результате первых испытаний в городах Хиросима и Нагасаки атомного оружия впервые возникла проблема количественной оценки поражения людей в результате действия теплового излучения. В ведущих научно – исследовательских центрах морской авиации, центрах медицинских аэрокосмических исследований, центрах космических полетов и университете Рочестера, накоплен большой объем расчетных и экспериментальных данных по критической температуре основных слоев кожного покрова живого организма, на который оказывает действие термический ожог с разной степенью тяжести [1].

Основой при формировании методов оценки поражения живых организмов посредством теплового излучения стали результаты многочисленных исследований [25].

В системе «тепловой источник – пакет одежды – человек» выделяют следующие методы оценки термических поражений [2].

Инструментальный метод. Большой объем и достоверность экспериментальных исследований по возникновению ожогов II степени послужил основой создания инструментального метода для оценки свойств тепловой защиты материалов ТТР (Thermal Protective Performance) [25]. Метод ТТР получил широкое распространение, благодаря простоте реализации различных механизмов нагрева кожного покрова, как в США, так

и в международных стандартах, для оценки тепловой защиты материалов специальной одежды [2].

Расчетный метод. Прогнозирование вероятностей при поверхностных и глубоких поражениях основывается на связи между медицинскими критериями поражения и термодинамическими критериями. Пробит – функции нормируют величину поражения для нормального распределения вероятностей. Для различных степеней теплового поражения в табл. 1.4.1. приведены наиболее известные пробит – функции [2].

Таблица 1.4.1 – Пробит – функции для различных степеней поражения [2]

Медицинский критерий	Вероятностный критерий Pr
Болевой порог	$-8,93+2,99\ln I$
Ожоги I степени	$-9.34+2,99\ln I$
Ожоги II степени	$-11.58+2,99\ln I$
Ожоги III степени	$-16+2,99\ln I$
Летальный исход	$-14.9+2,56\ln I$

В результате работы программы наблюдаем графическое, визуальное или табличное представление полей индекса облучения при данных на различных расстояниях от действия источника пожара, который, в свою очередь, дает при различной вероятности спектр теплового поражения [2].

Расчетно – экспериментальный метод. Метод прогнозирования основывается на компьютерной программе обработки результатов лабораторного, реального или вычислительного эксперимента по воздействию на кожу человека поражающих факторов пожара в аварийных ситуациях на промышленных объектах. В отличие от стандартного метода ТРР применение среднего индекса поражения в пробит – функциях позволяет прогнозировать не только ожоги II степени с вероятностью 0,5, но и другие

степени поражения во всем диапазоне вероятностей. Предлагаемый расчетно-экспериментальный метод прогнозирования теплового поражения человека, защищенного одеждой, при интенсивном нагреве имеет важное практическое значение в оценке зон поражения человека в ЧС [2].

1.4.1 Экспериментальный метод

Для имитации теплового излучения в лабораторных условиях применяются различные установки. Авторами в [50] используется установка с трубчатыми ксеноновыми лампами в режиме перегрузок с тиристорным безинерционным регулированием подводимой электрической мощности [51]. Одежда имитируется пакетом материалов с воздушными зазорами, как показано на рис. 1.4.1.1 [50].

Температура внутри пакета измеряется микротермопарами, на поверхности - оптическими методами, давление - микроманометрами, потеря веса – торсионными весами [50].

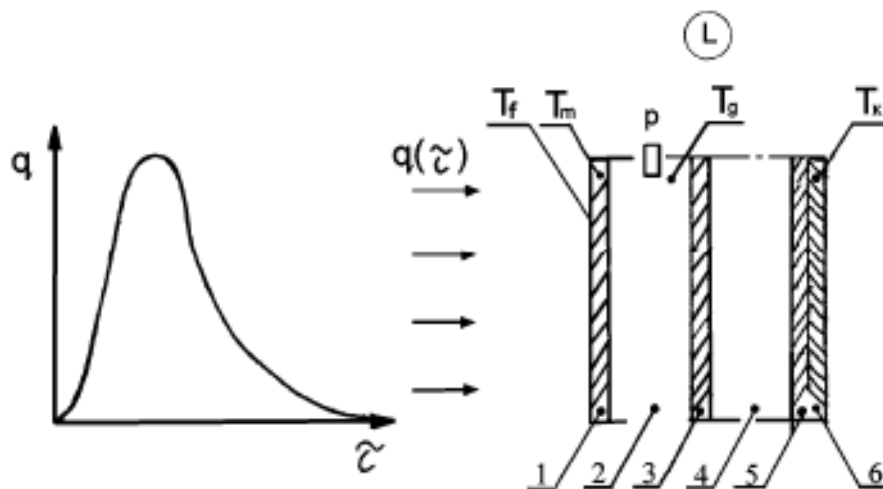


Рисунок 1.4.1.1– Схема эксперимента [50]: 1, 3, 5 - материалы одежды; 2, 4 - воздушные зазоры; 6 - калориметр (имитатор кожи); T_f , T_m , T_g , T_k - температуры поверхности и середины наружного слоя, воздушного зазора, калориметра

Результаты эксперимента с одним из вариантов пакета одежды показаны на рис. 1.4.1.2.

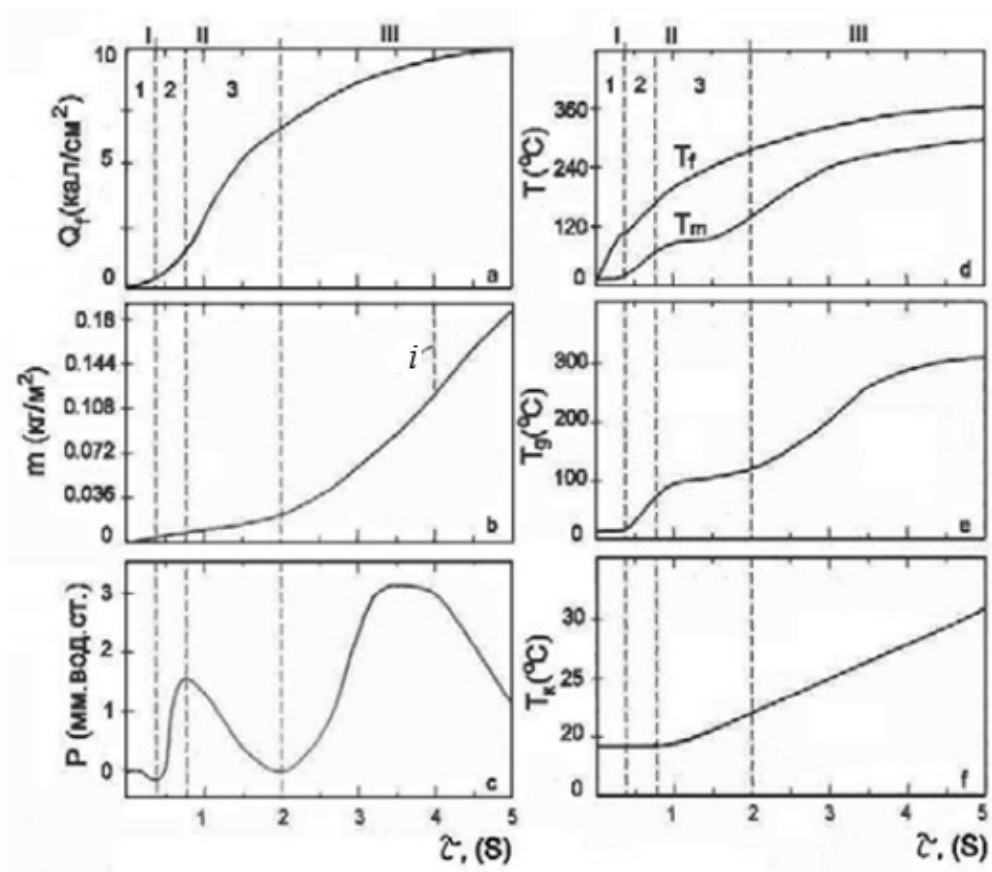


Рисунок 1.4.1.2–Результаты эксперимента [50]: а - количество поглощенной тепловой энергии, б- потеря массы образца, с - изменение давления в зазоре, d - температура поверхности и середины образца наружного слоя, е - температура в первом воздушном зазоре, f - температура калориметра, i - воспламенение материала

Выделяются V периодов нагрева [50]:

- I - инертный нагрев;
- II - испарение влаги из наружного слоя;
- III - термическое разложение материала;
- IV - нагрев калориметра после прекращения воздействия теплового излучения;
- V- выравнивание температуры во всех слоях пакета.

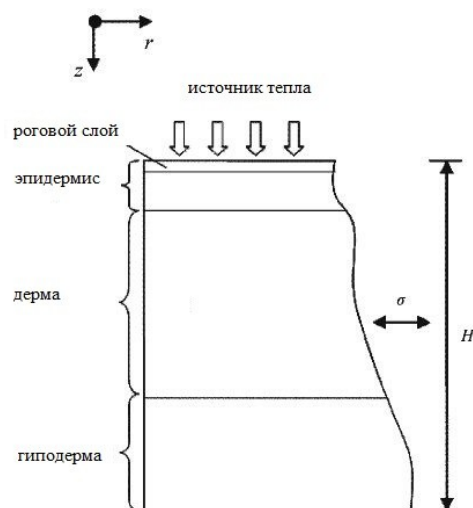


Рисунок 1.4.1.3 – Идеализированная модель кожи [53]

Данные теплового потока, собранные датчиками на манекене, применяется к одномерному уравнению теплопроводности [2] следующим образом:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (1.4.1.1)$$

где ρc – объемная теплоемкость кожи, Дж/(м³·К),

$T(x)$ – температура кожи, К;

x – глубина, м;

k – теплопроводность кожи, Вт/(м·К);

t – время воздействия теплового потока, с.

Уравнение (1.4.1.1) решается численно с использованием метода конечных разностей (МКР) [52], чтобы оценить температуру кожи в любой момент времени [19].

1.4.2 Расчетный и расчетно-экспериментальный метод

Для прогнозирования теплового поражения человека могут быть использованы различные характеристики термического ожога и их комбинация. В настоящее время применяются четыре термодинамических критерия: пороговый импульс [54], критическая температура основного слоя кожи [55], инвариантная ко времени экспозиции критическая температура на

глубине 0,36 мм от поверхности кожи [56], инвариантный ко времени экспозиции индекс поражения Ейзенбега [57]. В табл.1.4.2.1 приведены данные критерии.

Таблица 1.4.2.1 – Термодинамические критерии для оценки теплового поражения биообъектов [2]

Термодинамический критерий	Краткая характеристика
Пороговый импульс	Впервые зависимость порогового импульса от времени облучения получена А. Stoll. В зарубежных стандартах используется как при статическом, так и динамическом нагреве кожи, но только при ожогах II степени с вероятностью 0,5. Для других вероятностей такие зависимости отсутствуют [2].
Критическая температура	Впервые использование в качестве критерия возникновения ожогов температуры кожного покрова на различных расстояниях от поверхности предложено Хенриком и Морицом. В зарубежных методиках возникновение поверхностных ожогов I и II степени определяется по изменению температуры основного слоя кожи (граница эпидермиса - дерма) [2].
Индекс поражения Ейзенберга	<p>На основании обработки поражающего теплового излучения ядерных взрывов Ейзенберг предложил выражение для индекса облучения (индекс поражения Ейзенберга) [2]:</p> $I = q^{4/3} T,$ <p>(1.4.2.1)</p> <p>где q — плотность теплового потока облучения, Вт/м²; T — время воздействия, с.</p>

Метод оценки поражения человека тепловым излучением с использованием критерия критической дозы облучения также известен как метод пороговой дозы. При гармонизации методов оценки поражения человека тепловым излучением могут использоваться различные термодинамические и медицинские критерии [59]. Высокая сходимость результатов гармонизации между зарубежными экспериментальными данными по пороговым значениям плотности теплового потока облучения и времени его воздействия, вызывающих ожог II степени с вероятностью 0,5, и прогнозированию той же степени поражения с той же вероятностью по пробит-функции с использованием термодинамического критерия индекса облучения получена в работе [58].

Применение индекса поражения Ейзенберга имеет два практически важных аспекта. Во-первых, он инвариантен ко времени воздействия при заданной вероятности ожога. Во - вторых, его значение используется при прогнозировании тепловых поражений с помощью пробит-функций не только для вероятности 0,5, но и во всем диапазоне вероятностей возникновения термических ожогов [2,59]:

$$Pr = a + b \ln I, \quad (1.4.2.2)$$

где a и b – постоянные коэффициенты, идентифицируемые в экспериментах по воспроизведению ожогов;

Pr – пробит, нормированное отклонение случайной величины $\ln I$ с нормальным законом распределения.

В медицинской статистике пробит-функции (1.4.2.2) используются для прогнозирования вероятности поражения не только термических ожогов, но и действия ударной волны и токсических веществ [59].

В [1] авторами проводится гармонизация отечественных и зарубежных методов оценки теплового поражения человека по критерию критической температуры основного слоя кожного покрова биообъекта при воспроизведении термических ожогов II степени с вероятностью 0,5.

Тепловая модель представляет собой уравнение нестационарной теплопроводности Фурье при заданных краевых условиях [1]:

$$c_i \rho_i \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_i \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} \right) \pm \sum_{j=1}^3 Q_j, \quad i = \overline{1, 3}, \quad (1.4.2.3)$$

где i – количество слоев;

c_i, ρ_i, λ_i – теплофизические свойства структурных слоев кожи;

Q_1 – источник генерации тепла за счет поглощения и рассеяния энергии фотонов;

Q_2 – сьем тепла за счет кровотока;

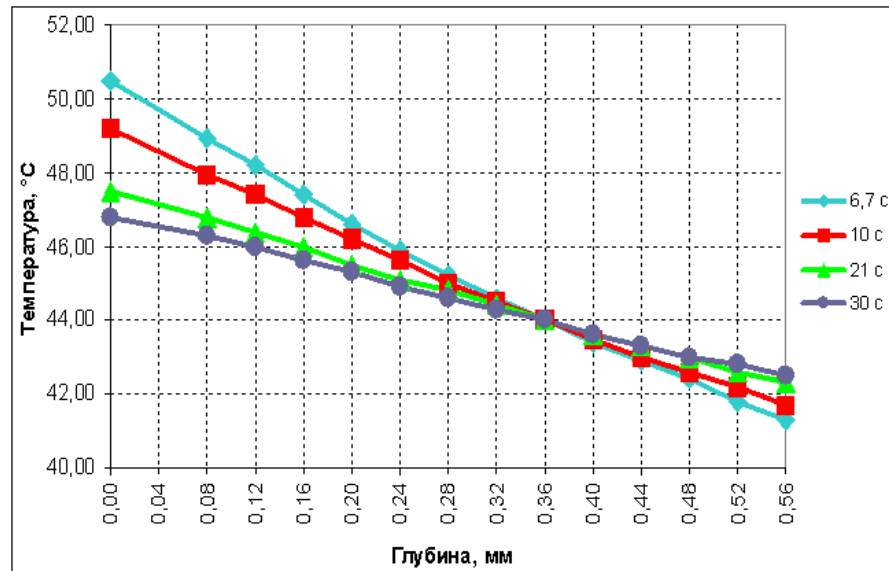
Q_3 – генерация тепла за счет метаболизма.

Модель (1.4.2.3) позволяет рассчитывать нестационарное температурное поле во всех структурных слоях кожи, в том числе и в основном слое [2].

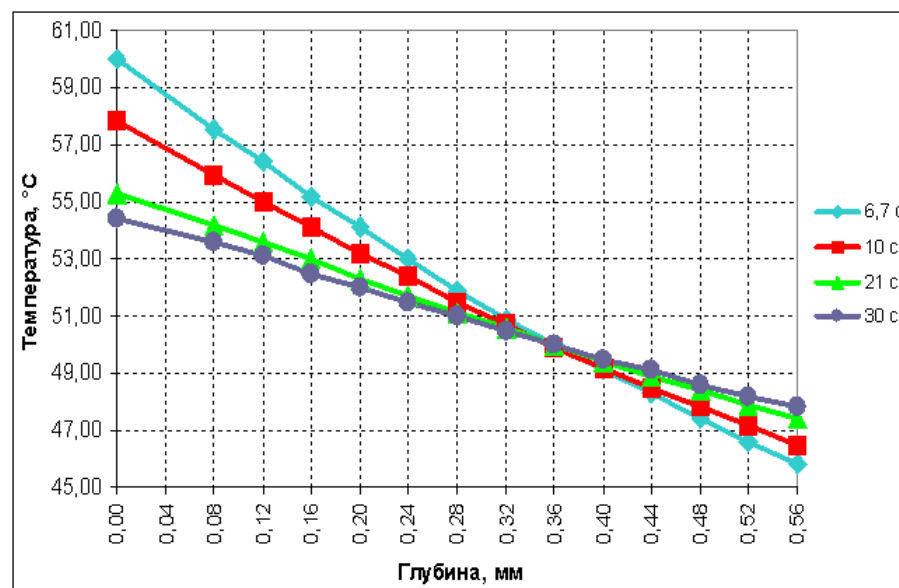
Все методы количественной оценки поражающего действия теплового излучения на биообъекты основаны на причинно-следственной связи между термодинамическими и медицинскими критериями поражения. Такие регрессионные модели получили название пробит-функций, позволяющие нормировать случайную величину дозы поражения в единицах стандартного отклонения для нормального закона распределения вероятностей [50].

По тепловой модели (1.4.2.3) авторами получены результаты вычислительного эксперимента по пробит-функции для ожогов II степени, для 10-и значений вероятностей от 0,01 до 0,99 с шагом 0,1 и рассчитаны индексы обучения. При исследовании контактных ожогов в [28,60] показано, что температура на определенной глубине сохраняет постоянное значение с точностью 0,5 °С независимо от интенсивности облучения при постоянном индексе [1].

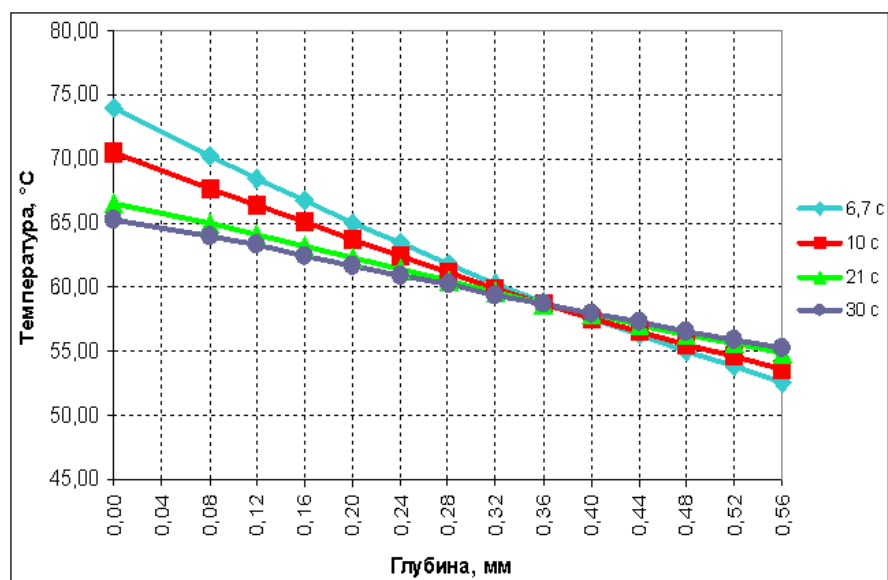
Результаты вычислительного эксперимента представлены на рис.1.4.2.1 по расчету температурного поля кожного покрова для трех значений вероятности – 0,05; 0,5; 0,95 [1].



