

И.И. Шанин, А.А. Штондин

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
ТИПОВЫХ И ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК
В ОБЛАСТИ ПРОФИЛАКТИКИ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

Введение. Ежегодные вспышки лесных пожаров на лесных территориях повышают антропогенную нагрузку в регионах и оказывают существенное влияние на состояние окружающей среды. В связи с этим существует необходимость принятия эффективных мер, направленных на предупреждение и скорейшую локализацию лесных пожаров. Принятие необходимых мер по профилактике и тушению лесных пожаров, в контексте изменения климата и снижения углеродного следа, является важной задачей государственного уровня.

Начиная с 2010 года лесные пожары охватывают значительные по площади лесные земли, приводя в негодность тысячи гектаров лесных насаждений. Основным источником оперативных данных о текущей пожароопасной обстановке на лесных территориях выступают открытые данные Рослесхоза. Согласно нормативно-правовой документации Рослесхозом предоставляется ежегодная отчетность о динамике, мероприятиях по предотвращению лесных пожаров. Одной из основных форм является форма 7-ОИП¹.

Ежегодно на территории РФ в разных точках страны происходит множество лесных пожаров, в среднем от 11 до 14 тысяч. Лесная площадь, охваченная огнем, составляет от 8 до 10 тыс. га в каждый пожароопасный период. В 2022 г. можно было наблюдать значительное снижение общей площади лесных пожаров, которому способствовали оперативные мероприятия по предотвращению распространения огня. Тем не менее, только за 2022 г. от лесных пожаров пострадало 3240,5 тыс. га лесов. Число лесных пожаров по-прежнему значительное, но имеет тенденцию к снижению: если за весь 2022 г. было зафиксировано 11924 лесных пожаров, то в 2021 г. их было 14 240 с общей площадью в 9928,1 тыс. га, а в 2020 г. лесными пожа-

¹ Форма N 7-ОИП «Сведения о возникновении лесных пожаров, их ликвидации и эффективности тушения по целевому назначению лесов». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415430/d5d8b666fa5e19c9d7ef402ca39bf91e320bfd50/ (дата обращения: 07.08.2024).

рами были охвачены лесные территории на площади 9127,4 тыс. га с общим числом лесных пожаров в 13863 шт. [Государственный..., 2024].

На рис. 1 представлена динамика площадей, охваченных лесными пожарами, а также их количество.

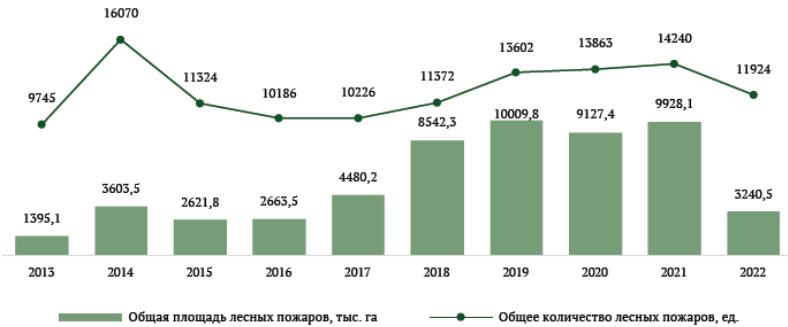


Рис. 1. Динамика площадей, охваченных лесными пожарами (тыс. га), и их количества (шт.) [Государственный..., 2024]

Fig. 1. Dynamics of areas affected by forest fires (thousand hectares) and their amount (units)

В качестве одного из ключевых условий нераспространения огня на лесных территориях можно отметить оперативность реагирования на лесные пожары. Дальнейшая пожароопасная обстановка определяется эффективностью принятых мер по выявлению и локализации очага лесного пожара именно в первые сутки возникновения. В большинстве случаев от действий оперативных, противопожарных служб и ответственных за конкретный участок лесной территории лиц в первые часы лесных пожаров зависит дальнейшая скорость распространения огня, размер площади, охваченной лесным пожаром, и, как следствие, объем утраченных лесных насаждений. На рис. 2 представлены данные о доле лесных пожаров, потушенных в день возникновения.

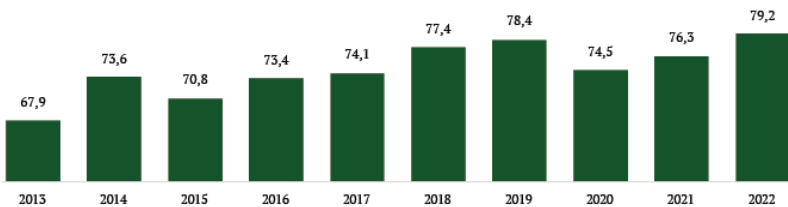


Рис. 2. Количество пожаров, потушенных в день возникновения (% от общего числа) [Государственный..., 2024]

Fig. 2. Amount of forest fires suppressed on the day of occurrence (% of total number)

В целом, анализируя динамику, мы видим, что оперативность реагирования на лесные пожары находится на достаточно высоком уровне (79,25% в 2022 году), но, учитывая ежегодные площади, охваченные огнем (3240,5 тыс. га по итогам 2022 г.), этого недостаточно. Даже небольшой лесной пожар может перекинуться на другие лесные территории и перейти в статус неконтролируемого. Наблюдается положительная динамика реагирования и тушения лесных пожаров в первые сутки после возникновения (с 74,5% в 2020 г. до 79,2%). Наличие лесных пожаров, не потушенных в день возникновения (20,8%), объясняется в основном труднодоступностью лесных территорий, на которых выявлен очаг пожара, и невозможностью оперативно отследить предпожарное задымление.

Материалы и методика исследования. В статье применены методы сравнительного, табличного анализа. Использовались методы сравнения и нормирования технических характеристик лесопожарных машин и механизмов при выполнении полевых работ. Применялась методика расчета технико-экономического обоснования использования тракторной и колесной техники при производстве профилактических и лесопожарных работ на лесных территориях с расчетом стоимости машино-смен.

