ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Горбунова Александра Сергеевича

на диссертационную работу Калашникова Дмитрия Владимировича

«Разработка научного подхода к оценке термических поражений лесных насаждений в результате воздействия опасных факторов пожара»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. – Пожарная безопасность (технические науки)

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Калашникова Д.В. посвящена решению важной научно-практической задачи – повышению объективности и достоверности определения очага природного пожара на основе количественной оценки термических поражений лесных насаждений. Актуальность темы не вызывает сомнений, поскольку ежегодно на территории Российской Федерации регистрируется значительное число лесных пожаров, наносящих огромный экономический и экологический ущерб. При этом раскрываемость преступлений, предусмотренных ст. 261 УК РФ, остаётся крайне низкой, что во многом обусловлено отсутствием надёжных инструментальных методик установления очага пожара на обширных территориях.

Автор справедливо отмечает, что существующие методы (визуальный осмотр, пенетрация, электрорезистивный метод) обладают серьёзными ограничениями применительно к крупным природным пожарам, а комплексная система мониторинга (ИСДМ-Рослесхоз) предоставляет лишь интегральную информацию, недостаточную для локализации очага. В этой связи разработка научного подхода к оценке термических поражений лесных насаждений, сочетающего в себе комплексное применение технического средства измерений с программными продуктами для обработки данных, является своевременной, востребованной и актуальной.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа построена традиционно и включает в себя введение, литературный обзор, методологическую часть, обсуждение результатов исследования, заключение, список литературы из 202 источников, 34 рисунка, 26 таблиц и 9 приложений. Полный объем диссертации составляет 170 страниц. В списке литературы содержатся ссылки на публикации автора.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011, написана в научном стиле, с соблюдением правил стилистики, орфографии и пунктуации.

Во введении обозначена актуальность исследования, сформулированы цель и задачи работы, приведены степень разработанности темы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Изложены положения, выносимые на защиту. Представлены источники апробации результатов работы, методология и методы исследования, степень достоверности полученных результатов и выводов.

В первой главе диссертации рассмотрена статистика лесных пожаров на территории Российской Федерации. Проведен обзор иностранных и отечественных литературных источников по тематике исследования. Представлен анализ методологических особенностей установления очага природных пожаров. Приведены современные методы исследования и средства комплексной системы мониторинга к оценке термических поражений лесных насаждений.

В результате анализа литературных источников поставлены задачи диссертационного исследования, направленного на разработку научного подхода к оценке термических поражений лесных насаждений для определения очага природных пожаров.

Во второй главе подробно рассмотрен перечень инструментальных методов неразрушающего контроля для исследования лесных насаждений, результаты применения которых используются для установления очага природного пожара. Описан алгоритм проведения испытаний образцов разнообразных пород деревьев с получением зависимости по изменению степени термического поражения лесных насаждений. Для проведения экспериментального исследования выбраны приборы и оборудование с описанием их технических характеристик. Осуществлена выборка образцов деревьев, составлен план проведения серии испытаний. Выбраны современные методы исследования неразрушающего контроля для осуществления экспериментальных исследований образцов разнообразных пород деревьев. Проведено описание разработанного технического средства и программных средств к оценке термического поражения лесных насаждений. Представлено описание функциональной структуры разработанного комплекса технических решений, состоящего из

технического и программных средств, которые используются в целях оценки термического поражения лесных насаждений природных пожаров.

Третья глава посвящена вопросам применения разработанного комплекса технических решений к оценке термических поражений лесных насаждений. Представлены разработанные методические рекомендации и практическая реализация применения комплекса технических решений с комбинированным использованием методов исследования. Проведен сравнительный анализ разработанного научного подхода с современной методикой оценки термических поражений лесных насаждений.

На основании полученных данных: впервые разработана методика испытаний образцов разнообразных пород деревьев, которая включает комплексное проведение огневых испытаний и испытаний в муфельной печи с проведением оценки степени термического поражения лесных насаждений при различных условиях воздействия температур; впервые разработан комплекс технических решений для определения очага природных пожаров, отличающийся комбинированным использованием методов исследования к оценке термических поражений лесных насаждений; впервые разработано техническое средство, отличающееся оригинальной технологией применения для измерения глубины обугливания одновременно на противоположных сторонах стволов деревьев в целях определения очага природных пожаров; впервые разработаны программные средства, отличающиеся комбинированным применением методов исследования по определению очага природных пожаров; разработаны методические рекомендации применения комплекса технических решений.

В заключении сформулированы полученные в процессе диссертационного исследования научные и практические результаты.

В приложении представлены копии патента на полезную модель, свидетельств о государственной регистрации базы данных и программы для ЭВМ, а также акты внедрения результатов исследования в практическую деятельность и в образовательный процесс.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– предложена методика испытаний образцов разнообразных пород деревьев с получением зависимости изменения скорости обугливания при различных условиях воздействия температур в целях оценки степени термических поражений лесных насаждений;

– впервые разработано техническое средство, отличающееся оригинальной технологией применения для измерения глубины обугливания

одновременно на противоположных сторонах стволов деревьев в целях определения очага природных пожаров;

– впервые разработаны программные средства, отличающиеся комбинированным применением методов исследования по определению очага природных пожаров;

– предложен комплекс технических решений для определения очага природных пожаров, отличающийся комбинированным использованием методов исследования к оценке термических поражений лесных насаждений;

– разработаны методические рекомендации применения комплекса технических решений к оценке термических поражений лесных насаждений в целях определения очага природных пожаров.

