

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Техносферная безопасность»

Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

Кафедра «Техносферная безопасность»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема: «Обеспечение пожарной безопасности от лесных пожаров на автозаправочных станциях».

Шифр ВКР 20.03.01.031.19 ПЗ.

Выполнил	<u>студент</u>	_____	<u>Ганиев А.И.</u>
		подпись	Ф.И.О.
Руководитель	<u>доцент</u>	_____	<u>Макарова О.И.</u>
	ученое звание	подпись	Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № ____ от _____ 2019 г.)

Зав. кафедрой	<u>доцент</u>	_____	<u>Гаязиев И.П.</u>
	ученое звание	подпись	Ф.И.О.

Казань – 2019 г.

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Ганисва А.И. на тему «Обеспечение пожарной безопасности от лесных пожаров на автозаправочных станциях».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 54 листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, заключения и списка использованной литературы.

В первом разделе приводятся риски лесных пожаров, факторы развития лесных пожаров.

Во втором разделе приведены методические основы оценки рисков от лесных пожаров, оценка рисков от лесных пожаров, результаты расчета рисков от лесных пожаров для АЗС, рекомендации по защите АЗС от лесных пожаров, Расчет сил и средств для тушения пожара, пожарная безопасность на АЗС, физическая культура на производстве.

В третьем разделе приводится экономический расчет.

ABSTRACT

For final qualifying work Ganieva A.I. on the theme «Ensuring fire safety from forest fires at gas stations».

Final qualifying work consists of an explanatory note on 54 typewritten pages and the graphic part on 5 A1 sheets.

Explanatory note consists of introduction, three sections, conclusion and list of references.

The first section presents the risks of forest fires, factors of development of forest fires.

The second section provides a methodological framework for assessing risks from forest fires, assessing risks from forest fires, the results of calculating risks from forest fires for gas stations, recommendations for protecting gas stations from forest fires, Calculation of forces and means for fire fighting, fire safety at gas stations, physical culture in production.

The third section provides an economic calculation.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ВВЕДЕНИЕ	7
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	9
1.1 Риски лесных пожаров.....	9
1.2 Факторы развития лесных пожаров.....	16
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	30
2.1 Методические основы оценки рисков от лесных пожаров.....	30
2.2 Оценка рисков от лесных пожаров.....	36
2.3 Результаты расчета рисков от лесных пожаров для АЗС.....	38
2.4 Рекомендации по защите АЗС от лесных пожаров.....	39
2.5 Расчет сил и средств для тушения пожара.....	40
2.6 Пожарная безопасность на АЗС.....	41
2.7 Физическая культура на производстве	44
3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	46
3.1 Экономический расчет	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	51

ВВЕДЕНИЕ

Каждый год в Российской Федерации в зависимости от погодных условий возникает от 10 до 40 тыс. лесных пожаров на площади от нескольких сот до нескольких миллионов гектаров. Лесные пожары угрожают специальным и экономическим объектам, примерно 4 тыс. населенных пунктов, в которых проживают более 2 млн. человек, насчитывается более 600 тыс. жилых построек, оказывают разрушительное воздействие на деревянные постройки, повреждают органического слоя почвы и ее эрозию, загрязняют атмосферу и воду продуктами сгорания. Задымление территории от крупных и массовых лесных пожаров дестабилизирует автомобильное, железнодорожное, воздушное и речное сообщение, работу лесного сектора экономики, вызывает у людей различные аллергические реакции, заболевания органов дыхания и т.п.

Ранее приемлемый уровень охраны лесов от пожаров обеспечивался за счет постепенного увеличения бюджетных ассигнований на противопожарные мероприятия и наращивания ресурсов лесопожарных служб, которые справлялись с поставленными задачами в периоды с низкой и средней пожарной опасностью в лесах по условиям погоды, однако периодически терпели неудачи при высокой и чрезвычайной пожарной опасности. За последние годы значительное снижение ассигнований на борьбу с лесными пожарами привело к существенному ослаблению боеспособности лесопожарных служб и падению общего уровня охраны лесов от пожаров.

В последние годы пришло понимание того, что наиболее важным элементом системы охраны лесов от пожаров, определяющим эффективность остальных элементов, является выбор правильной стратегии и организация планирования системы охраны лесов от пожаров, основанных на: а)

принципах пожароуправления; б) оценке рисков от лесных пожаров (лесопожарных рисков).

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Риски лесных пожаров.

Среди ученых, занимающихся лесными пожарами, до сих пор не существует единого мнения о том, что такое пожарный риск. Известны следующие определения пожарного риска:

- «... вероятность захвата пожаром точек пространства» [9, 10, 11].
- «... наличие условий возникновения пожара и причинение вреда возможным пожаром. Оценка пожарных рисков – выявление условий причинения вреда возможным пожаром и определение характеристик (размеров) этого вреда» [24].
- «... количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности (и ее последствий), измеряемая, как правило, в соответствующих единицах» [8].

Страховые организации под риском лесного пожара подразумевают денежные потери, которые может понести страховщик по единице риска в результате одного пожара с определенной вероятностью.

С одной стороны, пожары в лесах следует рассматривать как фактор риска для изменения мирового климата, снижения продуктивной способности лесов, появления источников эмиссий углерода, обезлесения, таяния мерзлоты, нашествия вредителей, ухода зверя, транспорту, задымления населенных пунктов и других, а с другой стороны, эти пожары увеличивают сборы, площадь для земледелия, сокращают количество перестойных лесов и т.д.

В Министерстве природных ресурсов России применяется следующее понятие: риск экологический – вероятность возникновения неблагоприятных для природной среды и человека последствий осуществления хозяйственной и иной деятельности.

Вместе с тем, словарь, разработанный с учетом положений ГОСТ Р 51897-2002 [12] определяет состояние безопасности как состояние, при котором риск вреда (персоналу) или ущерб ограничен допустимым уровнем, а также – безопасность является одним из аспектов качества.

МЭК ТО 15504 [28] сопряженный с процессом риск оценивает в первую очередь по вероятности появления определенной проблемы, а затем – по его потенциальному ущербу. Если под процессом рассматривать процесс развития человечества то он определяется тесным переплетением в человеческого общества и леса – двух наиболее активных элементов современного природного комплекса Земли, находящихся в неразрывной связи функциональной обусловленности.

Таким образом, риск от лесного пожара это собирательный термин, количественная характеристика которого обуславливается вероятностью возникновения и нанесенным ущербом.

$$R_p = PU \quad (1.1)$$

где R_p – риск от лесного пожара;

P – вероятность возникновения;

U – ущерб, а обеспечение пожарной безопасности лесов, следует рассматривать как составную часть функционирования государства.

1.1.1 Риски возникновения лесных пожаров

Известно, что число лесных пожаров определяется лесорастительными и погодными условиями, а также наличием источников огня [27]. Последние могут быть природного (в основном молнии) или антропогенного (костры, горящие окурки, спички и др.) происхождения. Доля пожаров, возникающих от молний, относительно невелика. По данным проф. Н.П. Курбатского [22], она составляет около 3 %. Остальные пожары возникают по вине людей. По

мнению некоторых авторов, основную часть лесонарушений, приводящих к возникновению пожаров, совершают рекреанты 56 – 80 %, а на долю работающих в лесу людей приходится не более 25 – 26 %. Но относительные числа пожаров, возникающих по вине рекреантов и работающих в лесу людей, величины непостоянные, поскольку они во многом определяются социально-экономическими условиями.

Для определения числа антропогенных источников огня и лесных пожаров чаще всего используется зависимость частоты последних от плотности населения, которая впервые была обнаружена Н.П. Курбатовым [22] по данным Западной Европы и Средиземноморья. Плотность населения в регионе в это время составляла от 14 чел./км² в Финляндии до 317 чел./км² в Нидерландах, коэффициент корреляции $r=0,84$. Автором было получено уравнение прямолинейной регрессии.

Позже эта зависимость была проверена на Дальнем Востоке, в МНР, на Севере Европейской части СССР [25], в районах КАТОКа [21]. Для этих районов также получены уравнений для определения средней частоты лесных пожаров в зависимости от плотности населения. Анализ полученных авторами корреляций показывает, что с уменьшением плотности населения уменьшается и зависимость числа лесных пожаров от этого показателя. Отчасти это можно объяснить тем, что в малочисленных районах относительное число пожаров, возникших от молний, больше, чем в густонаселенных.