Также применялись методы анализа нормативно-правовых актов, в которых отражены правила и нормативы, применяемые при проведении противопожарных работ в лесной отрасли. На законодательном уровне мероприятия по профилактике и тушению лесных пожаров регулируются рядом нормативно-правовых актов, основным из которых выступает приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 161 от 28.03.2014 «Об утверждении видов средств предупреждения и тушения лесных пожаров, нормативов обеспеченности данными средствами лиц, использующих леса, норм наличия средств предупреждения и тушения лесных пожаров при использовании лесов». Все противопожарные мероприятия на лесных землях должны осуществляться в соответствии со статьей 53.1 Лесного кодекса Российской Федерации. В данных актах определены основные типы используемых средств, применяемых в качестве предупреждающих возникновение очага огня и используемых непосредственно при тушении лесных пожаров. Также в представленной нормативно-правовой документации отражены лесопожарные нормативы, определяющие уровень обеспеченности необходимыми средствами пожаротушения, привлекаемым численным составом, используемыми на лесных территориях лесопожарными машинами и механизмами.

Результаты исследования. Применение необходимых мер должно в первую очередь основываться на исследованиях в области осуществления контроля за лесными территориями и разработки соответствующих охранных мероприятий. Контроль за пожарной безопасностью на лесных территориях основывается на проведении комплекса противопожарных мероприятий, позволяющих обеспечить профилактику и возможность оперативного реагирования на возникновение лесного пожара (рис. 3).



Рис. 3. Модель протекания основных мероприятий по профилактике и тушению лесных пожаров

Fig. 3. A set of basic measures for the prevention and extinguishing of forest fires

Для предотвращения возникновения лесных пожаров необходимо осуществлять комплекс профилактических мер, направленных на снижение возможности перехода огня и дальнейшего его распространения по лесным территориям. Как показывает практика, наиболее эффективным способом является прокладка лесных противопожарных минерализованных полос и барьеров, которые снижают риски перехода лесного пожара на новые территории. Эти мероприятия в основном предотвращают низовые лесные пожары, которые возникают из-за различных факторов, в том

числе поджога, выброшенного окурка и т. д. Лесные территории (преимущественно Уральского, Сибирского, Дальневосточного, Северо-Западного федеральных округов) характеризуются трудностью проведения конкретных профилактических противопожарных мер. Это вызвано тем, что техника на колесном ходу не всегда имеет доступ к необходимому участку леса, а направлять технику на гусеничном ходу достаточно проблематично из-за существенных расстояний и необходимости дозаправки.

Выявленные проблемы, связанные со сложностью тушения пожаров и труднодоступностью лесных территорий, позволили сделать вывод, что в лесном комплексе на сегодняшний день недостаточно применяются инновационные разработки, которые позволили бы повысить эффективность осуществления мер по профилактике и тушению лесных пожаров. Стоит отметить, что значительная часть лесных пожаров, а именно 20,8%, очаги которых не удалось локализовать в течении первых 24 ч, могут достаточно быстро перерасти в крупные лесные пожары. Здесь необходимо оценить основные мероприятия по профилактике лесных пожаров с применением имеющихся машин и механизмов, а также проанализировать имеющиеся инновационные разработки в этом направлении.

В первую очередь стоит уделить внимание проводимым работам, применяемым машинам и устройствам, осуществляющим комплекс мероприятий по профилактике возникновения и распространения лесных пожаров. Наиболее распространенным способом является обустройство минерализованных лесных полос [Евдокименко, Иванов, 2017; Дручинин и др., 2020].

Способ профилактики лесных пожаров, основанный на повышении влажности лесных территорий путем проливки границ лесов, позволяет защитить лесные участки от попадания на них источников горения. Увлажнение почвы происходит вдоль дорог и автомагистралей, по границам городов, сел и крупных промышленных предприятий. Минусом данного способа выступает быстрое осушение почвы и возможный недостаток водных ресурсов. При применении химических средств, затрудняющих процесс горения, используются материалы, образующие полосы из химической пены для предотвращения распространения пожара [Шур и др., 2018; Зимарин и др., 2021].

Обустройство минерализованных полос как один из способов почвообработки является наиболее простым и оптимальным во многих случаях. В основном оно используется на труднодоступных лесных территориях, где нет доступа к водным источникам. [Малюков и др., 2019; Щербаков и др., 2023].

Основное назначение данного способа профилактики лесных пожаров заключается в задержании огня, распространяющегося при низовых пожарах. Ширина минерализованной полосы может быть различна, рекомендуемая составляет не менее 1,5 м, оптимальная ширина минерализованной полосы для эффективного задержания огня – от 2,5 до 3,5 м. Довольно часто в сфере лесного хозяйства применяются различные противопожарные устройства. В частности, хорошо зарекомендовали себя лесные комбинированные плуги ПКЛ-70 и ПЛК-2.0, мульчеры Impulse, Forster. Минерализованная полоса прокладывается на открытом грунте с использованием специальной техники. В основном используется тяжелая техника на базе тракторов МТЗ 82, ДТ-75 в сцепке с соответствующим устройством (лесной плуг, лесопожарный грунтотмет, мульчер). Может применяться бульдозер Т-150 (рис. 4).



Рис. 4. Механизированные устройства для обустройства минерализованных полос: а) мульчер Impulse; б) мульчер Forster; в) плуг ПКЛ-70; д) ПЛК-2.0

Fig. 4. Mechanized devices for the arrangement of mineralized strips:
а) mulcher Impulse; б) mulcher Forster; в) forest plough PKL-70; д) PLK-2.0

Тушение лесных пожаров осуществляется также специализированными пожарными цистернами, разработанными для труднодоступных лесных

территорий. На сегодняшний день распространенными автопожарными цистернами являются: 1,6-40 (33081) на базе ГАЗ-33081 (4x4), АЦ 3,0-40 (4326)ВЛ на базе КамАЗ-4326-15 (4x4), АЦ 3,0-40 (33086)ВЛ (Л) на базе ГАЗ-33086 (4x4). Скорость тушения лесного пожара тем или иным устройством зависит от ряда факторов. Одним из них выступает проведение профилактических противопожарных мероприятий, следующим можно отметить труднодоступность лесных территорий и время, за которое прибывает пожарный расчет [Драпалюк и др., 2020; Podolskaia, 2023].

