

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
Математическое моделирование теплопереноса в морфологических частях растительных организмов при воздействии излучения от лесного пожара				

УДК 621.1.016.4:630'43

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Демихова Алена Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Барановский Н.В.	к.ф.-м.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент/ ст. преподаватель	Попова С.Н.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

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:

бакалаврской работы

Студенту:

Группы	ФИО
5Б2Б	Демихова Алена Николаевна

Тема работы:

Математическое моделирование теплопереноса в морфологических частях растительных организмов при воздействии излучения от лесного пожара

Утверждена приказом ректора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

3 июня 2016 г.

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.).

Объект исследования – стебель травянистого растения с включениями. Требования к продукту – математическая модель теплопереноса в стебле растения при воздействии излучения от фронта низового лесного пожара с учетом структурной неоднородности стебля. Исходные данные: теплофизические свойства стебля и характеристики лесного пожара.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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 по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области. Математическое моделирование теплопереноса в стебле растения при воздействии излучения от фронта низового лесного пожара с учетом структурной неоднородности стебля. Обсуждение результатов исследования. Формулировка выводов и заключения.</p>
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>22 слайда</p>
--	------------------

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
<p>Основной раздел</p>	<p>Барановский Н.В.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Попова С.Н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Дашковский А.Г.</p>

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
--

<p>Введение, Обзор литературы, Объект и методы исследования, Результаты, Заключение (русский)</p>

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

<p>Задание выдал руководитель:</p>				
<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>доцент</p>	<p>Барановский Н.В.</p>	<p>к.ф-м.н.</p>		<p>15.03.2016 г.</p>

<p>Задание принял к исполнению студент:</p>			
<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>5Б2Б</p>	<p>Демихова Алена Николаевна</p>		<p>15.03.2016 г.</p>

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
Р11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества,

	соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 114 с., 43 рис., 23 табл., 56 источников.

Ключевые слова: лесной пожар, математическая модель, травянистое растение, стебель, распределение температур, теплоперенос

Объектом исследования является процесс теплопереноса в стебле травянистого растения.

Цель работы – численное исследование теплопереноса в отдельных морфологических частях растительных организмов (а именно в стебле) при воздействии излучения от фронта лесного пожара.

В процессе исследования проведено численное исследование теплопереноса в неоднородной структуре стебля травянистого растения и выявлены основные закономерности исследуемого процесса при воздействии излучения от лесного пожара. В результате исследования разработана группа новых математических моделей теплопереноса (одномерная и двумерные) в морфологических частях растений (а именно в стебле травянистого растения) с учетом неоднородной структуры.

Основные технологические характеристики: программные реализации математических моделей разработаны с использованием языка программирования высокого уровня Pascal.

Степень внедрения: результаты работы внедрены в учебный процесс.

Область применения: разработанные модели могут стать базой для развития нового направления оценки экологических последствий природных пожаров с использованием физически обоснованных методов.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в минимизации экологических последствий для биogeоценозов и экономического ущерба государственного лесного фонда от пожаров.

В будущем планируется разработать математические модели теплопереноса в морфологических частях растений с учетом испарения влаги и термического разложения сухого органического вещества.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	9
1. Обзор литературы.....	11
1.1 Характеристика лесных пожаров.....	11
1.2 Характеристика лесных массивов.....	15
1.3 Экспериментально исследование теплового воздействия пожаров на растительность.....	21
1.4 Математические модели влияния лесных пожаров на растительность.....	25
1.5 Картирование лесных массивов.....	30
1.6 Дистанционное зондирование лесных массивов.....	35
1.7 Выводы по результатам аналитического обзора литературы.....	41
2. Объект и методы исследования.....	42
2.1 Объект исследования.....	42
2.2 Методы исследования.....	43
3. Результаты проведенного исследования.....	49
3.1 Физическая модель.....	49
3.2 Одномерная математическая модель теплопереноса в морфологической части травянистого растения с учетом слоистой структуры стебля при воздействии лучистого потока.....	49
3.3 Двумерная математическая модель теплопереноса в морфологической части травянистого растения с учетом слоистой структуры стебля при воздействии лучистого пока.....	56
3.4 Двумерная математическая модель теплопереноса в морфологической части травянистого растения с учетом слоистой структуры стебля при воздействии лучистого пока с учетом структуры неоднородности стебля.....	64
3.5 Обсуждение результатов.....	70
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	73

4.1 SWOT-анализ.....	74
4.2 Экспертная оценка.....	75
4.3 Календарный план.....	80
4.4 Бюджет, смета проекта.....	82
4.5 Оценка ресурсоэффективности.....	84
5. Социальная ответственность.....	89
5.1 Профессиональная социальная ответственность.....	89
5.1.1 Состояние воздушной среды.....	90
5.1.2 Освещенность рабочей зоны.....	92
5.1.3 Шум и вибрация в помещении.....	97
5.1.4 Электромагнитные излучения в производственном помещении...	99
5.1.5 Механические повреждения.....	100
5.1.6 Электробезопасность.....	100
5.1.7 Пожаробезопасность.....	101
5.2 Экологическая безопасность проекта.....	103
5.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	104
5.4 Законодательное регулирование проектных решений.....	105
Заключение.....	108
Список используемых источников.....	109

Введение

Лесной пожар является проблемой для любой страны. Они угрожают безопасности населенных пунктов. Лесные пожары являются чрезвычайно сложным и разрушительным природным явлением. Пожары приводят, прежде всего, к значительному изменению экологических условий в местах обитания. В зависимости от вида и интенсивности пожаров их влияние во многом неравнозначно. Современные темпы развития науки и техники в области защиты лесов от пожаров требуют разработки новых систем прогнозирования лесной пожарной опасности [1].

Например, было проведено исследование влияния пожаров на продуктивность лесных лугов Караканского хребта. Были изучены величины подземной и надземной биомассы с распределением по хозяйственно-ботаническим группам, видовой состав и количество видов высших растений на четырех пробных площадях и в контрольном варианте. Установили, что пожары происходят по беглому низовому типу, не оказывая влияния на подземную биомассу. Пирогенный фактор способствует снижению общего количества видов высших растений и препятствует возобновлению на лесных лугах древесной растительности [2].

В лесостепной зоне низовые пожары представляют собой обычное природно-антропогенное явление. Существующая пространственная и видовая структура экосистем лесов во многом определяется в той или иной степени регулярным воздействием пирогенного фактора. В пригородных лесах пожары случаются особенно часто, и их средообразующее воздействие наиболее заметно [2].

Также было исследовано влияние низовых пожаров в сосновых лесах на гнездящихся птиц. Показана зависимость изменения плотности населения гнездящихся птиц от плотности произрастания растений. Приведены

рекомендации по оптимизации ситуации в подверженных пожарам местах [3].

Характер пожара напрямую зависит от региона. Так, авторами статьи [4] был проведен анализ типов повреждений огнем, определена характеристика пожарного режима в Амурской области.

В настоящее время наблюдается увеличение частоты природных пожаров. Природные пожары, а особенно лесные, не только уничтожают запасы деловой древесины, приводят к ожогам и гибелям людей, но и влияют на биоценозы в целом. Ярус травянистой растительности оказывает влияние на биоразнообразие экосистем. В статье [5] приведена динамика встречаемости видов растений сосновых лесов после пожара 1997 года. Автор статьи [6] проанализировал влияние пожара на бобовые культуры в лесных экосистемах. В работе [7] рассмотрено влияние лесного пожара на грибы и проведена оценка потенциала их восстановления.

Цель работы – численное исследование теплопереноса в отдельных морфологических частях растительных организмов (а именно в стебле) при воздействии излучения от фронта лесного пожара.

1. Обзор литературы

1.1 Характеристика лесных пожаров

Лесной пожар — стихийное, неуправляемое распространение огня по лесным площадям [8]. Причины возникновения пожаров в лесу принято делить на естественные и антропогенные. Наиболее распространенными естественными причинами больших лесных пожаров на Земле обычно являются молнии. Размеры пожаров делают возможным их визуальное наблюдение даже из космоса [8].

В молодых лесах, в которых много зелени, вероятность возгорания от молнии существенно ниже, чем в лесах возрастных, где много сухих и больных деревьев. Таким образом в природе ещё задолго до человека существовало своеобразное равновесие. Экологическая роль лесных пожаров заключалась в естественном обновлении лесов [9].

На сегодняшний день [10] доля естественных пожаров (от молний) составляет около 7%-8%, то есть возникновение большей части лесных пожаров связано с деятельностью человека. Таким образом, существует острая необходимость работы противопожарных служб, контроля над соблюдением пожарной техники безопасности.

Иногда пожары вызывают искусственно. Такие пожары принято называть управляемыми. Целью управляемых пожаров является: уничтожение пожароопасных горючих материалов, удаление отходов лесозаготовок, подготовка участков для посадки саженцев, борьба с насекомыми и болезнями леса, а также намеренный поджог леса с целью последующей его вырубki [10].

В зависимости от того, где распространяется огонь, пожары делятся на низовые, верховые и подземные [11]:

- Низовой пожар

При низовом пожаре сгорает лесная подстилка, лишайники, мхи, травы, опавшие на землю ветки и т. п. Скорость движения пожара по ветру 0,25—5 км/ч. Высота пламени до 2,5 м. Температура горения около 700 °С (иногда выше).

Низовые пожары бывают беглые и устойчивые [9]:

- При беглом низовом пожаре сгорает верхняя часть напочвенного покрова, подрост и подлесок. Такой пожар распространяется с большой скоростью, обходя места с повышенной влажностью, поэтому часть площади остается незатронутой огнем. Беглые пожары в основном происходят весной, когда просыхает лишь самый верхний слой мелких горючих материалов.
- Устойчивые низовые пожары распространяются медленно, при этом полностью выгорает живой и мёртвый напочвенный покров, сильно обгорают корни и кора деревьев, полностью сгорают подрост и подлесок. Устойчивые пожары возникают преимущественно с середины лета.

- Верховой пожар

Верховой лесной пожар охватывает листья, хвою, ветви, и всю крону, может охватить (в случае повального пожара) травяно-моховой покров почвы и подрост. Скорость распространения от 5—70 км/ч. Температура от 900 °С до 1200 °С. Развиваются они обычно при засушливой ветреной погоде из низового пожара в насаждениях с низко опущенными кронами, в разновозрастных насаждениях, а также при обильном хвойном подросте. Верховой пожар — это обычно завершающаяся стадия пожара. Область распространения яйцевидно-вытянутая [11]

Верховые пожары, как и низовые, могут быть беглыми (ураганными) и устойчивыми (повальными) [12]:

- Ураганный пожар распространяется со скоростью от 7 до 70 км/ч. Возникают при сильном ветре. Опасны высокой скоростью распространения.
- При повальном верховом пожаре огонь движется сплошной стеной от надпочвенного покрова до крон деревьев со скоростью до 8 км/ч. При повальном пожаре лес выгорает полностью.

При верховых пожарах образуется большая масса искр из горящих ветвей и хвои, летящих перед фронтом огня и создающих низовые пожары за несколько десятков, а в случае ураганного пожара иногда за несколько сотен метров от основного очага [12].

- Подземные (почвенные) пожары в лесу чаще всего связаны с возгоранием торфа, которое становится возможным в результате осушения болот. Распространяются со скоростью до 1 км в сутки. Могут быть малозаметны и распространяться на глубину до нескольких метров, вследствие чего представляют дополнительную опасность и крайне плохо поддаются тушению (Торф может гореть без доступа воздуха и даже под водой). Для тушения таких пожаров необходима предварительная разведка [13].

По скорости распространения огня низовые и верховые пожары делятся на устойчивые и беглые. Скорость распространения [13]:

- слабого низового пожара не превышает 1 м/мин (Высота слабого низового пожара до 0,5 м)
- среднего от 1 м/мин до 3 м/мин (Высота среднего — до 1,5 м)
- сильного свыше 3 м/мин. (Высота сильного — свыше 1,5 м)

Верховой пожар, скорость распространения:

- слабый до 3 м/мин,
- средний до 100 м/мин,
- сильный свыше 100 м/мин.

Сила почвенного пожара определяется по глубине выгорания:

- слабым почвенным (подземным) пожаром считается такой, у которого глубина прогорания не превышает 25 см,
- средним — 25-50 см,
- сильным — более 50 см.

Оценка по площади:

- загорание — огнём охвачено 0,1-2 гектара
- малый — 2-20 га
- средний — 20-200 га
- крупный — 200—2000 га
- катастрофический — более 2000 га

Средняя продолжительность лесных крупных пожаров 10-15 суток при выгорающей площади — 450—500 гектаров. [14].

В статье [15] говорится о статистических характеристиках контуров лесных пожаров. Контур нижнего по течению поверхности лесного пожара определяется фронтом пламени, распространяющимся над плоскостью слоя топлива и может рассматриваться как линия разрыва температуры топлива. Феноменологическое описание движения контура под этим предположением требует, чтобы нормальная скорость распространения пламени могла быть задана как функция времени, пространственные координаты и расположение контура на начальном время.

Нормальная скорость распространения пожара зависит от большого числа факторов, в том числе, от теплоты сгорания сухого топлива, относительной пористости и влагосодержания материала, толщины топливного слоя, скорости ветра, угла между направлением ветра и нормального фронта пламени, наклона местности. В естественных лесных условиях многие из этих факторов являются случайными, так что нормальная скорость также изменяется случайным образом во времени и пространстве [16].

Как правило, имеет место быть случайный характер. Случайный характер распространения пламени в лесу был неоднократно отмечен.

Однако, количественное описание вероятностных характеристик при распространении процесса еще не было получено. В то же время в прикладных задачах надо уметь включать статистические характеристики пожарного контура заранее, так как это определяет принципиально достижимые точности модели и, следовательно, необходимые параметры для расчетной сетки. Кроме того, в силу нелинейности уравнения, описывающие движение фронта горения, местные колебания в нормальной скорости приводят к изменению средней скорости фронта пламени, которая также должны быть учтены в модели [17].

1.2 Характеристика лесных массивов

Лесной массив — значительная целостная территория леса, имеющая естественные границы (реки, озера, холмы, отдельные участки горной местности) или граничащая на большом протяжении с другими угодьями (поля, луга), населенными пунктами. Лесной массив может иметь условные границы, устанавливаемые в зависимости от назначения лесов, их близости к транспортным путям, пунктам вывозки и потребления. Площадь его колеблется от нескольких сотен до нескольких тысяч гектар. [18].

В зависимости от биологических особенностей важнейших растений, их возраста и определённых физико-географических условий в лесу развивается несколько ярусов растений. Ярусы — достаточно чётко отграниченные горизонты концентрации деятельных органов растений. Ярусы могут быть образованы одним или двумя и более видами. В лесах различают ярусы [19]:

- **Древостой.** Полог леса — совокупность крон сомкнувшихся деревьев. В лесах умеренного пояса может быть до двух лесных пологов, в тропических лесах — до пяти ярусов древостоя. Во влажных тропических лесах есть ярус очень высоких деревьев, возвышающихся над пологом леса.