С уменьшением плотности населения закономерно возрастает число пожаров, приходящихся на единицу площади лесного фонда, но число пожаров, приходящихся на одного человека, снижается. Исследования Г.П. Телицына показали, что эта зависимость более точно выражается не линейным уравнением, а как корень квадратный из величины плотности населения. Им же было предложено при определении частоты пожаров учитывать, кроме величины плотности населения, напряженность

пожароопасного сезона по условиям погоды, коэффициент пожарной опасности территории по лесорастительным условиям и качественный показатель, отражающий уровень посещаемости лесов населением и степень неосторожности обращения с огнем, формула 1.2:

$$y = cn(k\sqrt{x} + m), \quad (1.2)$$

где y – частота лесных пожаров, сл./млн га в день;

c – коэффициент пожарной опасности территории по лесорастительным условиям;

n – количество дней с III-V классами пожарной опасности по условиям погоды;

k – коэффициент, характеризующий пожарную опасность населения для леса;

x – плотность населения, чел./км²;

m – плотность природных источников огня (молнии), сл./млн га.

Пожарная опасность населения для леса отражает уровень посещаемости леса населением при данной его плотности и степень неосторожности обращения с огнем, определяется по эмпирическим данным, по формуле 1.3:

$$k = \frac{Q - Q_m}{cnS\sqrt{x}}, \quad (1.3)$$

где Q – годовое количество антропогенных лесных пожаров в районе, сл./год;

Q_m – годовое количество лесных пожаров от молний, сл./год;

S – площадь района, млн га.

В приведенных уравнениях уровень пожарной для леса со стороны населения оценивается количеством пожаров или источников загорания в год на тысячу жителей. Более удобным показателем является количество источников загорания леса, т.к. в данном случае при сравнении степени пожарной опасности для леса со стороны жителей разных регионов или населенных пунктов исключается шумовой фон, создаваемый различиями лесорастительных и погодных условий. Под источником загорания леса подразумевается любой источник огня (костер, спичка, окурок и т.п.), способный вызвать пожар при определенном сочетании погодных и лесорастительных условий.

Исследованиями Андреева Ю.А. [3, 6, 5, 2, 1, 4] установлено, что на частоту и продолжительность посещений леса с различными целями влияет место жительства – чем малочисленней населенный пункт, тем больше времени проводят в лесу его жители и в связи с этим представляют для леса большую ПО. Эту характеристику отражает удельный показатель ПО для леса со стороны жителей населенного пункта « q » (ист. загор./тыс. чел. в день). Для отражения общего количества антропогенных источников загорания, которые создают в лесу все жители населенного пункта, применяется показатель ПО для леса со стороны жителей населенного пункта (Q , ист. загор./нас. пункт в день). Он определяется как произведение величины « q » на численность жителей, выраженную в тыс. человек.

Выявленная зависимость частоты появления в лесу источников загорания и лесных пожаров от численности жителей (как в целом на оцениваемой территории, так и на различном расстоянии от населенных пунктов), экспоненциальный характер их пространственного распределения позволяют выполнять оценку антропогенной пожарной опасности на уровне лесных участков, Z , ист. возгор./млн. га в день, которая в первую очередь зависит от числа населенных пунктов, расположенных в пределах доступности (75 – 100 км), численности жителей в них, расстояния до этих

населенных пунктов, наличия транспортных путей и их вида. Коэффициенты доступности k лесных участков, расположенных около различных транспортных путей, получены через отношение частоты пожаров в этих местах к средней по всей территории.

$$Z = 10^4 \frac{k}{\pi} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i (e^{-1,3Q_i X_{i\max}} - e^{-1,3Q_i X_{i\min}})}{X_{i\max}^2 - X_{i\min}^2}, \quad (1.4)$$

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.

Разнообразие условий местности создаст широкую вариацию определяемых значений, в связи с чем возникает необходимость классификации территорий по потенциальной антропогенной пожарной опасности.

Таблица 1.1 – Шкала для оценки уровня антропогенной пожарной опасности лесного участка.

Класс и степень антропогенной пожарной опасности		Потенциальная частота появления антропогенных источников возгорания на 1 млн га в день
I	Высокая	2,01 и более
II	Выше средней	1,01...2,00
III	Средняя	0,51...1,00
IV	Ниже средней	0,11...0,50
V	Низкая	0,10 и менее

Вероятное среднесуточное число лесных пожаров зависит от уровня пожарной опасности (ПО) по условиям погоды в текущий день, антропогенной и природной пожарной опасности и дня недели. Вследствие неравномерности посещений лесов в течение недели число пожаров по причинам, связанным с населением, в будние и выходные дни неодинаково. Чем больше населена территория, тем большая доля пожаров возникает в выходные дни. Коэффициент значимости выходных и праздничных дней определяется по формуле 1.5.

$$M_{вых} = 14,9P_{cp} + 19,6, \quad (1.5)$$

где P_{cp} – средняя численность жителей в населенных пунктах, тыс. чел. Соответственно, коэффициент значимости будничных дней составляет $1/K_{вых}$.

Вероятное среднесуточное число лесных пожаров в районе (сл./сутки):

$$N_c = k_i K_{поп} c \sum_{i=1}^n Q_i \quad (1.6)$$

Вероятное число лесных пожаров в районе за сезон (сл./год):

$$N = cw \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1.7)$$

где k_i – коэффициент значимости класса ПО по условиям погоды;

w – напряженность пожароопасного сезона по условиям погоды, дни.

Потенциальная среднесуточная частота пожаров на лесном участке при различных погодных условиях и в разные дни недели (сл./млн га в день):

$$N_i = c_i k_i K_{лес} Z_{уч} \quad (1.8)$$

Потенциальная частота пожаров на лесном участке за сезон (сл./млн га в год):

$$N_j = c_j m Z_{уч} \quad (1.9)$$

Многие разработки, имеющие отношение к оценке пожарной опасности в лесах, выполнялись в разных странах параллельно. При этом в каждой стране осуществлялся свой методический подход в соответствии с географическими, историческими и экономическими условиями.

В Испании [19] предложена регрессионная модель для прогнозирования среднесуточной частоты возникновения лесных пожаров:

$$I_{II} = I_i(X) \cdot I_i(X') = \frac{1}{1 + e^{-E_0 + E_1 X - E_2 X'} + e^{-E_0 - E_1 X} + e^{E_0 + E_1 X'}} \quad (1.10)$$

Основной недостаток – модель основана на оценке готовности лесных горючих материалов к возгоранию исходя из текущих погодных условий. При этом авторы, заостряя внимание на необходимости оценки влияния антропогенных факторов, таких как инфраструктура, тип лесопользования, день недели и т.п., эти факторы не учитывают.

1.2 Факторы развития лесных пожаров

Подробные исследования влияния различных факторов на скорость распространения огня проведены М.А. Софроновым. В предложенной им модели для однородных слоев из некоторых видов горючего учтено пять

факторов: скорость ветра, крутизна склона, относительная влажность воздуха, влажность горючих материалов и его запас.

Важное значение для определения основных параметров пожара, выбора методов и технологий тушения и оценки их эффективности, обоснования тактики борьбы с пожарами имеют тип и характер лесных горючих материалов (ЛГМ).

Насаждения всех древесных пород разнотравных типов леса имеют наибольшую пожароопасность в весенне-летний и летне-осенний периоды, когда влагосодержание растительности к осени снижается, а влажность сухой травы весной низкая. Применение ручных способов тушения здесь неэффективно.

Высокую пожарную опасность (НЮ) представляют в течение всего пожароопасного сезона непокрытые лесом площади этой группы типов леса - вырубки, гари, погибшие насаждения. Пожары, возникшие на этих категориях площадей лесного фонда, сопровождаются высокой скоростью ветра и, как правило, продвигаются очень быстро. Особенно опасны вырубки, не очищенные от порубочных остатков, и старые горельники.

Лиственничники зеленомошные деревья наиболее пожароустойчивы. Интенсивность пожаров, а, следовательно, и размеры ущерба от них колеблются в зависимости от периода сезона и величины комплексного лесопожарного показателя. Однако в любом случае в северной части интенсивность пожаров гораздо слабее – сказывается влияние «вечной мерзлоты», постоянно подпитывающей верхние горизонты почв и увлажняющие лесные горючие материалы нижних ярусов (подстилку, зелёные мхи). Наличие «вечной мерзлоты» ограничивает применение землеройных орудий при тушении пожаров.