Учитывая, что в классических литературных источниках 1 мото-час на холостом ходу приравнивается к 60 минутам, при проведении профилактических работ и осуществлении тушения лесных пожаров 1 мото-час приравнивается к 40 минутам. Необходимо учитывать факторную составляющую, т.к. при тушении лесных пожаров возможно влияние сложности ландшафтных условий и характера местности, а также возможности доступа людей и пожарной техники к очагу пожара.

В исследовании на основе необходимых расчетов по результатам анализа применения противопожарных машин и механизмов были определены максимально возможные условия использования лесопожарной техники. Стоит учитывать, что пожарная техника на основе автоцистерн имеет ограниченный объем от 1000 до 3000 л воды, и во многих случаях вблизи лесных пожаров источники водных ресурсов отсутствуют.

В то же время лесопожарным машинам и устройствам, осуществляющим работу без воды, требуется только топливо, что позволяет обеспечивать их непрерывную работу в зоне лесных пожаров. В среднем одно лесопожарное устройство может работать 12 – 13 ч в сутки. При слабой скорости распространения лесного пожара коэффициент не меняется, при средней скорости коэффициент составляет 1,3, при сильной скорости лесного пожара значение умножается на коэффициент интенсивности 1,5 [Drapalyuk et al., 2019].

В табл. 1 представлена характеристика лесопожарных машин и механизмов, оптимизированных под лесное хозяйство, с характеристикой их возможной выработки при противопожарных работах.

Рассматривая типовые и давно зарекомендовавшие себя при профилактике и тушении лесных пожаров машины и механизмы, можно отметить, что каждое устройство или машина уникальны, выполняют свои функции исключительно под конкретный вид работ и в определенных территориальных условиях. Например, плуги и мульчерные установки при прокладке минерализованных полос, с соответствующей функцией, работают только в сцепке с трактором и экскаватором на колесном ходу.

Трактора на колесном ходу по различным характеристикам достаточно проходимы, но все-таки их возможности ограничены. Наибольшие преимущества на труднодоступных лесных территориях может продемонстрировать техника на гусеничном ходу, скорость которой значительно ниже, чем у колесных тракторов, и которой требуется подвоз топлива к месту работы, что в сложных пожароопасных условиях затруднительно.

Таблица 1

Характеристика лесопожарных машин и механизмов, оптимизированных под лесное хозяйство (типовые разработки), м/ч, сутки

Characteristics of forest fire fighting vehicles and mechanisms optimized for forestry (typical developments), m/h, per day

Наименование лесопожарных работ	Вид используемого средства пожаротушения	Особенности	Скорость возрастания лесного пожара		
			Слабая	Средняя	Сильная
В сцепке с тракторами и бульдозерами					
Профилактика и тушение лесных пожаров без воды	Плуг ПКЛ-70, ПЛК-2.0	Обустройство противопожарных минерализованных полос	5,2–6,0	6,4–7,1	7,5–8,1
	Мульчер Impulse, Forster	Агрегируются исключительно на экскаватор	4,8–5,9	6,3–7,2	7,6–8,9
	Трактор МТЗ 82, ДТ-75, Т-150К	Возможность осуществлять прицепку практически любых устройств	5,0–6,1	6,2–6,9	7,2–8,7
	Бульдозер Т-150	Хорошая проходимость на труднодоступных лесных участках	6,3–7,4	7,4–7,9	8,2–9,1
Механизированный способ (собственный ход)					
Профилактика и тушение лесных пожаров с использованием водных ресурсов	Лесопожарная автоцистерна АЦ 1,6-40(33081)ВЛ; АЦ 3,0-40(4326)ВЛ; АЦ 3,0-40(33086)ВЛ (Л)	Тушение лесного пожара водой в виде мелкодисперсного распыла Использование пеногенераторов при тушении лесных пожаров	7,9–9,1	8,9–10,9	11,3–12,6

В то же время лесопожарные автоцистерны, разработанные именно для тушения лесных пожаров, отличаются повышенными характеристиками проходимости, усиленными элементами конструкции кузова и увеличенными топливными баками. Однако для пожарных автоцистерн также необходимы дороги, которые не всегда доступны при подъезде к очагу возгорания и водоему или отсутствуют вообще.

Наибольший успех в этом направлении можно достичь в кооперации с научными и образовательными учреждениями по разработке инновационных машин и механизмов. Инновационными разработками в направлении профилактики и тушения лесных пожаров занимаются профильные ВУЗы, НИИ, конструкторские отделы на производственных машиностроительных предприятиях [Шанин, Лысыч, 2018]. Рассмотрим основные инновационные разработки в области профилактики и тушения лесных пожаров, которые уже прошли полевые испытания и для которых имеются опытные, готовые к эксплуатации образцы (табл. 2).

Для профилактики и тушения лесных пожаров существуют научные разработки, но в ряде случаев они так и не нашли свое место в производственной цепочке, оставшись в виде макетов и патентов или одного опытного «недвижимого» образца. Тем не менее, часть научных разработок дорабатывается, и на регулярной основе проводятся соответствующие испытания.

Анализируя научные разработки и инновационные средства лесного пожаротушения, можно отметить лесопожарный грунтомет, разработанный учеными из ВГЛТУ. Данное устройство можно назвать уникальным, т.к. выполняются сразу 2 функции – обустроиваются противопожарные полосы и осуществляется тушение лесного пожара земляным грунтом. Первые наработки по данному устройству были сделаны в 2012 г. Бартевым И.М., Драпалюком М.В., Гончаровым П.Э., Дручининим Д.Ю. Изначально лесопожарный грунтомет был представлен как полосопрокладыватель, который мог работать, осуществляя отсыпку грунта лишь по кромке пожара и на легких почвах, при движении только по дорогам. Этого оказалось недостаточно, т.к. необходимо было усовершенствовать устройство до применения на всех видах почв [Бартев и др., 2012; Есков и др., 2018].