а)



б)



в)

Рисунок 1.4.2.1 – Температурное поле кожи при ожоге II степени для трех значений вероятности [1]: а) – 0,05; б) – 0,5; в) – 0,95

Из этого исследования авторами сделан вывод, что при одинаковых индексах облучения температура на глубине 0,36 мм оказывается постоянной имеющей одно и то же значение. Поэтому значения этой температуры может быть принято в качестве инвариантного к скорости нагрева температурного критерия возникновения ожогов для произвольной вероятности наступления события [1].

1.5 Модели поражения кожного покрова человека

Авторами [2] были рассмотрены три модели поражения кожного покрова человека при воздействии излучения в техногенных авариях:

Кинетическая модель. В зарубежных методиках за критерий теплового поражения принимается интервал от скорости поражения кожи [2]:

$$P = \int_0^{\tau_{кр}} \frac{d\Omega}{dt} dt = \int_0^{\tau_{кр}} A \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) dt, \quad (1.5.1)$$

где $\tau_{кр}$ – время воздействия теплового источника до появления ожога, $\frac{d\Omega}{dt}$ – скорость поражения, A – предэкспонента, E – энергия активации, R – газовая постоянная, T – температура основного слоя.

При значениях $P \leq 0,5$ основной слой остается без повреждений; при $0,5 < P < 1$ возникают ожоги I степени; при $P \geq 1$ возникают ожоги II степени [2].

Для $P=1$ в [24] получена зависимость максимальной температуры основного слоя от времени, график который представлен на рис. 1.5.1 [1].

Авторами [27] по модели, которая учитывает влияние кровотока, предложен критерий температуры на расстоянии 0,36 мм от поверхности кожи.

Аррениусовская зависимость скорости поражения от температуры позволяет назвать критерий теплового поражения (1.5.1) кинетической моделью для идентификации ожогов I и II степеней по критической температуре основного слоя.

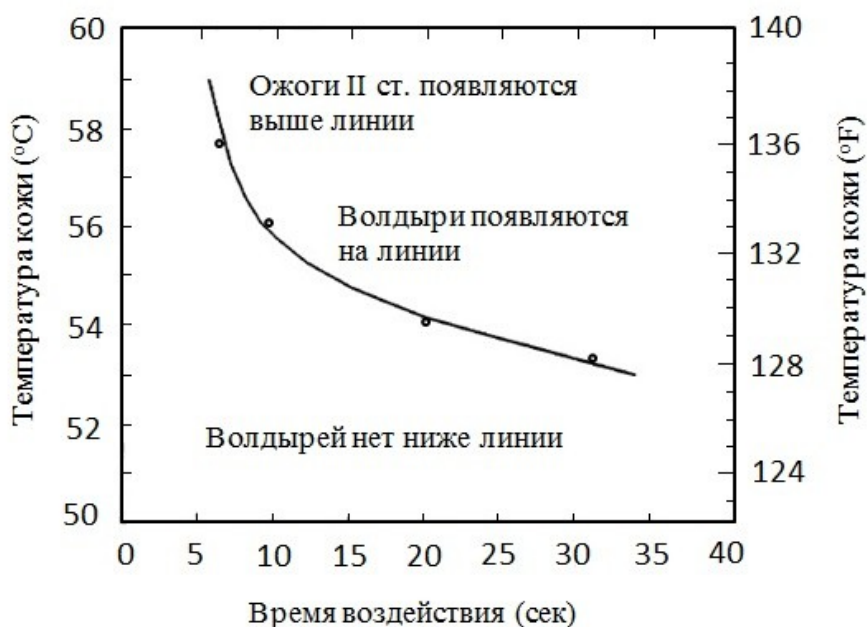


Рисунок 1.5.1 – Температура основного слоя кожи при воспроизведении ожогов II степени – кинетическая модель; \circ – тепловая модель [1]

Тепловая модель. В [28] для определения температуры в кожном покрове предложен метод математического моделирования процесса теплопередачи в многослойной структуре кожного покрова с учетом теплофизических свойств [2]. Экспериментальное воспроизведение ожогов осуществлялось контактом с инертным блоком с заданной постоянной температурой. Результаты моделирования показали, что ожог возникает при достижении температуры сосочкового слоя, дермы критического значения $51\text{ }^{\circ}\text{C}$. По данным физиологов именно на этой глубине располагаются тепловые рецепторы, гибель которых приводит к возникновению ожоговой болезни [2].

Вероятностная модель. В многочисленных опытах с биообъектами установлено, что вероятность «эффекта» возникновения поражения приближается к нормальному закону распределения, если в качестве критерия «дозы» взят логарифм индекса облучения. Вероятность возникновения «эффекта» можно определить по таблицам или рассчитывать интегрированием нормированной плотности нормального распределения стандартной случайной величины. В первом приближении за стандартную случайную величину можно принять нормированное значение логарифма индекса облучения t_0 [2]:

$$t_0 = \frac{\ln I - m_{\ln I}}{\sigma_{\ln I}}, \quad (1.5.2)$$

где $m_{\ln I}$ - оценка математического ожидания индекса облучения;

$\sigma_{\ln I}$ - оценка среднеквадратического отклонения $\ln I$ от $m_{\ln I}$.

Экспериментальное определение оценки среднеквадратического отклонения требует большого количества параллельных экспериментов с биообъектами в широком диапазоне изменений индекса облучения. Поэтому специалисты используют другой подход, который основан на определении зависимости $\text{Pr}(I) = f(\ln I)$ – пробит-функция или уравнения регрессии «доза – эффект» [2]:

$$Pr = a + b(\ln I) \quad (1.5.3)$$

где a и b – коэффициенты в экспериментах по воспроизведению ожогов, $Pr = t_0 + 5$.

Получается, что для каждой степени термического поражения будут отличаться значения коэффициентов. В виду того, пробит-функция является линейной величиной, то для того чтобы её построить понадобится не менее двух экспериментальных точек с соответствующими координатами «доза – эффект» [2].

Во внутренних нормативных документах [30,31,32] приводится пробит-функция для прогноза ожогов I и II степени, а также приводится пробит-функция для летального исхода с различной вероятностью, но расчеты для этих функций значительно отличаются от данных зарубежных стандартов. Кроме того, в этих документах не присутствует методов расчета температурного поля в кожном покрове для различных вероятностей и степеней термического ожога [16].

Результаты исследований по влиянию теплового излучения постоянной плотности теплового потока на облученные участки кожи обобщены в фундаментальных зарубежных монографиях [33,34].

1.6 Медицинские информационные системы

Целью научного исследования в данной работе является разработка математических моделей тепло – и массопереноса в кожном покрове человека, которая открывает перспективы для создания более совершенных математических моделей прогнозирования степени термического поражения кожного покрова. На основе таких математических моделей разработаны медицинские информационные системы нового поколения.

Медицинская информационная система – это совокупность информационных, организационных и программных средств, которые в свою очередь предназначены для автоматизации медицинских процессов организаций [48].

Сбор, хранение, обработка, передача и распределение информации – это главные функции информационных систем. К задачам данных систем относят [37]:

- оказание медицинской помощи населению с помощью информации;
- информационная поддержка для управления отраслью здравоохранения.

Главным устройством информатизации за прошедшие года является проект создания единой государственной информационной системы (ЕГИС), которая по существу является первым крупным опытом государства в области компьютерной медицины [37]. В то время когда только создавались ЕГИС, медицинские информационные системы были незначительны, так как не все лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) были заинтересованы в автоматизации. На фоне медленно растущего интереса к информации в настоящее время сформировался пусть и не большой, но ощутимый рынок медицинских информационных систем. И где-то с 2008 по 2009 года эта область заметно изменилась, была взята инициатива по массовому внедрению современных информационных технологий в практику здравоохранения. К 2009 году этот процесс уже созрел до конкретной идеи создания национальной информационной системы [36].

Распределения медицинских информационных систем с точки зрения выбора операционных систем выглядит таким образом, что подавляющее множество работает с операционной системой Windows (табл.1.6.1) [37].

Таблица 1.6.1 – Медицинские информационные системы по поддержке ОС [37]

	ОС сервера,%	ОС ПК,%
Работают на Windows	53%	82%
Работают и на Windows и на Linux	26%	-
Работают на различных ОС	21%	18%

В целом, с учетом числа МИС, можно сделать вывод о том, что Microsoft ведет контроль свыше 60 % медицинских информационных систем в России [37].

А сточки зрения разработки медицинских информационных систем самым популярным в среде программирования долгое время остается Object Pascal, который применяется при создании 31% МИС [37].

Таблица 1.6.2 – Развитие медицинских информационных систем с 2004 по 2010 года [36]

Показатель	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Количество одной МИС в год	4,3	5,7	7,25	17,0	23,2	14,2	8,3	30,6
Количество автоматизированных МИС	118,1	148,2	264,6	46,2	195,3	162,3	155,6	206,1

Если оценивать достигнутые объемы реализации внедрения и длительность присутствия на рынке медицинских информационных систем, можно сделать вывод, что наилучшие показатели МИС были в 2008 году, тогда среднее число проектов, выполненных каждым разработчиком за проект, были максимальными. Далее в 2009-2010 годах наблюдалось заметное снижение. Многие компании наблюдали заметное сокращение количества проектов на 20-40%. Но 2011 год стал годом возрождения рынка медицинских информационных систем. Большинство компаний значительно увеличили число проектов, в среднем вернувшись к показателям, которые были до этого самого кризиса (табл.1.6.2) [36].

Медицинские информационные системы в настоящее время очень динамично и стремительно развиваются в современном мире. С каждым годом в мире возрастает объем информации. Так по данным 2013 года, количество информации удваивается каждые два года и так до 2020 года. Для этого необходимо использование в работе автоматизированных средств,

которые позволяют эффективно хранить и обрабатывать накопленные данные [37].

Государственные лечебно-профилактические учреждения, которые составляют от общего числа 66,2%, являются основными показателями МИС, и распределены они следующим образом [36]:

- муниципальные учреждения – 43,3%;
- региональные – 15,5%;
- федеральные – 7,4%.

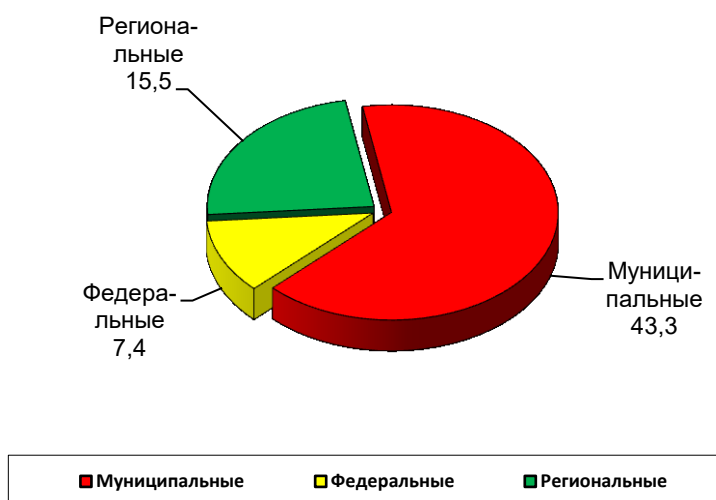


Рисунок 1.6.1 – Распределение государственных заказчиков медицинских информационных систем по формам собственности [36]

По количеству проектов пользователями медицинских информационных систем являются коммерческие ЛПУ, которые составляют от общего числа 22,9%. Далее идут ведомственные ЛПУ – 10,9% от общего числа МИС [36].



Рисунок 1.6.2 – Распределение заказчиков медицинских информационных систем по формам собственности [37]

Распределение проектов внедрения медицинских информационных систем в зависимости от вида лечебно-профилактических учреждений в настоящее время выглядит следующим образом (рис. 1.6.3) [37].

- Медицинские центры, центральные районные больницы – 34,8%.
- Поликлиники – 34,5%.
- Стационары – 13,4%.
- Стоматологические поликлиники, диспансеры – 8,9%.
- Санаторно-оздоровительные учреждения – 4,21%.
- Другие виды лечебно-оздоровительных учреждений – 4,21%.

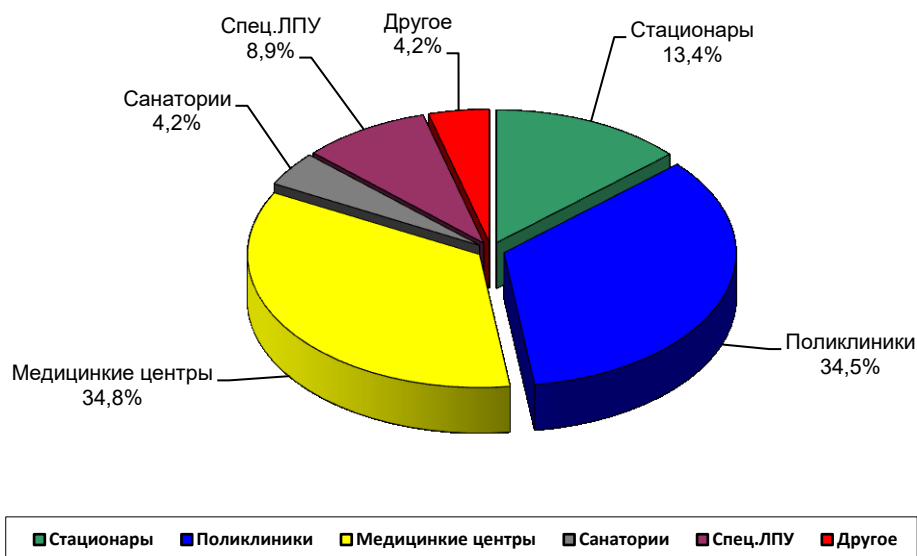


Рисунок 1.6.3 – Распределение внедрений медицинских информационных систем по видам лечебно-профилактических учреждений [36]

Такое распределение МИС в России объясняется тем, что общий рост поставок медицинских информационных систем, достигнут за счет учреждений амбулаторного звена, который является наибольшим среди лечебно-профилактических учреждений Российской Федерации [36].

Медицинские технологии и устройства играют наиважнейшую роль в медицинской практике, улучшая при этом здоровье пациентов, безопасность и качество жизни [44]. МИС повышают эффективность работы врачей и позволяют им тем самым предоставлять высококачественные услуги пациентам [45].

По данным ассоциации развития медицинских информационных технологий (АРМИТ) на 2012 год в Российской Федерации наблюдается 128 разработок, которые относятся к классу МИС [47].

В России насчитывается более 300 медицинских информационных систем (МИС) (по данным 2012 г.). В отсутствие стандартов обмена информацией внедрение медицинских информационных систем осуществляется беспорядочно. Многие из приложений, которые используются, несовместимы друг с другом. Проблемы совместимости не позволяют полностью раскрыть потенциал существующих решений [36].

1.7 Выводы по результатам обзора литературы

Анализ литературы в области исследования позволяет сделать следующие выводы:

1. Большинство работ посвящено экспериментальному исследованию тепловых режимов воздействия поражающих факторов лесного пожара на кожные покровы человека.

2. Службами скорой помощи и подразделениями МЧС востребовано использование медицинских информационных систем для поддержки принятия решения в случае ЧС, происшествиях на промышленных объектах и в лесных массивах.

3. Ввиду невозможности проведения натурных экспериментов актуальна разработка математических моделей и проведение численного анализа процессов теплового воздействия лучистого теплового потока от лесных пожаров на ткани человека с учетом структурных неоднородностей.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Излучение от фронта лесного пожара представляет собой значительную угрозу для жизни и здоровья людей. Распространение фронта лесного пожара, в большинстве случаев, осуществляется на десятки метров из-за теплового излучения пламени пожара. Для оценки опасности лучистого теплового потока от лесного пожара служит величина теплового потока (Вт/м^2) [89].

В случае нахождения человека вблизи от очага пожара возможно воздействие теплового излучения на кожные покровы человека. В таких ситуациях при определенных значениях плотности теплового потока возможно возникновение ожоговых поражений кожных покровов человека. Особенно опасно воздействие на незащищенные кожные покровы [89].

Теплопроводность является основным механизмом переноса тепла в тканях человека, которые подвергаются непосредственному воздействию излучения от лесного пожара.

Из-за повышения температуры тела до 40°C и более может возникнуть такое состояние при котором у человека могут начаться галлюцинации, судороги, которые приводят к потере сознания. Тепловое облучение человека (около 25 % его поверхности), превышающее 1000 Вт/м^2 , говорит о том, что в таких условиях работать нежелательно и опасно. Наиболее распространенной причиной при тушении лесных пожаров является тепловой удар, который выводит из строя персонал пожарных команд. Настоящая угроза для человека – это температурная нагрузка, приводящая к повреждению кожи, верхних дыхательных путей, гортани, глаз и слизистой оболочки носа. В Южной Европе пожарные получают ожоги ежегодно, в результате таких ожогов поражается около 15 % кожного покрова. Наиболее максимальная температура для низовых пожаров составляет около $300\div 700^\circ\text{C}$, а средняя температура в свою очередь составляет $133\div 340^\circ\text{C}$.

Интенсивные верховые пожары характеризуются температурой пламени 900-1200 К [29].

2.2 Алгоритм решения задачи теплопроводности

Для исследования влияния излучения от фронта лесного пожара на кожу человека в настоящей работе используем математическое моделирование.

Математическая модель – это приблизительное описание, каких то либо явлений или объектов из реального мира посредством математического языка. Самарский рассматривал математическую модель, как эквивалент объекта, отражающий в своей математической форме наиболее важные свойства, законы, связи, которые присуще составляющим его частям [29].

Основная цель моделирования – это изучение этих явления и объектов. Пособием моделирования можно контролировать процесс изучения окружающего мира.

Этапы моделирования [29]:

1) Разработка модели. Определен объект, его основные свойства и особенности. Затем строится математическая модель, которая учитывает зависимости, существующие между признаками данного объекта.

2) Решение задачи. На этом этапе разрабатываются численные методы решения задач на компьютере.

3) Интерпретация информации, которая получается посредством математической модели.

4) Достоверности модели. Требуется, чтобы экспериментальные результаты соответствовали теоретическим следствиям модели с определенной точностью.

5) Модификация модели (упрощение или усложнение модели).

В данном исследовании элемент кожного покрова человека рассматривался как объект, на который воздействует излучение от фронта лесного пожара. Геометрия области решения показана на рис. 2.2.1.

Математическое моделирование сводится к решению системы нестационарных уравнений теплопроводности для системы «эпидермис – дерма – гиподерма» с соответствующими начальными и граничными условиями.

Разностные аналоги дифференциальных уравнений решались с помощью локально–одномерного метода Самарского. Локально – одномерный метод Самарского выполняется в два этапа [30]:

1. В направлении оси OX на промежуточном шаге по времени проводим дискретизацию двумерного уравнения, в результате получаем одномерное уравнение;
2. Далее после решения данного одномерного уравнения снова проводим дискретизацию двумерного уравнения, но только уже в направлении оси OY .