Основные результаты работы опубликованы в 17 работах, из них: 3 статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ по соответствующей научной специальности. Опубликована монография, получены патент на полезную модель и шесть свидетельств о государственной регистрации базы данных и программы для ЭВМ.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Обоснованность полученных в ходе выполнения диссертационной работы научных положений подтверждается анализом достижений и теоретических положений других авторов в области исследования лесных пожаров. Выводы, сформулированные в диссертации, не только прошли обсуждение в научном сообществе в рамках различных конференций, но и подтверждаются актом внедрения результатов диссертационной работы в практическую деятельность. В целом обоснованность научных положений и выводов сомнений не вызывает.

Вклад автора и практическая значимость результатов исследования

К несомненным достоинствам работы следует отнести:

1. Разработку методики испытаний для образцов шести пород деревьев (сосна, ель, берёза, осина, ольха, липа) в условиях, моделирующих реальное тепловое воздействие (от 300 до 1100 °С). Получены эмпирические зависимости скорости обугливания от температуры для каждой породы, что позволяет более корректно интерпретировать данные измерений на месте пожара;

2. Создание оригинального технического средства – устройства для одновременного измерения глубины обугливания с противоположных сторон ствола дерева (патент на полезную модель № 236509). Прибор обеспечивает

существенное сокращение времени полевых измерений и повышает их точность за счёт фиксации координат и автоматического сохранения данных;

3. Разработку комплекса программных средств, включающего базу данных по характеристикам природных объектов, программу расчёта скорости распространения пожара на основе модели Софронова М.А., а также программу построения карт термических поражений с выделением зон по средним значениям глубины обугливания. Это позволяет не только определить область очага, но и верифицировать расчётные параметры пожара по фактическим данным;

4. Методические рекомендации комплексного применения разработанных инструментов, которая апробирована на реальных пожарах Ивановской области и показала снижение трудоёмкости исследований в 2,7 раза (60 мин против 162 мин при традиционном подходе).

Замечания и недостатки по диссертационной работе

Несмотря на общую положительную оценку, считаю необходимым высказать ряд замечаний, касающихся как методологических аспектов, так и частных технических решений:

1. Недостаточная обоснованность выбора объектов и условий эксперимента. В диссертации утверждается, что образцы пород деревьев отбирались «из лесного массива» (стр. 47) и имели «естественное состояние». Однако: влажность древесины определена гравиметрическим методом, но не указаны условия хранения образцов до испытаний. Как известно, влажность древесины быстро меняется на воздухе, что существенно влияет на скорость обугливания. Утверждение, что образцы были «свежесрубленными» (стр. 49), противоречит средним значениям влажности (например, для ели – 49,5 %, что характерно для сырой древесины, но для ольхи – 53,9 % – уже ближе к свежесрубленной). Отсутствует контроль влажности непосредственно перед испытаниями.

Диаметр образцов варьировался от 11,5 до 16 см, тогда как известно, что толщина ствола влияет на процесс обугливания (теплопроводность, аккумуляция тепла). Автор не учитывает этот фактор, хотя методически правильно было бы исследовать образцы одного типоразмера.

Не учтён слой коры как самостоятельный горючий материал. Хотя образцы имели кору, все расчёты скорости обугливания проведены для древесины без разделения на кору и заболонь. В реальных природных пожарах кора обугливается и сгорает первой, что изменяет динамику теплопередачи к внутренним слоям.

2. Методологические погрешности при оценке скорости обугливания. Скорость обугливания определяется как отношение глубины обугливания к времени воздействия (стр. 63). Однако: в испытаниях с газовой горелкой время воздействия составляло до 25 минут, но не учитывается фаза охлаждения, которая, как указано в литературе (стр. 45-46), даёт прирост глубины обугливания до 30 %. Автор ссылается на это, но в своих экспериментах измеряет глубину после остывания, не разделяя вклад нагрева и охлаждения.

В испытаниях в муфельной печи время воздействия (стр. 58) определено как «до 10 минут», но из текста неясно, одинаковым ли оно было для всех температурных режимов (300, 500, 700, 900 °C). Если длительность была фиксированной, то скорость обугливания при разных температурах рассчитывалась корректно, но если время варьировалось – сравнение невозможно.

В таблице 2.12 для каждого образца приведены значения «глубины переугливания» и «глубины выгорания», однако отсутствует чёткое определение этих терминов и критериев их разграничения. Из рисунка 2.15 (стр. 73) следует, что глубина обугливания есть сумма этих двух величин, но измерение каждой из них на практике (особенно на искривлённых стволах) представляет собой отдельную методическую проблему, не раскрытую в работе.