В современных научных исследованиях данное устройство представлено как лесопожарный грунтомет-полосопрокладыватель с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками (рис. 5).

Таблица 2

**Характеристика лесопожарных машин и механизмов,
оптимизированных под лесное хозяйство
(научные разработки ВУЗов, производственных предприятий)**

**Characteristics of forest fire fighting machines and mechanisms optimized
for forestry (scientific developments of universities, manufacturing enterprises)**

Наименование лесопожарных работ	Вид используемого средства пожаротушения	Особенности	Скорость возрастания лесного пожара		
			Слабая	Средняя	Сильная
Профилактика и тушение лесных пожаров без воды	Лесопожарный грунтомет (Разработка ученых ВГЛТУ)	Прицепное устройство с трактором Т-150К	10,3	13,4	15,4
Тушение лесных пожаров с водой	Мобильный комплекс для тушения лесных пожаров (разработка ведущих и молодых ученых ПетрГУ)	Монтируется только в грузовой отсек форвардера	7,1	9,2	10,6
Профилактика лесных пожаров	«Машина противопожарных барьеров» (МПБ)	Полностью автономная машина, на колесном ходу, на шасси КАМАЗ 43118	9,1	11,8	13,7
Профилактика и предотвращение лесных пожаров	Гусеничный пожарный вездеход ГАЗ-34039 (Снегоболотоход ТГ-126-01 «Росомаха»)	Автономный вездеход на гусеничном ходу, на базе снегоболотохода ТГ-126-01 «Росомаха» в сочетании с гидравлическим плугом ПДП-1.2	8,3	10,8	12,4
Доставка людей и пожарных устройств к труднодоступному месту лесного пожара	Колесный вездеход АГ-30 с бескамерными шинами низкого давления	Предназначен для субъектов лесного хозяйства и лесной промышленности, оборудован современными мультимедийными и инновационными системами	13,0	16,9	19,5
Профилактика и предотвращение лесных пожаров	Автономный передвижной мобильный комплекс управления тушением лесных пожаров	Выявление очагов возгорания лесных пожаров и контроль дальнейшего распространения пожаров, обеспечение связи	13,0	16,9	19,5



Рис. 5. Лесопожарный грунтomet-полосопрокладыватель с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками

Fig. 5. Forest fire soil thrower-strip layer with improved technical and operational characteristics

Так, в трудах Позднякова А.К., Петкова А.Ф., Гнусова М.А. можно увидеть результаты испытаний улучшенного лесопожарного грунтomet-полосопрокладывателя, где в его устройство внедрены фрезы-метатели, движение которых осуществляется непосредственно приводом отбора мощности ведущего трактора. Основная функция по рыхлению почвы осуществляется двумя усиленными сферическими дисками, которые образуют необходимую массу почвенного вала. Улучшенная модификация грунтomet-полосопрокладывателя может осуществлять эффективную работу на различных видах почв. Таким образом, с помощью данного устройства можно осуществлять прокладку минерализованных полос практически на всех видах почв и тушение лесного пожара грунтом, без использования водных ресурсов [Драпалюк и др., 2020; Малюков и др., 2022]. Преимуществом данного грунтometа выступает возможность его монтирования практически на любой трактор или бульдозер.

Еще одной инновационной разработкой ученых из ВУЗовской среды выступает мобильный комплекс для тушения лесных пожаров, разработанный ведущими и молодыми учеными опорного университета «Петрозаводский государственный университет». Данный комплекс представлен в виде модуля, который устанавливается преимущественно на колесный форвардер. Представленный противопожарный модуль имеет достаточно несложную конструкцию, которая состоит из платформы с необходимым оборудованием. Далее осуществляется установка в грузовой отсек форвардера. К основным техническим устройствам усовершенствованного мобильного лесопожарного комплекса можно отнести: гидрoлинию, лафетный ствол, насосную установку, емкость для жидкого огнетушащего вещества (рис. 6).



Рис. 6. Усовершенствованный мобильный комплекс для тушения лесных пожаров (разработка ведущих и молодых ученых ПетрГУ)

Fig. 6. Mobile complex for extinguishing forest fires (developed by leading and young scientists of PetrSU)

Использование мобильного комплекса петрозаводских ученых [Скобцов и др., 2023а] ориентировано в первую очередь на оперативное реагирование при возникновении лесных пожаров на труднодоступных лесных территориях. Еще одним преимуществом данного мобильного противопожарного комплекса следует считать возможность дистанционного управления его огнетушащим веществом и водой механизатором форвардера [Скобцов и др., 2023б].

Создателем комплекса выступила группа ученых во главе с профессором Скобцовым И.Г. Изначально предполагалось, что разрабатываемый противопожарный комплекс может устанавливаться на форвардер или иную трелевочную машину манипуляторного типа со схожими характеристиками [Скобцов и др., 2023с].

К недостаткам использования данного мобильного комплекса можно отнести возможность его применения только на форвардерах. На территории РФ форвардеры не производятся, для запуска комплекса в серийное производство потребуется поиск необходимых модификаций форвардеров из дружественных стран. В то же время испытание разработки ученых ПетрГУ проводилось совместно с белорусским предприятием по производству лесозаготовительной техники. На сегодняшний день лесозаготовители обратили внимание на лесозаготовительную технику из Китая, но она еще как следует не опробована в различных условиях. Следует отметить, что и стоимость форвардера довольно высока. Тушением лесных пожаров

занимаются ведомства, относящиеся к государственным, региональным и муниципальным органам власти. В основном тушение лесных пожаров, обустройство минерализованных полос и противопожарных разрывов осуществляется на базе тракторов и бульдозеров, стоимость которых в разы дешевле нового форвардера.

Поэтому по универсальности применения преимущество получает лесопожарный грунтомет, который доставляется на место вблизи очага возникновения лесного пожара. Затем осуществляется сцепка грунтомета с трактором или бульдозером и начинается его работа [Малюков и др., 2023].