Для решения системы дифференциальных уравнений применяется метод конечных разностей. Идея МКР (метода сеток), состоит в решении краевых задач и довольно проста: делаем замену производных в дифференциальном уравнении с использованием их конечно-разностных аппроксимаций. Для построения аппроксимаций дифференциальных задач необходимо связать две противоречивые цели: хорошее качество аппроксимации и устойчивое решение результирующих алгебраических систем [29].

Рассмотрим задачу, которая решается на основе одномерного уравнения теплопроводности с применением метода конечных разностей. В качестве примера возьмем плоскую пластину (рис. 2.2.1). На левой границе поддерживается постоянная температура T_l , а на правой границе постоянная температура T_p . Источники, которые выделяют тепло внутри пластины, отсутствуют [29].

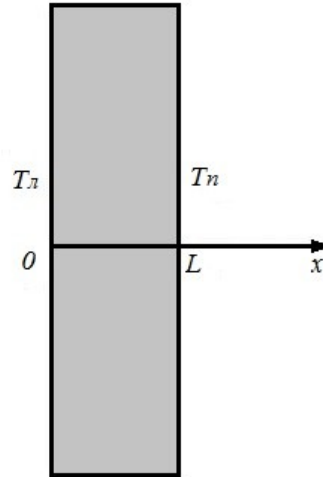


Рисунок 2.2.1 – Геометрия задачи [29]

Для заданных условий температура меняется только в направлении перпендикулярном к границе пластины. Так как ось направлена вдоль ОХ, как показано на рис. 2.2.1, температуры по направлению ОУ и ОZ являются постоянными. Рассмотрим дифференциальное уравнение вида [29]:

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (2.2.1)$$

Заменяем дифференциальное уравнение теплопроводности на их конечно – разностные аналоги [29]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\tau} \quad (2.2.2)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{h^2} \quad (2.2.3)$$

В результате аппроксимации частных производных второго порядка выполняется переход к разностной форме дифференциального уравнения [29]:

$$\rho \cdot c \cdot \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\tau} = \lambda \left(\frac{T_{i+1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{h^2} \right), \quad i = 2, \dots, N-1, \quad n \geq 0 \quad (2.2.4)$$

Когда МКР используется для решения задач теплопроводности, твердое тело делится на группу узлов. Частные производные дифференциальных уравнений заменяются конечноразностными аналогами, и в результате получаем систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). С помощью разностной сетке, которая представлена на рис. 2.2.2, определяется температура в каждом узле как локальная характеристика. Далее, полученная система уравнений замыкается начальными и граничными условиями, решаемыми численными методами посредством ЭВМ [29].

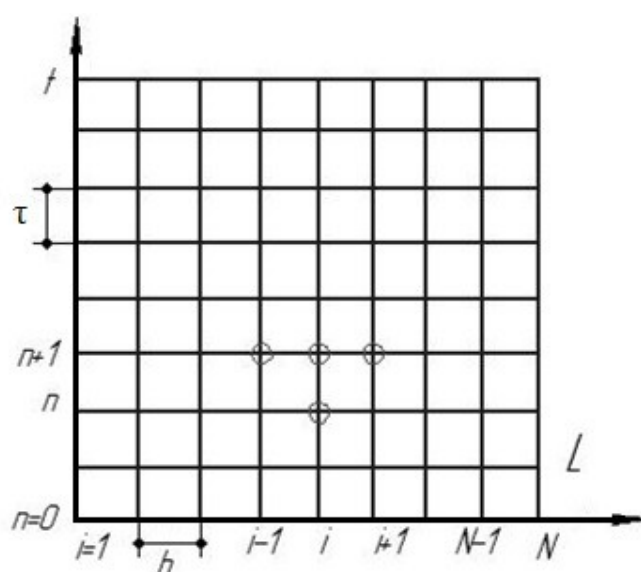


Рисунок 2.2.2 – Неявная четырехточечная разностная схема [29]

Из рис. 2.2.2 видно, что при использовании четырехточечной разностной схемы, одна точка берется со старого временного слоя, а три других берутся уже на новом временном слое.

Полученную систему сводим к общему виду и решаем методом прогонки [29]:

$$A_i \cdot T_{i+1}^{n+1} - B_i \cdot T_i^{n+1} + C_i \cdot T_{i-1}^{n+1} = F_i, \quad (2.2.5)$$

где $A_i = C_i = \frac{\lambda}{h^2}$, $B_i = \frac{2 \cdot \lambda}{h^2} + \frac{\rho \cdot c}{\tau}$, $F = -\frac{\rho \cdot c}{\tau} T_i^n$.

Далее делаем преобразование уравнения со вторым порядком точности в двухточечное уравнение с первым порядком [29]:

$$T_i^{n+1} = \alpha_i \cdot T_{i+1}^{n+1} + \beta_i, \quad (2.2.6)$$

Уменьшив i в уравнении (2.2.6) на $i-1$, получили выражение вида $T_{i-1}^{n+1} = \alpha_{i-1} \cdot T_i^{n+1} + \beta_{i-1}$, и, подставив в (2.2.5) получаем [29]:

$$A_i \cdot T_{i+1}^{n+1} - B_i \cdot T_i^{n+1} + C_i \cdot \alpha_{i-1} \cdot T_i^{n+1} + C_i \cdot \beta_{i-1} = F_i, \quad (2.2.7)$$

Откуда получаем [29]:

$$T_i^{n+1} = \frac{A_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}} T_{i+1}^{n+1} + \frac{C_i \cdot \beta_{i-1} - F_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}}, \quad (2.2.8)$$

где $\alpha_i = \frac{A_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}}, \beta_i = \frac{C_i \cdot \beta_{i-1} - F_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}}$.

Для того чтобы найти α_i и β_i по (2.2.8) обязательно надо α_1 и β_1 , которые найдем из левого граничного условия. По формулам (2.2.6) находим последовательно $T_{N-1}^{n+1}, T_{N-2}^{n+1}, \dots, T_2^{n+1}$.

Решение уравнений (2.2.7) определяется методом прогонки, которые находятся из прогоночных коэффициентов α_i, β_i при $i = \overline{2, N-1}$ (прямая прогонка), а далее получение неизвестных T_N^{n+1} при $i = N-1, N-2, \dots, 2$ - это уже (обратная прогонка) [29].

Для того чтобы применить метод прогонки необходимо в процессе расчета избегать ситуаций с делением на ноль, а для больших размерностей систем не должно быть большого роста погрешностей.

Далее рассмотрим задачу с фазовым переходом на границе, а именно, испарение с поверхности материала. Испарение в пластине происходит только на одной границе. Рассмотрим дифференциальное уравнение теплопроводности вида [29]:

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}, \quad (2.2.9)$$

Начальные и граничные условия:

$$t = 0, \quad T = T_0; \quad (2.2.10)$$

На верхней границе применяем граничные условия третьего рода, так как учитывается испарение с поверхности материала. Данное условие характеризует теплообмен между окружающей средой и поверхностью материала. При этом задается температура окружающей среды T_0 , так же задается закон теплообмена между окружающей средой и поверхностью. Для того чтобы описать теплообмен между поверхностью и окружающей средой, используется закон Ньютона-Рихмана [43]. Согласно закону Ньютона-Рихмана количество теплоты, которое отдается единицей поверхности тела в единицу времени, пропорционально разности температур поверхности тела T и окружающей средой, T_0 ($T > T_0$): $q = \alpha(T - T_0)$.

Граничное условие третьего рода для верхней границы [29]:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = q - Q_{исп} \cdot W_{исп}; \quad (2.2.11)$$

где $W_{исп} = \frac{A \cdot (P - P_{атм})}{\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}}$ - скорость испарения, $P = P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{исп}}{RT}\right)$ - давление

насыщения; A -коэффициент аккомодации; P_0 - предэкспонент фазового перехода; $Q_{исп}$ - энергия активации процесса испарения; $R=8.31$ Дж/(моль · К) - универсальная газовая постоянная; M - молекулярный вес.

На нижней границе примем граничные условия первого рода. На поверхности объекта в каждый момент времени задается распределение температур $T=T(y, t)$. В данном случае, когда температура на поверхности постоянна на протяжении всего процесса теплообмена, это условие может принять вид: $T=const$.

Проведем дискретизацию граничного условия третьего рода для верхней границе. Для этого потребуется определить прогоночные коэффициенты α и β , которые определяются по формуле прогонки $T_i = \alpha_i T_{i+1} + \beta_i$ или $T_1 = \alpha_1 T_2 + \beta_1$.

Далее в выражение (2.2.11) подставляем формулу для расчета скорости испарения [29]:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = q - \frac{Q_{исп} \cdot A \cdot \left(P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{исп}}{RT}\right) - P_{атм} \right)}{\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}}; \quad (2.2.12)$$

Заменяем, $\partial T/\partial y$ на конечно – разностные аналоги, в результате получаем

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{h}$$

$$-\lambda \frac{T_2 - T_1}{h} = q - \frac{Q_{исп} \cdot A \cdot \left(P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{исп}}{RT_1}\right) - P_{атм} \right)}{\sqrt{\frac{2\pi RT_1}{M}}}; \quad (2.2.13)$$

Выражаем T_1

$$T_1 = T_2 + \frac{qh}{\lambda} - \frac{Q_{исп} \cdot A \cdot h \cdot \left(P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{исп}}{RT_1}\right) - P_{атм} \right)}{\lambda \cdot \sqrt{\frac{2\pi RT_1}{M}}}; \quad (2.2.14)$$

Таким образом, получаем прогоночные коэффициенты

$$\begin{cases} \alpha_1 = 1; \\ \beta_1 = \frac{qh}{\lambda} - \frac{Q_{исп} \cdot A \cdot h \cdot \left(P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{исп}}{RT_1}\right) - P_{атм} \right)}{\lambda \cdot \sqrt{\frac{2\pi RT_1}{M}}} \end{cases} \quad (2.2.15)$$

Из вывода прогоночных коэффициентов видно, что β_1 нелинейным образом зависит от температуры. Далее определим температуру T_N .

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = q - \frac{Q_{ucn} \cdot A \cdot \left(P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{ucn}}{RT}\right) - P_{амм} \right)}{\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}}; \quad (2.2.16)$$

$$\lambda \frac{T_N - T_{N-1}}{h} = q - \frac{Q_{ucn} \cdot A \cdot \left(P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{ucn}}{RT_1}\right) - P_{амм} \right)}{\sqrt{\frac{2\pi RT_1}{M}}}; \quad (2.2.17)$$

так как $T_{N-1} = \alpha_{N-1} T_N + \beta_{N-1}$, то

$$T_N = \frac{q \cdot h + \lambda \cdot \beta_{N-1}}{\lambda \cdot (1 - \alpha_{N-1})} - \frac{Q_{ucn} \cdot A \cdot h \cdot \left(P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{ucn}}{RT_N}\right) - P_{амм} \right)}{\lambda \cdot (1 - \alpha_{N-1}) \cdot \sqrt{\frac{2\pi RT_N}{M}}}; \quad (2.2.18)$$

В результате получили нелинейное уравнение для определения температуры [29].

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является экономическое обоснование технического решения научно-исследовательской работы (НИР), которое состоит в соотношении затрат на осуществление технического решения и получаемого эффекта. В экономической части разрабатывают основные вопросы организации производства, его важнейшие технико-экономические показатели, выполняют расчеты по определению себестоимости продукции, экономической эффективности производства.

В данной работе рассматривается математическое моделирование теплопереноса в слоистой структуре кожного покрова при воздействии излучения от лесного пожара с учетом испарения клеточной влаги. Для математического моделирования использовалась среда программирования PascalABC. Все графические результаты обрабатывались в пакете программы OriginPro 8. Результаты НИР представлены в виде диссертационной работы с применением пакета программ Microsoft Office.

Для достижения поставленной цели сформулировали задачи:

1. Определение этапов работы;
2. Определение продолжительности этапов работы;
3. Расчет затрат необходимых для НИР;
4. Расчет рентабельности проекта;
5. Оценка научно-технической результативности НИР.

4.1 Организация и планирование работ

Планирование представляет собой процесс формирования целей, определения приоритетов, средств и методов их достижения. Оно часто рассматривается как завершающий этап прогнозирования, в процессе которого принимаются решения на основе выбора тех или иных альтернатив

развития. С точки зрения математики, планирование – это функция, одним из аргументов которой является время.

В целях планирования необходимо составить перечень этапов работ, указать участников и продолжительность этих этапов. Результат планирования представляется в виде линейного или сетевого графика проекта.

Этапы проекта и их продолжительность представлена в табл. 4.1.1. Основными исполнителями проекта являются студент (С) и научный руководитель (НР).

Таблица 4.1.1 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

№ п/п	Этапы работы	Загрузка исполнителей, %		Продолжительность, дни
		С	НР	
1	Формулирование задания и темы работы	0	100	1
2	Аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по теме работы	100	0	35
3	Выбор направления исследований и обоснование актуальности работы	50	50	6
4	Формулировка физической модели теплового воздействия на человека	90	10	5
5	Формулировка математической модели теплового воздействия на человека	100	0	10
6	Численное исследование тепловых режимов воздействия на человека	90	10	185
7	Вычислительные эксперименты по моделированию тепловых режимов воздействия лесных пожаров на человека	80	20	60

Продолжение табл. 4.1.1

8	Анализ результатов математического моделирования	90	10	10
9	Написание статей, составление докладов по материалам работы, участие в конференциях	60	40	65
10	Сравнительный анализ с результатами экспериментов других авторов	100	0	5
11	Формулировка выводов по результатам численного исследования	70	30	5
12	Работа над разделами «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	100	0	14
13	Оформление заключительной части работы	100	0	7
14	Перевод части диссертации на английский язык	100	0	7
15	Подготовка рукописи диссертации	90	10	15
	Итого:			430

Важным моментом какой-либо разработки является определение трудоемкости работ каждого из участников, т.к. зачастую трудовые затраты составляют основную часть стоимости научного исследования.

Трудоемкость является вероятностной характеристикой, которая оценивается экспертным путем в человеко-днях и зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется опытно-статистическим методом, который реализуется вероятностным способом.

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ осуществляется по формуле [76]:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (4.1.1)$$

где t_{\min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{\max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях произведем по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (4.1.2)$$

где $T_{рд}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{вн} = 1$);

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{д} = 1, 2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к}, \quad (4.1.3)$$

где $T_{к}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется:

$$T_{к} = T_{кал} / (T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}) = 365 / (365 - 52 - 12) = 1,213, \quad (4.1.4)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 52$);

$T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 12$).

Формулы (4.1.2) – (4.1.4) приведены из источника [76].

Таблица 4.1.2 – Трудозатраты на выполнение проекта [76]

№ п/п	Этапы работы	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ $T_{рд}$, чел./дн.		Длительность работ $T_{кд}$, чел./дн.	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	С	НР	С	НР
1	Получение задания и темы работы	НР	1	1	1	0	1,2	0	1,46
2	Аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по теме работы	С	25	35	29	34,8	0	42,21	0
3	Выбор направления исследований и обоснование актуальности работы	НР, С	4	6	4,8	2,88	2,88	3,49	3,49
4	Формулировка физической модели теплового воздействия на человека	НР, С	3	5	3,8	4,1	0,456	4,98	0,55
5	Формулировка математической модели теплового воздействия на человека	С	7	10	8,2	9,84	0	11,94	0
6	Численное исследование тепловых режимов воздействия на человека	НР, С	165	185	173	186,84	20,76	226,6	25,2
7	Вычислительные эксперименты по моделированию тепловых режимов воздействия лесных пожаров на человека	НР, С	50	60	54	51,84	12,96	62,88	15,7
8	Анализ результатов математического моделирования	НР, С	7	10	8,2	10,74	0,984	10,74	1,19
9	Написание статей, составление докладов по материалам работы, участие в конференциях	НР, С	50	65	56	40,32	26,88	48,91	32,6
10	Сравнительный анализ с результатами экспериментов других авторов	С	3	5	3,8	4,56	0	5,53	0
11	Формулировка выводов по результатам численного исследования	НР, С	3	5	3,8	3,19	1,368	3,87	1,66
12	Работа над разделами «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С	12	14	12,8	15,36	0	18,63	0
13	Оформление заключительной части работы	С	5	7	5,8	6,96	0	8,44	0
14	Перевод части диссертации на английский язык	С	5	7	5,8	6,96	0	8,44	0
15	Подготовка рукописи диссертации	НР, С	12	15	13,2	14,26	1,58	17,29	1,92
	Итого:		352	430	383,2	392,65	69,07	474	83,8

На основании табл. 4.1.2 строим линейный график работ (рис. 4.1.1).

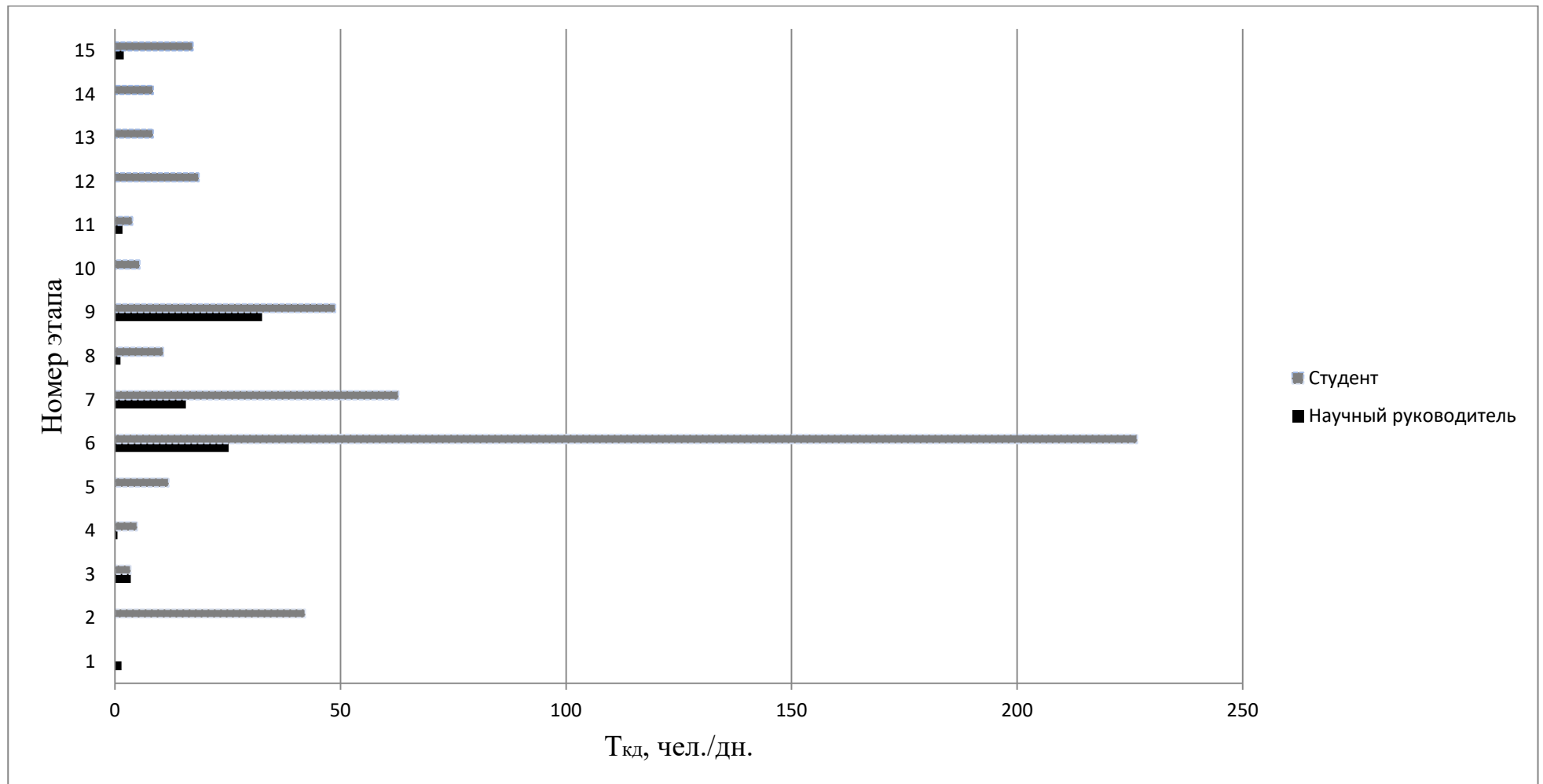


Рисунок 4.1.1 – Линейный график работ на основе рассчитанного для студента и научного руководителя времени $T_{кд}$

4.2 Расчет сметы затрат

Смета затрат представляет собой сводный план всех расходов, стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Затраты на реализацию проекта представляют собой сумму основных расходов и складываются из следующих элементов [77]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{мат}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{з.п}} + Z_{\text{с.о}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{эл}}, \quad (4.2.1)$$

где $Z_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$Z_{\text{з.п}}$ – заработная плата (основная и дополнительная);

$Z_{\text{ам}}$ – амортизационные расходы;

$Z_{\text{с.о}}$ – социальные отчисления;

$Z_{\text{эл}}$ – затраты на электроэнергию;

$Z_{\text{пр}}$ – прочие затраты.