- Подлесок. Состоит из кустарников и низких деревьев.
- Травяной или травяно-кустарничковый.
- Моховой или мохово-лишайниковый.
- Лесная подстилка — «слой органических остатков на поверхности почвы в лесу». Она состоит из опавших листьев, веток, цветов, плодов, коры и других остатков растений, фекалий и трупов животных, оболочек куколок и личинок. Бывает, что в лесной подстилке находится несколько миллионов обитателей на каждом квадратном метре, от простейших и бактерий до мышей и других мелких млекопитающих. Поэтому обычно подстилка и есть самый густонаселённый ярус. Слой остатков отмерших растений представляет собой мёртвый покров. Роль лесной подстилки очень велика, она выполняет следующие функции [20]:
 - Место образования перегноя.
 - Защита почвы от размыва и механического уплотнения.
 - Регулятор водно-воздушного режима почв.
 - Регулятор лесорастительных свойств почв.
 - Место концентрации элементов питания растений.
- Подземный ярус леса состоит из корневой системы растений, лесных почв и их многочисленных обитателей, включая фауну, грибы и микроорганизмы.

Встречается внеярусная растительность из вьющихся и лазающих растений, и эпифитов. Основным компонентом является древостой. Подлесок и подрост, а в лесах с густым плотным пологом и живой напочвенный покров, могут отсутствовать. Живой напочвенный покров включает в себя имеющиеся мхи, лишайники, травянистые растения и кустарнички [21].

В таблице 1 приведены типы лесов Русского лесного массива [22]

Таблица 1. Типы лесов Русского лесного массива [22]

Урочище	Фация	Вид леса	Тип леса
Урочище А: плакорыостан- цовых плато, сложенные известняками и четвертич- ными суглинками, с широ- колиственными лесами и луговыми степями	а1 – срединная часть пла- коров с кленово- ясеновыми лесами на се- рых лесных почвах, сфор- мировавшихся на четвер- тичных суглинках	Срединно- плакорный вид с грабово- кленово- ясеновыми лесами	Плакорный тип
	а2 – окраины плакоров с опушковыми дубово- ясеновыми лесами на ма- ломощных серых лесных почвах	Окраинно- плакорный вид с кленово- ясеновыми и дубово- ясеновыми лесами	
	а3 – луговые (разнотрав- ные) степи на маломощ- ных черноземах	Разнотравно- злаковая степь с плодовыми де- ревьями и кустарниками	

<p>Урочище Б: верхняя часть очень крутых склонов балок, сложенных песками и из- вестняками, с дубово- ясеновыми лесами</p>	<p>б1 – склонов северных и северо- восточных экспо- зиций с ясенево- грабовыми лесами на ма- ломощных смытых серых лесных почвах</p>	<p>Вид леса склонов се- верных экспозиций с ясенево- грабовыми лесами</p>	<p>Тип верхней части склонов балки</p>
	<p>б2 – склонов западных и юго-западных экспозиций с грабово- ясеновыми ле- сами на смытых серых лесных почвах</p>	<p>Вид леса склонов за- падных и юго- западных экспозиций с грабово- ясеновыми ассоциа- циями</p>	
<p>Урочище В: нижняя часть склонов балок, сложенных криптомактровыми глинами, с дубово- ясеновыми лесами и кустарниками на серых</p>	<p>в1 – склонов западных экспозиций с грабово- ясеновыми лесами на се- рых лесных почвах</p>	<p>Вид лесов склонов за- падных экспозиций с буково-грабово- ясеновыми ассоциа- циями</p>	<p>Тип нижней части склонов балки</p>

лесных почвах	в2 – склонов восточных экспозиций с ясенево- грабовыми и буково- грабовыми лесами на се- рых лесных почвах	Вид лесов склонов вос- точной экспозиции с ясенево- грабовыми и буково- грабовыми ас- социациями	
Урочище Г: прирусловые участки с ясеневом- грабовыми лесами и боковой эрозией		Вид прирусловых уча- стков леса с ясенево- грабовыми ассоциа- циями.	Тип прирусловых участков леса

В статье [23] описано исследование, в результате которого были разделены деревья в исследуемом районе в семи классах: здоровое дерево (V0) в хорошем дерева (V1), среднего дерева (V2), то стареющее дерево (V3), умирающего дерева (V4), мертвое дерево (V5) и поваленное дерево (V6).

Таблица 2. Классы деревьев [23]

Код	Жизнеспособность	Потеря листьев, %	Общее состояние
V0	Здоровое	≤10	Живое дерево без признаков порчи, здоровая полная первичная крона, обычно имеет темно-зеленые листья
V1	Хорошее	11-25	Крона слегка повреждена, но все еще в хорошем состоянии, менее 25% потери листьев
V2	Среднее	26-50	Крона умеренно повреждена, более половины потери листьев
V3	Стареющее	51-75	Крона сильно повреждена, тенденция к ухудшению (например, подсыхающие листья), потери листьев до 75%
V4	Умирающее	76-99	Первичная крона очень сильно повреждена или отсутствует, вторичная крона тоже повреждена, остаточная стойкость (например, одиночные зеленые листья), дерево почти не сбивается
V5	Мертвое	100	Стоящий сухостоя, остаточная стойкость
V6	Поваленное	100	Валежник, пни

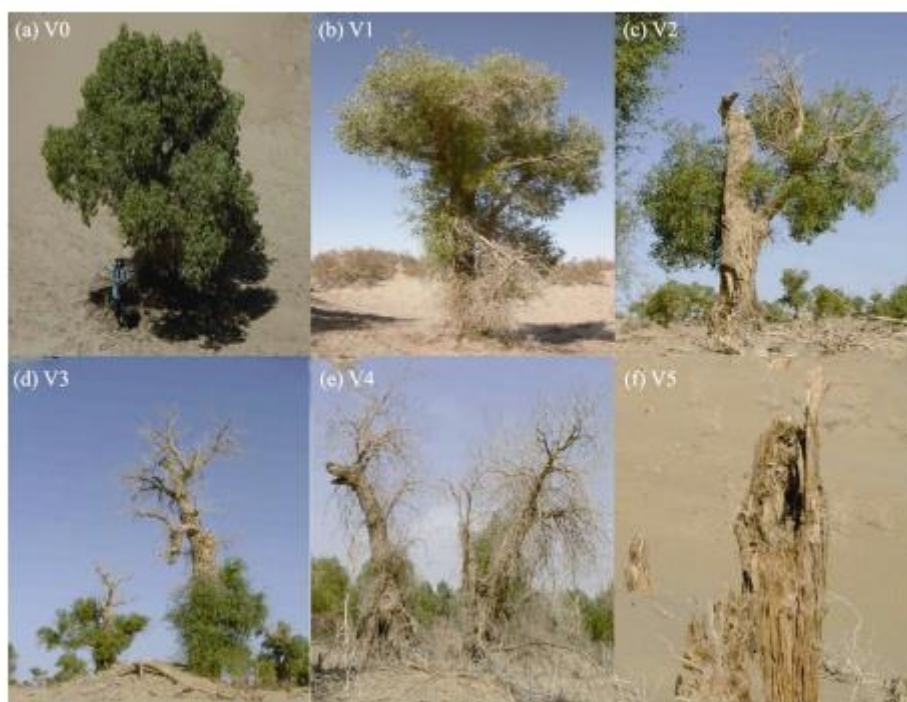


Рисунок 1 - Классы деревьев [23]

1.3 Экспериментальные исследования теплового воздействия пожаров на растительность.

Авторы статьи [2] провели исследование влияния пожаров на продуктивность лесных лугов Караканского хребта и пришли к выводам, что

1. Лесные луга Караканского хребта имеют вторичное (послепожарное) происхождение и подвержены постоянному воздействию пожаров.
2. По способу возникновения пожары классифицируются как беглые низовые, связанные с антропогенным возгоранием сухих наземных остатков в весенний период.
3. Общая величина надземной биомассы лесных лугов в несколько раз ниже, чем подземная, что связано с горением лесной подстилки и сухих растительных остатков.

4. Беглые низовые пожары не оказывают влияния на продуктивность и структуру живой части надземной и подземной биомассы.

5. Под влиянием низовых пожаров на лесных лугах происходит снижение общего количества видов [2].

В работе [13] изучены состояния лесов области и определение факторов, влияющих на лесные пожары. На территории Самарской области произрастают хвойные, лиственные и смешанные леса, общей площадью 757,3 тыс. га. Характеристика породного состава лесов представлена на рисунке 1. Преобладающие породы: дуб занимает 27 % от покрытой лесом площади, сосна – 15 %, липа – 18 %, осина – 19 %, береза – 10 %, остальные породы – 11 %.

Лес постоянно подвергается воздействию различных неблагоприятных факторов. Динамика гибели лесных насаждений от различных неблагоприятных факторов представлена на рисунке 1. Ослабление и гибель лесов изменяются по годам и вызваны периодическими изменениями климатических условий, связанных с ними горимостью лесов и численностью популяций вредителей и болезней леса (в частности, аномальным температурным режимом и засухой лета 2010 года) [22].

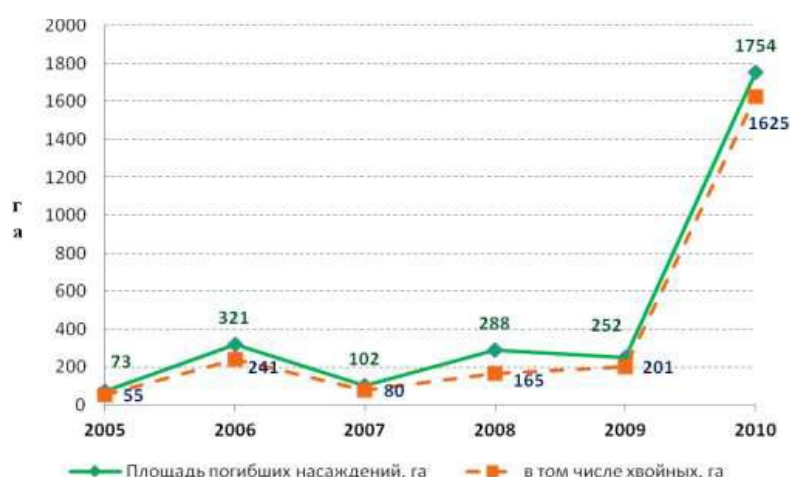


Рисунок 2 - Динамика гибели лесных насаждений от различных неблагоприятных факторов в 2005-2010 годах [22]

Обрабатывались данные по количеству пожаров, произошедших на территории Сергиевского лесничества Самарской области с 2006 по 2011 гг., а также рассматривались факторы, влияющие на лесные пожары, а именно температура воздуха, скорость ветра, количество осадков, относительная влажность воздуха. В результате была получена зависимость (см. рисунок 3) между количеством лесных пожаров - $F1$, ед. и количеством осадков - $P1$, мм за пожароопасный период (с мая по октябрь). На графике нанесены экспериментальные точки (в виде \times) и построена расчётная линия $f1$ [24].

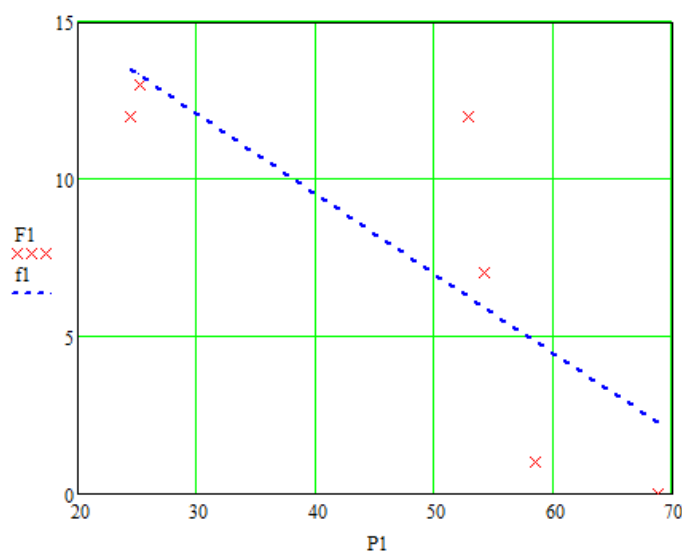


Рисунок 3 – Зависимость между количеством лесных пожаров ($F1$, ед.) и количеством осадков за пожароопасный период ($P1$, мм) [24]

Для охраны лесов от пожаров на территории Самарской области ежегодно проводятся лесовосстановительные и лесозащитные мероприятия, а именно [21] :

- посадка лесных культур;
- противопожарные мероприятия (устройство минерализованных полос, контролируемое выжигание сухих горючих материалов и пр.);
- санитарно-оздоровительные мероприятия (лесопатологические обследования, санитарная рубка, очистка от захламления и пр.);

- биотехнические мероприятия (расселение муравейников, установка скворечников и пр.);
- рекультивация карьеров;
- мероприятия по охране редких исчезающих растений. [22].

В результате проведенных исследований авторами статьи [25] по оценке длины вторых жилок второго порядка установлено, что в варианте после пожарища и в контроле не наблюдается антисимметрии. Тест Кендалла-Спирмена в контроле показал наличие корреляции между флуктуирующей асимметрией и размерами параметра. В варианте после пожарища такой корреляции нет, но для объединенных данных такая корреляция имеется. Анализ асимметрии и эксцесса и в варианте после пожарища и контроле указывает на нормальное распределение, при этом обоих случаях вариации между сторонами значимо больше ошибки измерения, и достоверной направленной асимметрии не наблюдается. Значимой разницы между ФА контроля и варианта после пожарища не обнаружено.

Тест Колмогорова-Смирновой в контроле дает распределение, отличное от нормального; в варианте после пожарища – нормальное распределение, для объединенных данных – отличие от нормального распределения. В контроле нет направленной асимметрии, в варианте после пожарища – есть, как следует по критерию Уилкоксона и данным дисперсионного анализа. Если считать распределение величин (L-R) отличным от нормального, то в отсутствие направленной симметрии и антисимметрии для сравнения ФА варианта после пожарища и контроля можно применять критерий Манна-Уитни, при сравнении двух групп по одному или нескольким количественным признакам [26].

Различия между ФА в варианте после пожарища и контроля оказались незначимыми. Однако необходимо провести дополнительные исследования, которые могли бы ответить на вопрос о применении критерия Манна-Уитни

при наличии направленной асимметрии. Важно отметить, что на пожарище у листьев осины меняется тип симметрии признака, появляется направленная асимметрия, а это свидетельствует о наличии стресса [27].