В существующих санкционных и кризисных условиях экономики машиностроительные предприятия испытывают сложности при производстве промышленной продукции. Прежде всего, они вынуждены искать новых поставщиков комплектующих взамен санкционных и ушедших с российского промышленного рынка комплектующих. Но и в этих условиях предприятиям удается осваивать и выпускать новые виды машиностроительной продукции. Многим машиностроительным предприятиям выпускать новую товарную продукцию удастся только за счет перспективных инновационных решений, которые должны быть направлены на решение социальных и экологических задач.

В качестве инновационного решения, направленного на профилактику и эффективное тушение лесных пожаров, можно отметить инновационную разработку «Машина противопожарных барьеров» (МПБ). Данное техническое решение разрабатывалось силами Галичского автокранового завода с консультацией с учеными в соответствующей научной области.

Разработанная машина по своим техническим характеристикам может осуществлять обустройство трех видов противопожарных минерализованных полос в соответствии с необходимым уровнем углубления рабочего органа, который осуществляет свою работу как цепное устройство. Можно отметить универсальность данной машины, в функции которой входит еще и возможность рытья противопожарных лесных траншей, и при необходимости, в зависимости от пожароопасных условий, обустройство дренажных полос насыпного грунта.

Немаловажными являются достаточно высокая скорость передвижения в сравнении с другими машинами (в основном тракторами и бульдозерами), а также возможность дистанционного управления МБП при осуществлении противопожарных работ вблизи очагов лесных пожаров. Главная цель применения машины противопожарных барьеров заключается в профилактике лесных пожаров и недопущении перехода лесного пожара на гражданские и военные объекты. Пока представленная машина находится в виде макета.

В 2022 г. Иркутским заводом гусеничной техники были представлены две новые модели вездеходных транспортных средств. Представленные разработки специально сконструированы для труднодоступных территорий, в том числе лесных. Одна из них – это модернизированный вездеход на гусеничном ходу (гусеничный пожарный вездеход ГАЗ-34039 – снегоболотоход ТГ-126-01 «Росомаха»), который соответствует современному уровню предпочтений потенциальных заказчиков, предприятий и организаций в сфере лесной промышленности, а также бюджетных структур лесного хозяйства в регионах. Вездеход предназначен для лесовосстановительных работ, а также локализации и профилактики тушения лесных пожаров в труднодоступных местах, куда не доедет колесная техника. Уникальным преимуществом данного вездехода выступает наличие в структуре машины гидравлического плуга ПДП-1.2, с помощью которого осуществляется прокладка противопожарных лесных минерализованных полос. По сути, данная модель состоит из гидравлического плуга и гусеничного снегоболотохода ТГ-126-01 «Росомаха» (рис. 7).



*Рис. 7. Гусеничный пожарный вездеход ГАЗ-34039
(Снегоболотоход ТГ-126-01 «Росомаха»)*

*Fig. 7. GAZ-34039 tracked all-terrain fire vehicle
(TG-126-01 «Wolverine» snow and swamp vehicle)*

Можно отметить достаточную прочность данной конструкции вездехода, в основе которой используется усиленная задняя сторона с навеской от трактора МТЗ-82. Управление плугом осуществляется рычагами из кабины водителя. На задней стенке корпуса вездехода расположена цифровая камера, которая обеспечивает эффективную работу устройства. Конструкция вездехода носит инновационный характер и соответствует всем необходимым современным требованиям при осуществлении работ в лесном хозяйстве. Корпус вездехода выполнен из усиленного металла по толщине от 3 до 6 мм, имеет запатентованную защиту ленинцевого механизма от возможного выгибания при ударах и торсионную усиленную подвеску. На передней

части корпуса установлены электромеханические лебедка и оптика с защитными дугами, применяются светодиодные передние и задние фонари, что значительно улучшает обзор в темное время суток и в дымных и туманных условиях. При этом вездеход может перевозить до 12 человек с необходимым противопожарным лесным оборудованием. Вездеход запущен в серийное производство и доступен к покупке, существует возможность оснащения дополнительным оборудованием по желанию заказчика.

Еще одна модель научной разработки Иркутского завода гусеничной техники представлена уже на колесной базе с бескамерными шинами низкого давления в виде колесного вездехода АГ-30, который предназначен именно для субъектов лесного хозяйства и лесной промышленности. В основном он обеспечивает перевозку по труднодоступной лесной местности людей (до 8 человек) и необходимого противопожарного оборудования (рис. 8).



Рис. 8. Колесный вездеход АГ-30 с бескамерными шинами низкого давления, предназначен для субъектов лесного хозяйства и лесной промышленности

Fig. 8. Wheeled all-terrain vehicle AG-30 with low-pressure tubeless tires, intended for forestry and forest industry entities

Новизна данного вездехода состоит в улучшенных тепло- и шумоизоляции с применением современных и инновационных негорючих материалов, кожаной отделке передних сидений, подсветке салона на основе двух режимов контурного освещения. На данной модели отсутствуют зеркала заднего вида, которым пришли на замену широкоугольные цифровые камеры HD класса. Цифровая приборная панель, в которой отображены все необходимые индикации, интегрирована в руль, выполненный в виде штурвала с кожаной оплеткой. В верхней части на консоли представлена современная сенсорная мультимедийная система с возможностью управления агрегируемой лебедкой и водооткачивающими помпами-насосами, счетчиком моточасов.

В качестве еще одной инновационной разработки можно отметить разработку совместного проекта ученых Сибирского государственного университета науки и технологии им. академика М.Ф. Решетнёва и Сибирского Федерального университета с индустриальным партнером АО НПП «Радиосвязь». Учеными представлена отечественная разработка в виде новейшего и не имеющего аналогов автономного передвижного мобильного комплекса управления тушением лесных пожаров (рис. 9).