Сосновые древостои зеленомошных типов леса, как правило, чистые, с небольшой примесью других пород в зависимости от лесорастительных условий, но чаще лиственницы и берёзы. Почвы песчаные, супесчаные

свежие. Подлесок в основном редкий, состоит из шиповника, можжевельника, ольховника, рябины, рододендрона золотистого и реже - кедрового стланика. Травяно-кустарничковый покров на супесчаных и суглинистых свежих почвах представлен брусникой, черникой, голубикой, багульником, разнотравьем. Моховой ярус напочвенного покрова занимает большую часть площади и представлен зелёными и блестящими мхами.

В пирологическом отношении сосняки-зеленомошники имеют высокую пожарную опасность в течение всего пожароопасного сезона. При длительной засухе пожары здесь носят устойчивый повальный характер и сопровождаются наибольшим ущербом.

Лесные формации всех других групп типов леса имеют незначительное распространение. Существенную хозяйственную роль, несмотря на небольшой удельный вес, играют леса основных преобладающих пород высокотравной группы типов леса. Напочвенный покров представлен мощным травяным ярусом из крупного разнотравья. Пожары здесь бывают весной и осенью при наличии сухих трав, ветоши, а при захламлённости древесно-кустарниковой растительностью и длительной засухе – в течение всего пожароопасного сезона.

При оценке природной пожарной опасности применяется шкала загораемости лесных участков И.С. Мелехова [30], которая уточняется с учетом принятых для региона схем типов леса. Наиболее пожароопасными являются хвойные молодняки, сплошные вырубki, расстроенные, отмирающие и сильно поврежденные древостои, захламленные гари и другие лесные участки. Наименее пожароопасны некоторые березняки, осинники, ельники и все ольшаники. Однако при сильных засухах различия в опасности возникновения пожаров в разных лесах сглаживаются, а из-за образующегося большого дефицита влаги загораемость лесов восстанавливается очень быстро даже после существенных осадков. Причем, для снижения уровня ПО в лесах V класса требуется больше осадков, чем для лесов I класса. Таким

образом, различия в ПО лесов проявляются в основном в средние по погодным условиям сезоны, а при длительных засухах эти различия уменьшаются.

В плане противопожарного устройства лесов указываются средний класс природной ПО для каждого лесничества и лесхоза. Отражая в целом степень ПО, этот показатель не всегда удобен для использования, особенно при математическом кодировании информации и расчетах. В связи с этим ДальНИИЛХом разработаны коэффициенты природной ПО, которые отображают относительную длительность пребывания лесных участков в пожароопасном состоянии за сезон, в долях единицы. Эти коэффициенты связаны с классами природной ПО (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Зависимость коэффициента пожарной опасности по лесорастительным условиям от класса природной пожарной опасности.

Класс природной ПО	I	II	III	IV	V
Коэффициент ПО по лесорастительным условиям	1	0,8	0,6	0,3	0,1

Известно несколько классификаций лесных горючих материалов, особенности которых обуславливают пожарную опасность лесных участков и в совокупности с метеорологическими факторами определяют параметры пожара и величину возможного ущерба [23, 7, 20, 26]. В основе классификации Н.П. Курбатского лежит разделение ЛГМ на группы: I – мхи, лишайники и мелкие растительные остатки; II – подстилка, торф; III – травы и кустарнички; IV – крупные древесные остатки; V – подрост, кустарники; VI – хвоя и листья растущих деревьев с мелкими веточками до 7 мм; VII – стволы растущих деревьев и живые сучья толщиной более 7 мм. ЛГМ первой и второй группы являются проводниками горения, так как образуют непрерывный слой, по которому после его высыхания распространяется горение.

Учитывая особую роль первой группы ЛГМ, М.А. Софронов и А.В. Волокитина предложили назвать их основными проводниками горения (ОПГ) и разделить на две подгруппы. В один тип ОПГ (в пределах подгруппы) объединены такие проводники горения, которые достигают пожарной зрелости в пределах одного из классов засухи при типовых условиях освещения и затенения. Идентификация лесных участков по типам ОПГ имеет важное практическое значение при борьбе с лесными пожарами как при выявлении негоримых участков (определение очередности созревания), так и при прогнозировании скорости распространения горения.

В генетической классификации М.А. Шешукова с соавторами объекты горения и лесные пожары формируют открытую взаимоувязанную пирологическую систему, непрерывно изменяющуюся по количественному и качественному состоянию. Четырехступенчатая классификация включает в себя два класса ЛГМ: исходные (первичные) и трансформированные (вторичные). Исходные ЛГМ включают древесный, подлесочный и кустарниково-травяно-моховый ярусы лесной растительности, а трансформированные – мертвый напочвенный покров (опад и отпад) и органогенную часть почвы (подстилку, торф, дернину). Следующим этапом является разделение по типам горючих материалов, тесно связанных с определенными типами и группами типов леса, а также по типам ЛГМ.

Однако все предложенные российские классификации ЛГМ до сих пор не нашли практического применения. Это вызвано несколькими причинами, основные из них – слишком дробная классификация ЛГМ, когда даже квалифицированным специалистам сложно выделять классы в полевых условиях; сложность картирования лесов по пожарной опасности; выделяемые классы не увязаны с материалами лесоустройства, основного инвентаризационного метода лесов. В настоящее время в целях избежания последнего недостатка предложены критерии оценки пирологической структуры лесов, основанные на ГИС-технологиях и материалах

лесоустройства [30], но в результате использования этого метода прогнозируются вероятные виды лесных пожаров, а не скорости распространения. К тому же для проведения оценки необходимо много исходной информации.

Помимо характеристик ЛГМ большое значение на скорость распространения частей лесного пожара (фронт, фланг, тыл) оказывают скорость ветра, крутизна склона и относительная влажность воздуха. Влияние этих факторов можно выразить коэффициентов.

Процесс создания и использования математических моделей лесных пожаров включает три взаимосвязанных этапа:

1. Описание процессов, происходящих в изучаемой системе, построение ее математической модели.
2. Создание расчетных методов и алгоритмов для нахождения численных значений выходных параметров по заданным входным.
3. Установление соответствия (адекватности) модели реальной изучаемой системе.

Любая модель беднее описываемого объекта, и решение вопроса о необходимой степени адекватности ее реальному объекту зависит от комплекса предъявляемых к ней требований, определяемых в свою очередь назначением и предполагаемым использованием модели. Поэтому рассмотрим в первую очередь возможное назначение математических моделей лесного пожара. По этому признаку можно выделить три класса, соответствующих трем уровням описания объекта.

А. Основной или фундаментальный уровень – моделирование физико-химических процессов горения различных лесных горючих материалов.

Б. Второй уровень – моделирование распространения и развития пожаров на неоднородной территории лесного фонда с прогнозом их контуров и ряда характеристик, необходимых для организации тушения – тактическое (диспетчерское) моделирование.

В. Третий уровень – моделирование пожаров как событий в системе охраны леса – стратегическое моделирование.

Объектом моделирования на фундаментальном уровне является горение, распространяющееся по отдельным частицам и по слою из частиц однородных горючих материалов (хвоинок или листьев одной древесной породы по слоям из них), а также по слоям из разных горючих материалов, расположенных на поверхности минеральной части почвы в виде их природных комплексов со специфической структурой. Этот вид моделирования основывается на законах тепло- и массопереноса и газовой динамики, физико-химических характеристиках горючих материалов (теплотворная способность, элементарный состав, зольность, состав золы, количество летучих, плотность, поверхностно-объемное отношение и др.), на характеристиках состояния среды, в которой протекает процесс (температура и относительная влажность воздуха, направление и профиль скорости ветра, показатели турбулентности атмосферы). Параметрами, характеризующими процесс, могут быть интенсивность тепловых потоков, полнота сгорания горючего, размеры пламени, скорость его продвижения по объекту и др. Моделирование тепло- и массопереноса необходимо для изучения природы пожаров в лесном фонде, для поисков средств и способов тушения, а также как основа для создания моделей тактического уровня.

Объектом тактического моделирования является пожар в целом, его распространение и развитие, т. е. динамика пожара до начала и в процессе тушения. Модель должна представлять собой алгоритм или совокупность алгоритмов, которые давали бы возможность прогнозировать контур и площадь, охваченную горением, рассчитывать ожидаемую длину периметра пожара, описывать тактические части кромок и отдельные их участки, резко выделяющиеся своими характеристиками. Важнейшими характеристиками пожара и его отдельных участков при этом должны быть: вид пожара,

скорость продвижения кромки, интенсивность горения, высота пламени, глубина кромки.