Леса Бука покрывают примерно 565,000 га земли в провинции Гилян (Северный Иран) и образуют крупные углеродные бассейны. Они являются важным составляющим экономики, охраны почв и рекреационных ресурсов.

Авторы [28] изучали последствия пожара на структуру и состав в течении 37 лет после пожаров в этих лесах. Для этого исследования было выбрано сгоревших 85 га и 85 га несгоревших буковых лесов). Результаты показали, что в огне не изменились в целом разновозрастные структуры, но изменился состав леса: от чистых насаждений в смешанные насаждения. Плотность деревьев и регенерации были существенно увеличены, в то время как плотность кустарников значительно снизилась. Главные причины роста регенерации приписывались к снижению глубины, и увеличению освещенности и сокращению кустарниковой конкуренции. Очевидно, что лес на пути, чтобы вернуться к естественному состоянию до пожара после 37 лет.

В [29] описана динамика растительности хвойных лесов и экзотических растений после верхового пожара в Южной Калифорнии. Авторы [30] говорят о влиянии огня на растительность в саваннах.

1.4 Математические модели влияния лесных пожаров на растительность

Анализ работы Д. М. Бурасова [31] позволяет выделить три вида математических моделей, описывающих распространение пожаров. К ним относятся:

1. Эмпирические модели, которые не характеризуют никаких физических процессов, происходящих при пожаре, а только связывают скорость

распространения пожара с параметрами распространения статистическими соотношениями. Такие модели основаны на наблюдениях реальных природных и экспериментальных пожаров и выполняются только в рамках тех условий, при которых они были построены.

2. Полуэмпирические модели, основанные на уравнении закона сохранения энергии и требующие многочисленных лабораторных экспериментов для определения численных значений соответствующих данных уравнения.

3. Физические модели, которые рассматривают часть процессов, происходящих в пожаре, а именно процесс переноса энергии из зоны горения к несгоревшим растительным горючим материалам (РГМ). Для их использования необходимо знать некоторые данные, связанные с источниками тепловыделения.

В [32] предложена и описана полуэмпирическая модель влияния солнечной энергии на систему «почва-растение» до и после прохождения пожара, для чего было использовано понятие «энтропия».

Согласно статистической термодинамике, пожар уменьшает энтропию подсистемы «почва», увеличивая тем самым вероятность биологической активности ее автотрофов. В то же время пожар растительного покрова приводит к увеличению энтропии в подсистеме «растение». Негативные последствия, возникающие после пожара растительного покрова, приводят к увеличению энтропийного состояния в подсистеме «растение», а потому увеличивают энтропию окружающей природной среды [32].

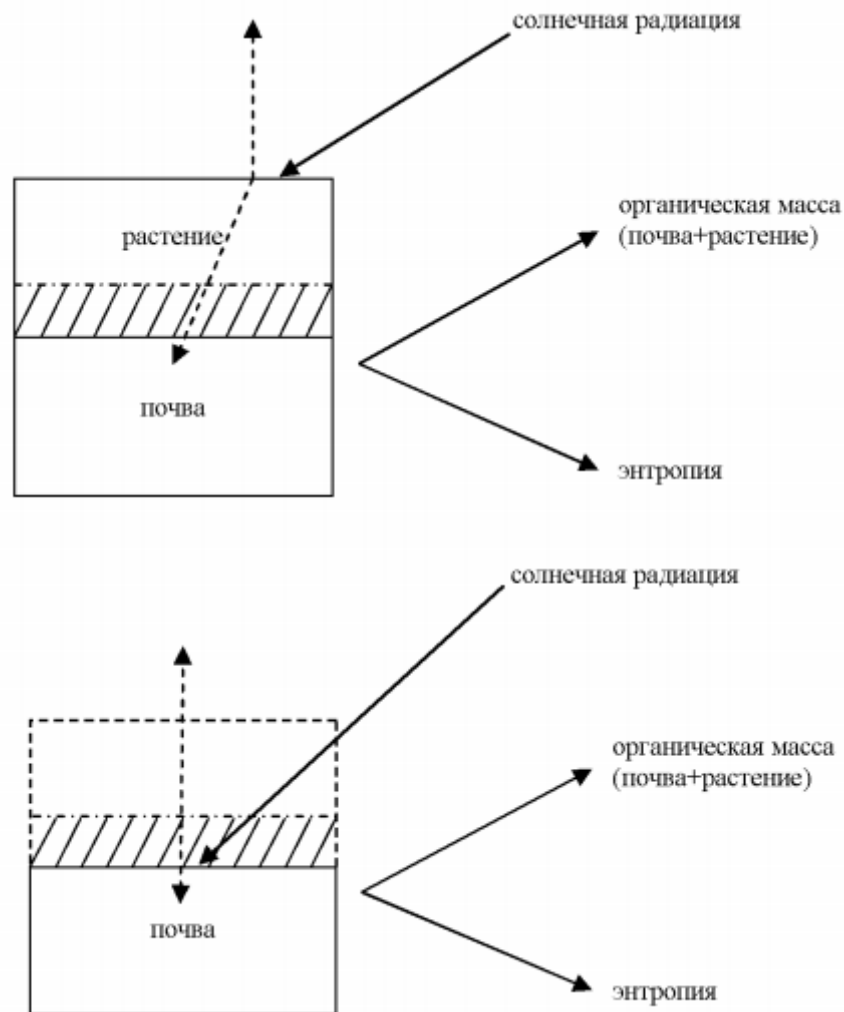


Рисунок 4 - Схема влияния солнечной энергии на систему «почва-растение» после пожара [32]

Рассмотрим такую математическую модель как уровень антропогенной пожарной опасности на лесном участке Z (ист. возгор./млн га в день) зависит, в первую очередь, от числа населенных пунктов, расположенных в пределах доступности (75-100 км), численности жителей в них, расстояния до этих населенных пунктов, наличия транспортных пунктов и их вида. Коэффициенты доступности лесных участков, расположенных около различных транспортных путей, получены через отношение частоты пожаров в этих местах к средней по всей территории:

$$Z = 10^4 \frac{k}{\Pi} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \left(e^{1.3Q_i X_{i \min}} - e^{1.3Q_i X_{i \max}} \right)}{X_{i \max}^2 - X_{i \min}^2},$$

где k - коэффициент доступности лесного участка; n - число населенных пунктов, расположенных в пределах доступности; $X_{i \min}$ - расстояние от наименее ($X_{i \max}$ -наиболее) удаленной границы лесного участка до i -го населенного пункта, км. [33].

В работе [34] рассмотрена математическая модель теплопереноса в растительной массе. Перенос тепла в растительной массе описывается уравнение теплопроводности с двумя источниками слагаемыми

$$C_{pl} \frac{\partial T_{pl}}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_{pl} \frac{\partial T_{pl}}{\partial z} \right) = R + W + S,$$

Уравнение определено на интервале от 0 до h . Граничное условие на границе $z = 0$ – заданное значение температуры, равное температуре поверхности грунта:

$$T_{pl} \Big|_{z=0} = T_g \Big|_{z=0}$$

Граничное условие на границе $z = h$ – отсутствие потока тепла:

$$\frac{\partial T_{pl}}{\partial z} \Big|_{z=h} = 0.$$

Теплообмен растений с воздухом моделируется при помощи источникового слагаемого, используемого в предыдущем уравнении, записываемого как

$$W(z) = 2\pi dn \left(T_{pl}(z) - T_{air}(z) \right) \alpha.$$

В статье [35] рассматривается воздействие теплового излучения на древесной. Установлено, что существенное влияние теплового излучения на

древостой в основном происходит при подлесно-кустарниковых пожарах, когда пламя вертикальное и достигает высоты 2-3 метра. В этом случае максимальный тепловой поток направлен по горизонтали к древостою и поражает кроны хвойного подроста, сжигая хвою, либо перегревая хвою и почки, что также приводит к гибели деревьев 1 и 2 классов возраста. Деревья 3 и 4 классов возраста получают только ожоги, что не приводит к их гибели, но снижает сортность деловой древесины.

Математическая модель для расчета перевода данных теплового излучения в температуру выглядит следующим образом [35]:

$$T_1 = T_0 + \frac{q \cdot \tau}{A} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi \cdot \lambda \cdot c \cdot \rho}{4} \cdot \tau_1}}$$

В [36] приведена схема низового пожара. Предложенная математическая модель, в которой влияние приземного слоя воздуха на процессы горения рассчитывается по известным эмпирическим зависимостям и приведено усреднение по высоте слоя ЛГМ, описывает процессы распространения низового пожара, согласующиеся с натуральными экспериментами. Данные по ширине противопожарного разрыва не были обнаружены. Полученные зависимости используются для оценки скорости распространения низового пожара и ширины противопожарных полос, размер которых зависит от запаса лесного горючего материала, влагосодержания и скорости ветра на высоте факела пламени.

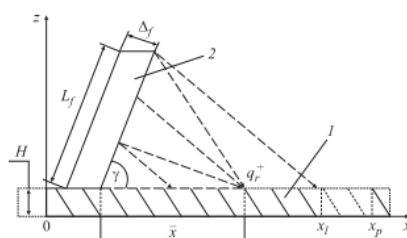


Рисунок 5 - Схема низового пожара: 1- слой ЛГМ; 2- факел пламени; x_1 , x_p — координаты противопожарной полосы разрыва [36]

1.5 Картирование лесных массивов

Целью данных работ является определение и выделение лесных биогеографических участков (имеющих специфические лесорастительные признаки), на которых можно разводить определенные типы или группы типов лесов, а также выделение участков, на которых могут применяться одинаковые лесотехнические мероприятия и работы [37].

Характеристика, дифференциация и картирование массивов производится на основании следующих критериев: геоморфологического, геолого-литологического, эдафического и геоботанического. Территория исследуемого массива разделяется на геоморфологические единицы, характерные для различных типов рельефа. Склоны разделяются на четыре категории по экспозиции (теневой, солнечной, промежуточный влажный и промежуточный сухой), а также на ряд категорий по величине угла наклона [37].

В статье [38] предоставлено картографирование лесных массивов центрального сибирского ботанического сада.

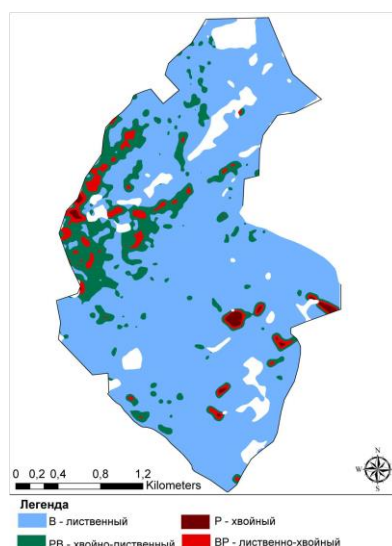


Рисунок 6 - Плотностная сетка крон летнего леса по соотношению хвойных и лиственных пород [38]

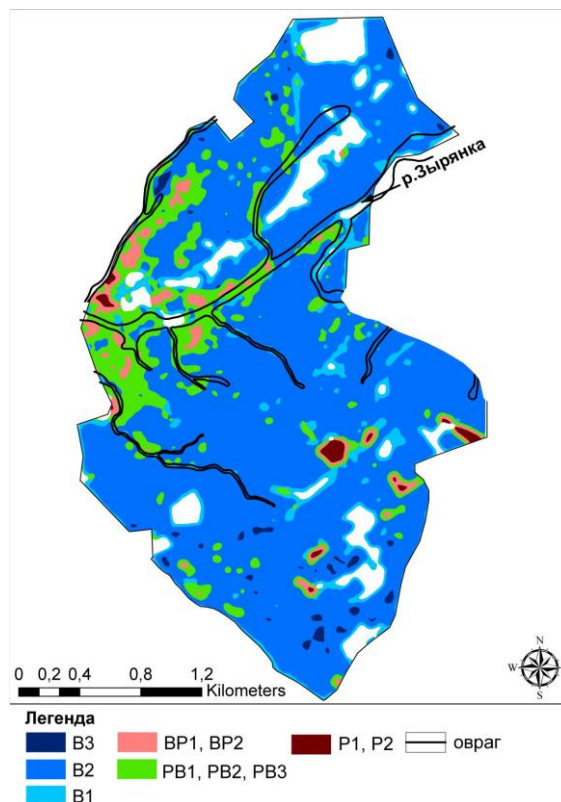


Рисунок 7 - Интегральная схема густоты и породного соотношения леса с объединенными классами лиственного, лиственно-хвойного и хвойно-лиственного лесов (по летнему снимку): В – лиственный лес; ПВ – хвойно-лиственный лес; ВР – лиственно-хвойный; Р – хвойный; 1–3 – густота леса (1 – 20–40 %, 2 – 40–70 %, 3 – 70–100 %) [38]

Таким образом, исследования показали, что обработка мультиспектральных космических снимков высокого разрешения летнего и осеннего сезонов позволяет распознавать хвойные и лиственные породы деревьев и определять сомкнутость крон. Преобразование растровых данных космического изображения в векторную форму и затем построение плотностных сеток на основе векторных данных позволило дать количественную оценку соотношения хвойных и лиственных пород деревьев и степени их густоты непосредственно по всей исследуемой территории [39].

Для решения задач стратегического планирования и биосферного моделирования на национальном или континентальном уровнях существует необходимость в обобщенных картографических материалах,

обеспечивающих для различных регионов страны однородное представление информации о лесах с учетом единства масштаба, пространственной детализации, легенды и уровня точности отражаемых характеристик [40].

Последняя из существующих цифровых карт лесов, охватывающая всю территорию России, была создана компанией DATA+ на основе исходной карты лесов бывшего Советского Союза масштаба 1:2 500 000, изданной ГУГК СССР в 1990 году, с привлечением разнокачественных данных инвентаризации лесов. Инвентаризация северо-восточных регионов Сибири была основана на использовании аэровизуальных обследований с невысокой точностью и пространственной детальностью. Давность проведения лесоинвентаризационных работ в этих районах составляет 40-50 лет [41].

К настоящему времени в лесах произошли серьезные изменения, связанные с воздействием пожаров, массовым размножением насекомых-вредителей и особенностями лесовосстановительных процессов. Это послужило основанием для исследования возможностей данных Vegetation (VGT) спутника SPOT4 для мелкомасштабного картографирования лесного покрова [41].

В качестве тестового региона была выбрана центральная часть Сибири (80-112° в.д., 50-72° с.ш.), по которой был накоплен динамический ряд изображений VGT за апрель-октябрь 1999 года. В состав данных вошли изображения S10, данные о зенитных и азимутальных углах визирования прибора и Солнца, зафиксированных в момент съемки. Продукты S10, входящие в набор стандартных продуктов SPOT4-VGT [42], представляют собой многозональные изображения, полученные путем селекции и синтеза наблюдений, соответствующих максимальным за десятидневный период значениям вегетационного индекса растительности NDVI [42]. Это обеспечивает снижение влияния облачного покрова по сравнению с исходными данными.