Рис. 9. Разработка сибирских ученых «Автономный передвижной мобильный комплекс управления тушением лесных пожаров (АПМКУТЛП)»

Fig. 9. Invention of Siberian scientists «Autonomous mobile forest fire extinguishing control complex (AMFCUCTC)»

Мобильный противопожарный лесной комплекс предназначен для работы в труднодоступных и сложных климатических условиях, где отсутствуют каналы наземной и цифровой связи. Комплекс состоит из основной передвижной базы марки «Камаз», оснащается автономным источником радиосвязи и спутниковой связи в сочетании с беспилотным летательным аппаратом. На данный момент осуществляется опытная эксплуатация представленного комплекса в некоторых районах Красноярского края. С помощью передвижного мобильного комплекса возможно осуществить выявление очагов возгорания лесных пожаров и контролировать дальнейшее распространение пожаров [Шинкаренко и др., 2021; Шайтура и др., 2024].

Кризисные и санкционные условия определили переход всего промышленного комплекса на импортозамещающую продукцию. Интерес в соответствующем направлении проявляется и в лесном хозяйстве при профилактике и тушении лесных пожаров. Лесопромышленники и лесохозяйственники, а также государственные и муниципальные структуры рассматривают возможность приобретения и применения новейших отечественных разработок в данной области. Как было отмечено ранее, существует достаточное количество научных разработок, но далеко не все они готовы к эксплуатации, часть существует только в виде макетов и результатов интеллектуальной деятельности в виде различных моделей.

Обустройство противопожарной минерализованной полосы – достаточно трудоёмкий и финансово затратный процесс, требующий определённых ресурсов при создании и дальнейшем уходе за полосой. К ресурсам относят механические устройства и технику, человеческие ресурсы, топливо и необходимые материалы. Значительную часть расходов при обустройстве противопожарной минерализованной полосы составляют оплата труда работников, непосредственно осуществляющих полевые работы, затраты на ГСМ, расходы на текущий ремонт и проведение технического обслуживания [Попиков и др., 2017].

Изначально вся техника и механические устройства ставятся эксплуатирующей организацией на баланс, после этого ежегодно начисляются амортизационные отчисления для основных средств (тракторная техника и механические средства). ГСМ списываются по фактической себестоимости после выработки машинами и механизмами. Расчет необходимых трудозатрат рассчитывается в человеко-днях [Shanin et al., 2018].

Как было отмечено ранее, для обустройства противопожарной минерализованной полосы требуется тракторная техника (МТЗ 82, ДТ-75) с плугом (ПКЛ-70 или ПЛК-2.0) или экскаватор тракторного типа с мульчерной установкой (Impulse или Forster) [Чепелев, Орловский, 2022].

Как показывает практика, необходимая минимальная ширина противопожарной минерализованной полосы должна составлять не менее 1,5 м. Оптимальным условием для эффективной профилактики тушения лесных пожаров являются противопожарные полосы шириной 2–3 м, которые предотвращают перекидывание огня. Учитывая, что по рабочим характеристикам плуги могут за один проезд прокладывать минерализованную полосу шириной до 1,3 м, возьмем за необходимые расчеты 2 проходные линии (2,6 метра). Экскаватор, агрегируемый с мульчерной установкой, может осуществлять обустройство 0,85 м противопожарной минерализованной полосы за один проход, соответственно, для обустройства противопожарной полосы требуется осуществить 3 прохода экскаватора с мульчером для обеспечения ширины полосы в 2,55 м при годовой загрузке в 130 дней.

В табл. 3 приведены основные результаты расчетов экономической эффективности по стандартным методиками оценки необходимых затрат, осуществляемых при проведении комплекса работ по профилактике и тушению лесных пожаров [Шанин, 2021].

Таблица 3

**Расчет экономической эффективности использования
типовых средства профилактики и тушения лесных пожаров**
**Calculation of the economic efficiency of using typical means of preventing
and extinguishing forest fires**

Показатели / Наименование техники	МТЗ 82	ДТ-75	ЛП ПКЛ-70	ЛП ПЛК-2.0	МТЗ 82 «Э»	Мульч. Impulse	Мульч. Forster
Балансовая стоимость при первичной постановке на учет, тыс. р.	2490,0	3120,0	149,0	157,8	4007,2	1950,0	2 690,0
Срок полезного использования, мес.	144	144	84	84	120	96	96
Норма амортизации (годовая), %	8,33	8,33	14,29	14,29	10,00	12,50	12,50
Амортизационные отчисления в год, тыс. р.	207,5	260,0	21,29	22,54	400,72	243,75	336,25
Норма отчислений на текущий ремонт и ТО, тыс. р.	80,93	101,4	8,30	8,79	156,28	95,06	131,14
ГСМ и расходные материалы, тыс. р.	112,1	140,4	11,49	12,17	216,39	131,63	181,58
Прочие текущие расходы при проведении полевых работ, тыс. р.	24,90	31,20	2,55	2,71	48,09	29,25	40,35
Итого машино-смен, тыс. р., в год	425,4	533,0	43,64	46,21	821,48	499,69	689,31

Как видно из табл. 3, наиболее затратными в эксплуатации будут мульчерные установки с функцией среза грунта в сцепке с экскаваторным трактором МТЗ 82, где общая сумма затрат на эксплуатацию данного трактора, включая амортизационные отчисления и топливо, составит 821,5 тыс. р. в год, что значительно дороже типовых МТЗ 82 (425,3 тыс. р. в год) и гусеничного ДТ-75 (533 тыс. р. в год). Также стоит учитывать эксплуатацию прицепных устройств. Стоимость машино-смен при использовании лесопожарного плуга ПЖЛ-70 составит 43,6 тыс. р., лесопожарного плуга ПЖК-2.0 – 46,2 тыс. р. Рассматривая возможность обустройства противопожарных лесных полос мульчерными установками, можно заметить, что стоимость машино-смен при их использовании значительно превышает стандартные плуги. Это в первую очередь связано с дороговизной данных моделей, которые поставляются исключительно из-за рубежа. В то же время данные механизмы требуют более тщательного ремонта и подбора запчастей; очистка территории и срезание грунта при прокладке минерализованных полос осуществляется в 3 прохода.