В процессе развития пожара на различных ступенях его усложнения вступают в действие все новые факторы, которые должен учитывать алгоритм; он должен перестраиваться, отражая развитие объекта. Полную модель пожара в лесном фонде, по-видимому, целесообразно рассматривать как систему частных моделей, описывающих отдельные его компоненты (продвижение пламени по напочвенному покрову, по пологу, модель конвекционных потоков, модель переноса горящих частиц) и отдельные стадии его развития. При очень крупных пожарах на отдельных участках кромки возможно действие пожара в различных видах (смешанные и сложные пожары). Полная диспетчерская модель пожара должна описывать и прогнозировать вариации его протекания на отдельных участках.

Тактическое моделирование, как указано, необходимо для разработки плана ликвидации пожара и основными «потребителями» результатов расчетов по моделям являются руководители тушения, предприятий лесного хозяйства и подразделений авиационной охраны лесов.

Объект стратегического моделирования – крупные и массовые лесные пожары. Основным фактором возникновения таких ситуаций служит ход погоды. Наиболее типичными условиями для крупной вспышки пожаров являются постепенное накопление большого числа локализованных, но не ликвидированных полностью пожаров в период продолжительного антициклона и ветреная погода в конце периода при переходе к погоде, обусловленной циклоном. Модель вспышки должна прогнозировать территорию и время прохождения надвигающегося циклона, направление и скорость ветра на отдельных участках этой территории и их изменения во времени, распределение по территории пожаров, которые могут возобновляться, и их характеристику. Кроме того, модель в упрощенной форме должна оценивать динамику основных параметров возникающих

пожаров. Этот уровень моделирования необходим для планирования мероприятий по предупреждению и ликвидации вспышек пожаров. «Потребителями» прогнозов помощью этих моделей будут руководители областного, краевого, республиканского и общесоюзного масштаба.

Перечислим теперь важнейшие, на наш взгляд, характеристики рассматриваемых математических моделей и реализующих их алгоритмов:

- степень детализации при описании физико-химических процессов горения;
- вычислительные трудности при работе с моделью, определяемые сложностью создания расчетных алгоритмов и потребными ресурсами компьютера;
- степень универсальности модели и ее пригодности для различных природных условий;
- степень детерминированности модели, определяемая полнотой учета статистической природы входных параметров;
- возможность и удобство оперативного использования модели, определяемые возможностью ее работы в реальном масштабе времени, осуществления диалога человек - компьютер и адаптации к изменившимся условиям.

Каждый из рассмотренных выше классов моделей предъявляет определенные требования к перечисленным характеристикам таблица 1.3. Еще одной важной характеристикой моделей всех перечисленных классов являются требования, предъявляемые ими к полноте и детальности исходной информации об условиях горения. Модели уровня А требуют наиболее подробную в этом отношении информацию, но, как правило, для одного вполне конкретного набора условий. В то же время для моделей уровней Б и В достаточна менее подробная информация о лесных и погодных условиях, однако для больших лесных территорий.

Создание достаточно полной информационной базы является одним из важнейших условий эффективного использования математических моделей.

Остановимся теперь на структуре математической модели, имея в виду главным образом тактический уровень моделирования. Рассматривая пожар как систему, мы можем выделить в ней ряд подсистем. При этом каждая из них будет описываться соответствующей, математической моделью, которая является звеном общей модели рассматриваемой системы, или ее субмоделью.

Таблица 1.3 – Требования, предъявляемые к математическим моделям лесных пожаров.

Характеристика моделей	Уровень и назначение модели		
	А	Б	В
	исследование физико-химических процессов горения	прогноз распространения контура	использование в системах определения пожарной опасности
Степень детализации	описание основных параметров горения	определение геометрических характеристик контура и интенсивности огня	определение скорости нарастания периметра и контура
Сложность вычислений	не играет роли	ограничена	ограничена
Универсальность	по возможности полная	для определенного типа лесной территории	для всей охраняемой территории
Учет случайных параметров	не требуется	обязателен	обязателен
Оперативность использования	не требуется	необходима	необходима

В качестве одной из таких подсистем можно выделить непосредственно физико-химический процесс горения лесных горючих материалов. Второй подсистемой, связанной с предыдущей, целесообразно считать процесс распространения огня по слою горючих материалов и формирования кромки пожара. Безусловно, эти две подсистемы определяют единый процесс горения, однако с точки зрения удобства изучения и моделирования их целесообразно разделить, сосредоточив в первой субмодели описание всех физических закономерностей горения и поручив второй, описание распространения процесса во времени и в пространстве.

При интенсивных верховых пожарах такое разделение процесса становится неоправданным, и речь следует вести о единой модели, описывающей процесс горения во времени и пространстве.

Необходимость подготовки исходной информации для функционирования этих двух основных моделей определяет необходимость введения еще ряда субмоделей. К ним можно отнести:

- модель свойств горючего материала, которая на основании характеристик леса и сведений о погоде и сезоне определяет физические характеристики горючего;
- модель ветра, оценивающая величину и направление ветра в зоне горения по данным метеостанций, топографии местности и характеристикам растительности;
- модель формирования конвективной колонки над пожаром.

1.2.1 Риски от лесных пожаров для объектов нефтегазовой отрасли

Последствия лесных пожаров весьма многообразны по масштабам воздействия на состояние лесов и окружающую экологическую среду. Пожары ежегодно возникают в лесах многих регионов Российской Федерации, распространяясь на площади свыше миллиона гектаров и повреждая различные элементы биogeоценоза. При этом происходит

снижение или ухудшение различных полезных функций леса: почвозащитных, водоохраных, санитарно-гигиенических, рекреационных, эстетических и других средообразующих, средозащитных и социальных полезных функций.

Например, из-за лесного пожара в июле 2007 года в Ханты-Мансийском автономном округе загорелся внутрипромысловый нефтепровод, принадлежащий «Сибнефть-Ноябрьскнефтегазу». Очаг возгорания находился в районе 341-й кустовой скважины.

Еще один пример из России. Огонь лесного пожара вплотную подошел к нефтепроводу. 11 апреля 2012 года в 22 часа 00 минут прокуратурой Чулымского района с северной стороны автодороги М51 «Байкал» было зафиксировано возгорание камыша протяженностью вдоль автодороги более 10 км и более 3 км от автодороги на север. На 145-146 км трассы огонь перешел через автодорогу на южную сторону в направлении г. Чулыма, расположенного в нескольких километрах от места пожара в подветренном направлении.

Как установлено прокурорской проверкой начальник ПЧ-76 и начальник ОНД по Чулымскому району не владели информацией о характере пожара и его возможных последствиях. После поступления информации о пожаре из прокуратуры района они не приняли незамедлительные мер по его локализации.

Лишь после информирования прокурором района председателя комиссии по ГО и ЧС Чулымского района и главы г. Чулыма были приняты меры по тушению пожара. Как сообщает пресс-служба областной прокуратуры, в результате несвоевременного принятия мер по тушению пожара, огонь распространился на значительной площади и приблизился к расположенным у городской застройки опасным производственным объектам нефтеперекачивающей станции ОАО «Транссибнефть» и перекачивающей станции нефтепродуктов ОАО «Сибтранснефтепродукт».

Из нескольких очагов действия огня тушение осуществлялось лишь на одном и без привлечения специальной техники, что создавало угрозу для населенного пункта и опасных производственных объектов.

В связи с несвоевременным принятием мер реагирования по ликвидации пожара 12 апреля прокурор района внес главе Чулымского района представление. Заместитель прокурора области проинформировал начальника ГУ МЧС России по Новосибирской области о необходимости принятия незамедлительных мер к предотвращению перехода ландшафтного пожара на территории населенных пунктов и организации его тушения. По состоянию на 9 часов 00 минут 13 апреля пожар полностью ликвидирован.

И совсем свежий пример из Канады. Пожар начался 1 мая 2016 года недалеко от Форта МакМюррей (провинция Альберта, Канада). 3 мая он прошел через населенные районы, уничтожив более 1600 строений и привел к крупнейшей эвакуации населения в истории Альберты. Огонь продолжил распространяться по северо-восточной Альберте и достиг лагерей добычи нефтеносных сланцев. Пожар может стать самым разрушительным стихийным бедствием в истории Канады. Пожар приобрел столь значительные объемы, что стал причиной формирования собственной погоды в виде сильного ветра, тепловых облаков и сухих молний – огненного шторма.