Материальные затраты представляют собой элемент себестоимости, в котором отражается стоимость покупных материалов, используемых в процессе работы для обеспечения нормального рабочего процесса. К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ [76].

Материальные затраты на данный проект представлены в табл.4.2.1. Стоимость оборудования принималось согласно [78], канцелярские товары – [79], офисная мебель – [80], программное обеспечение – [81, 82].

Таблица 4.2.1 – Материальные затраты на проект

№ п/п	Наименование	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
Канцелярские товары				
1	Бумага для принтера А4	2	250	500
2	Картридж для принтера	1	866	866
3	Ручка шариковая	2	59,8	119,6
4	Карандаш механический	1	49	49

Продолжение табл. 4.2.1

5	Грифели для карандаша	1	38,9	38,9
6	Резинка стирательная	1	12	12
Офисная техника				
7	Ноутбук	1	25000	25000
8	Мышка	1	710	710
Программное обеспечение				
9	Object Pascal	1	56500	56500
10	Microsoft Office 2010	1	16700	16700
Итого:			100495,5	

Расходы на материалы составили $Z_{\text{мат}} = 100495,5$ руб.

Следующей статьёй расходов НИР для оценки затрат является заработная плата исполнителей. Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и студента, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная заработная плата рассчитывается:

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{м}} / F_{\text{д}}, \quad (4.2.2)$$

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в табл. 4.2.2.

Таблица 4.2.2 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	$k_{\text{рк}}$	Фонд з/платы, руб.
НР	23300	925,7	352	1,3	423600,3

Продолжение табл. 4.2.2

С	1900	75,49	430	1,3	42100,8
Итого:			465701,1		

При расчете учитывалось, что в году 302 рабочих дня и, следовательно, в месяце 25,17 рабочих дня. Также был принят во внимание районный коэффициент $k_{рк}=1,3$.

Как видно из табл. 4.2.2 затраты на основную заработную плату составили $Z_{осн.}=465701,1$ руб.

Дополнительная заработная плата как статья затрат включает сумму выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы)[77].

Дополнительная заработная плата рассчитывается в процентном соотношении от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении проекта (10-15%):

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп} = 465701,1 \cdot 0,1 = 46570,1 \text{ руб.}, \quad (4.2.3)$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Фонд заработной платы составляет:

$$Z_{з.п.} = Z_{доп} + Z_{осн} = 46570,1 + 465701,1 = 512271,2 \text{ руб.} \quad (4.2.4)$$

Отчисления на социальные нужды по действующему нормативу единого социального налога (ЕСН) и страхового тарифа предусматриваются от суммы основной и дополнительной заработной платы порядка 30 %:

$$Z_{с.о} = k_{внеб} \cdot Z_{з.п.} = 0,3 \cdot 512271,2 = 153681,4 \text{ руб.} \quad (4.2.5)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) [77].

Формулы (4.2.2) –(4.2.5) приведены из источника [77].

Статья расходов на электроэнергию включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования а также затраты на электроэнергию, потраченную на освещение.

Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей $\mathcal{E}_{\text{об}}$ [83]:

$$\mathcal{E}_{\text{об}} = P_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}} \cdot t_{\text{об}}, \quad (4.2.6)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$ – тарифная цена за 1 кВт·час, принимаем $C_{\text{э}}=1,89$ руб./кВт·час [9];

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе данных табл.4.1.2 ($T_{\text{рд}}$) для студента из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot 8 = 393 \cdot 8 = 3144 \text{ ч} \quad (4.2.7)$$

Мощность, потребляемая оборудованием $P_{\text{об}}$ принимаем равную мощности ноутбука $P_{\text{об}}=0,09$ кВт [78].

Затраты на электроэнергию при работе оборудования:

$$\mathcal{E}_{\text{об}} = 0,09 \cdot 1,89 \cdot 3144 = 534,8 \text{ руб.} \quad (4.2.8)$$

Затраты на электроэнергию для освещения помещения, где осуществлялось выполнение проекта $\mathcal{E}_{\text{ос}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{ос}} = P_{\text{ос}} \cdot C_{\text{э}} \cdot t_{\text{ос}}, \quad (4.2.9)$$

где $P_{\text{ос}}$ – мощность, потребляемая осветительными приборами, кВт;

$t_{\text{ос}}$ – время работы осветительных приборов, час.

Мощность, потребляемая освещением $P_{\text{ос}}$:

$$P_{oc} = P_{уст.ос} \cdot K_c = 0,48 \cdot 0,9 = 0,432 \text{ кВт}, \quad (4.2.10)$$

где $P_{уст.ос}$ – установленная мощность осветительных приборов, принимаем $P_{уст.ос} = 0,48$ кВт [85].

$K_c = 0,9$ – коэффициент спроса для внутреннего освещения, принимаем [84].

Время работы освещения t_{oc} :

$$t_{oc} = T_{рд} \cdot t_{сут} = 393 \cdot 5 = 1965 \quad (4.2.11)$$

где $t_{сут}$ – длительность работы освещения за смену, ч.

$$\mathcal{E}_{oc} = 0,432 \cdot 1,89 \cdot 1965 = 1604,4 \text{ руб.} \quad (4.2.12)$$

Общие затраты на электроэнергию:

$$\mathcal{Z}_{эл} = \mathcal{E}_{об} + \mathcal{E}_{oc} = 534,8 + 1604,4 = 2139,2 \text{ руб.} \quad (4.2.13)$$

Амортизационные отчисления определяются исходя из стоимости основных фондов (компьютерного оборудования), используемых при проведении научных исследований и годовой нормы амортизационных отчислений:

$$\mathcal{Z}_{ам} = \frac{H_a \cdot \mathcal{C}_{об}}{F_d} \cdot t_{вт} = \frac{0,25 \cdot 25000}{2416} \cdot 3440 = 8899 \text{ руб.}, \quad (4.2.14)$$

где H_a – годовая норма амортизации, принимаем $H_a = 25\%$;

$\mathcal{C}_{об}$ – цена оборудования, принимается по табл.4.2.1 $\mathcal{C}_{об} = 25000$ руб.;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени, $F_d = 2416$ ч.;

$t_{вт}$ – время работы вычислительной техники при создании программного продукта, по табл. 4.2.2 $t_{вт} = 430 \cdot 8 = 3440$ ч.

Прочие расходы составляют 16 % от единовременных затрат на выполнение технического продукта и определяются по формуле:

$$\begin{aligned} C_{проч.} = & (C_{мат.} + C_{осн.} + C_{соц.} + \mathcal{E} + C_{ам.}) \cdot 0,16 = (100495,5 + 465701,07 + \\ & + 153681,4 + 2139,2 + 8899) \cdot 0,16 = 116946,6 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4.2.15)$$

Формулы (4.2.7) – (4.2.15) приведены из источника [83].

Общая себестоимость НИР представлена в табл.4.2.3 путем сведения рассчитанных статей затрат в смету.

Таблица 4.2.3 – Смета затрат на НИР

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат.}}$	100495,5
Фонд оплаты труда	$C_{\text{осн.}}$	465701,07
Отчисления из ФОТ	$C_{\text{соц.}}$	153681,4
Расходы на электроэнергию	Э	2139,2
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам.}}$	8899
Прочие расходы	$C_{\text{проч.}}$	116946,6
Итого:		847862,77

Таким образом основные затраты на реализацию проекта составили $Z_o=847862,77$ руб.

Для экономической оценки проекта необходимо провести расчет основных показателей работ. К основным показателям работ относятся: продолжительность и объем работ, численность персонала, производительность и средняя заработная плата на 1 работника, себестоимость, прибыль и рентабельность.

Сводный сметный расчет представляет собой сумму основных и накладных расходов, компенсационных затрат с учетом сметной прибыли.

Сметная стоимость (С) определяется по формуле[86]:

$$C = Z_o + Z_n + P_c + K_z, \quad (4.2.16)$$

где Z_o - сумма основных расходов;

Z_n - накладные расходы;

P_c - сметная прибыль;

K_3 - компенсационные затраты, принимается равными нулю.

Накладные расходы принимаются в размере 20% от основных расходов:

$$Z_n = 0,2 \cdot Z_o = 0,2 \cdot 847862,77 = 169572,55 \text{ руб.} \quad (4.2.17)$$

Плановые накопления (Π_n) представляют собой сметную прибыль (Π_c) и определяются умножением утвержденного норматива прибыли в процентах к сумме основных и накладных расходов по формуле:

$$\Pi_n = (Z_n + Z_o) \cdot N_{\text{пл}} = (169572,55 + 847862,77) \cdot 0,14 = 142440,95 \text{ руб.,} \quad (4.2.18)$$

где $N_{\text{пл}}$ - норматив плановых накоплений, %.

Тогда сметная стоимость составит:

$$C = 847862,77 + 169572,55 + 142440,95 = 1159876,3 \text{ руб.} \quad (4.2.19)$$

Объем работ (Q) в денежном выражении представляет собой сметную стоимость работ (C). Производительность труда одного работника находится по формуле:

$$\Pi_t = \frac{Q}{Ч} = \frac{1159876,3}{2} = 579938,14 \text{ руб.} \quad (4.2.20)$$

Q - объем работ, руб.

$Ч$ - численность работников, человек.

Рентабельность проекта определяется по формуле:

$$P = \frac{\Pi}{C_p} = \frac{142440,95}{1017435,32} = 0,14 \quad (4.2.21)$$

Где Π - прибыль (прибыль от тематических работ, то же, что и плановые накопления);

C_p - себестоимость работ, которая находится по формуле:

$$C_p = 847862,77 + 169572,55 = 1017435,32 \quad (4.2.22)$$

Формулы (4.2.17) – (4.2.22) приведены из источника [86].

4.3 Оценка научно-технической результативности НИР

Одним из главных показателей качества результатов научной деятельности является показатель научно-технического уровня (НТУ), как обобщающая характеристика перспективности и прогрессивности научно-технических решений, заложенных в разработку, по сравнению с уже существующими и ранее созданными, которые относятся к одной научной отрасли.

В отечественной практике разработана методика количественно-качественной оценки НТУ результатов с целью повышения уровня объективности оценки НТУ, с использованием таблиц-матриц и шкал, построенных на основе содержательных нормативных критериев, отражающих степень воздействия определенных показателей на уровень научной значимости результата. Комплекс нормативных критериев-показателей включает: уровень новизны научного результата; степень и широту воздействия результатов НИР на науку.

В [87] результат научной деятельности определяется как степень достижения научного, научно-технического, экономического и социального эффектов, которые характеризуются следующим образом:

- *научный эффект*, как прирост информации, предназначенной для "внутри научного" потребления
- *научно-технический эффект*, как возможность использования результатов научных исследований в других НИОКР и получения информации, необходимой для создания новой продукции;
- *экономический эффект*, как величина прибыли за счёт использования результатов научной деятельности;
- *социальный эффект*, как степень влияния результатов научной деятельности на различные сферы деятельности современного общества.

Для фундаментальных НИР рассчитывается интегральный коэффициент научной результативности, а для поисковых работ — коэффициент научно-технической результативности. Оценка научно-технической результативности прикладных НИР производится на основе сопоставления технических параметров, достигнутых в результате выполнения НИР, с соответствующими базовыми значениями [87].

Таблица 4.3.1 – Характеристики факторов и признаков научной результативности НИР [87]

Фактор научной результативности	Коэф. значимости фактора	Качество фактора	Характеристика фактора	Коэф. достигнутого уровня
Новизна полученных результатов	0,5	Высокая	Некоторые общие закономерности, методы, способы, позволяющие создать принципиально новое программное обеспечение МИС	0,7
Глубина научной проработки	0,35	Средняя	Невысокая сложность расчетов, невозможность проведения эксперимента	0,6
Степень вероятности успеха	0,15	Большая		1

Таблица 4.3.2 – Характеристики факторов и признаков научно-технической результативности НИР [87]

Фактор научной результативности	Коэф. значимости фактора	Качество фактора	Характеристика фактора	Коэф. достигнутого уровня
Перспективность использования результатов	0,5	Важная	Результаты будут использованы при разработке новых программных комплексов обеспечения МИС	0,8

Продолжение табл. 4.3.2

Масштаб реализации результатов	0,3	Отрасль	Время реализации: до 3 лет	0,7
Завершенность результатов	0,2	Средняя	Рекомендации, развернутый анализ, предложения	0,6

В этом случае коэффициент научно-технической результативности [87]:

$$K_{\text{нр(нтр)}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{вл}i} \cdot K_{\text{п}i}, \quad (4.3.1)$$

где $K_{\text{вл}i}$ – коэффициент влияния i -го параметра на научно-техническую результативность;

$K_{\text{п}i}$ – коэффициент относительного повышения i -го параметра по сравнению с базовым значением.

Результаты расчета коэффициента научно – технической результативности представлены в виде табл. 4.3.3.

Таблица 4.3.3 – Оценка научно-технической результативности НИР

Параметр	$K_{\text{вл}i}$	$K_{\text{п}i}$	$K_{\text{вл}i} \cdot K_{\text{п}i}$
Коэффициент научной результативности			
Новизна полученных результатов	0,5	0,7	0,35
Глубина научной проработки	0,35	0,6	0,21
Степень вероятности успеха	0,15	1	0,15
Коэффициент научно-технической результативности			
Перспективность использования результатов			0,4
	0,5	0,8	
Масштаб реализации результатов	0,3	0,7	0,21
Завершенность результатов	0,2	0,6	0,12

Коэффициент научной результативности:

$$K_{\text{нр}} = 0,35 + 0,21 + 0,15 = 0,71. \quad (4.3.2)$$

Коэффициент научно-технической результативности:

$$K_{\text{нтр}} = 0,4 + 0,21 + 0,12 = 0,73. \quad (4.3.3)$$

Выводы по разделу 4:

В данной главе был произведен расчет продолжительности этапов работы, определена трудоемкость работ каждого из участников и построен линейный график работ. По данному графику можно судить о времени, затраченном на каждый из этапов проекта, вкладе каждого из участников и максимальном по длительности исполнении работ в рамках научно-исследовательского проекта. В целях экономической оценки проекта составлен сводный сметный расчет, который представляет собой сумму основных и накладных расходов с учетом сметной прибыли. Согласно сметы затрат расходы на НИР составляют 847862,77 руб. Рентабельность проекта составила 14%. Техничко-экономическое обоснование НИР свидетельствует о том, что в случае внедрения программного комплекса происходит снижение времени и стоимости на получение объективной информации о степени повреждения кожного покрова в условиях ЧС типичного представителя населения. Эффект от экономии времени за счет оперативного получения объективной информации, снижения степени риска принятия неверных решений приводит к определенной экономии на численности лиц, задействованных в спасательных операциях при ЧС, следственно должен привести к экономии затрат на оплату труда служащих.

ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность и охрана труда являются важнейшими составляющими любой деятельности, в особенности производственной, т.к. непосредственно связаны со здоровьем и жизнью человека.

Социальная ответственность—сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач и, норм и ценностей, понимание осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

Охрана труда – совокупность нормативных, технических и правовых актов, мероприятий и правил, целью которых является сохранение здоровья и жизни работника в процессе трудовой деятельности. Данные мероприятия могут быть организационно–технического, санитарно–гигиенического, социально–экономического, лечебно–профилактического, реабилитационного характера.

Условия труда оказывают прямое воздействие на здоровье человека и его состояние в процессе работы, что обуславливает их отвечать всем требованиям безопасности и санитарно–гигиеническим требованиям.

Все факторы, воздействующие на работника в процессе осуществления трудовой деятельности, принято разделять на два типа: вредные и опасные производственные факторы.

В данной главе преследуется несколько задач:

1. Проанализировать рабочее место на предмет возникновения вредных и опасных факторов, а также их влияние на человека; определить предполагаемые средства защиты и меры по снижению их воздействия; рассмотреть возможности возникновения чрезвычайных ситуаций и разработка мер по их предупреждению.

2. Проанализировать перечень вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования, а также влияние исследуемого объекта на человека; рассмотреть возможность возникновения ЧС и разработать ряд мер по их предупреждению.

5.1. Профессиональная социальная безопасность

5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для математического моделирования теплопереноса в слоистой структуре кожного покрова при воздействии излучения от лесного пожара с учетом испарения клеточной влаги рабочим местом является компьютерный класс.

Рабочее место—пространственная зона, оснащенная необходимыми средствами, в которой совершается трудовая деятельность работника или группы работников, совместно выполняющих производственные задания. Рабочее место является частью производственно—технологической структуры предприятия (организации), оно предназначено для выполнения части технологического (производственного) процесса и определяется на основе трудовых и других действующих норм, и нормативов.

Работа с персональным компьютером—это воспроизведение визуальной информации на дисплее, которая должна быстро и точно восприниматься пользователем.

Условия труда пользователя, работающего с персональным компьютером, определяются:

- особенностями организации рабочего места;
- условиями производственной среды;
- характеристиками информационного взаимодействия человека и персональных электронно-вычислительных машин.

Габаритные и компоновочные параметры рабочего места определяются антропологическими характеристиками человека и нормированы в соответствующем документе [63].

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

Пользователь ПЭВМ должен знать о вредном воздействии факторов и об эффективных способах защиты от них, что уменьшает вероятность получения им различных профессиональных заболеваний, а также снижает количество сбоев и ошибок в работе.

Согласно [64] все опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на следующие группы:

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

При работе за ПЭВМ возможно воздействие следующих вредных факторов:

- Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- Превышение уровня шума работы технического оборудования;
- Постоянное электростатическое поле высокой напряжённости и радиация от компьютерного монитора;
- Повышенная температура поверхностей ПК;
- Повышенное содержание в воздухе двуокиси углерода, озона, аммиака, фенола и формальдегида.
- Стесненная поза;
- Повышенная или пониженная влажность воздуха.