Современные лесозаготовительные предприятия и субъекты лесного хозяйства в последнее время обращают внимание на инновационные разработки, которые могут быть применены в различных пожароопасных условиях. Инновационные разработки ученых в кооперации с промышленниками позиционируются более устойчивыми к механическим нагрузкам и имеющими повышенный срок эксплуатации. В табл. 4 представлены результаты расчета экономической эффективности использования инновационных технических средств при профилактике и тушении лесных пожаров. Стоимость некоторых образцов определялась исходя из стоимости используемой базы и примерной стоимости агрегируемого оборудования по состоянию на 01 сентября 2024 г.

Наиболее оптимальными инновационными техническими средствами при профилактике и тушении лесных пожаров могут быть устройства, осуществляющие обустройство противопожарных лесных полос и одновременно тушение лесных пожаров. К этому типу устройств можно отнести лесопожарный грунтомет, разработанный учеными ВГЛТУ, который осуществляет тушение пожаров почвенным грунтом. При среднем уровне интенсивности работ в 130 дней в год стоимость машино-смен в сцепке с трактором Т-150К или его усовершенствованной модификации ХТА 200 составит 1696,8 тыс. р. в год. В то же время не всегда целесообразно тушить лесной пожар грунтом, необходимо использование водных ресурсов. Здесь больше подходит использование хорошо зарекомендовавших себя на лесных территориях технических решений на базе проходящих в трудно-

доступных местах форвардеров, а именно разработанный учеными ПетрГУ «Мобильный комплекс для тушения лесных пожаров». На форвардер для большей проходимости навешиваются цепи или гусеницы, что обеспечивает тушение лесного пожара водой в труднодоступных местах. Ежегодная стоимость машино-смен может составить 3726,9 тыс. р. в год, но стоит учитывать скорость передвижения при тушении лесных пожаров, около 26,5 км/час, что в сравнении с тракторами является преимуществом.

Таблица 4

Экономическая эффективность использования инновационных технических средств при профилактике и тушении лесных пожаров

Economic efficiency of using innovative technical means in forest fire prevention and extinguishing

	Применение лесопожарного грунтомета (ЛГ)*		Применение МКТЛП* (Форвардер (Ам-кодор 2662-01))		МПБ*	ТГ-126-01 «Росомаха»	Колесный вездеход АГ-30	АПМК УТЛП
	Трактор Т-150К	ЛГ	Форвардер	МКТЛП				
Балансовая стоимость при первичной постановке на учет, тыс. р.	8500,7	1193,0	24700,0	1370,5	15975,0	7800,0	9386,0	13250,0
Срок полезного использования, мес.	144	120	180	96	144	120	120	156
Норма амортизации (годовая), %	8,33	10,00	6,67	12,50	8,33	10,00	10,00	7,6
Амортизационные отчисления в год, тыс. р.	708,39	119,30	1646,7	171,3	1331,3	780,0	938,6	1019,2
Норма отчислений на текущий ремонт и ТО, тыс. р.	276,3	46,5	642,2	66,8	519,2	304,2	366,1	397,5
ГСМ и расходные материалы, тыс. р.	382,5	64,4	889,2	92,5	718,9	421,2	506,8	550,4
Прочие текущие расходы при проведении полевых работ, тыс. р.	85,0	14,3	197,6	20,5	159,8	93,6	112,6	122,3
Итого машино-смен, тыс. р. в год	1452,2	244,5	3375,7	351,2	2729,1	1599,0	1924,1	2089,4
Итого машино-смен применения всех ИУ, тыс. р. в год	1696,8		3726,9		13765,2 (Итого все устройства, машины и механизмы)			

Промышленные предприятия также разрабатывают инновационные технические решения в области профилактики и тушения лесных пожаров. Среди них можно отметить перспективную разработку на базе Камаз-43118 «Машина противопожарных барьеров» (МПБ) с интеграцией в конструкцию к действующей колесной базе гусеничного шасси. Стоимость машино-смен в год при эксплуатации такой машины может составить 2729,1 тыс. р. в год, при примерной скорости выполнения противопожарных работ в 31 км/ч, что также является преимуществом перед использованием тяжелой техники.

При использовании вездехода «Россомаха» стоимость его эксплуатации в год составит 1599 тыс. р. Колесный вездеход АГ-30 отличается хорошей проходимостью и может обеспечивать передвижение по болотистым местам, стоимость машино-смен данного вездехода составляет 1924,1 тыс. р. в год.

Для решения проблем, связанных с обеспечением связи при профилактике и тушении лесных пожаров, возможно применение автономного передвижного мобильного комплекса управления тушением лесных пожаров (АПКУТЛП), который позволит обеспечить устойчивую наземную и спутниковую связь.

Обсуждение. Проанализировав и оценив основные механические и транспортные средства, применяемые при профилактике и тушении лесных пожаров, можно сделать вывод, что невозможно выделить какое-либо устройство или машину, позволяющую в отдельности выполнять задачи по предотвращению и тушению пожаров. Каждый вид техники имеет свои преимущества и недостатки. Типовые машины и противопожарные устройства используются достаточно длительный период времени, но принцип их работы ограничен по функциональному назначению. Имеющиеся инновационные технические решения, готовые к постановке в производство и выпускаемые мелкими сериями, также характеризуются рядом преимуществ, которые не обеспечивают типовые противопожарные средства.

При обустройстве противопожарных лесных полос требуется высокая скорость их построения с поддержанием необходимой ширины и глубины. В то же время требуется одновременная уборка сухой растительности путем перемалывания в щепу и перемешивания с верхним слоем грунта. Здесь наиболее эффективны лесные мульчерные установки, агрегируемые на тракторный экскаватор. При проведении работ по недопущению распространения лесного пожара в качестве эффективного устройства

можно отметить лесопожарный грунтомет, засыпающий огонь верхним слоем почвенного грунта и способный параллельно прокладывать противопожарные полосы. В условиях плотной лесистости и верховых пожаров наиболее оптимальным будет применение мобильного комплекса для тушения лесных пожаров (МКТЛП) водой, запасы которой находятся в прицепном устройстве. Здесь же будет эффективным применение колесного вездехода АГ-30, способного обеспечить доставку лесных пожарных для тушения пожара ручным способом.