Для последующей обработки весь набор данных был преобразован в формат ERDAS IMAGINE [42].

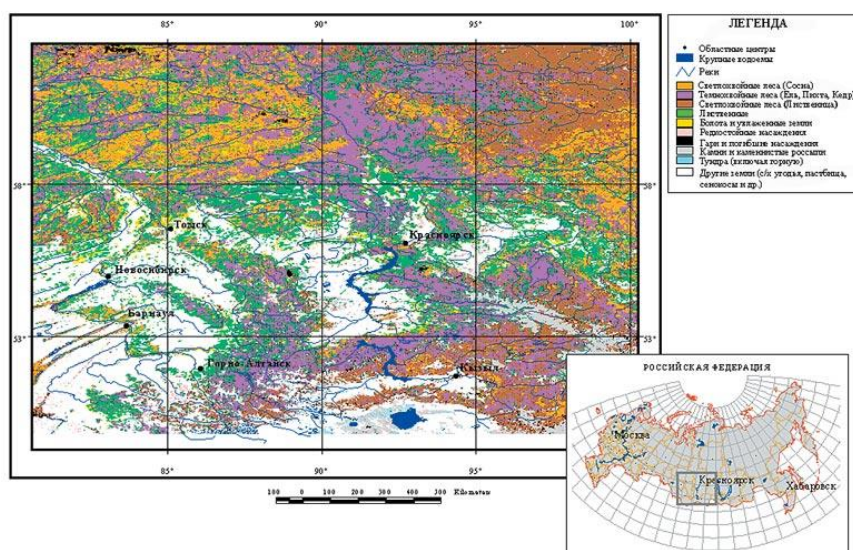


Рисунок 8 - Фрагмент карты лесов России по данным тематической обработки SPOT4/VGT [42]

Западная Тасмания, Австралия содержит некоторые типы растительности, которые являются природоохранные приоритетами: огне-чувствительный тропический лес с преобладанием эндемичных хвойных пород в роду *Athrotaxis* и вересковые пустоши. Текущее руководство фокусируется на пожаротушение, но все чаще раздаются призывы к применению огня в огнеопасных типах растительности для управления этими экосистемами. Долгосрочное воздействие климатических и альтернативных стратегий управления на растительных ландшафтов не известны [43].

Чтобы помочь определить меры контроля над траекторий, авторы [44] параметризовали пространственную модель растительности и огня (FireBGCv2) для исследуемой области в Национальном парке в Западной Тасмании, используя новые данные о мелкомасштабном рельефе и растительных сообществах.

Модель была экспериментально испытана на трех различных уровнях тушения возгорания (0, 50 и 90 %); моделирование начиналось за 1000 лет и

были скопированы 10 раз. Различные сценарии определили повторяемость пожаров, с каскадными эффектами на сукцессионной динамике растительности. Результаты моделирования указывают на то, что огне-чувствительные эндемичные хвойные леса будет ограничены возвышенностью рельефа, что составит гораздо меньше площади, чем ее нынешнее распределение.

Пожары в травянистых экосистемах получили широкое распространение в историческое время. Большую роль в жизни той или иной экосистемы пирогенный фактор стал играть в последние 7-8 тыс. лет. Сочетание пирогенного фактора, который существует тысячи лет, с рядом других антропогенных воздействий (распашка, выпас скота, вырубка леса и т.д.) вызвало формирование «полуприродных» экосистем, представляющих собой динамически уравновешенные вторичные экосистемы, возникающие в результате многолетнего экстенсивного использования природных экосистем. Вторичность многих пирогенных экосистем не вызывает сомнений. Например, пирогенный фактор играет немаловажную роль в формировании степной растительности даурской лесостепи. [45]

Рассмотренное влияние пирогенного фактора на степную растительность Оренбургской области выявило влияние пожаров на структуру фитоценозов сформированных на черноземах обыкновенных и темно-каштановых почвах Оренбургского Предуралья. Преобладающими растительными группировками на участке чернозема обыкновенного является разнотравно-ковыльная и типчаково-ковыльная. Основное место в травостое занимают *Festucavalesiaca*, менее распространены *Stipacapillata*, *Stipazalesskii*, *Poaangustifolia*. Разнотравье образуют следующие виды: *Artemisia lerchiana*, *Potentillabifurca*, *Taraxacumofficinale*, *Thymus marschallianus*, *Achillea nobilis*, *Convolvulus arvensis* и др. Величина проективного покрытия на контрольном участке составила 80- 85%, на горелом участке наблюдается снижение показателя до 60-65%. Общие запасы

биомассы растений на горелом участке составили 253,1 ц/га, что на 11,3% меньше, чем на контрольном. При выгорании степной растительности также наблюдается увеличение отношения подземной к надземной биомассе с 2,3 до 2,8, за счет снижения количества надземной биомассы [45].

Территория Акбулакского района расположена в пределах распространения темно-каштановых почв. Преобладающей растительной группировкой на участке исследования является полынно-типчаково-ковыльная. Травостой представлен следующими видами: *Artemisia austriaca*, *Festuca valesiaca*, *Stipa lessingiana*, *Poa angustifolia*, *Potentilla bifurca*, *Taraxacum officinale*, *Thymus marschallianus*, *Achillea nobilis*, *Convolvulus arvensis* и др. На сгоревшем участке наблюдается снижение величины проективного покрытия растений с 60-65% до 40-45% (контроль и горелый участок), количества ярусов и запасов биомассы растений на 15%, за счет снижения величины надземной биомассы. Таким образом, летние пожары оказали влияние на структуру растительного покрова и привели к снижению величины надземной биомассы и общего запаса органического вещества растений в почве [46].

1.6 Дистанционное зондирование лесных массивов

Одним из методов изучения земли с начала XX века является дистанционное зондирование, которое с 60-х гг. приобрело решающее значение. Поток материалов дистанционных съемок с самолетов и космических кораблей позволяет многократно получать разновременную информацию о строении практически любого участка Земли. Массовое использование этой информации не только способствовало ускоренному изучению многих ранее мало исследованных территорий, но и стимулировало разработку принципиально новой методологии исследований нашей планеты на основе дешифрирования аэрокосмических снимков [47].

В результате работ, описанных в статье [48] :

- Разработан автоматизированный алгоритм предварительной обработки данных спектрорадиометра MODIS, который позволяет формировать очищенные от влияния облачности и снежного покрова спутниковые изображения;
- Разработан автоматизированный метод обработки многолетних разновременных серий спутниковых изображений MODIS, позволяющий выявлять изменения в лесных массивах. Разработанный метод при малых площадях (< 50 га) дает заниженную оценку. При размерах очагов повреждений более 200 га измерение площадей осуществляется с завышением. Достоверность правильного определения поврежденных участков леса, составляет 96,03%. Ошибки пропуска цели и ложных тревог составляют 3,97% и 0,87% соответственно;
- Разработан метод обработки спутниковых изображений среднего пространственного разрешения MODIS для оценки степени повреждения лесов, позволяющий выявлять не менее 5 классов распределения деревьев по категории состояния. Достоверность правильного определения слабой степени повреждения соответствует 80%, средней степени повреждения – 88% и сильной степени повреждения – 91%.

Несмотря на всю ценность и возможности применения материалов космосъемки, дистанционная оценка лесопатологического состояния – это наименее разработанный этап системы своевременного обнаружения опасных отклонений в санитарном состоянии лесов. Это связано как с качеством исходных материалов аэрокосмической съемки, так и с методами лесного дешифрирования. Дешифрированием материалов аэрокосмических съемок называется процесс распознавания изображенных на них лесных объектов и установления их количественных и качественных характеристик.

Все многообразие известных подходов к выявлению изменений в лесах с использованием данных спутниковых наблюдений основано на сопоставлении разновременной информации. При отборе снимков за период «до» и «после» зафиксированных изменений нужно учитывать несколько важных моментов, от которых зависит последующая обработка и точность результатов [49]:

- Пространственное разрешение. Важно, чтобы анализируемые снимки имели равный размер пикселя, либо методами коррекции были приведены к единой размерности.
- Временное разрешение (сезонность). Возможности выявления поврежденных участков неодинаковы в разных экосистемах в течение года, что определяется сезонной динамикой спектрально-отражательных свойств различной растительности в зависимости от их фенологического состояния. Оптимальный срок проведения съемок для детектирования пожаров – август–сентябрь, когда на снимке видны результаты весенних и летних пожаров, а в древесном пологе уже виден свежий сухостой текущего года. При повреждении насаждений хвоелистогрызущими насекомыми часто сразу же после повреждения начинается процесс восстановления листвы (хвои), поэтому по возможности необходимо использовать снимки дважды в сезон с учетом весенней и летней подгрупп вредителей – в конце мая–июне и в августе.

На сегодняшний день не существует спутника, изображения с которого имели бы пространственное, временное и спектральное разрешение и производительность, позволяющие разом решать все задачи мониторинга состояния насаждений. На практике обычно приходится использовать набор разных данных, руководствуясь следующими требованиями: точностью оценки площади и состояния насаждений; оперативностью обработки информации; затратами на приобретение и обработку данных. К

сожалению, технические ограничения спутниковых систем – это не единственная проблема использования данных дистанционного зондирования для целей оценки состояния лесного фонда, необходимо поддерживать высокий уровень теоретических знаний и практических навыков работы с информацией, полученной с космического аппарата, поскольку зачастую темпы развития технологий опережают имеющийся задел знаний по обработке и интерпретации данных. В особенности это касается тех методик предобработки, дешифрирования, интерпретации и анализа данных ДЗЗ, которые используются для решения конкретных задач: детекции пожаров, мониторинга незаконных рубок, лесопатологического мониторинга и прочего [49].

К преимуществам использования материалов ДЗЗ относятся: большая информативность, высокое пространственное разрешение, требуемая периодичность съемки одной и той же территории. Принципиальные ограничения связаны с интегральным и качественным характером информации, с одной стороны, а также с отсутствием систематизированных данных о состоянии объектов изучения, с другой. Поэтому без проведения соответствующих наземных исследований, предусматривающих создание систем баз данных и СУБД, процесс дешифрирования материалов ДЗЗ может давать неоднозначные результаты [50].

В последнее десятилетие прошлого века, цифровое дистанционное зондирование становилось все более важным инструментом для сопоставления и мониторинг лесных ресурсов по всему миру. Благодаря этому, частично увеличилась видимость и понимание данных дистанционного зондирования, в целом, и в значительной степени расширилось использования географических информационных систем (ГИС). Ресурсы, ученые и руководители теперь требуют пространственно явных данных о растительности на обширных географических районах, что означает, что традиционные методы полевых исследований, даже в

сочетании с аэрофотосъемкой, имеют ограниченное использование. Еще одним важным фактором является углубление понимания этого широкомасштабного мониторинга в лесных условиях, это практически только если цифровые данные дистанционного зондирования включенные в выборку и отображают схемы [50].

Авторы [51] имели многочисленные беседы с лесничими и ученых относительно некоторых фундаментальных вопросов, связанных с использованием и пониманием цифровых данных дистанционного зондирования. Несмотря на наличие нескольких работ по этой теме и обширная техническая литература, есть необходимость в текущей сводке основных понятий в области цифровой обработки данных дистанционного зондирования Земли. В дополнение к предоставлению такой точки зрения, в этой статье рассматриваются некоторые важные исследования и приложения цифрового дистанционного зондирования в лесопользовании и науке. Для этого происходит ориентация на Тихоокеанскую Северо-Западную область Соединенных Штатов, район, где дистанционное зондирование широко используется. Наконец, были обсуждены несколько важных текущих и возникающих вопросов в области дистанционного зондирования [51].

Аэрофотоснимки широко используются на протяжении десятилетий для оказания помощи в картировании лесных ресурсов. Таким образом, упор здесь делается на другие данные дистанционного зондирования, такие как цифровая функция самолетов и спутниковые снимки. Авторы стремятся представить сбалансированные точки зрения, которые будут полезны в понимании возможностей и ограничения дистанционного зондирования [51].

В настоящее время глобальным космическим мониторингом прослеживаются все леса мира. Космический мониторинг лесных пожаров решают следующие задачи: оценка риска пожароопасности; оперативный мониторинг очагов пожаров; оперативный мониторинг площадей, пострадавших от пожаров; анализ сезонной и многолетней динамики

площадей, пострадавших от пожаров. Обзорным вариантом мониторинга фиксируется все площади территорий, пострадавших от пожаров. Результаты представляются количеством обнаруженных очагов пожаров и площади всех территорий, пострадавших от пожаров [52].

По глобальной карте лесов «Globalforestwatch», созданной американскими учеными на основе данных спутников Landsat TM/ETM+ (<http://www.globalforestwatch.org>) получены площади пожаров на территории региона за 2000-2012 гг. При создании этой карты использован индекс выгорания (NormalizedBurnRatio), который является числовым выражением пережившей пожар растительности. На территории республики более интенсивные пожары растительности (лесные и степные пожары) наблюдались в 2001-2004 гг., большие – в 2005, 2007, 2008, 2011 гг. Пожары были вызваны экстремальными погодными условиями, связанными с беспрецедентной по силе волной потепления. Средние пожары были 2006, 2009, 2010 гг., небольшие – в 2000 гг. Ситуация, сложившаяся в регионе в пожароопасный период, когда от огня за 2000–2012 гг. пострадали 498583,5 га земель, была отчасти связана с экстремально сухой погодой. На рис. 1. представлена площадь пожаров растительности региона по глобальной карте лесов мира и среднегодовая температура региона в период 2000-2012 гг. [53].

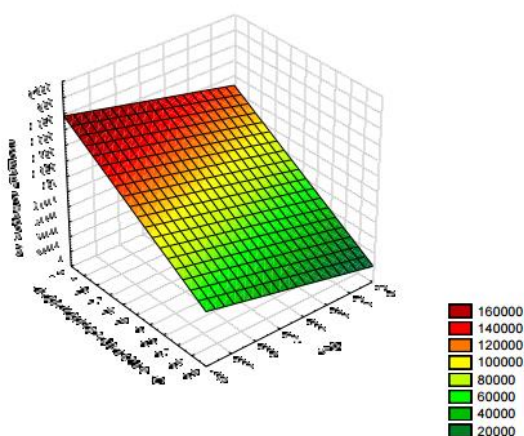


Рисунок 9 - Модель площади пожаров региона в период 2000–2012 гг. по данным глобальной лесной карты лесов [53]

1.7 Выводы по результатам аналитического обзора литературы.