Пожар так же вынудил остановить добычу нефти к северу от Форта МакМюррей. Многие работники были эвакуированы. «Шелл Канада» остановила добычу на предприятиях расположенных в 70км к северу от Форт МакМюррей. В компании заявили, что их приоритетом является обеспечение безопасности, так же компания готова предоставить укрытие эвакуированным. Так же компания предоставила свою взлетно-посадочную полосу для организации эвакуации авиатранспортом в Калгари или Эдмонтон. Кроме того, компания предоставила две команды добровольцев для поддержки тушения пожара в районе.

Компании Suncor Energy и Syncrude Canada так же приостановили свою деятельность. Suncor's Millennium и North Steepbank – два крупнейших и старейших предприятия в районе Форт МакМюррэй, так же прекратили работу. Компании разместили 2000 эвакуированных каждый на своих территориях. 7 мая, предприятия полностью прекратили свою работу и приступили к эвакуации 4800 сотрудников. Четверть всей добычи нефти в Канаде, равная около одного миллиона баррелей нефти в сутки, была остановлена в результате пожара.

Лесные пожары угрожают специальным и экономическим объектам, в том числе и объектам нефтегазовой отрасли. Последствия пожара на таком объекте могут быть колоссальными, поэтому так необходима оценка риска от лесных пожаров.

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Методические основы оценки рисков от лесных пожаров

Полная математическая формализация расчетов лесопожарного риска для абсолютного большинства лесных массивов неосуществима практическими работниками вследствие качественной новизны и сложности. На наш взгляд, текущая задача состоит не только в создании комплекса логических и математико-статистических процедур для получения точных расчетов, но и в получении практически реализуемых технологий расчетов этих рисков. С этой точки зрения идентификация лесопожарных рисков важна для получения их количественных значений с целью обеспечения возможности управления этими рисками, чтобы учесть многочисленные факторы, влияющие на обоснованно принимаемые решения.

Согласно ГОСТ 12,1.033-81 [15], пожарная опасность – это возможность возникновения и/или развития пожара, а развитие пожара – это увеличение зоны горения и/или вероятности воздействия опасных факторов пожара. В последние годы пришло осознание того, что мера опасности и есть риск. Поэтому лесопожарный риск представляет собой осознанную опасность (количественно определенную) наступления негативного события (лесного пожара) с определенными во времени и пространстве последствиями.

На формальном уровне представление меры пожарного риска имеет вид:

$$R = PY, \quad (2.1)$$

где P – вероятность возникновения пожара; P

Y – ущерб от пожара. Y

Ущерб принято оценивать как в абсолютных единицах (руб., м³ и т.п.), так и в относительных (%). Для придания нашей методике универсального характера будем пользоваться при расчетах лесопожарных рисков второй (относительной) формой представления ущерба, выраженной в долях единицы, а в дальнейших разделах будут приведены методы определения ущерба и в абсолютных величинах.

Вместе с тем, часто при исследовании действительно сложных систем и проблем, к которым как раз и относится система обеспечения пожарной безопасности, одной статистической информации оказывается явно недостаточно, настоятельно требуется привлечение и специальной экспертной информации (включая нормативно-справочную). Получающиеся в результате совместной обработки этих двух видов информации модели называются «экспертно-статистическими моделями» (ЭСМ).

В контексте решаемой проблемы такая ЭСМ должна представлять собой математическое описание зависимости (функции) уровня пожарной опасности (безопасности) (так называемая эндогенная переменная, или выход) от вектора факторов (экзогенных переменных, или вход), его определяющих. При этом следует ожидать, что такая функция окажется достаточно сложной как по своим математическим характеристикам, так и по способам идентификации параметров. Экспертная информация требуется как на этапе выявления указанных факторов, так и при определении значений эндогенной переменной модели. Основное направление практического использования модели после ее построения состоит в следующем. Подставляя в ее правую часть конкретные значения определяющих факторов в обеспечении пожарной безопасности от лесных пожаров, автоматически можно будет вычислять уровень лесопожарного риска. Разумеется, такой расчет целесообразно выполнять не «вручную», а с использованием соответствующей компьютерной технологии. В связи с этим вопросы опросного листа (так называемого чек-листа) и описания условий

сформулированы таким образом, чтобы ответ «да» всегда соответствовал 0, а ответ «нет» - 1, что значительно облегчает создание программного продукта для автоматизации процесса оценки лесопожарных рисков.

Получение количественных значений мер по обеспечению пожарной безопасности, гарантирующих, что лесопожарные риски уменьшены до необходимого предела или поддержаны на терпимом уровне, дает возможность запустить механизм управления лесопожарными рисками. Однако этот подход к оценке мер по обеспечению пожарной безопасности не компенсирует оценку на их соответствие установленным нормативами требованиям.

Исходя из определения лесопожарного риска, под которым понимается математическое ожидание значения функции потерь, его составляющими являются вероятность возникновения опасных факторов воздействия лесного пожара на лес и размер потерь. Компонентами для оценки интегрального (суммарного) лесопожарного риска являются возникновение пожара, обнаружение пожара, развитие пожара, тушение пожара и минимизация воздействия опасных факторов. С другой стороны, эти компоненты напрямую зависят от организационных, технических, природных и социальных факторов.

Оценка лесопожарных рисков начинается с определения вероятности возникновения лесного пожара. Система профилактики лесных пожаров в целом достаточно полно определена действующим законодательством. Однако в настоящее время существуют риски возникновения лесных пожаров, обусловленные не только неосторожным обращением с огнем в лесу, неправильной организацией обеспечения пожарной безопасности, но и возможностью совершения умышленных поджогов, санкционированного применения огня в лесу, поэтому вероятность возникновения лесного пожара никогда не может уменьшаться до нуля.

После определения вероятности возникновения лесного пожара, идентифицируются риски его позднего обнаружения, а затем риски развития. Последние обычно являются субъективными. Поэтому простые схемы, состоящие из набора пунктов, по которым подразумевается оценивать лесопожарный риск в цифровой форме, не должны вводить в заблуждение экспертов. Специалисты также должны применять и численные методы, включая вычисление вероятностей и использование детерминированных моделей развития лесного пожара.

Существенный вклад в оценку лесопожарного риска вносит оценка факторов тушения лесного пожара, которые обеспечиваются как собственной системой противопожарного обустройства территории, так и силами и средствами пожаротушения.

Кроме указанных факторов при оценке лесопожарного риска должны учитываться иные существенные технические и управленческие решения в обеспечении пожарной безопасности лесов.

Оценка рисков от лесных пожаров производится с учетом периода пожароопасного сезона. В наиболее общем виде она может осуществляться с использованием имитационной математической модели, основанной на вероятностных и экспертных оценках и детерминированных связях различных параметров. На первом этапе риски определяются с помощью экспертных оценок с целью выявления лесных массивов, в первую очередь нуждающихся в охране от пожаров. При этом предварительная оценка рисков производится исходя из наиболее неблагоприятных (экстремальных) условий и факторов, которые обуславливают максимальные риски, а при оперативной оценке используются фактические показатели на день проведения оценки.

Все факторы, которые определяют лесопожарные риски, можно объединить в три группы:

- факторы, которые нельзя предугадать, проконтролировать, на которые невозможно воздействовать (оптические эффекты, падение метеоритов и т.п.);
- факторы, которые можно учесть (погодные условия, рельеф и др.);
- факторы, которые можно учитывать и на которые можно воздействовать (уровень противопожарной подготовки населения, противопожарное обустройство, организация пожаротушения и т.д.).

Для решения задачи определения и оптимального управления лесопожарными рисками в качестве управляемых параметров рассматриваются факторы третьей группы, а неуправляемых – факторы второй группы.

С целью формализации данной задачи вводятся следующие обозначения:

- $a = (a_1, \dots, a_k)$ – вектор неуправляемых параметров, выражающих количественные значения различных факторов (природных, социальных, организационно-технических);

- $x = (x_{k+1}, \dots, x_l)$ – вектор управляемых параметров, значения которых могут изменяться при планировании системы мероприятий по снижению лесопожарных рисков;

- B_i – коэффициент значимости i -го вида пожарной опасности в интегральной оценке ($i = 1, \dots, 4$);

- A_{ij} – весовой коэффициент, учитывающий влияние на i -ый вид пожарной опасности j -го параметра (неуправляемого – при $j = 1, \dots, k$; управляемого – при $j = k + 1, \dots, l$).