Что касается психологических вредных факторов воздействия, то к ним можно отнести монотонность работы, умственное напряжение и нервно-психическое нагрузки.

Одним из вредных факторов воздействия ПЭВМ на оператора является зрительное утомление, что тесно связано с освещенностью помещения, где расположены компьютеры. В поле зрения оператора находятся многочисленные источники прямой и отраженной блёскости (от экрана и клавиатуры, от окон и светильников), неравномерное распределение яркости, низкие уровни освещенности и др. Поэтому очень важно грамотно организовать освещенность рабочей зоны, для этого следует правильно расположить оборудования относительно источников света в помещении. Так же благоразумно не пренебрегать элементарными условиями для защиты органов зрения от утомляющих его факторов.

В компьютерных классах должно быть естественное и искусственное освещение. Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории [65]. Площадь оконных проемов должна составлять не менее 25% площади пола.

Искусственное освещение в помещении и на рабочем месте создает хорошую видимость информации, машинописного и рукописного текста, при этом должна быть исключена отраженная блескость.

Светильники должны располагаться в виде сплошных или прерывистых линий сбоку от рабочих мест параллельно линии зрения пользователя при разном расположении компьютеров. Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп [65].

Компьютер является источником статического электричества и различных излучений: рентгеновских, электромагнитных. Источниками ЭМП являются силовые трансформаторы, система горизонтального отклонения луча электроннолучевой трубки (ЭЛТ) дисплея, блок модуляции луча ЭЛТ, экран монитора (ИК и УФ излучения), высоковольтные кенотроны и кинескопы (рентгеновское излучение).

Для комфортной работы оператора в помещении должен быть создан микроклимат, отвечающий всем требованиям. Микроклимат характеризуется следующими показателями [66]: температура воздуха; температура поверхностей; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения. Эти параметры по отдельности и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Согласно [67] для категории тяжести работ 1а температура воздуха должна быть в холодный период года не более 22–24°C, в теплый период года 20–25°C. Относительная влажность должна составлять 40–60%, скорость движения воздуха–0,1 м/с. Для поддержания оптимальных значений микроклимата используется система отопления и кондиционирования воздуха.

На пользователя могут оказывать неблагоприятное влияние также шум от работы самой ПЭВМ и оборудования (принтеров, вентиляторов систем охлаждения и трансформаторов) в помещении. Как известно шум негативно воздействует на нервную и сердечно–сосудистую системы. Уровни шума не должны превышать значений, установленных [68] и составляют не более 50 дБА. Воздух рабочей зоны при использовании вычислительной техники может загрязняться некоторыми вредными продуктами выделения пластических масс, из которых изготовлены корпус компьютера и ряд его деталей. В настоящее время при обследовании рабочих мест обязательно проводятся анализы на наличие фенола, формальдегида и стирола.

Для предотвращения пагубного воздействия вредных факторов рабочего места следует соблюдать ряд требований к организации рабочего места и рабочего процесса:

- для снижения воздействия электромагнитного излучения следует: установить монитор задней стенкой к стене; исключение пыли в помещении; умывание холодной водой после работы; необходимо хорошо проветривать помещение и, при возможности, установить ионизатор;

- для снижения психического напряжения: регулярные перерывы по 15 минут через каждые 30 минут;

- для снижения утомляемости глаз: правильное расстояние до дисплея (45–60 см); чтобы избавиться от бликов на экране от дополнительных источников света они должны использоваться только для подсветки документов. Естественный свет должен падать сбоку (слева); время непрерывной работы с монитором для взрослого – 2 часа, перерыв – не менее 15 минут;

- для снижения физического утомления: специальный компьютерный стул на газпатроне, без подлокотников, ширина и глубина поверхности сиденья не менее 400 мм, сиденье должно иметь некоторый наклон назад (на 5–6 градусов), обеспечивающий устойчивость позы, спинка кресла должна иметь вогнутую форму, поверхность сиденья мягкая с закругленным передним краем, расстояние от сиденья до нижнего края рабочей поверхности не менее 150 мм; глубина рабочей поверхности стола должна составлять 600–800 мм, ширина – соответственно 1200–1600 мм, рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. **Клавиатура** должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края, обращенного к пользователю [63].

Опасный производственный фактор – такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья [70].

В качестве опасных факторов, которые могут возникнуть в компьютерном классе, следует рассмотреть возможность поражения электрическим током и возникновение пожара.

Оборудование, используемое в зоне работы пользователя, требует, как правило, питания от сети 220 В, 50 Гц. В процессе эксплуатации возможны повреждения защитных оболочек, изоляции токоведущих частей устройств и шнуров питания. Это создает потенциальную опасность прикосновения пользователя либо непосредственно к токоведущим частям, либо к металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением.

Помещение компьютерного класса по опасности поражения электрическим током можно отнести к 1 классу, т.е. это помещение без повышенной опасности (сухое, без пыли, с нормальной температурой воздуха, изолированными полами и малым числом заземленных приборов).

Электробезопасность обеспечивается в соответствии с [71]. Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации исследуемого объекта

Когда человек пребывает в зоне пожара, то он может попасть под воздействие следующих опасных и вредных факторов.

Опасные факторы лесных пожаров по механизму воздействия на организм человека можно разделить на три группы: физико-химические, психофизические и биологические. Физико-химические включают повышенную температуру воздуха рабочей зоны, световое и тепловое излучение, наличие в дыме угарного и углекислого газов, горящих частиц

лесных горючих материалов (ЛГМ), психофизические, нервно–психологические и физические нагрузки, биологические–наличие в рабочей зоне кровососущих насекомых, способных вызывать кожные аллергические реакции и являющихся переносчиками таких заболеваний, как клещевой энцефалит, малярия.

Огонь–основная причина травматизма и гибели людей, когда они попадают в его окружение. При тушении кромки низового пожара чаще всего подвергаются ожогам открытые участки тела, загорается одежда. Защитными средствами в этом случае могут служить специальная одежда, палатки, пологи из негорючих тканей. Тушение крупных лесных пожаров влечет за собой и более тяжелые последствия.

Дым–в атмосфере, образующиеся в результате сгорания леса, оказывают отравляющее воздействие на человека. Окись углерода поступает в организм через органы дыхания.

Углекислый газ–менее токсичное соединение. Вызывает раздражение слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Искры вызывают ожоги открытых участков тела, загорание одежды, обуви. Защитными средствами в этом случае служат одежда из негорючих тканей, специальные очки, экраны для лица.

5.2. Экологическая безопасность

5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Загрязнение атмосферы–привнесение в атмосферу или образование в ней физико-химических агентов и веществ, обусловленное как природными, так и антропогенными факторами. Лесные пожары являются одним из основных источников загрязнения атмосферы.

Главные экологические последствия загрязнения атмосферы – парниковый эффект, кислотные дожди, нарушение озонового слоя. На рисунке 5.2.1. представлены виды стандартов по охране атмосферного воздуха.

Виды источников загрязнения атмосферы [75]:

1. Естественные

- Пыльные бури
- Лесные пожары
- Выветривание
- Вулканизм
- Разложение органических веществ

2. Антропогенные

- Промышленные предприятия
- Транспорт
- Сельское хозяйство
- Теплоэнергетика



Рисунок 5.2.1. Виды стандартов по охране атмосферного воздуха [75].

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест ограничивается величинами ПДК, нормируются средняя суточная концентрация вещества (ПДК_{сс}) и максимальная разовая (ПДК_{мр}).

Основные задачи прогнозирования качества воздуха—выявление особенностей распространения загрязняющих веществ над контролируемой территорией при различных погодных условиях и изучение вклада отдельного источника в общий баланс загрязнения воздушной среды территории, особенно населенных мест.

Можно выделить различные типы источников загрязнения при лесных пожарах. Точечный источник—отдельно взятый очаг лесного пожара. Линейный источник—фронт протяженного по одной из координат пожара. В случае массовых лесных пожаров, которые характеризуются многочисленными очагами на контролируемой лесопокрытой территории, может рассматриваться площадной источник загрязняющих веществ. Рационально объединить отдельные выбросы и перейти к величинам, осредненным по площади.

Продукты сгорания ЛГМ и РГМ, которые загрязняют атмосферный воздух, могут быть разделены на две категории. В первую входят непосредственно выбрасываемые из очага пожара, а во вторую—образующиеся из веществ первой категории в результате химических реакций, в том числе с компонентами воздуха. Газы и аэрозоли первой и второй категорий принято называть соответственно первичными и вторичными загрязнителями. Некоторые загрязняющие вещества могут входить в обе категории [75].

Уровень загрязнения статистически характеризуется средними за месяц и за год концентрациями вредных примесей, максимальными разовыми концентрациями, числом случаев, когда концентрации превышали ПДК в 10 раз и более [75]. Степень суммарного загрязнения атмосферы

рядом веществ оценивается с помощью комплексного показателя—индекса загрязнения атмосферы (ИЗА).

Пожары оказывают существенное влияние на окружающую среду, загрязняя ее продуктами горения, пиролиза, несгоревшими горючими веществами, огнетушащими средствами. Но если причиняемые пожарами материальный ущерб и социальные потери (погибшие и пострадавшие люди), как правило, известны сразу после пожара, то экологический ущерб имеет не только текущие, но и отдаленные последствия для человечества и экосистемы.

Загрязнение гидросферы

На ликвидацию одного среднестатистического пожара расходуется около 50 м^3 воды. Только для тушения трех тысяч ежегодно происходящих в амурской области пожаров требуется около 150000 м^3 воды. А чтобы потушить 6,5 млн. пожаров на Земле— 350 млн. м^3 , что равносильно стационарным водным ресурсам озер, рек и большей части почвенной влаги вместе взятых.

При тушении вода, соприкасаясь с раскаленными веществами, превращается в пар. И пар, и вода насыщаются отравляющими веществами. Пар попадает в атмосферу и дополнительно участвует в круговороте веществ между сушей и океаном, выпадая в виде кислотных дождей и снега. Вода атмосферных осадков с места пожаров в конечном итоге попадает в озера, моря, проникает в почву и долгое время сохраняется в биосфере.

Сгорание воздуха при пожаре

Процесс горения любого вещества сопровождается не только выбросом в атмосферу раскаленных продуктов сгорания и тепловым излучением, но и потреблением значительных объемов воздуха. При

сгорания 1 м³ природного газа расходуется 5 м³ воздуха; 1 кг древесины—4,2 м³. А объем продуктов сгорания значительно превышает эти показатели.

Таким образом, в огне сгорают значительные объемы кислорода, создавая опасность для жизни людей в случае понижения в зоне пожара концентрации кислорода (менее 16 %), которая в случае массовых пожаров может понизиться до 10, а иногда до 6%.

К большому сожалению, люди этот фактор просто не учитывают. Обратите внимание, сколько весной и осенью в городах и селах нашей области полыхает костров, палов, круглый год горят свалки бытовых отходов, и везде сгорает кислород воздуха, так необходимый для нормального существования всего живого на планете.

Токсичность продуктов сгорания

К числу наиболее опасных веществ в продуктах горения при пожарах относятся оксид углерода (угарный газ), диоксид углерода (углекислый газ), хлористый водород, уксусная и синильная кислота и многие другие вещества, которых по разным оценкам может быть более 400. Например, в продуктах сгорания древесины найдено 220 веществ, у пенополиуретанов—50 токсичных веществ, у поливинилхлорида—75, причем некоторые из них обладают канцерогенными свойствами.

Все токсичные вещества присутствуют в воздухе в количествах, в несколько раз превышающих допустимые нормативы качества атмосферы, что приводит к отравлению людей.

А пожарные подвергаются, так называемому накапливаемому отравлению, небольшие дозы отравляющих веществ, регулярно получаемые ими во время ликвидации пожаров, в конечном итоге приводят к тому, что пожарные приобретают профессиональные заболевания легких, желудочно-кишечного тракта, онкологические заболевания.

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований

Пожар в компьютерном классе, может привести к очень неблагоприятным последствиям (потеря ценной информации, порча имущества, гибель людей и т.д.), поэтому необходимо: выявить и устранить все причины возникновения пожара; разработать план мер по ликвидации пожара в здании; план эвакуации людей из здания.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробоем изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;
- возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Для предупреждения возможных возгораний необходимо проводить следующие профилактические мероприятия: разработка и внедрение мероприятий, необходимых для устранения возможных причин пожаров и создание оптимальных условий для эвакуации сотрудников, и спасения имущества.

Противопожарные мероприятия подразумевают: разработку инструкций по пожарной безопасности и проведение инструктажа; обязательное наличие в компьютерном классе средств первичного

пожаротушения: (огнетушителей, пожарных кранов). Огнетушители размещаются на видных, легкодоступных местах на высоте не более 1,5 м. Первичные средства пожаротушения, используемые на объекте, должны быть исправны и проходить ежегодную поверку.

Оптимальные условия эвакуации заключаются в правильном расположении и обслуживании эвакуационных выходов. Эвакуационные выходы запрещается загромождать. Двери на путях эвакуации должны открываться по ходу движения потока людей к выходу из здания. Запоры на дверях эвакуационных выходов должны обеспечивать возможность их свободного открывания изнутри без ключа. Эвакуационное освещение должно включаться автоматически при прекращении электропитания рабочего освещения. План эвакуации должен находиться в каждой аудитории и на каждом этаже лестничной клетки (рис. 5.3.1).



Рисунок 5.3.1. План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса № 4, 4 этаж.

При обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) необходимо:

1. немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01» сообщив при этом адрес учебного корпуса, место возникновения, фамилию, имя, отчество, телефон;
2. двигаться к ближайшему запасному выходу согласно плану эвакуации;
3. ориентироваться по лампам аварийного освещения при эвакуации (светильникам зеленого цвета) в коридорах и на лестничных клетках;
4. если помещение задымлено, дышать через влажный носовой платок;
5. сохранять спокойствие;
6. выйти из здания и удалиться от него на безопасное расстояние.

Требования к способам обеспечения пожарной безопасности системы предотвращения пожара, приведены в ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. «Пожарная безопасность» [72]. Пожарная профилактика, представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для противопожарной защиты чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания [73], определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожаропредупреждения и защиты [74]. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

5.3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Каждый лесхоз должен иметь план противопожарного устройства, охватывающий комплекс следующих основных противопожарных мероприятий, необходимых для предупреждения и максимального снижения горения лесов:

1. разделение лесных массивов противопожарными разрывами;
2. создание (устройство) вдоль противопожарных разрывов и дорог, а также у других объектов пожароустойчивых опушек (лиственных или с преобладанием лиственных пород);
3. устройство защитных (минерализованных) полос и канав;
4. устройство дорог, мостов и прочего;
5. проведение мероприятий по противопожарной пропаганде (устройство постоянно действующих выставок, витрин, мест отдыха и курения в лесу, установка предупредительных аншлагов);
6. строительство кордонов для лесной охраны, пожарных наблюдательных вышек, средств радио и телефонной связи, организация метеопунктов в лесхозах и лесничествах и дозорно–сторожевой службы;
7. устройство водоемов, промежуточных посадочных площадок и наземных ориентиров для самолетов и пунктов приема донесений с самолетов;
8. организация пожарно–химических станций и пожарных бригад и строительство помещений для них; создание пунктов сосредоточения противопожарного инвентаря.

Для составления плана противопожарного устройства территория лесхоза разбивается на пожарные выделы, в зависимости от пожарной

опасности лесных насаждений, в соответствии с вышеуказанной шкалой классов пожарной опасности.

План противопожарного устройства, составленный лесхозом, должен быть согласован с органами государственного пожарного надзора, после чего с соответствующими приложениями передается в управление лесного хозяйства.

Кроме перспективного плана противопожарного устройства, лесхозы ежегодно составляют оперативный план противопожарных мероприятий, который состоит из двух разделов:

а) предупредительные противопожарные мероприятия (из плана противопожарного устройства лесов);

б) организация тушения лесных пожаров.

При возникновении чрезвычайной ситуации следует:

1. Увеличить противопожарные разрывы между лесом и границами застройки путем вырубki деревьев и кустарников.
2. Вспахать широкие полосы вокруг населенного пункта и отдельных строений.
3. Создавать запасы песка.
4. Если пожар только начинает разгораться, необходимо сбить пламя метелкой из веток. Использовать для тушения можно ветки деревьев лиственных пород или деревца длиной 1,5–2 метра, плотную ткань, мокрую одежду. Необходимо наносить скользящие удары по кромке огня сбоку в сторону очага пожара, как бы сметая пламя. Затаптывать небольшой огонь ногами, не давать ему перекинуться на стволы и кроны деревьев.
5. Необходимо немедленно предупредить всех находящихся поблизости людей о необходимости выхода из опасной зоны.

6. Если пожар потушить своими силами невозможно, то от низового пожара можно уйти: скорость пешехода превышает 80 метров в минуту (около 5 км/час), а скорость распространения пожара—составляет 1–3 метра в минуту. Идти необходимо в наветренную сторону, перпендикулярно кромке пожара, по просекам, дорогам, полянам, берегам ручьев и рек.
7. При возгорании торфяного болота воспрещается самостоятельно тушить пожар, необходимо обойти его стороной. Двигаться надо против ветра внимательно осматривая перед собой дорогу, ощупывая её шестом или палкой.
8. Выходить из опасной зоны быстро, перпендикулярно к направлению движения огня, используя открытые пространства и избегая бурелома.
9. Вал низового огня лучше преодолевать против ветра, укрыв голову и лицо одеждой; при этом следует учесть ширину распространения низового огня и трезво оценить возможность преодоления Вами этой полосы.
10. Если невозможно уйти от пожара, войдите в водоем или накройтесь мокрой одеждой.
11. Прикройте органы дыхания платком, рукавом, шарфом и т.п. (предварительно смочив ткань водой).
12. После выхода из зоны пожара сообщите о месте и характере пожара в администрацию населенного пункта, местному населению, лесничество и противопожарную службу.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовая основа по обеспечению охраны труда и безопасности трудящихся на рабочем месте основывается на Конституцию РФ и состоит из ряда федеральных законов и нормативно правовых актов. Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной

власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития РФ (Минздравсоцразвития России).

Правовую основу организации работ в ЧС и ликвидации их последствий составляет закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994).

Контроль за состоянием условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы. Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

В Кодексе нашли существенное отражение вопросы охраны труда. В нем констатируется, что каждый работник имеет право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, на обязательное социальное страхование, на возмещение ущерба, причиненного работнику в связи с выполнением трудовых обязанностей, и ряд других. Вопросам охраны труда посвящен специальный раздел «Охрана труда».

Вывод по разделу 5

В данном разделе были рассмотрены вопросы, связанные с экологией и социальной ответственностью с точки зрения уменьшения вредных

выбросов, рассматривается подход к использованию природных ресурсов, с меньшим воздействием на окружающую среду. Подробно описаны выявленные вредные и опасные факторы и средства защиты от них.

На основании изученной литературы по данной проблеме, проведен выбор системы и расчет оптимальных параметров рабочей зоны инженера. Так же в данной главе рассмотрены мероприятия для предотвращения возможности возникновения чрезвычайной ситуации и последовательность действий в случае их возникновения.