1. Влияние природных пожаров на экосистемы и ярус травянистой растительности в лесу зачастую приводят к уменьшению видового разнообразия высших растений.
2. В последние годы появились исследования, посвященные детальному выяснению физических закономерностей процесса горения при лесных пожарах. Создано большое количество математических моделей лесного пожара и его распространения. Проведенный обзор показывает, что изучению влияния повышенных температур на отдельные морфологические части растения не уделено достаточного внимания, поэтому дальнейшая работа будет построена на моделировании процессов тепломассопереноса в растительных организмах.
3. В то же время необходимо отметить, что в нашей стране проблема классификации, описания и картирования лесных горючих материалов до сих пор удовлетворительно не решена. Поэтому результаты математического моделирования могут быть использованы в качестве инструмента для анализа и обработки данных дистанционного зондирования в целях количественной и качественной оценки изменений, происходящих в лесных биоценозах.
4. Большинство исследований характеризуется натурными наблюдениями за пожарищами в послепожарный период. Отсутствуют математические модели, которые могли бы быть применены в системах геоэкологического мониторинга лесных и луговых биоценозов.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Травянистые растения (также травы) - жизненная форма высших растений. Травы имеют листья и стебли, отмирающие в конце вегетационного периода на поверхность почвы. Они не имеют постоянного древесного ствола над землёй. Травянистые растения бывают как однолетними и двулетними, так и многолетними [53].

Главным показателем этой жизненной формы является отсутствие многолетних надземных частей, способных переживать неблагоприятный сезон. Эта особенность, безусловно, наиболее легко применима к растениям, существующим в условиях северного сезонного климата: лето—зима. В южных пустынях или тропиках эта черта применима, но с большими оговорками. Так, в тропиках, где нет зимы, нет сухих сезонов, травы могут иметь многолетние надземные части и достигать очень внушительных размеров. Поэтому для различения травянистости биологи стараются применить другие признаки: отсутствие одревесневающих надземных частей, их сочность, мясистость (много паренхимы), слабая работа камбия и отсутствие способности ко вторичному утолщению, сильно паренхиматизированная («разбавлена» мягкими тканями) проводящая система и другие [54].

Однако, все эти признаки работают не всегда. Так, одревеснение в той или иной степени характерно для многих трав, среди деревьев и кустарников встречаются мягкоствольные, почти травянистые формы. Осложняет дело и то, что между травянистыми и древесными растениями существуют много переходных, промежуточных форм. Травы образуют корневую систему и побег (стебель, листья и цветочную часть).



Рисунок 10 - Фото травинки [54]

В работе рассматривается некоторый участок стебля травянистого растения, который нагревается от лучистого теплового потока от низового лесного пожара до высокой температуры. В результате идеального контакта происходит инертный прогрев. Данное физическое явление рассматривается как процесс теплопередачи путем теплопроводности. Границей нашей системы является воздух. В результате мы исследуем распределение температур в стебле.

2.1 Методы исследования

Математически процесс теплопереноса в рассматриваемой системе описывается системой нестационарных дифференциальных уравнений в частных производных с граничными и начальными условиями, соответствующими конкретному сценарию. Для решения сформулированной системы уравнений использован конечно-разностный метод Самарского.

Метод конечных разностей заключается в замене производных в рассматриваемых дифференциальных уравнениях их конечно-разностными аналогами. Цель, которую нужно выполнить в ходе построения дискретных аппроксимаций краевых дифференциальных задач: устойчивое эффективное

решение алгебраических систем, которые получаются при хорошем качестве аппроксимации. В озвученной задаче твердые тела представляются в виде совокупности узлов. Аппроксимируя частные производные дифференциальных уравнений конечными разностями, получим систему линейных алгебраических уравнений и используем ее для определения температуры в каждом узле сетки. Для получения замкнутой системы вводим также разностное представление граничных условий [55].

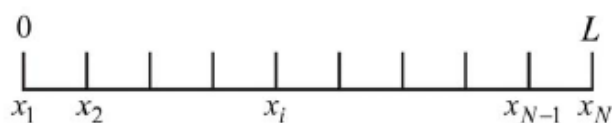


Рисунок 11 - Конечно-разностная сетка

Далее решение разностных аналогов дифференциальных уравнений ведется методом прогонки: нахождению на каждом шаге по времени прогоночных коэффициентов (α_i и β_i при $i = \overline{2, N-1}$) на первом этапе и затем получение значений неизвестных температур (T_i^{n+1} при $i = N-1, N-2, \dots, 2$) на втором. В таком случае первый этап прогонки называется прямой прогонкой, а второй – обратной. Для того, чтобы метод прогонки был применен успешно нужно, чтобы в вычислениях не было деления на ноль, а если мы работаем с большими размерностями систем, то чтобы не возник быстрый рост погрешностей округления. Прогонка будет считаться корректной, если знаменатели $\alpha_i = \frac{A_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}}$, $\beta_i = \frac{C_i \cdot \beta_{i-1} - F_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}}$ не обращаются в ноль, и устойчивой, если $|\alpha_i| < 1$ при всех $i = \overline{1, N-1}$. [55].

Решение многослойных задач выполняется аналогичным образом: при нахождении прогоночных коэффициентов в одной из областей используются характеристики, соответствующие данной области. На стыке областей были использованы граничные условия четвертого рода.

Теплообмен между слоями стебля, состоящими из разных веществ с разными физическими свойствами, характеризуется граничными условиями четвертого рода. В этом случае в зоне идеального контакта у обоих тел равны температуры и тепловые потоки

$$\begin{cases} T_{w1} = T_{w2} \\ q_{w1} = q_{w2} \end{cases}, \text{ или, используя закон Фурье } \begin{cases} T_{w1} = T_{w2} \\ \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_w = \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_w \end{cases} .$$

Задачи многомерного типа решаются на основе локальной одномерной схемы А.А. Самарского. Данный подход заключается в том, что шаг по времени реализуется в несколько этапов. На промежуточном временном шаге проводится дискретизация многомерного дифференциального уравнения теплопередачи только в направлении одной из осей и получается одномерное уравнение. После решения данного уравнения проводится повторная дискретизация уравнения в направлении другой оси и снова решается одномерное уравнение. Количество таких этапов зависит от количества пространственных координат рассматриваемой задачи: два – для двумерной задачи. После решения уравнения по направлениям всех осей определяется поле температур на целом временном шаге [56].

Учитывая, что в процессе горения морфологических частей растительных организмов происходит термическое разложение веществ, решаем нелинейную задачу теплопроводности, уравнение которой имеет вид

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + q_{хим} k_0 \rho \exp\left(-\frac{E}{RT}\right). \text{ Для решения данной задачи используем}$$

МКР на основе неявной четырехточечной схемы совместно с методом простой итерации. В результате аппроксимации частных производных

получает следующую систему уравнений:

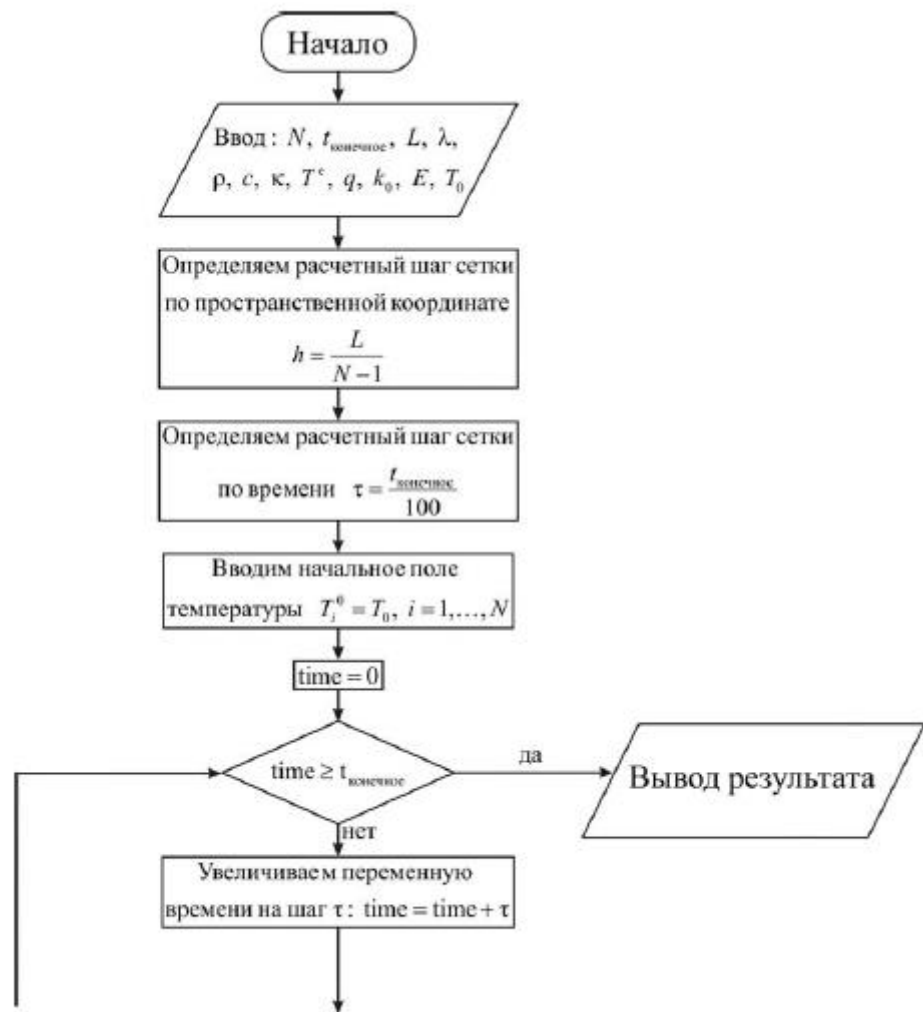
$$\rho c \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{t} = \lambda \left(\frac{T_{i+1}^{n+1} - 2T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{h^2} \right) + q_{хим} k_0 \rho \exp \left(- \frac{E}{RT_i^{n+1}} \right),$$

$$i = 2, \dots, N-1, \quad n \geq 0.$$

Основная идея метода простой итерации заключается в определении поля температуры на каждом временном слое до тех пор, пока максимальная разность между локальными значениями температуры на данной и на

$$\max_i \left| T_i^{n+1} - T_i^n \right| \leq \varepsilon$$

предыдущей итерации не будет минимальна или



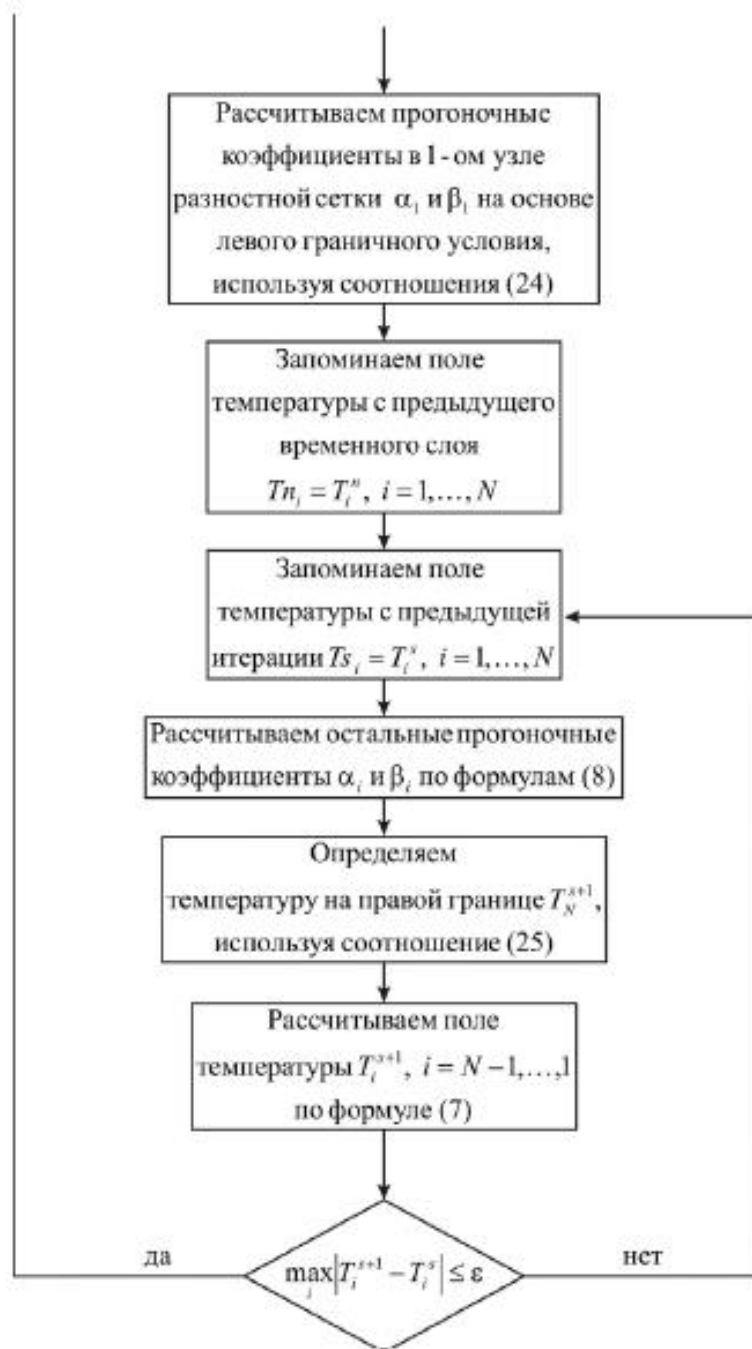


Рисунок 12 - Блок-схема [56]

Численная реализация математической модели осуществлена на языке высокого уровня Delphi. Для вычислительных экспериментов использовался компьютер типа IBM PC с двухъядерным процессором Intel Pentium 3 GHz и оперативной памятью 8 GB. Рассматриваемые математические модели позволяют разработать ресурсоэффективный алгоритм для программной

реализации. Расчет процесса теплопереноса происходит в режиме опережающем реальное время развития процесса. Это позволяет говорить о том, что данная математическая модель имеет перспективы для использования в современных информационных системах геомониторинга.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Демихова Алена Николаевна

Институт	Энергетический	Кафедра	теоретической и промышленной теплотехники
Уровень образования	бакалавр	Направление	Теплоэнергетика и теплотехника

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов, амортизационные отчисления, заработная плата научного руководителя.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы амортизации, нормы премии по счету заработной платы.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка по отчислениям во внебюджетные фонды.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Экспертная оценка языков программирования</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление бюджета НИР</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Анализ критериев ресурсоэффективности</i>

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
5Б2Б	Демихова Алена Николаевна		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов является оценка коммерческой ценности разработки. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью работы является проектирование и создание конкурентоспособной разработки, технологии, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- определение возможных альтернатив проведения научного исследования, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательской работы;

- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1 SWOT-анализ: внешняя и внутренняя среды

Тема: Математическое моделирование теплопереноса в морфологических частях растительных организмов при воздействии излучения от лесного пожара

Внешняя среда:

- I. *Макросреда* не оказывает существенного влияния.
- II. *Микроуровень*

Спрос, характер спроса

Данное исследование, возможно, использовать для изучения процессов, происходящих в растительных организмах, а также методов борьбы с последствиями пожарови быстрого реагирования на них, поэтому потенциальные клиенты:

1. Службы по геомониторингу;
2. Лесничие хозяйства;
3. Службы МЧС.