Интегральный индекс лесопожарного риска (R_ρ) определяется по формуле:

$$R_0 = F(\vec{a}, \vec{x}) = \sum_{i=1}^4 R_i \left(\sum_{j=1}^k A_{ij} a_j + \sum_{j=k+1}^l A_{ij} x_j \right), \quad (2.2)$$

При управлении лесопожарными рисками изменяются значения x_j с целью снижения интегральной оценки R_0 . Задача оптимизации управления лесопожарными рисками заключается в минимизации целевой функции при ограничении на финансовые ресурсы, необходимые для реализации системы противопожарных мероприятий:

$$\sum_{j=k+1}^l z_j (x_j - x_j^*) \leq Z_0, \quad (2.3)$$

где x_j^* – фактическое значение управляемого параметра x_j ;

z_j – удельные затраты на выполнение мероприятий, соответствующих j -му параметру;

Z_0 – предельно допустимая сумма расходов на реализацию системы противопожарных мероприятий.

При определении экспертом величины интегрального индекса лесопожарного риска применяется формула (2.2), при этом управляемым параметрам присваиваются фактически достигнутые на момент обследования значения.

Предлагаемый подход к определению опасности лесных пожаров можно квалифицировать как экспресс-метод оценки лесопожарных рисков. Использование данного метода позволит реально оценить исходящую от лесных пожаров угрозу, выявить наиболее проблемные в этом отношении лесные массивы, населенные пункты и объекты в лесу и обеспечить повышение уровня их противопожарной защиты.

2.2 Оценка рисков от лесных пожаров.

Разработанная методология оценки лесопожарного риска предоставляет возможность объединения вероятностей возникновения и развития пожара, его обнаружения, тушения и вероятных последствий пожара с целью получения количественных значений лесопожарного риска. Для этих целей разработанная форма опроса построена так, чтобы ответы экспертов не имели неоднозначного толкования, а также, чтобы ей было удобно пользоваться и легко запрограммировать для автоматизированной обработки данных, поэтому форма опроса не обязательно соответствует порядку изложения в данной методике.

Опросный лист (Приложение А) содержит 57 вопросов, сгруппированных по основным факторам независимо от их влияния на исследуемые виды рисков. При заполнении опросного листа эксперт использует не только свои знания и результаты обследования, но и привлекает работников администрации, специалистов лесного хозяйства, других предприятий и организаций и имеющиеся у них материалы (статистические, картографические, лесоустроительные и т.д.). При идентификации лесопожарных рисков для каждого показателя экспертом определяются количественные или качественные (да, нет) значения, которые затем учитываются при обработке и анализе результатов.

Влияние каждого показателя (соответствующего определенному вопросу из опросного листа) учитывается при оценке рассматриваемых лесопожарных рисков, причем, с уменьшением, если значение показателя благоприятствует снижению лесопожарного риска и с увеличением в противном случае.

После получения всей необходимой информации производится непосредственно расчет рисков возникновения лесных пожаров, рисков развития, рисков при обнаружении и тушении формула (2.4) и интегрального

(суммарного) риска формула (2.6) на однородном лесном участке (выдел и более).

Риск возникновения (позднего обнаружения, развития, безуспешного тушения - R_i) определяется по формуле:

$$R_i = \sum_{j=1}^k A_{ij} a_{ij}, \quad (2.4)$$

где a_{ij} – количественные (качественные) значения различных факторов (природных, социальных, организационно-технических);

A_{ij} – весовой коэффициент, учитывающий влияние на i -ый вид пожарной опасности j -го параметра.

Алгоритм вычисления i -го риска:

$$R_i = (r_0 = \sum KO_i \cdot KI_i) \rightarrow (r_1 = \sum r_0 \cdot K2_i) \rightarrow (r_2 = \sum r_1 \cdot K3_i) \rightarrow (r_3 = \sum r_2 \cdot K4_i), \quad (2.5)$$

где r_i – промежуточные значения рисков значений, условий, факторов.

$$R_{\text{сум}} = \sum R_i K5_i. \quad (2.6)$$

Затем определяются риски возникновения лесных пожаров, риски развития, риски при обнаружении и тушении и интегральный (суммарный) риск для кварталов, затем участков лесничеств, а затем и лесничества как средневзвешенные величины с учетом площадей этих единиц и общей оцениваемой площади формула (2.7).

$$R_n = \frac{R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n}{S}, \quad (2.7)$$

где R_i – риск (возникновения, распространения, при обнаружении, при тушении, интегральный) квартала, участкового лесничества, лесничества;

R_n – аналогичный риск выдела, квартала, участкового лесничества;

s_n – площадь выдела, квартала, участкового лесничества, га;

S – общая оцениваемая площадь, га.

В зависимости от полученных численных показателей лесопожарных рисков, диапазон их возможных значений разбивается на несколько интервалов, каждому из которых соответствует определенный уровень риска по принятой в мире градации рисков (пожарных, промышленных и др.).

2.3 Результаты расчета рисков от лесных пожаров для АЗС.

Основываясь на методики оценки рисков от лесных пожаров, рассмотренной в предыдущей главе, был произведен расчет оценки рисков от лесных пожаров на АЗС, а именно на 12,18,24,25 и 28 выделов 18 квартала лесничества.

Таблица 2.1 Расчет лесопожарных рисков

№ выдел а	Риски				S (га)	Интегральн ый
	возникновен ия	позднего обнаружен ия	развития	неудачног о тушения		
12	0,0828	0,05	0,206	0,1158	9,9	0,4546
18	0,0807	0,05	0,303	0,1166	7,9	0,5503
24	0,0807	0,05	0,206	0,1176	14	0,4543
25	0,0807	0,05	0,206	0,1176	8,1	0,4543
28	0,0828	0,05	0,206	0,1169	9,9	0,4557
$R_n =$	0,08153494	0,05	0,221387 55	0,1169443 78	49,8	0,46986686 7
	0,082	0,05	0,222	0,117		0,47

По результатам оценки основных видов лесопожарных рисков, основываясь на природных, социальных и технических факторах, самый большой риск – риск развития пожара, который составил 0,222.

Риск возникновения пожара составил 0,082. Основываясь на природных, социальных и технических факторах, а также на способствующих условиях (лесорастительные, погодные и рельеф).

Риск позднего обнаружения составил 0,05. Основываясь от препятствующих, социальных и организационно-технических факторах. Риск неудачного тушения пожара составил 0,117. Основываясь от природных, социальных, технических и организационных факторах.

После оценки основных видов лесопожарных рисков (возникновения, развития пожара, его позднего обнаружения и неудачного тушения) для выделов определяется интегральная оценка лесопожарного риска.

Средневзвешенный риск составил 0,47, что, исходя из таблицы 4.2, имеет приемлемый лесопожарных риск.

Таблица 2.2 – Классификационные значения лесопожарного риска (ЛПР).

Уровень ЛПР	Безопасный	Допустимый			Недопустимый (неприемлемый)
		приемлемый	условно приемлемый	повышенный	
Расчетное значение	$< 0,1$	$0,1 < 0,5$	$0,5 < 0,65$	$0,65 < 0,78$	$0,78 < 1$

2.4 Рекомендации по защите АЗС от лесных пожаров.

Для снижения рисков от лесных пожаров на АЗС, были разработаны следующие рекомендации:

1. Для снижения рисков развития и неудачного тушения пожара производство очисток леса от захламленности.
2. Создание подъездов к естественным водоисточникам и их углубление.

3. Органам лесничества с использованием всех средств связи и СМИ рекомендуется более полное проведение противопожарной пропаганды и агитации.

4. Установка вдоль периметра АЗС забора из негорючих материалов (бетон, металл);

5. Создание минерализованной полосы шириной не менее 1,4м по периметру АЗС.

Расчет пожарных рисков от лесных пожаров на АЗС при использовании рекомендаций.

Таблица 2.3 – Расчет лесопожарных рисков при использовании рекомендаций.

№ выдела	Риски				S (га)	Интегральный
	возникновения	позднего обнаружения	развития	неудачного тушения		
12	0,0828	0,05	0,165	0,0784	9,9	0,3762
18	0,0807	0,05	0,261	0,0791	7,9	0,4708
24	0,0807	0,05	0,165	0,091	14	0,3867
25	0,0807	0,05	0,165	0,091	8,1	0,3867
28	0,0828	0,05	0,165	0,0795	9,9	0,3773
R _c –	0,08153494	0,05	0,1802289 16	0,0843212 85	49,8	0,3960851 41
	0,082	0,05	0,181	0,085		0,397

При сравнении лесопожарных рисков до и после предполагаемого использования рекомендаций видно, что снизился риск развития пожара на 0,041 и риск неудачного тушения пожара на 0,032, а также средневзвешенный риск на 0,073.