В результате проведенного исследования разработана математическая модель теплопереноса в слоистой структуре кожного покрова при воздействии лучистого теплового потока от фронта лесного пожара.

Тепловые и дымовые выбросы обширных лесных пожаров меняют динамику атмосферы, процессы циркуляции воздушных масс и, тем самым, погодные условия в отдельных регионах. Интенсивная и длительная задымленность от лесных пожаров создают серьезные угрозы для здоровья населения.

Помимо глобального влияния на климат Земли в результате действия природных пожаров возникают региональные катастрофы, например, массовые городские пожары, катастрофическая задымленность огромных территорий, а также многочисленные локальные пожары в поселках и на складах древесины, расположенных на территориях, охваченных лесными пожарами.

Созданы программные компоненты для моделирования процессов теплопереноса в слоистой структуре кожного покрова, которые могут быть применимы при разработке нового поколения медицинских информационных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования разработаны математические модели теплопереноса в структуре кожного покрова с учетом испарения потожировых выделений, при действии излучения от фронта лесного пожара. Проведено численное моделирование процесса теплопереноса в условиях воздействия лучистого теплового потока от фронта лесного пожара при различной интенсивности и вариации времени воздействия поражающего фактора лесного пожара (излучения от фронта лесного пожара). Установлено, что в результате воздействия на человека в незащищенных местах, происходит повышение температуры, что может губительно сказаться на здоровье человека. Данный факт следует учитывать при разработке нового поколения перевязочного материала и лечении термических травм кожного покрова.

Благодаря полученному расчету температурного поля в кожном покрове при различной интенсивности и времени воздействия теплового потока от фронта пожара определен критерий теплового поражения человека (болевого порог), по данному критерию можно судить о степени воздействия поражающих факторов лесного пожара.

Полученные результаты могут найти применение при разработке нового поколения медицинских информационных систем, которые в перспективе должны использоваться в структурах МЧС, медицинских учреждениях и штабах ГО и ЧС при промышленных и административных объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кинематика теплового поражения человека в чрезвычайных ситуациях: Безопасность жизнедеятельности / Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Закиров Г.М., Чистов Ю.С., Качалкин В.А. – 2009. – №9. С.30-36.
2. Термодинамические критерии теплового поражения человека в техногенных авариях: Вестник Казанского технологического университета / Еналеев Р.Ш., Закиров Г.М., Чистов Ю.С., Теляков Э.Ш. – 2012. – №17. С.50-55.
3. Управление лесными пожарами на эко региональном уровне. Материалы Международного научно-практического семинара (Хабаровск, Россия. 9–12 сентября 2003 г.). М.: Изд-во Алекс, 2004. — 208 С.
4. Гришин А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. — 408 с.
5. Гришин А. М., Фильков А. И. Прогноз возникновения и распространения лесных пожаров. Кемерово: Практика, 2005. — 202 с.
6. Пинаев В. С. Пожары, вызванные ядерными взрывами, и их последствия: Физика горения и взрыва./ Пинаев В. С., Щербаков В. А., 1996. — Т. 32, № 5. — С. 116-121.
7. Залесов А.С. Классификация лесных пожаров//Методические указания по курсу «Лесная пирология» для самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения Направление 250200 «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство», 250100 «Лесное дело» Специальности 250201, 250203. Екатеринбург: Изд-о УГЛТУ, 2011. — 15 С.
8. Лесные пожары: виды, причины, способы тушения. Справка [Офиц.сайт]. Электронный ресурс. <http://ria.ru/eco/20090414/168056182.html>.

9. Калинин К.К. Воздействие крупных пожаров на лесные фитоценозы и система лесохозяйственных мероприятий по ликвидации их последствий. Диссертация доктора сельскохозяйственных наук – Марийский государственный технологический университет, 2002.
10. Гришин А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1992. – 408 с.
11. Паневин В. С. Леса и лесное хозяйство Томской области: учебное пособие. Томск: Издательство Томского университета, 2006. – 126 с.
12. Долгов А.А. Методология оценки лесопожарных рисков // Материалы международной научно-практической конференции / Долгов А.А., Сумина Е.Н., Цомаева Д.С. – Москва, 2008.
13. Зайченко О.В. Разработка методов оценки воздействия лесного пожара на воздушную среду населенных территорий. Автореферат диссертации кандидата технических наук. – Владивосток, 2005. – 19 с.
14. Кукавская Е.А. Воздействие лесных пожаров на баланс углерода среднетаежных сосняков Енисейской равнины. Диссертация кандидата биологических наук.
15. Rachel A. Loehmana, Elizabeth Reinhardt , Karin L. Riley Wildland fire emissions, carbon, and climate: Seeing the forest and the trees – A cross-scale assessment of wildfire and carbon dynamics in fire-prone, forested ecosystems / College of Forestry and Conservation, The University of Montana, Missoula, MT, 59812, USA. 2014
16. Закиров А.М. Количественная оценка опасности поражения человека тепловым излучением при пожарах на химических и нефтехимических предприятиях / Диссертация кандидата технических наук – Казань:2011.
17. Baranovskiy, N.V. Spatial Mathematical Model of Heat Transfer in Human Skin Influenced by Heated up to High Temperatures Particle [Electronic

- resource] N. V. Baranovskiy, A. S. Solodkin, A. A. Stuparenko // European Physical Journal Web of Conferences (EPJ Web of Conferences). – 2016. – Vol. 110: Thermophysical Basis of Energy Technologies, Tomsk, Russia.
18. Xu F., Lu T. J, Seffen K. A. Biothermomechanical behavior of skin tissue // Springer-Verlag. 2008.
19. Hummel A., Lyons K. Skin Burn Translation Model for Evaluating Hand Protection in Flash Fire Exposures // Fire Technology. SpringerScience+BusinessMediaNewYork. — 2013. С. 15.
20. Korobkina, D. V. Evaluation Different Boundary Condition in Depth of Tissue for the Task of Mathematical Simulation of Heat Transfer in Human Skin / D. V. Korobkina, N. V. Baranovskiy // MATEC Web of Conferences [Electronic resource]. – 2014. – Vol. 19 : The 2nd International Youth Forum "Smart Grids", Tomsk, Russia.
21. Пушкарева А.Е. Лазерный селективный нагрев элементов кожной ткани: диссертация кандидата технических наук / Санкт – Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики – Санкт-Петербург, 2006.
22. Парамонов Б.А., Порембский Я.О., Яблонский В.Г. Ожоги: Руководство для врачей. – Санкт-Петербург: Специальная литература, 2000. – 480 С.
23. Вильдяева М. В. Обоснование применения мексиданта в комплексном лечении больных с термической травмой. Диссертация кандидата медицинских наук – Саранск, 2009.
24. Гольдзон М.А. Недостаточность кровообращения при тяжелой термической травме и ее патогенетическая коррекция. Диссертация кандидата медицинских наук / Омская государственная медицинская академия – Омск, 2011.

25. International Organization for standardization. Clothing for protection against heat and flame – determination of heat transmission on exposure to both flame and radiant heat / Geneva, Switzerland, 2003.
26. J.Rendall Lawson Fire Fighter's Protective Clothing and Thermal Environments of Structural Fire Fighting / National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 1996.
27. Прогнозирование массовых термических поражений: Вестник Казанского технологического университета / Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Гимранов Ф.М., Гасилов В.С. – 2014. – №22. С.136 – 138.
28. Mathematical Sumulation of Heat and Mass Transfer Process in Skin Cover at Burn Injury / Enalejev R. Sh., Kachalkin W. A.: Annals of the NewYork Academy of Science, 1998.
29. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие – Томск: Издательство ТПУ, 2007. – 172с.
30. Самарский А.А. Теория разностных схем: Учебное пособие для вузов / А.А. Самарский. – М.: Наука. – 1977. – 656 с.
31. Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий – М.: ФГУ ВНИИПО, 2006, 36 с.
32. Анализ и управление риском: теория и практика / А.Н. Енохин – М.: Ирис ЗАО «Индустриальный риск», 2002, 192 с.
33. Методичка оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций / В.А. Акимов, В.Ю. Быков, В.Ю. Востоков // Проблема анализа риска, 2007, №4.
34. Основные опасности химических производств / Виктор Маршалл, переведено с английского языка Г.В. Барсамана и др. – М.: Мир, 1989, 671 с.

35. Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др. Взрывные явления. Оценка и последствия. Книга 2. Переведено с английского под редакцией Зельдовича Я.Б. и Гельфанда Б.Е. М.: Мир, 1986, 384 с.
36. Гусев А.В. Медицинские информационные системы в России: текущее состояние, актуальные проблемы и тенденции развития / Информационные технологии в медицине. 2011-2012., М.: «Радиотехника»
37. Рынок медицинских информационных систем: обзор, изменения, тренды: Врач и информационные технологии / Гусев А.В. – 2012. – №3. С. 6-15.
38. Романов В.И. Прикладные аспекты аварийных выбросов в атмосферу. – 2006. – 368 с.
39. Relating flame radiation to home ignition using modeling and experimental crown fires: Canadian Journal of Forest Research / J.D. Cohen. – 2004. - №8. 1616-1626.
40. E. Braun, D. Cobb, V.B. Cobble et al., J of Consumer Product Flammability. – 1980. - №7. С.15-725.
41. King A.R. The efficiency of rural firefighters, Melbourne / A.R. King // Commonwealth Scientific And Industrial Research Organization, Chemical Research Laboratories – 1966. – №12.
42. Валендик Э.Н. Тепловое излучение лесных пожаров и возможное воздействие его на древостой: Научно-практический журнал "Хвойные бореальной зоны" / Валендик Э.Н., Косов И.В. – 2008. - №1-2 – С.88-92.
43. Исаченко В.П. Теплопередача: Учебник для вузов / Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. – М.: «Энергоиздат», 1981. – 416 с.
44. Bodil Ivarsson. Information and/or medical technology staff experience with regulations for medical information systems and medical devices.

- Bodil Ivarsson, Stig Wiinberg, Martin Svensson // Health Policy and Technology. – 2016. – №4. С.383-388.
45. Shan Liu. Influence of managerial control on performance in medical information system projects: The moderating role of organizational environment and team risks. Shan Liu, Lin Wang // International Journal of Project Management. – 2016. – №1. С.102-116.
46. Российская газета – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2013/05/14/infa-site.html/>
47. Ассоциация Развития Медицинских Информационных Технологий (АРМИТ) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://armit.ru/association/>
48. Ванина Е.А. Информационные системы в здравоохранении территориального и федерального уровня – М.: 2007.
49. L.R. Green, H.E. Schinike, Guides for Fuelbreaks in the Sierra Nevada Mixed-conifer Type, Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1971.
50. Прогнозирование теплового поражения человека при динамическом нагреве: Пожаровзрывобезопасность / Еналеев Р.Ш., Качалкин В.А., Теляков Э.Ш., Чистов Ю.С. – 2012. – №5. – С. 48–56.
51. Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену / Еналеев Р.Ш., Осипов А.М., Качалкин В.А. – Изд. МЭИ, Москва, 1998. – №6. – С. 282 - 285.
52. Fausett L.V. Numerical methods: algorithms and applications. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River.
53. Кузнецов Г.В. Математическое моделирование зажигания дерева хвойной породы наземным грозовым разрядом: Пожаровзрывобезопасность / Кузнецов Г.В., Барановский Н.В. –Т. 17. –№ 3. – 2008. С. 41 - 45.

54. Stoll A.M., Greene L.C., Journal of Applied Physiology, Vol 14, ¹ 3, 373-382 (1959).
55. Henriques F.C., Moritz A.R., "Studies of thermal injury. I. The conduction of heat to and through skin and the temperature attained therein. A theoretical and experimental investigation // Am. J. Path, Vol. 23, 695720 (1947).
56. Вестник Казанского технологического университета/ Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Закиров А.М., Закиров Г.М., 2009 — № 3, ч.1, С. 73 - 83.
57. Eisenberg N.A., A Simulation for Assessing Resulting from Marine Spills, June, 105-245 (1975).
58. Методы оценки опасности теплового поражения людей в чрезвычайных ситуациях: Безопасность жизнедеятельности / Еналеев Р. Ш., Теляков Э. Ш., Закиров А. М., Качалкин В. А., Осипова Л. Э. – 2009. – № 9. – С. 30- 36.
59. Прогнозирование санитарных потерь от воздействия теплового излучения в чрезвычайных ситуациях: Безопасность жизнедеятельности/ Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Закиров А.М., Чистов Ю.С., Закиров Г.М. – 2011. – Т.121, №1. – С. 36-41.
60. Применение математического моделирования для исследования термических ожогов // Еналеев Р.Ш., Келин И.А., Качалкин В.А. и др. / Труды Казанского Ордена Трудового Красного Знамени медицинского института им. С.В. Курашова, т.48. Казань, 1978, с.91-95.
61. Курьянова Т.К., Платонов А.Д., Косиченко Н.Е., Оценка состояния древостоев после лесного пожара, Научный журнал КубГАУ, №70(06), 2011 г.
62. Назаренко О.Б. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ // Томск: Изд. ТПУ, 2008.–20 с.

63. ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
64. ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
65. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
66. СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
67. ГОСТ 30494–2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
68. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
69. СНиП 23–05–95. «Естественное и искусственное освещение».
70. ГОСТ 12.0.002–2003. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».
71. ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
72. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. «Пожарная безопасность».
73. СНиП 21–01–97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
74. СНиП 2.01.02–85. «Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы».
75. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софонов М.А. Крупные лесные пожары. М.: Наука, 1979. 198 с.
76. Курьянова Т.К., Платонов А.Д., Косиченко Н.Е., Оценка состояния древостоев после лесного пожара, Научный журнал КубГАУ, №70(06), 2011 г
77. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Аддитивные схемы для задач математической физики. – М.: Наука, 2001. – 320 с.

78. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
79. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 73 с.
80. Электронный ресурс: прайс-лист фирмы DNS, режим доступа <http://www.dns-shop.ru>.
81. Электронный ресурс: прайс-лист фирмы Комус, режим доступа: <http://www.komus.ru/catalog>.
82. Электронный ресурс: прайс-лист фирмы OffMeб, режим доступа: <http://offmeb.ru/>.
83. Электронный ресурс: офиц.сайт интернет-магазина программного обеспечения AllSoft, режим доступа: <https://allsoft.ru/software/vendors/embarcadero/pascalabc/>.
84. Электронный ресурс: офиц.сайт компании «АйТи Прогресс», режим доступа: <http://itprogress.ru/products/microsoft/office/2007/>.
85. Еремеева Л.Э. Дипломное проектирование. Экономический раздел [Электронный ресурс] : метод.пособие по вып. эконом. раздела дипломного проектирования: самост. учеб. электрон. изд. / Л. Э. Еремеева ; Сыкт. лесн. ин-т. – Электрон.дан. (1 файл в формате pdf : 1,2 Мб). – Сыктывкар: СЛИ, 2010. — Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>.
86. Электронный ресурс: тарифы на электроэнергию в Томске и Томской области, режим доступа:

http://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/tomskaya_oblast/39310/.

87. Назаренко О.Б. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ // Томск: Изд. ТПУ, 2008. — 20 с.
88. Приказ Рослесхоза от 03.04.1998 №3 «Об учреждении Инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами »
89. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
90. Valendik E.N., Kosov I.V. Influence of thermal radiation of forest fire on environment // Siberian ecological journal. 2008. N 4. P. 517 - 523.
91. ГОСТ Р 53264 – 2009. «Специальная защита пожарного. Методы испытаний»

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Teil 1

Mathematische Modellierung der Wärmeübertragung in einer Schichtstruktur der Haut bei der Strahlung vom Waldbrand mit Rücksicht auf die Verdampfung der Zellefeuchtigkeit.

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ5В	Попцов Николай Андреевич		

Консультант кафедры ТПТ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПТ	Барановский Николай Викторович	к.ф.-м.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯЭИ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИЯЭИ	Костомаров Петр Иванович	к.ф.н.		

EINLEITUNG

Bei der thermischen Verletzungen der Menschen gibt es die Notwendigkeit eine unverzügliche medizinische Hilfe mit Durchführung von technisch-organisatorischen Maßnahmen aufgrund von Zeitmangel den Beschädigten zu leisten.

Um die Folgen der Wärmestrahlung in Notfallsituationen (Waldbrände) zu beurteilen, können verschiedene in- und ausländische Methoden, die die quantitativen Beziehungen zwischen den thermodynamischen und medizinischen Kriterien von der thermischen Verletzung darstellen, angewendet werden [1]. Als Grundlage für die Entwicklung der Standardbeurteilungsverfahren von der Verletzung der biologischen Objekte haben die Verarbeitungsergebnisse der Experimentalforschungen gedient. Nach der Übereinstimmung der in- und ausländischen Prognosemethoden der thermischen Verletzung für das System «Wärmequelle – Kleidersack – Mann» unterscheidet man folgende Prognosemethoden: 1) die instrumentelle Methode; 2) die Berechnungsmethode; 3) die berechnungsexperimentelle Methode. Dabei gibt es momentan noch keine programmatischen Komponenten, die die entwickelten mathematischen Modelle von realen wärmephysikalischen Prozessen in der Haut und Gewebe der Menschen realisieren [2].

Zu dem wichtigsten Wirkungsfaktor der Brände gehört eine thermische Wirkung, die durch die Wärmestrahlung der Flamme bedingt ist. Die Bedrohung für die Menschen haben die intensive Wärmebelastungen, die zur Schädigung der Haut oder Luftwege führen können.

KAPITAL 1 AKTUELLER STAND DER FORSCHUNG

Die Waldbrände fügen enorme Schäden zu, zerstörend dabei Gesamtwaldfläche der Russischen Föderation. Außerdem führen Waldbrände zum Tode der Menschen und Luftverschmutzung [3].

Man unterscheidet folgende Typen von Waldbrände: Erdbrände, Kronenbrände, Stammbrände, Torfbrände und Massenbrände [4,5]. Bei den Erdbränden brennt Bodendecke. Bei den Stammbränden brennen Baumkrone und Bedeckung. Die Kronenbrände haben eine negative Einwirkung nur auf die Baumkronen. Die Brände, die unter der Erde entstehen, sind durch die Verbrennungsquelle in der Schichtdicke gekennzeichnet. Massenwaldbrände treten beim Katastrophenfall und auch bei der Luftkernwaffendetonation auf [6]. Die Waldbrände werden auch nach der Geschwindigkeit der Feuerverbreitung unterscheidet - fließend und stabil.

Eine vollständige Klassifikation der Waldbrände, die schon seit sechzig Jahren existiert und als Ausgangspunkt für Wissenschaftler, wurde von I.S.Melechov im Jahr 1947 vorgeschlagen (Tabelle 1.1.1).

Tabelle 1.1.1 – die Klassifizierung von Waldbränden [7]

Erdbrände	Kronenbrände	Unterirdische Brände
1)Windfallbrände (fließende und stabile); 2)Oberflächenbrände (fließende und stabile); 3)Buschbrände (fließende und stabile); 4)Grasbrände (stabile);	5) Stammbrände (stabile); 6)Lagerholzbrände (fließende und stabile); 7)Gipfelbrände (fließende und stabile);	8) Torfbrände (stabile).

Nach einiger Zeit wurde diese Klassifikation (Tab. 1.1.1) zugefügt, und zwar mit der Verteilung von Erdbränden in Grasbrände, Buschbrände, Moosbrände und Flechtebrände (Melechov, 1948).