Конкуренты

Конкуренты отсутствуют .

Поставщики

Поставщиками программного обеспечения для написания программ и обработки результатов является корпорация Microsoft. А также поставщиками техники является компания Samsung.

Аудиторией влияния

Аудиторией влияния на программное обеспечение является администрация Томского Политехнического Университета.

Внутренняя среда

Проектный продукт и его характеристики

Продукт представляет собой программное обеспечение, результатами работы, которой является распределение температуры в растительных организмах в любой заданный промежуток времени.

Обеспеченность, потребность в основных средствах
Основными средствами является ЭВМ.

Оборотный капитал

Оборотный капитал отсутствует

После проведения оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования можно сказать, что продукт является высокотехнологичной востребованной продукцией, не имея при этом существенных конкурентов.

4.2 Экспертная оценка

Для разработки качественного программного продукта, выбор языка программирования является одним из важнейших шагов. Именно от этого выбора будет зависеть качество конечного продукта, быстрота работы, актуальность листинга программы и т.д. Поэтому произведем сравнительный анализ четырех языков программирования.

Экспертная оценка

Формулируется задача: найти аналитическую модель аттестации языка программирования, основывающуюся на его характеристиках.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

1. Распространенность
2. Простота написания
3. Актуальность
4. Размер программного кода
5. Простота проверки ошибок кода

Эксперты оценили характеристики товаров по 10 - ти бальной шкале (10 - max). Далее они оценили важность каждого критерия по 5 бальной шкале (bj). Все данные представлены в таблицах 1 – 6.

Таблица 3 – Список языка программирования

№	Язык программирования
1	Pascal
2	Delphi
3	Фортран
4	C++

Таблица 4 - Оценка конкурентоспособности экспертом №1

Фирма производитель	Простота	Универсальность	Распространенность	Технические характеристики	Графическая интерпритация	Сумма
Pascal	10/2,1	8/1,68	7/0,735	8/2,104	10/2,1	9,249
C++	7/1,47	7/1,47	4/0,42	8/2,104	3/0,63	6,253
Фортран	5/1,05	5/1,05	2/0,21	4/1,052	2/0,42	3,888
Delphi	10/2,1	9/1,89	10/1,05	9/2,367	8/1,68	9,511
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	4	19
Вес (W_i)	0,21	0,21	0,105	0,263	0,21	1

Для каждого завода изготовителя в столбцах с факторами конкурентоспособности поставлены оценки от 1 до 10, показывающие степень удовлетворения потребностям заказчика.

b_i – важность критерия – в этой строке необходимо было поставить цифру от 1 до 5 (5 – максимальная важность для заказчика).

W_i – весовой коэффициент – в этой строке рассчитан весовой коэффициент каждого фактора конкурентоспособности как отношение важности критерия к сумме важностей всех факторов $\frac{b_i}{b_{\Sigma}}$.

Суммарный весовой коэффициент равен единице – значит расчёт произведён верно. Таким образом, весовой коэффициент W_i показывает долю важности каждого из факторов конкурентоспособности.

Таблица 5 - Оценка конкурентоспособности экспертом №2

Фирма производител	Простога	Универсаль- ность	Распространен-но	Технические характеристики	Графическая интерпритация	Сумма
Pascal	8/1,68	10/2,1	6/0,63	7/1,84	10/2,1	8,35
C++	9/1,89	6/1,26	3/0,315	9/2,367	2/0,42	6,25
Фортран	3/0,63	6/1,26	3/0,315	5/1,315	3/0,63	4,15
Delphi	9/1,89	10/2,1	7/0,735	10/2,63	9/1,89	9,24
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	4	19
Вес (W_i)	0,21	0,21	0,105	0,263	0,21	-

Таблица 6 - Оценка конкурентоспособности экспертом № 3

Фирма производителе	Простота	Универсальность	Распространенность	Технические характеристики	Графическая интерпретация	Сумма
Pascal	9/1,89	7/1,47	8/0,84	6/1,57	9/1,89	7,66
C++	8/1,68	8/1,68	5/0,525	7/1,84	4/0,84	6.56
Фортран	4/0,84	5/1,05	4/0,42	3/0,78	4/0,84	3,93
Delphi	10/2,1	9/1,89	8/0,84	8/2,1	10/2,1	9,03
Важность (b _i) [1-5]	4	4	2	5	4	19
Вес (W _i)	0,21	0,21	0,105	0,263	0,21	-

Таблица 7 - Оценка конкурентоспособности экспертом №4

Фирма производителе	Простота	Универсальность	Распространенность	Технические характеристики	Графическая интерпретация	Сумма
Pascal	8/1,68	8/1,68	10/1,05	7/1,84	8/1,68	7,93
C++	7/1,47	5/1,05	7/0,735	4/1,05	2/0,42	4,3
Фортран	2/0,42	10/2,1	6/0,63	6/1,57	10/2,10	6,82
Delphi	5/1,05	4/0,84	8/0,84	3/0,78	9/1,89	5,4
Важность (b _i) [1-5]	4	4	2	5	4	19
Вес (W _i)	0,21	0,21	0,105	0,263	0,21	1

Таблица 8 - Итоговые экспертные оценки

Фирма производитель	Эксперт №1	Эксперт №2	Эксперт №3	Эксперт №4	Средняя оценка
Pascal	9,249	8,35	7,66	7,93	8,25
C++	6,253	6,25	6,56	4,3	5,84
Фортран	3,888	4,15	3,93	6,82	4,69
Delphi	9,511	9,24	9,03	5,4	8,31

С помощью сравнительного анализа и экспертных оценок было проведено сравнение различных программных продуктов по ряду признаков (распространенность продукта, простота написания кода, актуальность программы, размер программного кода, простота проверки ошибок) и установлено, что наиболее подходящим для рассматриваемого исследования является среда программирования Delphi

4.3 Календарный план работы

Таблица 9 – Перечень работ с количеством необходимых дней

№ работы	Наименование работы	$t_{\min i}$, день	$t_{\max i}$, день	U, человек	$t_{\text{ожг}}$, день
а	Составление и утверждение технического задания	1	1	1	1
б	Оформление технического задания	1	1	1	1
в	Подбор теоретической информации	4	9	1	6
г	Разработка программного обеспечения: одномерная модель теплопереноса в однородном стебле растения под действием излучения от лесного пожара	5	7	1	6
д	Разработка программного обеспечения: двумерная модель теплопереноса в однородном стебле растения под действием излучения от лесного пожара	5	7	1	6
е	Разработка программного обеспечения: двумерная модель теплопереноса в неоднородном стебле растения под действием излучения от лесного пожара	5	7	1	6
ж	Моделирование воздействия частиц с заданными теплофизическими свойствами на стебель растения в различных постановках	9	12	1	10
з	Анализ результатов	3	5	2	4
Разработка экономической части					
и	SWOT - анализ	1	1	1	1
к	Экспертная оценка	1	1	1	1
л	Календарный план	1	1	1	1
м	Расчет стоимости	1	1	1	1
н	Анализ ресурсоэффективности	1	1	1	1
Расчет БЖД					
о	Обеспечение пожарной безопасности	1	1	1	1
п	Обеспечение микроклимата рабочего места	1	1	1	1
р	Оформление	3	5	1	4

Таблица 10 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
	2	Оформление технического задания	Студент
Подбор и исследование ранние проведенных работ	3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент
Теоретические исследования	4	Разработка программного обеспечения: одномерная модель теплопереноса в однородном стебле растения под действием излучения от лесного пожара	Студент
	5	Разработка программного обеспечения: двумерная модель теплопереноса в однородном стебле растения под действием излучения от лесного пожара	Студент
	6	Разработка программного обеспечения: двумерная модель теплопереноса в неоднородном стебле растения под действием излучения от лесного пожара	Студент
	7	Анализ результатов	Руководитель, студент
Разработка экономической части	8	SWOT - анализ	Студент
	9	Экспертная оценка	Студент
	10	Календарный план	Студент
	11	Расчет стоимости	Студент
	12	Анализ ресурсоэффективности	Студент
Расчет БЖД	13	Обеспечение пожарной безопасности	Студент
	14	Обеспечение микроклимата рабочего места	Студент
Оформление работы	15	Оформление	Студент

Таким образом, был оценен объем необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека: руководитель и студент. Все мероприятия займут 46 дней и будут проводиться с 1 мая до 15 июня при запланированной производительности.

4.4 Смета проекта НИР

В таблице 12 представлено подробное описание расходов на материалы:

Таблица 12 - Расходы на материалы

Расходы	Ед. измерения	Цена	Кол-во	Итого
Канцтовары	-	-	-	1000
Заправка картриджа	шт	500	1	500
Электроэнергия	кВт·ч	4,25	36,4	154,7
Итого:				1 654,7

Таблица 13 - Канцтовары:

Наименование:	Цена
Бумага	350
Ручки	150
Флешка	500
Итого:	1000

Таблица 14 - Потребления электроэнергии:

Источник потребления	Мощность, кВт/ч	Кол-во часов	Итого:
Персональный компьютер	0,2	20	21,6
Ноутбук	0,06	200	12
Освещение	0,05	54	2,7
Принтер и МФУ	0,05	2	0,1
Итого:			36,4

Таблица 15 - Амортизация:

Объект	Норма в год	Стоимость	Величина в год	Кол-во часов	Сумма в час	Время работы, ч.	Стоимость амортизации
Персональный компьютер	20	50000	10000	1720	5,81	20	116,2
Принтер и МФУ	20	8000	1600	382	4,18	2	8,36
Ноутбук	20	30000	6000	2290	2,62	200	524
Итого:							648,56

Норма амортизации = $(1/\text{срок службы}) \cdot 100$

Величина амортизации в год = $(\text{стоимость оборудования} \cdot \text{норма амортизации}) / 100$

Сумма амортизации в час = $\text{величина амортизации в год} / \text{количество часов работы в год}$

Стоимость амортизации = $\text{время работы} \cdot \text{сумма амортизации в час}$

Зарплата и отчисление на соц. нужды:

Оплата работы руководителя ВКР (бакалавра) почасовая. Норма времени на руководство ВКР бакалавра составляет 22 часа. В соответствии с временным положением о порядке нормирования труда научно-педагогических работников, тариф на почасовую оплату работы доцента составляет 300 руб/час, а значит расходы на оплату труда определяются как:

$$C_{з.п.} = 22 \cdot 300 = 6600 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды $S_{с.н.} = 6600 \cdot 0,3 = 1980 \text{ руб.}$

Суммарные затраты составят: $C_{сум.} = 6600 + 1980 = 8580 \text{ руб.}$

В итоге получим:

Таблица 16 – Смета проекта

Наименование	Единичные расчеты			Суммарные затраты			
	Материалы	Зарплата	Амортизация	Материалы	Зарплата и соц.отчисления	Амортизация	Сумма
Разработка программного обеспечения	1654,7	8580	-	1654,7	8580	648,56	10883,26

4.5 Оценка ресурсоэффективности

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Оценка ресурсоэффективности проводится для двух различных вариантов выполнения поставленной задачи. Первым вариантом исполнения является вариант с использованием программного продукта «Delphi 7». Вторым – с использованием «Embarcadero RAD Studio».

Отличие максимальной стоимости исполнения от стоимости i-го варианта обусловлено тем, что могут возникнуть дополнительные материальные затраты на приобретение ПО, если площадка, на которой проводится данное исследование, не обладает соответствующей лицензией.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{10883,26}{20000} = 0,5442,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{р2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{10883,26}{20000} = 0,5442.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 17- Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
1. Универсальность среды	0,3	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	5	5
3. Поддержка пользователя	0,05	3	5
4. Легкость занесения данных	0,15	4	5
5. Легкость интерпретации решения	0,15	3	5
6. Время решения	0,05	4	4
ИТОГО	1		

$$I_{\text{p-исп1}} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 4,8 ;$$

$$I_{\text{p-исп2}} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 5,35 .$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4,8}{0,5442} = 8,82 ,$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр}} = \frac{5,35}{0,5442} = 9,83.$$

С целью определения наиболее целесообразного варианта из предложенных сравним интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки и определим сравнительную эффективность проекта (Θ_{cp}):

$$\Theta_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{8,82}{9,83} = 0,89.$$

Таблица 18 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,5442	0,5442
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	5,35
3	Интегральный показатель эффективности	8,82	9,83
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,89	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является выполнение работы по второму исполнению.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Демихова Алена Николаевна

Институт	Энергетический	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<i>Описание рабочего места. Рабочее место расположено в закрытом помещении. Оборудованием является ЭВМ и офисная техника. Основными факторами среды являются освещение, шумы, вибрации и электромагнитные поля. Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<p>1. Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Превышение уровня шума • Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны • Недостаточная освещенность рабочей зоны • Превышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений <p>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Механические повреждения • Электробезопасность • Пожаробезопасность <p>3. Охрана окружающей среды: <i>При эксплуатации оборудования непосредственного воздействия не оказывается. Предложены методы утилизации отходов</i></p> <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях: <i>К возможным ЧС можно отнести: возгорание оборудования, разрушение составных элементов при несоблюдении условий эксплуатации и техники безопасности.</i></p> <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <i>Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»</i></p>
Перечень расч-го и граф-го материала	<i>Расчет искусственного освещения для помещения</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Демихова Алена Николаевна		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность предприятия - это ответственность перед обществом за деятельность компании, которая имеет социально – значимый характер. Данная ответственность выражается в производстве качественных товаров и услуг, уплате налогов и создании хорошо оплачиваемых рабочих мест, учитывает интересы коллектива и общества. Понятие «Социальная ответственность организации» предполагает рассмотрение очень важных вопросов таких как: производственная безопасность (безопасность и гигиена труда), охрана окружающей среды и ресурсосбережение, возможность возникновения чрезвычайных ситуаций и принятие решений, которые исключают несчастные случаи на производстве, вредные воздействия на природу.

5.1 Профессиональная социальная безопасность

В данном пункте рассмотрим все основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте. Для удобства их представления составим таблицу 6.