2.5 Расчет сил и средств для тушения пожара

Для расчета сил и средств для тушения пожара мы берем произвольный 24 выдел 18 квартала лесничества. Берем коэффициент пожарной опасности

КПО=3. В 24 выделе преобладает сосна. Сосна – модель ЛГМ Н-2. КПО=3 скорость фронта равняется $V_{фр}=50\text{м/ч}$ или $V_{фр}=0,05\text{км,ч}$. Задасм время до начала тушения $T=2\text{ч}$.

Из формул алгоритма определения площадей и периметров пожаров:

$$S_H = 4(4V_{фр} + 0,07)^2 \cdot T^2, \quad (2.8)$$

где S_H – площадь пожара, га;

$V_{фр}$ – среднесуточная скорость распространения кромки пожара по фронту, км/ч;

T – время свободного распространения пожара (до начала тушения), ч.

$$\begin{aligned} S_H &= 4(4 \cdot 0,05 + 0,07)^2 \cdot 2^2 = 1,172\text{га}, \\ P_H &= 4(4V_{фр} + 0,07) \cdot T, \end{aligned} \quad (2.9)$$

где P_H – периметр пожара, км.

$$P_H = 4(4 \cdot 0,05 + 0,07) \cdot 2 = 0,54\text{км}.$$

Пользуясь справочником по тушению природных [18] пожаров определяем, что этот пожар является начинающимся и тушение могут обеспечить 2-3 обученных человека с ручными средствами тушения.

2.6 Пожарная безопасность на АЗС

Конструктивные особенности оборудования и зданий АЗС

Эксплуатационное оборудование, применяемое на автозаправочных станциях, не находится в непосредственном контакте с нефтепродуктами. Несмотря на это, оно имеет искробезопасное исполнение, а для его

производства применяют углеродистые «черные», коррозионностойкие стали, сплавы на основе алюминия. Все оборудование защищено от скопления статического электричества.

Исключение составляют метроштоки и контейнеры для замазученных отходов, непосредственно соприкасающиеся с нефтепродуктами. Ящики для замазученных отходов изготавливаются из углеродистой стали, имеют наклонную крышку, обеспечивающую стекание осадков. Контейнеры окрашиваются в серый и черный цвет, имеют надпись, указывающую на характер содержимого.

Требования к зданиям АЗС:

- Должны быть одноэтажными. Могут быть двухэтажными, если площадь не превышает 150 м² и в них отсутствуют помещения, предназначенные для складирования легковоспламеняющихся материалов.
- Один из эвакуационных выходов должен направляться в сторону, противоположную: площадке для автоцистерны, ТРК и резервуарам. Это правило может не соблюдаться, если расстояние от выхода до перечисленных выше объектов превышает 15 м.
- В помещениях должны находиться установки для пожаротушения, работающие в автоматическом режиме.
- Здание оборудуют автоматической системой пожарной сигнализации.

Требования пожарной безопасности к территории расположения АЗС.

Территория АЗС должна ограждаться негорючими продуваемыми заборами. Запрещается озеленять участок растениями, выделяющими волокнистые вещества, опущенные семена, хлопья. На территории АЗС оборудуют специальную площадку для АЦ с отбортовкой высотой 150 мм. От площадки прокладывают трубопровод, в который при разгерметизации АЦ пролитый нефтепродукт сливается самотеком в подземный резервуар. Объем резервуара не менее 1,1 от объема АЦ. Дистанция от конца

сбросового трубопровода до дна подземного резервуара не более 10 см. Трубопровод и сам резервуар должны заглубляться настолько, чтобы их промерзание в зимний период было исключено. Для въезда и выезда АЦ на площадке изготавливают пандусы.

На объекте должны присутствовать указатели направления движения и таблички с информацией о категории и классе пожарной опасности и другими полезными сведениями.

Пожарные щиты на АЗС

Обязательным мероприятием обеспечения пожарной безопасности является установка пожарных щитов. Их выпускают в двух исполнениях – открытом или закрытом.

- Открытый щит. Представляет собой металлический стенд с кронштейнами, на которые навешивается инвентарь для пожаротушения. Его преимущество – быстрый доступ к инвентарю.

- Закрытый щит. Выигрывает в плане вместимости и защиты от воровства. Представляет собой металлический короб с решетчатыми створками. Располагается на опорах. Такие модели закрываются на замок или опломбируются.

Средства пожаротушения на АЗС

Для экстренной ликвидации очагов возгорания на автозаправочной станции предусматривают первичные средства пожаротушения:

- Пенные огнетушители типа ОП. Применяются для тушения любых материалов. Исключение составляет электрооборудование, находящееся под напряжением.

- Углекислотные типа ОУ. С их помощью ликвидируют возгорание веществ, горящих при доступе воздуха. Погасить огнетушителями ОУ материалы, способные гореть без воздуха, невозможно.

- Кошма – асбестовое полотно. Применяется для ликвидации небольших очагов возгорания.

- Песок. Подается в очаг горения лопатой или совком. Песком сбивают пламя и прекращают доступ воздуха к тлеющим материалам. Песок хранится в специальном ящике для песка, изготовленном из углеродистой стали. Исполнение 1 предусматривает двускатную крышку, исполнение 2 – односкатную, расположенную под наклоном к горизонтальной плоскости. Ящик окрашивается в красный цвет. Вариант – корпус контейнера окрашивается в серый цвет, крышка – в красный.

2.7 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда.

Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности.

Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Экономический расчет.

Предотвращенный ущерб от избегания пожара на АЗС рассчитывается по формуле:

$$Y_{пр} = Z - P_{туш} - Y_{др} - P_{защ} \quad (3.1)$$

где Z – коммерческие убытки от уничтожения АЗС (руб.);

$P_{туш}$ – затраты на тушение лесного пожара (руб.);

$Y_{др}$ – ущерб от потерь древесины (руб.);

$P_{защ}$ – затраты на мероприятия по противопожарной защите участка (руб.);

$Y_{пр}$ – предотвращенный ущерб.

Z – примерная цена АЗС такого качества и размеров 9000000р.

Затраты на тушение ($P_{туш}$), одна единица техники – УАЗ-3303:

- ранцевый лесной огнетушитель «Ермак РП-18» 3шт;

- стоимость огнетушителя 3245р;

- расход топлива УАЗ-3303 $Q_H=0,165$ л/км [29];

- зарплата водителя 25000 рублей в месяц, если 22 рабочих дня, то 1136 рублей в день или 142р в час;

- зарплата лесного пожарного 28000 рублей в месяц или 1273 р в день или 160 р в час.

Пусть тушение осуществляют 3 человек, 1 единица техники (водитель), на протяжении 15 мин или 0,25ч.

Стоимость литра – 33,50. 1 час простоя равен 10км пробега автомобиля, следовательно, израсходовано бензина. $17,5 \cdot 0,165 = 2,89$ л бензина.

$$P_{туш} = 160 \cdot 1,25 \cdot 1 + 142 \cdot 3 + 3245 \cdot 3 + 33,5 \cdot 2,89 = 10457 \text{ руб.}$$

Ущерб от потерь древесины вычисляется по формуле:

$$Y_{др} = Z_{ст} \cdot C \cdot \lambda, \quad (3.2)$$

где $Y_{др}$ – ущерб от потерь древесины;

$Z_{ст}$ – запас леса (из таксац.описания) – 230 м³/га;

λ – коэффициент поправочный к ставке на лесную подать определяется из приложения №3 инструкции по определению ущерба причиняемого лесными пожарами. Для осины диаметром 24 он равен 0,85; λ

C – ставка на лесную подать в 2018 году равна 188 рублей на 1 м³.

При малом пожаре для сосны процент потерь насаждений равен 10 (приложение №2 инструкции по определению ущерба).

Значит, потери составят: $230 \cdot 0,10 = 23 \text{ м}^3$

Ущерб от потерь древесины составит:

$$Y_{др} = 23 \cdot 188 \cdot 0,85 = 3675 \text{ руб.}$$

Затраты на противопожарную защиту участка:

- расчистка трассы для прокладки минеральной полосы;
- прокладка минеральной полосы;
- обрубка нижних сучьев;
- очистка древесного хлама, подроста.

Расчистка территории для прокладки минеральной полосы – по расчетно- технологическим картам 1 км полосы это 11 чел/часов и 11 маш/часов.