3. Проблемы с идентификацией пород деревьев и учётом их вариабельности. В работе утверждается, что сравнивать между собой можно только «схожие породы деревьев» (стр. 55). Однако: однотипные породы внутри одной группы (например, сосна) могут значительно различаться по плотности и влажности в зависимости от условий произрастания. В экспериментах использовано всего 5 образцов на породу, что недостаточно для статистически значимых выводов. Среднеквадратичное отклонение скорости обугливания (таблица 2.13) в некоторых случаях достигает 0,09 мм/мин, что при средних значениях порядка 0,8–1,9 мм/мин даёт относительную погрешность до 10–15 %.

Не рассмотрена лиственница, которая является одной из наиболее распространённых хвойных пород в зоне лесных пожаров (особенно в Сибири и на Дальнем Востоке). Это сужает область применения методики.

4. Конструктивные недостатки разработанного прибора. Устройство для измерения глубины обугливания (патент № 236509) имеет оригинальную конструкцию, однако: принцип измерения основан на внедрении

заострённого стержня до «слоя неповреждённой древесины» (стр. 83). Однако на практике граница между обугленным слоем и здоровой древесиной не всегда отчётлива, особенно при высоких температурах, когда зона пиролиза переходит в зону сухой древесины. Как оператор определяет момент остановки стержня? По ощущению сопротивления? Это субъективный фактор, который не исключает ошибок.

В описании прибора указано, что он снабжён «антенной геолокации» и «электронным измерительным модулем», но не приведены технические характеристики этих компонентов (точность геопозиционирования, разрешение датчика линейных перемещений, тип связи с внешним устройством). Без этих данных невозможно оценить метрологическую надёжность прибора.

Прибор предназначен для стволов диаметром до 50 см. Но многие деревья в зрелых лесах имеют диаметр более 50 см. Чем это ограничение обосновано? В тексте не сказано, можно ли модифицировать конструкцию для больших диаметров.

5. Недостатки программных средств и методики их применения. Программные средства зарегистрированы (свидетельства № 2026621041, № 2026616847, № 2026665485), но метод наложения карт (стр. 93) предполагает совмещение картографической схемы с расчётной проекцией зоны горения. Однако в программе не описан алгоритм автоматического совмещения: как программа определяет контрольные точки, как обрабатывает масштаб, как учитывает ошибки привязки. Без этого утверждение о повышении точности определения очага остаётся декларативным.

В третьей части программы («Анализ деревьев по стволам») расчёт высоты нагара производится путём определения стороны с наибольшей средней глубиной обугливания (стр. 115). Однако не учитывается, что высота нагара может быть разной на разных стволах из-за затенения, ветра и других факторов. Предлагается измерять высоту только на одном участке (с максимальной глубиной), но это не является репрезентативной выборкой.

Заключение по замечаниям и общая оценка:

Несмотря на перечисленные недостатки, диссертационная работа Калашникова Д.В. содержит совокупность новых научных результатов и практически значимых разработок. Наиболее ценным является:

– создание базы данных по скорости обугливания шести пород деревьев в диапазоне температур 300–1100 °C;

– разработка прибора для полевых измерений глубины обугливания, позволяющего сократить время обследования;

– методические рекомендации комплексного использования данных мониторинга, расчётной модели и инструментальных измерений для локализации очага пожара.

Указанные замечания не носят принципиального характера и могут быть устранены в дальнейших исследованиях. Однако они требуют внимания, поскольку касаются метрологического обеспечения методики, что критично для её применения в судебно-экспертной деятельности.

Вопросы к соискателю:

1. Каким образом в разработанном методе испытаний учитывается влияние влажности древесины на скорость обугливания, учитывая, что в реальных условиях пожара древесина может быть как сырой, так и сухой (в зависимости от сезона, местности)?

2. Каким образом обеспечивается воспроизводимость результатов измерений прибором, если оператор субъективно определяет границу между обугленным и здоровым слоем древесины? Предусмотрены ли какие-то калибровочные процедуры?

3. Почему в программном комплексе для построения карт термических поражений изолинии строятся на основе средних значений глубины обугливания без учёта статистической значимости различий (доверительные интервалы)?

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа Калашникова Дмитрия Владимировича «Разработка научного подхода к оценке термических поражений лесных насаждений в результате воздействия опасных факторов пожара» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи повышения достоверности определения очага природных пожаров. Степень новизны, объём экспериментальных данных и практическая апробация свидетельствуют о личном вкладе автора в развитие пожарно-технической экспертизы.

Работа соответствует паспорту специальности 2.10.1. – Пожарная безопасность. Основные результаты опубликованы в рецензируемых изданиях, защищены патентом на полезную модель и свидетельствами о регистрации базы данных и программы для ЭВМ.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации. Считаю, что работа отвечает критериям п.п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Калашников Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. – Пожарная безопасность (технические науки).

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ
доцент кафедры инженерно-технических экспертиз и криминалистики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия» Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
кандидат технических наук

Горбунов Александр Сергеевич

02 ноября 2026 года

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия» Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
Почтовый адрес: 662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, 1.
Телефон: 89135977872
Эл. адрес: gorbunovgps@mail.ru

Подпись Горбунова Александра Сергеевича заверяю:

Инспектор отдела кадров А. А. Онуфр