Таблица 19- Опасные и вредные факторы производственной среды

Характеристика рабочего места	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Рабочие место – закрытое помещение с вычислительным оборудованием	-Состояние воздушной среды -Освещенность -Шум и вибрация -Превышенный уровень электромагнитных и ионизирующих	-Механические повреждения -Электробезопасность -Пожаробезопасность	ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. ГОСТ 12.1.004–90 ССБТ. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ.

	излучений		
--	-----------	--	--

Далее рассмотрим более подробно каждый из приведенных факторов.

5.1.1 Состояние воздушной среды

Состояние воздушной среды определяется микроклиматическими условиями рабочей зоны, а также уровнем запыленности или загазованности воздуха рабочей зоны. К главным нормирующим показателям микроклимата воздуха рабочего места можно отнести температуру, относительная влажность, скорость движения воздуха. Не менее существенное влияние на характеристики микроклимата и состояние человека оказывает интенсивность теплового излучения различных нагретых поверхностей, температура которых превышает температуру в рабочей зоне.

Высокая температура воздуха приводит к быстрой утомляемости работника, может привести к перегреву организма и даже к тепловому удару. Низкая температура может стать причиной охлаждения организма, и повлечь за собой простудные заболевания либо обморожения.

Однако при высоких температурах положительно действует подвижность воздуха, которая способствует интенсивной теплоотдаче организма человека, и его охлаждению. Но при низких температурах высокая скорость движения воздуха может также привести к переохлаждению человека и его заболеванию.

Большое влияние на терморегуляцию организма человека оказывает влажность воздуха. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха приводит к перегреванию организма, при низкой же

температуре она усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что является причиной переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек путей.

Допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избытка тепла, времени года и тяжести выполняемой работы указаны в СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 20—Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, $t_{\text{опт}}$, °С	Температура поверхности нос-тей, t , °С	Относительная влажность воздуха, φ , %	Скорость движения воздуха, м/с	
					Если $t < t_{\text{опт}}$	Если $t > t_{\text{опт}}$
Холод.	Іб	18-24	18 - 25	15-75	0,2	0,4
Тепл.	Іб	20-28	19-29	15-75	0,2	0,5

Состояние воздушной среды также характеризуется уровнем запыленности или загазованности воздуха рабочей зоны. Так как работа оператора ведется в компьютерном помещении, то возможность выделения в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека, очень мала. Поэтому коллективные и индивидуальные средства защиты в этом случае не требуются.

Анализ микроклимата на рабочем месте дал следующие результаты:

Таблица 21–Параметры микроклимата в рабочем помещении

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22	18	60	0,2
Теплый	23	20	64	0,3

Полученные результаты соответствуют нормам для рабочих мест.

5.1.2 Освещенность рабочей зоны

Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего (равномерного или локализованного) и комбинированного (общего и местного) освещения. Выбор между равномерным и локализованным освещением проводится с учётом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования. В компьютерных помещениях применяется равномерное освещение.

Освещение производственных помещений может быть естественное, создаваемое светом неба (прямое и отраженное), искусственное по средствам электрических ламп и совмещенное при котором в светлое время суток недостаточное естественное освещение дополняется искусственным. В компьютерном помещении предусмотрено наличие окон, поэтому освещение в нем может быть совмещенное. Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, где представлены нормированные значения освещенности при естественном, искусственном и совмещенном освещении на рабочих поверхностях. Норму освещенности выбирают в зависимости от

характеристики зрительной работы. Все виды работ относительно зрительного напряжения делятся на разряды с подразделами. Разряд работы зависит от величины объекта распознавания, а подразряд определяется фоном и контрастом между объектом распознавания и фоном.

Освещение влияет на общее состояние человека его безопасности и производительность труда. Максимальная производительность труда соответствует оптимальной освещенности. При недостаточной или непостоянной освещенности орган зрения вынужден напрягаться и приспособляться, что способствует к ухудшению зрительного органа, потери внимательности, переутомляемости человека.

В рабочем помещении освещенность рабочего места составляет 320 лк, что соответствует нормам – 300-500 лк.

Расчет искусственного освещения

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Основной задачей светотехнических расчётов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещённости.

Расчитаем методом коэффициента использования светового потока систему общего искусственного люминесцентного освещения производственного помещения длиной A , шириной B , высотой H . В помещении выполняется работа, требующая освещенности 250лк. Высота рабочей поверхности h_p . Коэффициент отражения стен ρ_c , потолка - ρ_n . Коэффициент запаса K , коэффициент равномерности освещения - Z .

Таблица 22 – Заданные параметры

A	B	H	h _р	Рс (%)	Рп (%)	K	Z
(м)	(м)	(м)	(м)				
18	13	4.5	0.9	50	50	1.7	1

Выбираем светильники типа ШОД, $\lambda = 1,3$.

Приняв $h_c = 0,5$ м, получаем

$$h = 3,9 - 0,5 - 0,9 = 2,5 \text{ м};$$

$$L = h \cdot \lambda = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ м};$$

$$L/3 = 0,83 \text{ м}.$$

Размещаем светильники в четыре ряда. В каждом ряду можно установить 9 светильников типа ШОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,228 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 40 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рис. 4). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 72$.

Находим индекс помещения $i = S / h(A+B)$:

$$i = 224 / (2,5(18 + 13)) = 2,9$$

По табл. 11 определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,5.$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta}$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк; S – площадь освещаемого помещения, м²; K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической

арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (табл. 9); Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{ср} / E_{min}$. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1; N – число ламп в помещении; η – коэффициент использования светового потока.

$$F = \frac{250 \cdot 224 \cdot 1,5 \cdot 1}{72 \cdot 0,5} = 2333 \text{ Лм}$$

По табл. 1 выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛБ40 Вт с потоком 2330 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем

$$-10\% \leq 1\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 72 \cdot 40 = 2888(\text{Вт});$$

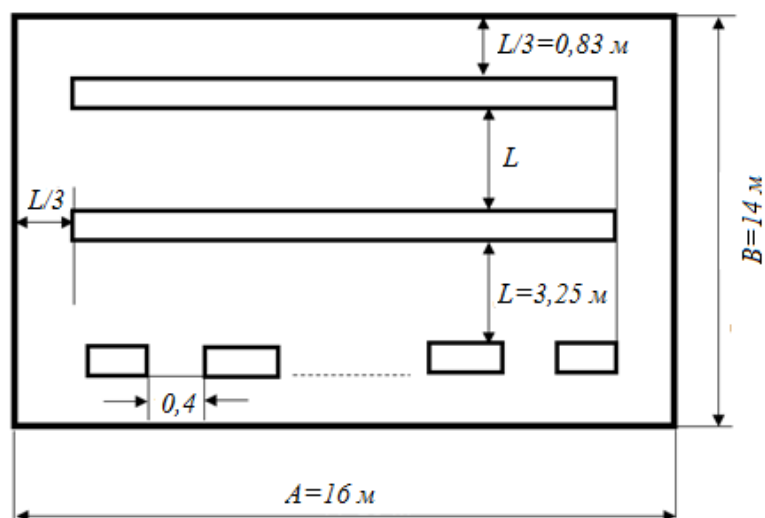


Рисунок 43 - План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Большое значение в этих условиях приобретает местное освещение, применение которого позволяет значительно улучшить видимость за счет существенного повышения освещенности на рабочем месте. Большие преимущества обеспечивает местное освещение в улучшении освещения среды рабочей зоны, Применение местного освещения позволяет увеличить производительность труда, а в отдельных случаях — также значительно снизить брак выпускаемой продукции. Особенно эффективно использование местного освещения на рабочих местах, где выполняются точные зрительные работы (на рабочих местах контролеров ОТК, сборщиков различных изделий и приборов и т. п.).

Особым достоинством местного освещения является возможность улучшения условия видения без увеличения расхода электроэнергии и повышения затрат на освещение. Поэтому обоснованное расширение области применения местного освещения является одним из перспективных направлений повышения эффективности освещения и получения экономии электроэнергии.

Для поверочного расчета местного освещения, а также для расчета освещенности конкретной точки наклонной поверхности при общем локализованном освещении применяют точечный метод. В основу точечного метода положено уравнение:

$$E_A = J_a \cdot \frac{\cos^3 \alpha}{r^2}$$

где E_A - освещенность горизонтальной поверхности в расчетной точке А, лк;

J_a - сила света в направлении от источника к расчетной точке А; определяется по кривой распределения светового потока выбираемого светильника и источника света;

α - угол между нормалью к поверхности, которой принадлежит точка, и направлением вектора силы света в точку А;

r - расстояние от светильника до точки А, м.

α	
α(Кд)	00

$$E_A = Ja \cdot \frac{\cos^3 \alpha}{H^2 \cdot kz} = 600 \cdot \frac{1}{3,9^2 \cdot 1,5} = 26,29 \quad (\text{лк}),$$

Критерием правильности расчета служит неравенство $E_A < E_n$,
 $26,29 < 250$ Расчет верен.

5.1.3 Шум и вибрация в помещении

Основными вредными факторами при работах являются шум и вибрация. Источниками звуков и шумов являются вибрирующие тела. Вибрация оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление. В производственных условиях на первый план выступает действие шума на органы слуха. Вибрация действует на нервную систему, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в итоге ведет к снижению работоспособности.

При оценке влияния вибрации на организм человека наиболее важными факторами являются частота и амплитуда вибрации. Пороговая частота вибраций составляет 18 Гц, при меньшей частоте вибрация воспринимается в виде отдельных толчков. Верхний порог частоты воспринимаемых вибраций находится на уровне 1500 Гц. При дальнейшем повышении частоты вибрации возникает ощущение равномерного прикосновения определенной силы. Необходимо также отметить, что при вибрациях, воздействующих на человека с амплитудой 0,025 мм при частоте от 10 до 130 Гц, существенно уменьшается острота зрения.

Для борьбы с производственным шумом предусматриваются следующие мероприятия:

- изоляция источников шума в производственных помещениях путем установки плотных деревянных, кирпичных перегородок с перенесением пульта управления за перегородку. При невозможности изолировать источники шума следует устанавливать возле них звукоизолированные кабины для обслуживающего персонала;
- установка агрегатов, вызывающих вибрацию, на виброизолирующие материалы или на специальный фундамент;
- замена по возможности шумных технологических процессов бесшумными;
- применение индивидуальных приспособлений для защиты органа слуха (заглушки и вкладыши, шлемы и др.).

Замеренное значение уровня эквивалентного шума на рабочем месте составляет 52 дБА.

Допустимые значения уровня звукового давления для щитовых приведены в таблице 9. Из них видно, что шумы в помещении соответствуют нормам.

Таблица 23 – Допустимые уровни звукового давления

Частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_A , дБА
Уровень звукового давления, дБ	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

L_A – эквивалентный уровень звука по шкале А.

5.1.4 Электромагнитное излучение в производственном помещении

Повышенный уровень электромагнитных излучений, и его оценка проводится при выполнении работ любым электрическим оборудованием. Источниками электромагнитных излучений промышленной частоты первую очередь являются системы передачи и распределения электроэнергии (электростанции, линии электропередачи), а также электрооборудование (электродвигатели и др.) и электропроводка производственного оборудования. Электромагнитные поля промышленной частоты лежат в диапазоне частот от 0 до 3000 Гц.

При длительном воздействии электромагнитных полей (ЭМП) возможны появления чувства тяжести и головная боль в височной и затылочной областях, ухудшение памяти, повышенная утомляемость, раздражительность, расстройства сна. Расстройства в состоянии здоровья работающих, обусловленные функциональными нарушениями в деятельности нервной и сердечно-сосудистой.

Допустимые уровни напряженности электрических полей (ЭП) установлены в СанПиН 2.2.4.1191-03.

Стандарт устанавливает предельно допустимые уровни напряженности электрического поля частотой 50 Гц для персонала, обслуживающего электроустановки, в зависимости от времени пребывания и требований к проведению контроля уровней напряженности ЭП на рабочих местах.

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП равен 25 кВ/м. Пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без средств защиты не допускается.

Мероприятия по снижению влияния ЭМП на организм человека:

- соблюдение безопасных расстояний от электросетей;
- заземление электрооборудования, приборов;

- использованием оборудования с меньшими уровнями энергопотребления;
- размещение наиболее опасного оборудования на расстоянии не менее 1,5 м от мест продолжительного пребывания человека.

5.1.5 Механические повреждения

Опасность травмирования присутствует только при монтажных работах, а при эксплуатации вычислительного оборудования вероятность получения механических травм пренебрежимо мала, так как в рабочем помещении отсутствуют какие-либо предметы, которыми могут быть нанесены телесные повреждения.

5.1.6 Электробезопасность

Электробезопасность — это состояние защищённости работника от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. Работа с использованием электрического оборудования, совершенно безопасна, если все работающие соблюдают правила технической эксплуатации и техники безопасности. При несоблюдении правил эта работа может повлечь за собой несчастные случаи. Безопасность электрических установок достигается применением следующих способов защиты:

- заземление, электрическое соединение с заземляющим устройством металлических частей;
- защитное отключение, обеспечивающее автоматическое отключение всех фаз аварийного участка с момента возникновения замыкания или ухудшения изоляции;
- изоляция частей, находящихся под напряжением в местах, где может произойти непосредственный контакт с человеком или животное. Изоляция частей является наиболее распространенной мерой

электробезопасности, однако за изоляцией нужно постоянно следить и поддерживать ее в исправном состоянии;

- оснащение электрооборудования приборами безопасности, сигнализирующими об аварии и предотвращающими опасные сближения с проводами, находящимися под напряжением; применение блокировок, специальных устройств, предотвращающих ошибочные действия;
- применение средств индивидуальной защиты — диэлектрических перчаток, бот и галош, ковров и дорожек.

5.1.7 Пожаробезопасность

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

Во всех служебных помещениях обязательно должен быть план эвакуации людей, регулирующий действия персонала в случае возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. К средствам тушения пожара относятся пожарные стволы, внутренние пожарные водопроводы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла и т.

В зданиях пожарные краны устанавливаются в коридорах, на площадках лестничных клеток и входов. Для тушения пожаров на начальных стадиях широко применяются огнетушители. По виду используемого огнетушащего вещества огнетушители подразделяются на следующие основные группы: пенные, газовые и углекислые. В производственных помещениях применяются чаще всего углекислотные огнетушители, плюсами которых является высокая эффективность тушения пожара, сохранность электронного оборудования, диэлектрические свойства углекислого газа, что

позволяет использовать эти огнетушители, когда не получается обесточить электроустановку.

Организация мероприятий по выявлению опасности возгораний должно проводиться в любых помещениях складского и производственного назначения. При этом особые требования предъявляются в планировке здания, фундаменту, условиям использования помещения и режиму производства.