In der Literatur gibt es mehrere Definitionen für einen Waldbrand. S.P. Antsyshkin (1957) hat vorgeschlagen unter einem Waldbrand nur das an der

Waldfläche spontan ausbreitende Brennen zu verstehen. Laut dieser Definition werden in der Klassifikation von I.S.Melechov gemeinsam sowie Waldbrände (Erdbrände, Stammbrände) als auch einzelne «Brandfragmente» unterscheidet, und zwar, das Brennen von Trockenbäumen (Stammbrände), Lagerholz und Baumstümpfen (Lagerholz- und Baumstümpfbrände) an der gleichen Platz. Diese Angabe hat dem Wissenschaftler N.P. Kurbatsky ermöglicht die Anzahl der Kategorien von Waldbränden in seiner Klassifikation bis 9 zu reduzieren (im Vergleich: in der Klassifikation von I.S.Melechov – 13) (Kurbatsky, 1964) [7].

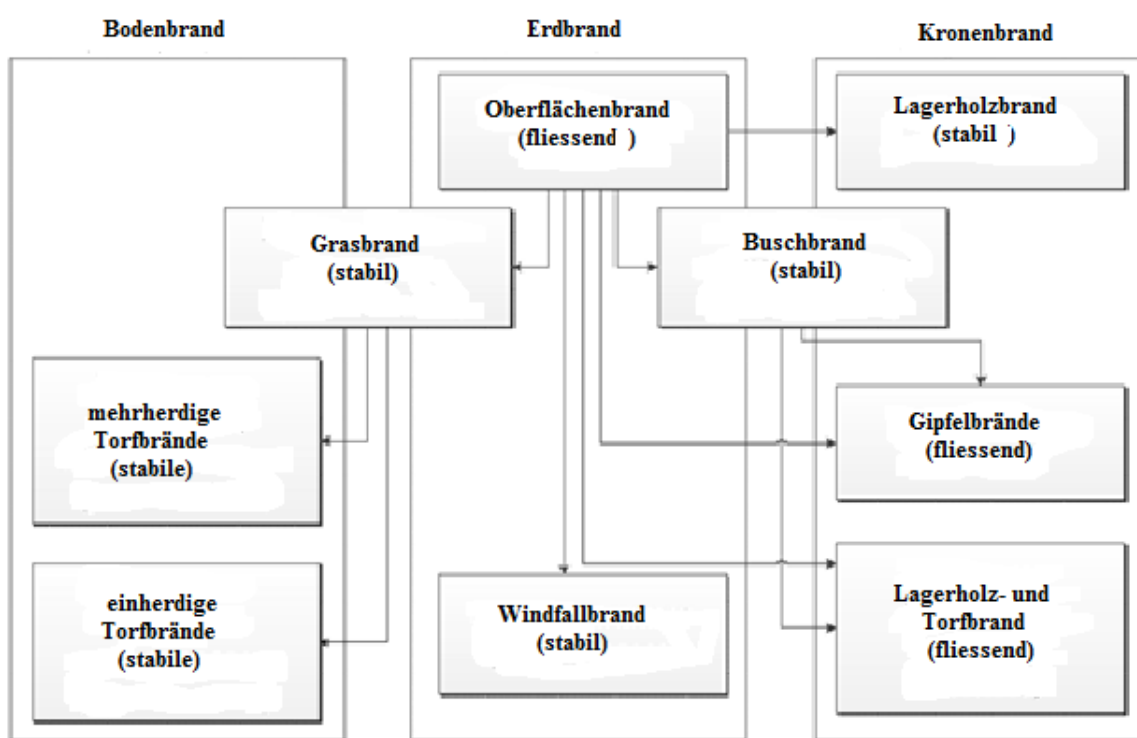


Abb. 1.1.1– Klassifikation von Waldbrände

Das Löschen und die Abrechnung von Waldbränden können nach der Zeit, Brennkraft, Fläche, Wiederholbarkeit- und Entdtehungsgunden klassifiziert werden.

Nach der Brennkraft werden die Waldbrände in die schwache, die mittlere und die starke klassifiziert (Tab. 1.1.2). Die Brennkraft von Waldbränden kann auch von der Windkraft und der Tageszeit abhängig sein [8].

Tabelle 1.1.2 – Klassifikation von Waldbränden nach der Brennkraft

	Parameter	Unterart		
		schwach	mittel	stark
Erdbrand	Ausbreitungsgeschwindigkeit, m/min	bis 1	von 1 bis 3	mehr als 3
Kronenbrand	Ausbreitungsgeschwindigkeit, m/min	bis 3	von 3 bis 100	mehr als 100
Torfbrand	Ausbrennungstiefe	bis 25	von 25 bis 50	mehr als 50

Die oben dargestellte Klassifikation kann bedingt berücksichtigt werden. Der Grund dafür besteht in der schnellen Veränderung der Brandparameter. Die einzige Ausnahme ist nur die Ausbrennungstiefe von Torf beim Torfbrand. Deswegen bei der Luftwaldschutzarbeiten wird der Brand als schwach geschätzt, wenn das Feuer aus der Flughöhe von 200 m nicht sichtbar ist (flammenlose Verbrennung), als mittel, wenn das Feuer bis 50% der Kronenlänge herdwiese oder in durchgezogenen Linie sichtbar ist, und als stark - wenn das Feuer mehr als 50% der Kronenlänge sichtbar ist (flammende Verbrennung).

Die Fläche der Waldbrände hat eine große praktische Bedeutung. Bei der Klassifizierung von Waldbränden nach der Fläche werden folgende Angaben verwendet (ha):

- Klasse A – bis 0,1;
- Klasse B – von 0,1 bis 5;
- Klasse C – von 5 bis 150;
- Klasse D – von 50 bis 150;
- Klasse E – mehr als 150.

Die Brände mit der Fläche von 25 ha und mehr in den Bodenschutzbereichen gehören zu den Grossbränden. Bei der Luftschutz zu Grossbränden gehören die Brände mit der Fläche von mehr als 200 ha.

Die Klassifizierung der Waldbrände nach der Fläche wird bei dem Brandlöschen eingesetzt, und schon nach dem Brandbehebung wird sie für die Statistik der von Brand beschädigten Flächen verwendet.

Zu den gefährlichsten Brandarten gehören die Kronenbrände. Sie fügen einen grossen Schaden zu und als Ergebniss wird es bis 70% der Fläche verbrennt. Man kann sagen, dass momentan keine Entstehungsbedingungen für verschiedene Arten von Waldbränden noch nicht bestimmt sind [9]. Bei der Waldbrändenlöschung ist ein großer Aufwand an Mittel und Mühe nötig.

Die Ursachen für Waldbrände sind nicht nur Wetterbedingungen, Pflanzentypen und Feuchtigkeitsgehalt der Waldbrennstoffe, sondern auch menschlicher Faktor. Die Statistik zeigt, dass bis zu 90% der Waldbrände aufgrund der menschlichen Fahrlässigkeit entstehen und nur ein kleiner Anteil von 10% - aufgrund des regenarmen Gewitters [10].

Die Waldbrände haben eine grosse Einwirkung auf Gesundheit der Menschen. Im Folge von schädlichen Waldbrandfaktoren können verschiedene Krankheiten entstehen oder verschärfen. Atmosphärische Luft mit Rauchteilchen und Gaseinschlüsse im Folge des Waldbrandes ist ein Faktor, der das Sterblichkeitsrisiko erhöht und die chronischen Lungenerkrankungen beeinflusst.

Derzeit ist die Wahrscheinlichkeit von natürlichen und auch technischem Katastrophen, Terrorakten, lokalen militärischen Konflikten hoch, was die Bedeutung der Themen in dieser Arbeit betreibt.

Derzeit ist die Wahrscheinlichkeit von natürlichen und auch technischen Katastrophen, Terrorakten, lokalen militärischen Konflikten hoch, was die Wichtigkeit des in dieser Arbeit betrachteten Problems betont.

1.2 Eigenschaften der Haut und Gewebe der Menschen

Die Wärmestrahlung ist das Hauptwärmeübertragungsmittel von der Quelle der hohen Temperatur zur Quelle der niedrigen Temperatur [11].

Der Schädigungsgrad der Hautdeckung hängt von der Menge der thermischen Energie und der Wärmestrahlungsintensität ab. Das größte Organ des menschlichen Körpers ist die Haut. Das Hautgewicht beträgt etwa 15-16% und spielt eine grosse Rolle im Körper des Menschen. Sie belegt dabei die Fläche 1,5-2 m². Deswegen muss man die Struktur und Eigenschaften der Haut, sowie ihre Funktionen berücksichtigen. Die Haupthautschichten sind: Epidermis, Dermis, Subkutanschicht (Abb. 1.2.1.) [12]. Unten sind die Komponenten der Dermis dargestellt, weil sie der Hauthauptbestandteil ist. Als Hauptbestandteil der Haut dient das Kollagen, das etwa 60-80% des Gewichtes von trockener fettloser Haut und bis zu 30% der Dermis bildet [13]. Die Epidermis ist dagegen eine Schicht aus den Hornzellen. Die Zellen wirken als Schutz gegen Feuchtigkeit, hohe thermische und ultraviolette Strahlung [14]. Durch die Epidermis gehen die Schweißdrüsen. Die Dicke der Epidermis unterscheidet sich abhängig von den Körperteilen [15]. Die Basalschicht befindet sich im unteren Teil der Epidermis, auf der Basalmembran liegen. Die Membran teilt die Dermis und die Epidermis. In dieser Schicht befinden sich die Zellen in Zylindernform, die sich untereinander an verhornten Hautbereichen teilen [13]. Die Dermis ist der Hauptteil der Haut. Ihre Dicke ist viel größer, sie enthält die Haaransatz, Gefäße, Talgdrüsen und verändert sich von 0,5 bis 5 mm. Die Dermis besteht aus zwei Schichten, wobei die 1. - die Papillarschicht, die der Epidermis anliegend ist, und die 2. – die Retikularschicht. Die erste Schicht besteht aus verschiedenen Fasern, die der Haut die Elastizität geben und sie fest machen, besteht auch aus Blutgefäßen, Nervenenden, Lymphgefäßen. Unter der oberen Schicht von Dermis liegt die Retikularschicht, die aus der Schweiß- und Talgdrüsen und auch aus Haarbalgen besteht. Die Dermisstruktur ist faserartig und besteht aus 3 Arten von Faser: kollafene, elastische und retikulare Faser. Alles, was zwischen den Fasern, anderen Hautteile liegt, ist ein amorpher Stoff [16]. Die Gesamtdicke von Epidermis und Dermis beträgt etwa 2 mm, unter diesen Schichten befindet sich das Subkutangewebe - die Hypodermis. Sie enthält der Schweißdrüsen und Blutgefäße. Blutgefäße lassen der

Haut zum Heizen oder Kühlen anzupassen, aber bis zu einer bestimmten Grenze. Sie enthält Kollagennetze, elastische und retikuläre Fasern. In den Faserschlingen befindet sich das Fettgewebe, das die Ansammlung von großen Fettzellen ist. Dermis und Epidermis werden durch Nerven- und Blutgefäßennetz unterstützt. Lebensführung, Ernährung und Stoffumsatz haben den Einfluss auf die Dicke dieser Schicht [16].

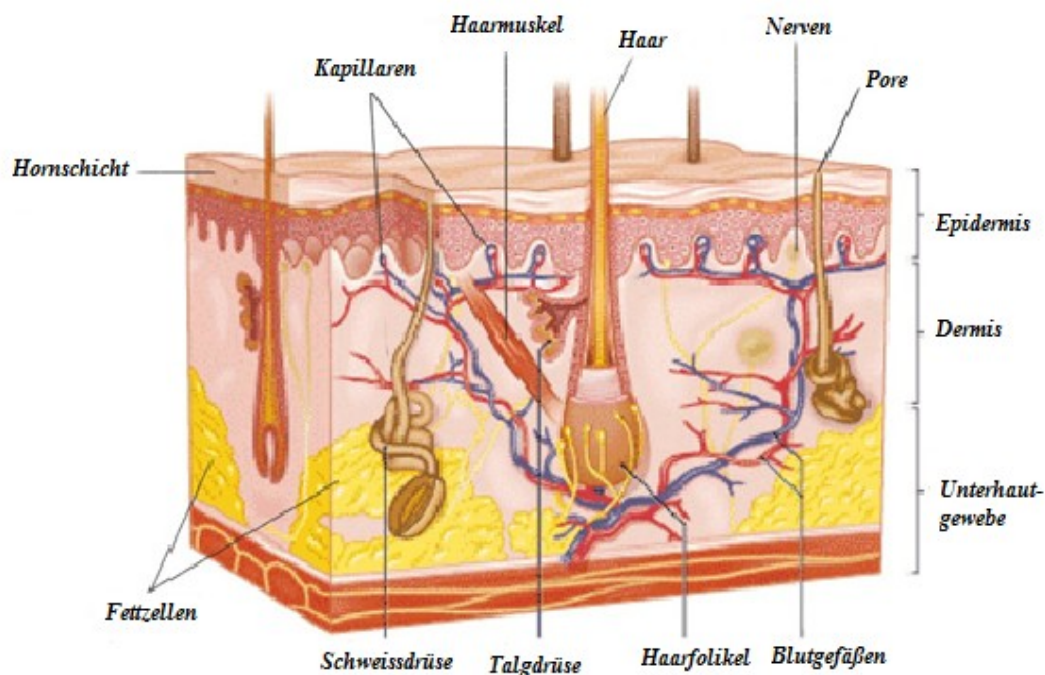


Abb. 1.2.1– Aufbau der menschlichen Haut

Die Haut hat die Besonderheiten in jedem Körperteil, sie hat eine sehr komplexe Struktur. Am häufigsten abhängig von der Epidermisdicke wird die Haut in feine und dicke geteilt. Handflächen und Fußsohlen sind mit der dicken Haut bedeckt. Ein charakteristisches Merkmal für die dicke Haut ist die dicke Epidermis. Auf der Epidermisoberfläche liegt eine dicke Keratinschicht.

Auf der Haut gibt es auch Epithelisierungsquellen, das sind sie Anhängsel (Haarfollikel, Schweiß- und Talgdrüsen) (Abb. 1.2.1). Das Alter, die Nation, das Geschlecht wirken sich auf die Anzahl dieser Anhängsel. Die Dermis besteht aus den Nervenenden und Blutgefäße.

Die Haut erfüllt folgende Funktionen:

11. Die Barrierefunktion. Die Epidermis, grossenteils ihre verhornte Schicht, schafft eine Barriere, die von schädlichen Mikroorganismen verhindert.
12. Aufrechterhaltung der Wasser- und Salzstoffwechsel. Wasser dringt kaum durch die Hauthornsubstanz. Diese Hautfunktion hilft große Feuchtigkeitsverluste in den Bereichen mit heissem Klima zu vermeiden, die Änderung von Wasser- und Salzstoffwechsel zu vermeiden, während der Körper im Wasser mit hohem Salzgehalt, oder umgekehrt, wenn das Wasser süß ist.
13. Die Funktion der Wärmeregulation. Die Haut regelt die Wärmeverluste durch die Änderung von Zwischenraum zwischen den Hautgefäßen (die so genannte Fluktation), auch aufgrund der Tatsache, dass die Hornschicht eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat. Die Exkretionsfunktion ist vor allem durch Schweiß und Talg sowie eine Reihe von chemischen Verbindungen gekennzeichnet.
14. Mit der Hilfe von Melanin hat die Haut eine Schutzfunktion gegen UV-Strahlung.
15. Die Haut nimmt auch an dem allgemeinen Austausch teil. Mit der Hilfe von UV-Strahlung sondert die Haut Vitamin D, die dem menschlichen Körper notwendig ist.
16. Aufgrund des Inhalts von Nervenenden in der Haut, die die äußere Irritation wahrnehmen, erfüllt die Haut eine empfindliche Funktion.
17. Die Haut transportiert verschiedene chemische Stoffe und erfüllt dabei Resorptionsfunktion.
18. Ausserdem erfüllt die Haut auch Atmungsfunktion, da sie den Sauerstoff durchführt und Kohlensäure ausgeschieden wird.
19. Die Haut erfüllt eine endokrine Funktion, wobei Vitamin D, Interferon und andere biologisch aktive Verbindungen hergestellt werden.

20. Die Haut ist ein peripherisches Organ des Immunsystems, so erfüllt sie eine immunologische Funktion. иммунологическую функцию.

Somit ist die Haut ein sehr komplexes Organ, das zahlreich und vielfältig Funktionen erfüllt.

1.3 Beschädigungen der Menschen bei der Wärmewirkung

Im Fall der thermischen Schädigung werden zunächst die Hautzellen beschädigt, was durch Funktionsstörung und Zellenstrukturveränderung ausgedrückt ist. Auch die Barrierefunktion von Zellmembranen und intrazellulären Membranen wird gestört, dabei werden die Ionenpumpen ausgeschaltet. Aus diesem Grunde ist eine Störung in der Stoffverteilung innerhalb der Zelle und zwischen den Zellen beobachtet [17].

Die thermischen Verletzungen gehören zu den häufigsten und gefährlichsten Komplikationen der kombinierten Verletzungen.

Bei der schwachen Wärmestrahlung wird die Epidermis zu einer Tiefe von etwa 1 mm beschädigt. Ein intensiverer Wärmefluss kann nicht nur die Epidermis, sondern auch die Dermis beschädigen. Aber bei der stärkeren Wärmestrahlung gibt es einen Einfluss auf die Subkutanschicht [13].

Der Erwärmungsgrad bei der Wärmebeschädigten ist in verschiedenen Körperteilen immer anders. Besondere Bedeutung der Haut haben ihre thermischen Eigenschaften der Oberflächenschichten der Haut (Hornschicht).

Die Kurzzeiteinwirkung der hohen Temperaturen vom Waldbrand in einigen Fällen kann zu Brandverletzungen nicht führen. Die Zellen sterben wegen des hohen Überhitzens von Gewebe (bei einer Temperatur ab 41 °C und mehr) ab.

Die im Folge des Waldbrands beschädigten Gewebe werden als Schorf genannt. Mit leichter Hauterwärmung (bei 60 °C) wird Kolliquations- oder Nassschorf gebildet. Bei der höheren Hauterwärmung wird Koagulations- oder Trockenschorf gebildet [18].

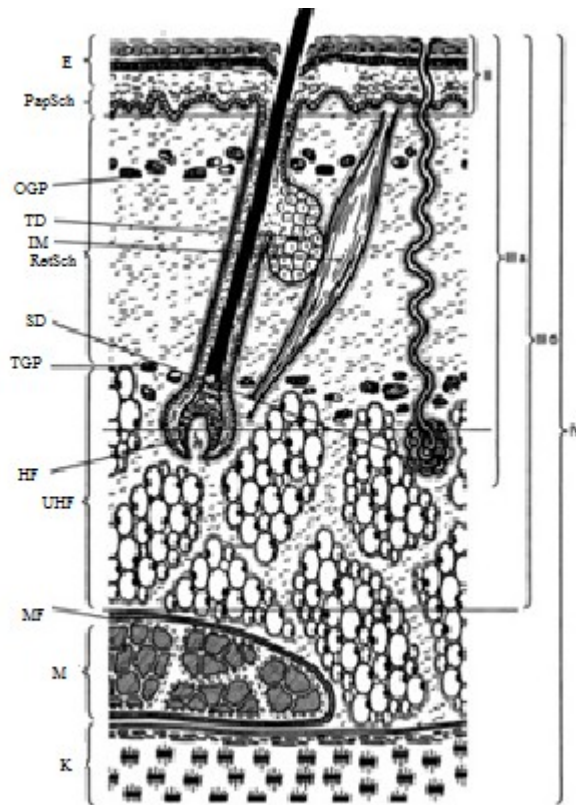


Abb. 1.2.1– Klassifikation der Brandverletzungen nach der Tiefe:

E – die Epidermis; PapSch – Papillarschicht; RetSch - Retikularschicht;
 OGP – oberflächige Gefäßplexus; TD – die Talgdrüse; IM – der
 Intrakutanmuskel; SD – die Schweissdrüse; TGP – tiefe Gefäßplexus; HF – der
 Haarfollikel; UHF – das Unterhautfett; MF – die Muskelfaszie; M – Muskeln; K –
 der Knochen.