Так как периметр ЛЗС составляет 124,1м, то стоимость расчистки территории составляет

$$P_{м} = 1,36 \cdot 160 + 1,365 \cdot 338 = 679 \text{ руб.}$$

Прокладка минеральной полосы:

0,5 чел/час на 1 км и 1 маш/час на 1 км, отсюда

$$P_{\text{мат}} = 0,06 \cdot 160 + 0,12 \cdot 338 = 50 \text{ руб}$$

Обрубка сучьев:

21 чел/час и 21 маш/час, обрубка происходит пилой, поэтому затраты на бензин, стоимость литра 33,50. Расход топлива 3л/час, отсюда затраты на топливо – 106,5р в час.

$$O_c = 21 \cdot 160 + 21 \cdot 106,5 = 5596,5 \text{ руб.}$$

Очистка древесного хлама:

25,4 чел/часа, 25,4 маш/часа, отсюда

$$O_v = 25,4 \cdot 160 + 25,4 \cdot 338 = 12649 \text{ руб.}$$

Установка забора из негорючих материалов:

Цена железобетонной плиты П6-в размером длиной 3,98м, высотой 2,55м, вес 1,7т 8050р.

Периметр АЗС без проезжей части равен 127,5м.

$$P = 127,5 + 3,98 = 32 \text{ м.}$$

Расчет стоимости железобетонных плит для ограждения АЗС.

$$C_{\text{мат}} = 32 \cdot 8050 = 257600 \text{ руб.}$$

Стоимость установки железобетонного забора высотой 2,5м 2500р.

$$C_{\text{м}} = 2500 \cdot 127,5 = 318750 \text{ руб.}$$

Доставка железобетонного забора.

32 железобетонные плиты весом 1,7т, получаем

$$m = 32 \cdot 1,7 = 54,4m,$$

Для транспортировки такого груза потребуется трал с грузоподъемностью 60т, цена на 1ч такого трала равняется 3000р/ч.

$$t = 100 \div 60 = 1,67ч, \text{ округляем до } 2ч.$$

$$Cm_{\text{тр}} = 2 \cdot 3000 = 6000руб.$$

Стоимость покупки, установки и доставки

$$Cm_{\text{ср}} = 257600 + 318750 + 6000 = 521200руб.$$

Предотвращенный ущерб.

Подставляя найденные значения, по затратам на тушения пожара, по потере древесины и по затратам на противопожарную защиту участка

$$Y_{\text{пр}} = 9000000 - 10457 - 3675 - 18975 - 521200 = 8445693руб.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из характеристики участка, все ближайшие выделы к АЗС преимущественно состоят из хвойных пород леса с высокой плотностью насаждения, что повышает риск возникновения лесного пожара. И исходя из статистики лесных пожаров в лесничестве лесные пожары возникают практически ежегодно, порой и по несколько раз в пожароопасный период. Благодаря методике расчетов рисков от лесных пожаров можно существенно снизить риск возникновения, развития и неудачного тушения, а также повысить шанс раннего обнаружения пожаров. Ведь как видно из расчета сил и средств, для лесного пожара, даже при среднем показателе коэффициента пожарной опасности за 2 часа действующего пожара он может достигать примерно 1 га горящего леса. И если точка возникновения пожара находится в непосредственной близости от АЗС, шанс возгорания АЗС крайне высок. И чтобы снизить риск возгорания АЗС следует обратить внимание и приступить к выполнению рекомендаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, Ю. А. Вероятность поджогов леса населением / Ю. А. Андреев // Пожарная безопасность. - 1998. - № 2. - С. 56-60.
2. Андреев, Ю. А. Виновники и причины возникновения лесных пожаров / Ю. А. Андреев // Пожаровзрывобезопасность. - 1997. - № 4. - С. 52-54.
3. Андреев, Ю. А. Метод оценки напряженности пожароопасного сезона / Ю. А. Андреев // Лесной журнал. - 1987. - № 2. - С. 110-112.
4. Андреев, Ю. А. Население и лесные пожары в Нижнем Приангарье / Ю. А. Андреев. – Красноярск. : ПИК «Офсет», 1999. - 95 с.
5. Андреев, Ю. А. Оценка антропогенной пожарной опасности в лесах Красноярского Приангарья (методические рекомендации) / Ю. А. Андреев. – Красноярск. : ВНИИПОМлесхоз, 1991. - 25 с.
6. Андреев, Ю. А. Оценка и прогноз пожарной опасности в лесу / Ю. А. Андреев // Лесохозяйственная информация. - 1990. - № 11. - С. 33-38 13)
7. Арцыбашев, Е. С. Лесные пожары и борьба с ними / Е. С. Арцыбашев. - М.: 1974. – 152 с.
8. Бушлинский, Н. Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях / Н. Н. Бушлинский // Пожарная безопасность. – 1999. - № 3. – С. 83-84.
9. Воробьев, О. Ю. Математическое описание процессов случайного распространения и управления ими / О. Ю. Воробьев. - Красноярск: Изд-во СО АН СССР, 1973. - Вып. 3, № 13. – С. 145-152.
10. Воробьев, О. Ю. Вероятностное множественное моделирование / О. Ю. Воробьев, Э. Н. Валендик. – Новосибирск. : Наука, Сиб. отд-ние, 1978. - 159 с.

11. Воробьев, О. Ю. Вероятностная модель распространения лесного пожара / О. Ю. Воробьев, Г. А. Доррер // Вопросы лесной пирологии. - Красноярск, 1974. - С. 118-134.

12. ГОСТ Р 51897-2002 Менеджмент риска. Термины и определения. [Электронный ресурс] от 30.05.2002 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

13. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Электронный ресурс] от 29.09.1988 ред. от 20.06.2000. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

14. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс] от 14.06.1991 ред. от 01.10.1933. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

15. ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения. [Электронный ресурс] от 27.08.1981 ред. от 26.08.1983. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

16. ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. [Электронный ресурс] от 05.12.1984 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

17. Гришин, А. М. Моделирование и прогноз катастроф. Основные определения и понятия катастроф и общие закономерности их возникновения и развития / А. М. Гришин. – Томск. : Изд-во Томск. ун-та, 2002. - 122 с.

18. Иванов, В. А. Справочник по тушению природных пожаров : науч. изд. / В. А. Иванов, Г. А. Иванова, С. А. Москальченко. – Красноярск, 2011. – 130 с.

19. Исабель, М. Н., Лоренцо Д. и др. Регрессионные модели для предсказания возникновения лесных пожаров / Д. Лоренцо // Материалы межд. конф. «Математическое и физическое моделирование лесных пожаров и их экологических последствий». - Томск-Иркутск, 1997. - С.124-135.
20. Конев, Э. В. Физические основы горения растительных материалов / Э.В. Конев. – Новосибирск. : Наука, 1977. – 239 с.
21. Курбатский, Н. П. Охрана лесов от пожаров в районах интенсивного освоения (на примере КАТЭКа) / Н. П. Курбатский, П. А. Цветков. – Красноярск. : ИЛиД, 1986. - 149 с.
22. Курбатский, Н. П. Проблема лесных пожаров / . П. Курбатский // Возникновение лесных пожаров. - М. : Наука. - 1964. - С.5-60.
23. Курбатский, Н. П. Техника и тактика тушения лесных пожаров/ Н. П. Курбатский. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – 154 с.
24. Лобаев, И. А. Экспресс-оценка пожарных рисков при изменении функционального назначения зданий: дис. ... канд. техн. наук / И. А. Лобаев. – М., МИПБ. - 1998. – 24 с.
25. Львов, П. Н. Профилактика лесных пожаров / П. Н. Львов, А. И. Орлов. - М. : Лесная промышленность, 1984. – 116 с.
26. Мелехов, И. С. Лесная пирология. Учебное пособие для студентов лесохозяйственных факультетов / И. С. Мелехов. - М. : МЛТИ, 1978. – 80 с.
27. Мелехов, И. С. Лесные пожары и борьба с ними / И. С. Мелехов. – Архангельск. : Севкрайгиз, 1934. - 43с.
28. МЭК ТО 15504 Информационная технология. Оценка процесса. Часть 4. Руководство по применению для улучшения и оценки возможностей процесса. [Электронный ресурс] от 01.01.2014 ред. от 16.01.2015. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
29. Методические рекомендации. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. [Электронный ресурс] : расп.

Мин. России от 14.03.2008 № АМ-23-р ред. от 14.07.2015. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

30. Михалёв, Ю. А. Оценка пирологической структуры земель лесного фонда / Ю. А. Михалев, Л. М. Ряполова // Охрана лесов от пожаров лесовосстановление и лесопользование. Сб. науч. ст., ФГУ ВНИИПОМлесхоз». – Красноярск. : ИИЦ КГТУ. – 2003. – С. 84-94.