Проведение независимой оценки рисков возгорания помогает выявить, когда и при каких условиях может начаться пожар. Основными критериями оценки пожаробезопасности являются:

- установление разновидностей хранящихся в помещении горючих веществ;
- количество свойств, которые могут спровоцировать возгорание;
- оценка свойств процессов производства, реализуемых в конкретном помещении.

После проведения оценки помещению присваивается одна из категорий. Согласно строительным нормам и правилам (НПБ 105-2003) в зависимости от характеристики и количества веществ обращающихся в производстве, производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара, средствами связи, должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи, помнить номера телефонов для сообщения о пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по технике безопасности.

5.2 Экологическая безопасность проекта

В помещении, в котором осуществляется процесс проектирования, используется офисная техника, в состав которой входят:

- компьютеры;
- принтеры (лазерные);
- сканеры;
- копировальные аппараты.

Офисная техника относится к классу высокотехнологичных изделий. Вышедшие из строя изделия можно восстановить с помощью замены изношенных частей на новые. Ремонт и восстановление офисной техники производится специализированными фирмами.

При эксплуатации компьютерной техники к расходным материалам, не подлежащим восстановлению, относятся:

- манипулятор «мышь»;
- клавиатура.

Клавиатура и манипулятор более чем на 90 % состоят из пластика. Срок эксплуатации, по данным производителей, составляет примерно 5 лет.

При эксплуатации копировальной техники и принтеров остаются использованные картриджи, состоящие примерно на 90 % из

пластика. Большинство моделей картриджей рассчитано на одноразовое использование и дополнительной заправке не подлежат. По окончании срока эксплуатации использованные картриджи должны передаваться на восстановление специализированные предприятия, однако в реальной ситуации картриджи поступают в отходы.

В результате эксплуатации офиса образуются твердые бытовые отходы, в состав которых входит бумага, картон, пластик, люминесцентные лампы.

Разумным подходом к утилизации твердых бытовых отходов является организации вторичной переработки вместо вывоза аппаратуры на свалки.

Таким образом, удастся получить некоторое количество ценных материалов, пригодных для повторного использования в качестве сырья, исключая стадию их добычи или изготовления. Данный способ позволит сократить расходы производства и снизить нагрузку на окружающую среду за счет уменьшения технологического цикла. Утилизация офисной техники с помощью профессионалов, позволяет обеспечить стабильное функционирование процессов производства с использованием вторичных материалов.

5.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

При возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС) необходимо выработать организационно-технические мероприятия по повышению устойчивости функционирования объекта. К организационным мероприятиям относятся:

1. Планирование защиты населения и территорий от ЧС;
2. Составления плана эвакуации;

3. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС, а также системы общего оперативного и локального оповещения и информации о ЧС;

4. Создание запасов средств индивидуальной защиты;

5. Подготовка работающих к действиям в условиях ЧС;

Основные инженерно-технические меры предполагают:

1. Проектирование, размещение, строительство и эксплуатация объектов;

2. Строительство защитных сооружений;

3. Создание санитарно-защитных зон вокруг потенциально опасных объектов.

К возможным ЧС можно отнести: возгорание оборудования, разрушение составных элементов при несоблюдении условий эксплуатации и техники безопасности.

Своевременный контроль над состоянием оборудования и его техническое обслуживание является первоочередной мерой, принимаемой для предупреждения аварии.

5.4 Законодательное регулирование проектных решений

Комплексная инженерная деятельность руководителя на каждом предприятии всегда должна учитывать 3 уровня социальной ответственности за решения, которые он принимает для исполнения федерального законодательства и нормативных правовых актов в области безопасности жизнедеятельности, защиты окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

Первый уровень, также базовый, является обязательной составляющей социальной ответственности и предполагает выполнение следующих обязательств: своевременная оплата налогов, выплата заработной платы, по возможности — предоставление новых рабочих мест (расширение рабочего штата).

Второй уровень социальной ответственности предприятия предполагает использование инструментов, направленных на повышение качества внутренней среды для работников предприятия: обеспечение медицинским добровольным страхованием, возможности повышения квалификации, обеспечение жильем, детскими садами детей работников и т.п. Такой тип ответственности был условно назван «корпоративной ответственностью».

И третий уровень это высший уровень ответственности, который предполагает деятельность, направленную на развитие общества, повышение качества жизни населения на территории, где работает предприятие.

К внутренней социальной ответственности предприятия относятся:

1. Безопасность труда;
2. Стабильность заработной платы;
3. Поддержание социально значимой заработной платы;
4. Дополнительное медицинское и социальное страхование сотрудников;
5. Развитие человеческих ресурсов через обучающие программы и программы подготовки и повышения квалификации.
6. Оказание помощи работникам в критических ситуациях;

К внешней социальной ответственности предприятия можно отнести:

1. Спонсорство и корпоративная благотворительность;

2. Содействие охране окружающей среды;
3. Взаимодействие с местным сообществом и местной властью;
4. Готовность участвовать в кризисных ситуациях;
5. Выпуск качественных товаров.

Заключение

На данный момент времени в научной периодике известны только результаты отдельных экспериментов и наблюдений.

В результате проведенного исследования разработана группа новых математических моделей теплопереноса в морфологических частях растений (а именно в стебле травянистого растения) с учетом неоднородной структуры. Аналогичных моделей в научной периодике не опубликовано. Разработанные модели могут стать базой для развития теории прогностического моделирования лесной пожарной опасности, а также нового направления оценки экологических последствий природных пожаров с использованием физически обоснованных методов.

Список литературы

1. Курбатский Н.П. Проблема лесных пожаров // М.: Наука, 1964. - С. 5-60.
2. Уфимцев В.И., Куприянов О.А., Стрельникова Т.О. Влияния пожаров на продуктивность лесных лугов Караканского хребта // Вестник КемГУ. 2013. Т. 1. № 4. С. 21-29.
3. Быков Е.В. Средообразующее действие низовых пожаров в сосняках и гнездящиеся птицы // Вестник ОГУ. 2011. №8. С. 36-42.
4. Sukhomlinov N.R. Sukhomlinova V.V. Fire Damage to Plants in Coniferous-Deciduous Forests in the Middle Amur Region and Their Indicator Significance // Contemporary problems of ecology. 2011. Vol. 4. P. 12-16 .
5. Малиновских А.А. Динамика встречаемости видов растений сосновых лесов после пожара 1997 года // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. №8. С. 34-38.
6. Reverchon F., Xu Zh., Blumfield T.J., Chen Ch., Abdullah K.M. Impact of global climate change and fire on the occurrence and function of under storey legumes in forest ecosystems // Journal Soils Sediments. 2012. Vol. 12. P. 150–160.
7. Bellgard S.E., Whelan R.J., Muston R.M. The impact of wildfire on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their potential to influence the re-establishment to frost fire plant communities // Mycorrhiza. 1994. Vol. 4. P. 139-146.
8. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии / ИЛид СО АН СССР. Красноярск, 1972. С. 171—231.
9. Воробьев Ю. Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы // Экологический журнал. 2009. № 3. С. 9-11 .

10. Чучуркина А.А., Станиславчик Ю.П. Лесные пожары: глядя из космоса // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Социально-экономические и гуманитарные науки. 2012. № 7. С. 38-41.
11. Королев В.И. Указания по тушению пожара. М.: Воениздат. 1977. - С. 12-19.
12. Никищенко Н.Г., Овчинникова Т.В. Природные и антропогенные факторы возникновения лесных пожаров в Воронежской области // Вестник ВГУ. - 2007. - № 2. - С. 100-102.
13. Пономарев Е.И., Швецов Е.Г. Характеристика категорий пожаров растительности в Сибири по данным спутниковых и других наблюдений // Исследование Земли из космоса. 2013. № 5. С. 45–54.
14. Фёдорова Е.И. Лесные пожары в Томской области // Вестник ТГУ. 2010. № 2. С. 12-15.
15. Dorrer G.A. Statistical characteristics of the contours of forest fires. Plenum Publishing Corporation. 1978. P. 117–124.
16. Ильина В.П. Пирогенное воздействие на растительный покров // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20. № 2. С. 4–30.
17. Брюханов А.В. Экологическая оценка состояния лесов в Сибири // Устойчивое лесопользование. 2009. № 2. С. 21–31.
18. Гук А.П. Использование структурных признаков изображений типовых участков местности для выявления изменений состояния территорий по космическим снимкам высокого разрешения // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2009. №6. С. 52–56.
19. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51—57.
20. Болдырев В.А. Естественные леса Саратовского Правобережья. Эколого-ценотический очерк. Саратов: Изд-во СГУ. 2005. С 92-104.

21. Колесниченко А.Е. Ландшафтный подход и типология лесов Ставропольской возвышенности // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 3. С. 45-54.
22. Дьяконов К.Н. Геофизические показатели функционирования ландшафтов для оценки антропогенных воздействий // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2003. № 1. С. 15—19.
23. Aishan T., Halik U., Betz F., Tiyip T. Stand structure and height-diameter relationship of a degraded *Populuseuphratica* forest in the lower reaches of the Tarim River, Northwest China // Journal of arid land. 2015. Vol. 7. P. 301 – 310.
24. Дымова Т.В. Изучение влияния пирогенного фактора на растительный покров засушливых местообитаний // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2007. № 2. С. 8-11.
25. Белова Е. Е., Белопухов С. Л., Нефедьева Е. Э., Шайхиев И. Г. Влияние лесных пожаров на флуктуирующую асимметрию // Экологический журнал. 2011. № 5. С. 8-12 .
26. Иванов В.В. Новые данные к изучению роли степных пожаров // Известник Всесоюзного географического общества. 1950. Т. 82. № 5. С. 541-545.
27. Тереножкин И.И. О влиянии пожаров на растительность полупустыни // Природа. 1936. №8. С. 26-34.
28. Franklin J. Vegetation dynamics and exotic plant invasion following high severity crown fire in a southern California conifer forest // Journal Plant Ecol. 2010. Vol. 5. P. 281–295.
29. David W. Peterson, Peter B. Reich. Plant, Fire frequency and tree canopy structure influence plant species diversity in a forest-grassland ecotone // Journal Ecol. 2008. P. 5–16.
30. Yospin G.I., Wood S.W., Holz A., Bowman D. M. J. S., Keane R.E., Whitloc C. Modeling vegetation mosaics in sub-alpine Tasmania under

- various fire regimes // *Journal Model. Earth Syst. Environ.* 2015. Vol. 15. P. 16-24.
31. Бурасов Д.М. Математическое моделирование низовых лесных и степных пожаров и их экологических последствий. Диссертация кандидата физико-математических наук. Томск ТГУ. 2006. 162 с.
32. Субботин А.Н. Математическое моделирование распространения низового лесного пожара по опад хвой с противопожарными разрывами // *Пожаровзрывобезопасность.* 2012. Т. 21. №8. С. 12-15.
33. Дымова Т.В.. Моделирование пожаров растительности и их экологические последствия // *Естественные науки.* 2012. № 2. С. 64-70.
34. Финников К.А., Корзун А.М., Колесниченко А.В. Моделирование теплопередачи в сообществе растений // *Вестник КемГУ.* №. 4. 2011. С. 89-95.
35. Валендик Э.Н., Косов И.В. Влияние теплового излучения лесного пожара на окружающую среду // *Вестник КемГУ.* 2013. Т. 1. № 4. С. 71-78.
36. Adel M.N., Pourbabaei H., Omid A., Dey D. C. Forest structure and woody plant species composition after a wildfire in beech forests in the north of Iran // *Journal of Forestry Research.* 2013. Vol. 14. P. 255–262.
37. Лупян Е.А. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России // *Итоги. Проблемы. Перспективы. Институт Оптики Атмосферы.* 2003. № 6. С. 28-31.
38. Шарая Л.С. Предсказательное картирование лесных экосистем в геоэкологии // *Поволжский экологический журнал.* 2009. № 3. С. 12-24
39. Беляев А.И. Национальная система сбора, обработки и анализа информации о природных пожарах и ее сопряжение с международными и региональными информационными сетями // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2004. № 12. С. 12-21.

40. Cohen W.B., Spies T.A. Estimating structural attributes of Douglas-fir/western hemlock forest stands from Landsat and Spot imager // Remote Sensing of Environment. 1992. Vol 41. P. 1–17.
41. Sivanpillai R., Charles T.S., Srinivasan R., et al. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data // Forest Ecology and Management. 2006. Vol. 223. P. 247–254.
42. Барталев С.А. Разработка информационной системы поддержки мониторинга состояния и динамики наземных экосистем Северной Евразии по данным спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 131-139.
43. Healey S.P., Cohen W.B. Comparison of Tasseled Cap-Based Landsat Data Structures for Use in Forest Disturbance Detection // Remote Sensing of Environment. 2005. Vol. 97. P. 301 – 310.
44. Cohen W.B, Kushla J.D., Ripple W. J. An Introduction to Digital Methods in Remote Sensing of Forested Ecosystems: Focus on the Pacific Northwest, USA // Environmental Management. 2009. Vol. 20, № 3, P. 421-435.
45. Рябина З.Н., Янтурин С.И., Рябцов С.Н., Абдулина К.Х., Юнусбаев У.Б. Роль степных пожаров в формировании растительного покрова Южного Урала // Уфа: АНРБ, Гилем. 2010. С. 220.
46. Анилова Л.В., Шорина Т.С., Пятина Е.В. К вопросу о влиянии пирогенного фактора на растительный покров степей Оренбургского Предуралья. Оренбургский государственный университет // Вестник ОГУ. 2011. №12. С. 28-31.
47. Беляев А.И., Коровин Г.Н., Лупян Е.А. Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: настоящий сборник. 2004. С.12
48. Королева Н.В. Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки космических снимков с целью оценки степени повреждения

- лесов. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 11. С. 12-29.
- 49.Барталев С. А Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (состояние и перспективы развития) // М.: Наука. 2008. С. 45-56.
- 50.Юронен Ю.П., Петров М.Н. Методика количественной оценки повреждения лесного фонда по материалам данных дистанционного зондирования земли // Вестник КрасГАУ. 2007. № 2 С. 11-19.
- 51.Куулар Х.Б.О., Хертек С.Б. Анализ пожаров растительности Тувы с помощью данных космического мониторинга. // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 3. № 2. С. 385-388.
- 52.Дымова Т.В. Моделирование пожаров растительности и их экологические последствия // Естественные науки. 2012. № 2. С. 39-44.
- 53.Betz F. Gray's Manual of Botany // American Book Co. 1889. P. 49-63.
54. Levine M., Carol S. A guide to wildflowers in winter: herbaceous plants of northeastern North America // New Haven: Yale University Press. 1995. Vol. 11. P. 110-123.
- 55.Самарский А.А. Теория разностных схем // М.: Наука, 1977. С. 656.
- 56.Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие // Томск: Изд-во ТПУ. 2007. 172 с.