Abhängig von der Tiefe der thermischen Schädigung der Hautgewebe
 werden die Brandverletzungen in folgende Klassen geteilt:

Der I. Verbrennungsgrad – die Haut bekommt den Ton und Hauthyperämie
 ertscheint;

Der II. Verbrennungsgrad – die Epidermis (Oberflächenschichten) wird
 beschädigt, an der Haut gibt es Blasen mit einer klaren Flüssigkeit;

Der III. Verbrennungsgrad (a) – die Dermisoberfläche wird teilweise
 beschädigt, aber es gibt keine Beschädigung von den Hautanhangsgebilden, in
 deren Folge die Epithelisierung gebildet wird;

Der III. Verbrennungsgrad (b) – das Unterhautfett wird in die ganze Dicke der Hautdecke beschädigt;

Der IV. Verbrennungsgrad – die Knochen und Muskeln werden beschädigt [18].

Die Brandverletzungen des ersten Grads Hautrötung, leichtes Schmerzen, und machen kein Schaden für das menschliche Leben. Zu solchen Brandverletzungen gehören Sonnenbrände. Die Brandverletzungen des zweiten Grads werden durch Dermissschäden begleitet. Im Folge solcher Brandverletzungen werden Blasen auf der Haut gebildet. Bei den Brandverletzungen des dritten Grads werden die Subkutanschichten beschädigt und Gewebe zerstört. Die Brandverletzungen des zweiten und des dritten Grades sind die gefährlichsten und erfordern sofortige medizinische Versorgung, weil sie zum Tode führen kann.

Die Wahrscheinlichkeit nach der Verbrennung am Leben zu bleiben hängt von vielen Faktoren ab:

- Alter;
- Verbrennungsgrad (I, II, IIIa, IIIb, IV);
- Brandwundefläche;
- Gesundheitszustand;
- Krankheitsverlauf.

Zu den wichtigsten Merkmalen der thermischen Verletzung in menschengemachten Katastrophen gehören der Verbrennungsschweregrad, die Zeit des Brennaufretens, die Wärmemenge, die die Haut bekommen hat, und die Hauttemperatur [2].

1.4 Modelle von Verletzungen der menschlichen Hautdecke

Die Wissenschaftler [2] haben drei Modelle von der Verletzung der menschlichen Haut in menschengemachten Katastrophen ausgesetzt:

Kinetisches Modell. In Auslandsverfahren wird der Geschwindigkeitsintervall der Hautverletzung als Kriterium für thermische Verletzung geschätzt [2]:

$$P = \int_0^{\tau_{kp}} \frac{d\Omega}{dt} dt = \int_0^{\tau_{kp}} A \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) dt, \quad (1.5.1)$$

wo τ_{kp} – Einwirkungszeit der Wärmequelle bis Brandverletzungsaufreten, $\frac{d\Omega}{dt}$ – Verletzungsgeschwindigkeit, A – Vorfaktor, E – Aktivierungsenergie, R – Gaskonstante, T – Temperatur der Hauptschicht.

Bei $P \leq 0,5$ bleibt die Hauptschicht ohne Beschädigungen; bei $0,5 < P < 1$ entstehen die Brandverletzungen des I. Verbrennungsgrades; bei $P \geq 1$ entstehen die Brandverletzungen des II. Verbrennungsgrades [2].

Für $P=1$ in der Arbeit [19] wurde die Abhängigkeit der Höchsttemperatur der Hauptschicht von der Zeit bekommen (auf dem Abb. 1.5.1 dargestellt) [1].

Laut dem Modell, das den Blutströmungseinfluss berücksichtigt, haben die Wissenschaftler [20] das Temperaturkriterium in einer Entfernung von 0,36 mm von der Hautoberfläche vorgeschlagen.

Die Arrheniusabhängigkeit der Verletzungsgeschwindigkeit von der Temperatur ermöglicht das Kriterium thermische Verletzung (Abb. 1.5.1) als kinetisches Modell für Identifizierung der Verbrennungen des I. und des II. Grades nach der kritischen Temperatur der Hauptschicht zu nennen.

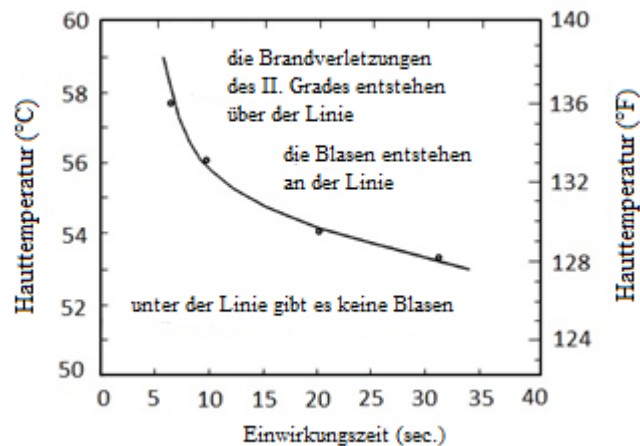


Abb.1.5.1 – Temperatur der Haupthautschicht bei den Verbrennungen des II. Grades – Kinetisches Modell; ○ – thermisches Modell [1]

Thermisches Modell. Um die Temperatur in der Haut zu bestimmen, wurde in der Arbeit[21] die Methode der mathematischen Modellierung von Wärmeübertragung in einer Mehrschichtstruktur der Haut mit der Berücksichtigung von thermophysikalischen Eigenschaften vorgeschlagen [2]. Die experimentelle Reproduktion von Verbrennungen wurde durch Kontakt mit einer inerten Einheit mit der vorgegebenen konstanten Temperatur durchgeführt. Die Modellierungsergebnisse zeigten, dass die Verbrennung bei der Temperatur der Papillarschicht von 51 °C erfolgt. Nach der Angaben der Physiologen befinden sich in dieser Tiefe Wärmerezeptoren, deren Verlust zur Verbrennungskrankheit führt [2].

Wahrscheinlichkeitsmodell. In zahlreichen Experimenten mit biologischen Objekten ist festgestellt, dass die Wahrscheinlichkeit des Verletzungseffekts dem normalen Verteilungsgesetz nahe ist, wenn als Dosiskriterium der Logarithmus des Bestrahlungsindex genommen ist. Die Wahrscheinlichkeit von «Effekt» kann nach den Tabellen bestimmt werden oder durch Integrierung der normierten Dichte der Standardnormalverteilung von Zufallsvariablen gezählt werden. In einer ersten Annäherung kann der Normalwert von Logarithmus des Bestrahlungsindex t_0 für einen Standard-Zufallsvariable genommen sein [2]:

$$t_0 = \frac{\ln I - m_{\ln I}}{\sigma_{\ln I}}, \quad (1.5.2)$$

wo $m_{\ln I}$ - Mittelwert von Bestrahlungsindex;

$\sigma_{\ln I}$ - Standardabweichung $\ln I$ от $m_{\ln I}$.

Die experimentelle Bestimmung der Standardabweichung erfordert eine große Anzahl von parallelen Experimenten mit biologischen Objekten in einem breiten Spektrum von Bestrahlungsindexveränderungen. Deshalb verwenden die Wissenschaftler ein anderes Verfahren, das auf der Bestimmung der Abhängigkeit basiert $\text{Pr}(I) = f(\ln I)$ - Probit-Funktion oder Regressionsgleichung «Dosis – Effekt» [2]:

$$\text{Pr} = a + b(\ln I) \quad (1.5.3)$$

wo a und b – die Koeffizienten in den Brandreproduktionsexperimenten, $\text{Pr} = t_0 + 5$.

Es wird herausgestellt, dass für jeden Grad der thermischen Verletzung die Koeffizienten unterschiedliche Werte haben werden. Da die Probit-Funktion ist ein linearer Wert, für ihren Bau sind mindestens zwei Datenpunkte mit entsprechenden Koordinaten «Dosis – Effekt» benötigt [2].

In den internen normativen Dokumenten [22] ist die Probit-Funktion die Prognose der Brandverletzungen des I. und II. Grades und auch für Todesfälle angeboten. Aber die Berechnungen für diese Funktionen unterscheiden sich von ausländischen Standarten. Ausserdem enthalten diese Dokumente keine Berechnungsmethoden des Temperaturfeldes in jeder Hautdecke für verschiedene Verbrennungsgrade [11].

Die Forschungsergebnisse über die Einwirkung der Wärmestrahlung mit der ständigen Wärmeflussdichte auf den bestrahlten Hautbereichen sind in den ausländische Monographien zusammengefasst [23].

1.5 Medizinische Informationssysteme

Das Ziel dieser wissenschaftlichen Forschung besteht in der Entwicklung der mathematischen Modellen von Wärme - und Stoffübertragung in der menschlichen Haut, die die Perspektiven für die Schaffung von mehr erweiterten mathematischen Modellen für Prognosierung von Grad der thermischen Hautschädigung eröffnet. Auf der Basis von solchen mathematischen Modellen wurden neue medizinische Informationssysteme entwickelt.

Das medizinische Informationssystem ist eine Sammlung von Information-, Organisations- und Programmmitteln, die zur Automatisierung von medizinischen Prozessen dienen [24].

Die Zusammenfassung, Speicherung, Verarbeitung, Übertragung und Verteilung von Information sind die Hauptfunktionen von Informationssystemen. Zu den Aufgaben dieser Systeme gehören:

- Medizinische Hilfeleistung der Bevölkerung mittels Information;
- Informationsunterstützung für die Verwaltung des Gesundheitsbereich.

Die Verteilung von medizinischen Informationssystemen bezüglich auf die Wahl des Operationssystems sieht so aus, dass eine grosse Menge der Leuten mit dem Windows - Operationssystem arbeitet (Tabl.1.6.1) [25].

Tabelle 1.6.1 – Medizinische Informationssysteme nach dem Operationssystem

	OS von Server,%	OS von PC,%
Arbeit mit Windows-Operationssystem	53%	82%
Arbeit mit Windows- und Linux-Operationssystem	26%	-
Arbeit mit verschiedenem Operationssystem	21%	18%

Im Grossen und Ganzen mit Berücksichtigung der Anzahl von medizinischen Informationssystemen, kann man schliessen, dass Microsoft über 60% der medizinischen Informationssysteme in Russland unter Kontrolle hält.

Und vom Standpunkt der Entwicklung von medizinischen Informationssystemen ist das Programm Pascal schon seit langer Zeit besonders populär. Es wird bei der Schaffung von 31% der medizinischen Informationen verwendet [25].

Tabelle 1.6.2 – Die Entwicklung der medizinischen Informationssysteme in der Zeitperiode von 2004 bis zu 2010 [25]

Angabe	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Die Anzahl von einem medizinischen Informationssystem pro Jahr	4,3	5,7	7,25	17,0	23,2	14,2	8,3	30,6
Die Anzahl der automatisierten medizinischen Informationssysteme	118,1	148,2	264,6	46,2	195,3	162,3	155,6	206,1

Wenn man die erzielten Verkaufsmengen und die Dauer der Marktpräsenz von medizinischen Informationssystemen bewertet, so kann man feststellen, dass die besten Ergebnisse der medizinischen Informationssysteme im Jahr 2008 waren, und zwar die durchschnittliche Anzahl von Projekten, die von jedem Entwickler durchgeführt wurden, waren maximal. Weiter in den Jahren 2009-2010 wurde eine bemerkenswerte Abnahme beobachtet. Viele Unternehmen hatten eine deutliche Verringerung der Projekte von 20 bis 40%. Aber das Jahr 2011 ist das Wiederbelebungsjahr für den Markt der medizinischen Informationssysteme geworden. Die meisten Unternehmen haben die Anzahl der Projekte erhöht und die Angaben, die vor der Krise hatten, wieder erreicht (Tabl.1.6.2).

In Russland gibt es mehr als 300 medizinische Informationssysteme (MIS) (nach den Angaben des Jahres 2012). Da gibt es keine Informationsaustauschstandards, wird die Einführung von medizinischen Informationssystemen unordentlich durchgeführt. Viele von der verwendeten

Anwendungen sind miteinander nicht kompatibel. Kompatibilitätsprobleme erlauben nicht das volle Potenzial der aktuellen Lösungen zu öffnen [25].

1.6 Schlussfolgerungen:

Die Literaturanalyse führt zu den folgenden Schlussfolgerungen:

1. Der größte Teil der Arbeiten wird der experimentellen Untersuchung der thermischen Auswirkungsbedingungen der Waldbrandfaktoren auf die menschliche Haut gewidmet;
2. Die Rettungsdienste und Abteilungen von Notfallministerium erfordern den Einsatz von medizinischen Informationssystemen zur Entscheidungsunterstützung bei Notfällen an den Betriebsobjekten und in den Wäldern;
3. Im Hinblick auf die Unmöglichkeit der Durchführung von natürlichen Experimenten ist es aktuell mathematische Modelle zu entwickeln und numerische Analyse der Wärmewirkungsprozesse von den Waldbränden auf menschliche Gewebe durchzuführen.

LITERATUR

1. Kinematik der Wärmebeschädigung der Menschen in Notfällen: Schutz der Lebenshaltung / Enaleev P.S., Teljakov E.S., Zakirov G.M., Tschistov J.S., Katschakin V.A. – 2009. – №9. S.30-36.
2. Thermodynamische Kriterien der Wärmebeschädigung der Menschen in den menschengemachten Katastrophen: Informationsblatt der Kasaner technologischen Universität / Enaleev P.S., Zakirov G.M., Tschistov J.S., Teljakov E.S., Tschistov J.S. – 2012. – №17. S.50-55.
3. Waldbrandsteuerung auf der regionalen Umweltebene. Das internationale wissenschaftspraktische Seminar (Khabarowsk, Russland. der 9.–12. September 2003). M.: Alex-Verlag, 2004. –208 s.

4. Grischin A.M. Mathematische Modellierung der Waldbrände und neue Kämpfmethode. Nowosibirsk: Wissenschaft, 1992. – 408 s.
5. Grischin A.M., Filkov A.I. Die Prognose der Entstehung und Verbreitung von Waldbrände. Kemerowo: Praktik, 2005. – 202 s.
6. Pinaev V.S. Luftdenotationsbrände und ihre Folge: Verbrennungs- und Explosionsphysik / Pinaev V.S., Schtscherbakov V.A., 1996. – T. 32, № 5. – S. 116-121.
7. Zalesov A.S. Klassifizierung der Waldbrände//Methodische Richtlinien. Ekaterinburg: Verlag der Uraler staatlichen holztechnischen Universität, 2011. – 15 s.
8. Waldbrände: Arte, Ursachen, Löschverfahren. Elektronenressource. <http://ria.ru/eco/20090414/168056182.html>.
9. Grischin A.M. Mathematische Modellierung der Waldbrände und neue Kämpfmethode. Nowosibirsk: Wissenschaft, Sibirische Abteilung, 1992. – 408 s.:
10. Dolgov A.A. Methode der Waldbrandrisikoanalyse// die internationale wissenschaftspraktische Konferenz / Dolgov A.A., Sumina E.N., Tsomaeva D.S. – Moskau, 2008
11. Zakirov A.M. Quantifikation der Wärmebeschädigung der Menschen bei den Bränden an den Chemiebetrieben / Dissertation des Kandidaten der technischen Wissenschaften – Kasan:2011.
12. Baranovskiy, N.V. Spatial Mathematical Model of Heat Transfer in Human Skin Influenced by Heated up to High Temperatures Particle [Electronic resource] N. V. Baranovskiy, A. S. Solodkin, A. A. Stuparenko // European Physical Journal Web of Conferences (EPJ Web of Conferences). – 2016. – Vol. 110: Thermophysical Basis of Energy Technologies, Tomsk, Russia.
13. Xu F., Lu T. J, Seffen K. A. Biothermomechanical behavior of skin tissue // Springer-Verlag. 2008.

14. Hummel A., Lyons K. Skin Burn Translation Model for Evaluating Hand Protection in Flash Fire Exposures // Fire Technology. Springer Science+Business Media New York. — 2013. C. 15.
15. Korobkina, D. V. Evaluation Different Boundary Condition in Depth of Tissue for the Task of Mathematical Simulation of Heat Transfer in Human Skin / D. V. Korobkina, N. V. Baranovskiy // MATEC Web of Conferences [Electronic resource]. – 2014. – Vol. 19 : The 2nd International Youth Forum "Smart Grids", Tomsk, Russia.
16. Puschkareve A.E. Laserinduzierte selective Erwärmung der Hautgewebe: Dissertation des Kandidaten der technischen Wissenschaften / die Sankt-Petersburger Staatliche Universität für Informationstechnologien, Mechanik und Optik – Sankt-Petersburg, 2006.
17. Vildjaeva M.V. Begründung für Meksidantverwendung bei der Behandlung der Wärmebeschädigten. Dissertation des Kandidaten der medizinischen Wissenschaften – Saransk, 2009.
18. Paramonov B.A., Porembsky J.O., Jablonsky V.G. Brandverletzungen: Anleitung für die Ärzte. – St.Petersburg: Fachliteratur, 2000. – 480 s.
19. Goldson M.A. Kreislaufversagen bei der schweren thermischen Verletzung und ihre pathogenetische Therapie. Dissertation des Kandidaten der medizinischen Wissenschaften / die Omsker staatliche medizinische Akademie – Omsk, 2011.
20. Die Prognosierung der Massenwämebeschädigungen: Informationsblatt der Kasaner technologischen Universität / Enaleev R.S., Teljakov E.S., Gimranov F.M., Gasilov V.S. – 2014. – №22. S.136 – 138.
21. Mathematical Sumulation of Heat and Mass Transfer Process in Skin Cover at Burn Injury / Enalejev R. Sh., Kachalkin W. A.: Annals of the NewYork Academy of Science, 1998.

22. Samarsky A.A. Theorie der Differenzschemas: Lernmittel für Hochschulen / A.A. Samarsky. – M.: Wissenschaft. – 1977. – 656 s.
23. Die Hauptgefahren an den Chemiebetrieben / Viktor Marshal, aus Englishen übersetzt. – M.: Welt, 1989, 671 s.
24. Vanina E.A. Informationssysteme in der Gesundheitsfürsorge auf der territorialen und föderalen Ebene.– M.: 2007.
25. Die Markt der medizinischen Informationssysteme: Übersicht, Veränderungen, Trendlinien: Arzt und Informationstechnologien / Gusev A.V. – 2012. – №3. S. 6-15.