Заключение. В условиях осуществления оптимальных противопожарных профилактических мер и необходимости повышения эффективности тушения лесных пожаров следует осуществлять применение комплексного подхода, при котором параллельно используются все имеющиеся виды противопожарной техники. Только при сочетании применения типовых противопожарных устройств и новых научных разработок появится возможность повышения уровня эффективности противопожарных работ на лесных территориях и снижения гибели лесных ресурсов.

Субъектам лесного хозяйства и лесозаготовительным предприятиям необходимо осуществлять более тесное взаимодействие с ВУЗами и НИИ, разрабатывающими инновационные технологические решения, направленные на минимизацию влияния лесных пожаров на лесные территории и окружающую среду.

Сведения о финансировании исследования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01856, <https://rscf.ru/project/23-28-01856/>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Бартенев И.М., Драпалюк М.В., Гончаров П.Э., Гнусов М.А., Тамби А.А., Клубничкин В.Е. Комбинированный лесопожарный грунтомет и рекомендации по его применению // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 174–184.

Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/gosudarstvennyu_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_gossijskoy_federatsii_v_2022/ (дата обращения: 07.08.2024).

Драпалюк М.В., Бартенев И.М., Гнусов М.А., Дручинин Д.Ю., Князев А.В. Математическая модель комбинированного грунтомета-полосопрокладывателя // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 4 (48). С. 97–106.

Дручинин Д.Ю., Гнусов М.А., Малюков С.В., Четверикова И.В. Особенности противопожарного обустройства лесов в Российской Федерации // *Resources and Technology*. 2020. Т. 17, № 2. С. 80–96.

Евдокименко М.Д., Иванов В.В. Особенности противопожарного обустройства в лесах Прибайкалья // *Сибирский лесной журнал*. 2017. № 5. С. 63–75.

Есков Д.В., Внуков Е.В., Ескова В.С. Грунтометательная машина и технология для борьбы с лесными пожарами // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2018. Т. 6, № 4 (40). С. 155–159.

Зимарин С.В., Гнусов М.А., Попиков В.П., Шерстюков Н.А. Результаты экспериментальных исследований режимов работы лесопожарного полосопрокладывателя с гидроприводом вырезных дисковых рабочих органов // *Лесотехнический журнал*. 2021. Т. 11, № 1 (41). С. 155–162.

Малюков С.В., Панявина Е.А., Аксенов А.А. Анализ конструкций мульчеров и роторов // *Лесотехнический журнал*. 2019. Т. 9, № 1 (33). С. 159–167.

Малюков С.В., Поздняков Е.В., Дегтярева С.И., Шавков М.В., Малюкова М.А., Шанин И.И., Арико С.Е. Эксплуатация почвообрабатывающих орудий в условиях нераскорчеванных вырубков европейской части России: анализ препятствий в виде пней и корней // *Лесотехнический журнал*. 2022. Т. 12, № 4 (48). С. 96–113.

Малюков С.В., Поздняков Е.В., Шавков М.В., Петков А.Ф., Шанин И.И., Болгов А.В. Анализ современных конструкций комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 2 (70). С. 523–534.

Попиков П.И., Дручинин Д.Ю., Коротких В.Н., Зимарин С.В., Шерстюков Н.А., Ступников Д.С. Моделирование процесса взаимодействия лесного дискового плуга с почвой при создании противопожарных полос // *Resources and Technology*. 2017. Т. 14, № 4. С. 17–31.

Скобцов И.Г., Галактионов О.Н., Клюев Г.В., Бошаков И.С. Компановочная схема установки для пожаротушения на базе форвардера «Амкодор» // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2023а. № 63. С. 333–335.

Скобцов И.Г., Галактионов О.Н., Сапанкевич П.А. Интеграция дистанционно управляемых лафетных стволов в состав мобильного комплекса на базе форвардера для борьбы с лесными пожарами // *Повышение эффективности лесного комплекса: мат. Девятой Всерос. нац. науч.-практ. конф. с межд. уч. Петрозаводск, 2023б*. С. 157–159.

Скобцов И.Г., Галактионов О.Н., Сулконен М.С. Исследование надёжности модульной системы пожаротушения на базе форвардера Амкодор-2661 // *Resources and Technology*. 2023с. Т. 20, № 4. С. 74–88.

Чепелев Н.И., Орловский С.Н. Плуг универсальный лесной ПУЛ-2 // *Сибирский пожарно-спасательный вестник*. 2022. № 4 (27). С. 142–146.

Шайтура С.В., Шайтура Н.С., Митрофанов Е.М., Мухин А.С., Устинов С.М. Применение наземных лазерных сканеров для мониторинга леса // Природообустройство. 2024. № 4. С. 124–132.

Шанин И.И. Методика оценки обеспеченности инновациями на предприятиях и организациях лесопромышленного комплекса // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2021. Т. 9, № 3 (54). С. 130–141.

Шанин И.И., Лысыч М.Н. Эффективные орудия и механизированные технические устройства, применяемые при профилактике и тушении лесных пожаров // Успехи современного естествознания. 2018. № 12-2. С. 403–410.

Шинкаренко С.С., Иванов Н.М., Берденгалиева А.Н. Пространственно-временная динамика выгоревших площадей на федеральных ООПТ юго-востока европейской России // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021. Т. 6, № 3. С. 23–44.

Шур Ю.З., Степченко А.А., Горовая Е.Н., Шаповал Н.В., Шенелёва И.С. Совершенствование противопожарного обустройства лесов Российской Федерации // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2018. № 3-4. С. 54–65.

Щербаков Ю.О., Сало М.А., Иванов А.В. Моделирование запасов древостоев на основе данных спутниковой съемки и реласкопических площадок // Аграрный вестник Приморья. 2023. № 1 (29). С. 73–77.

Drapalyuk M.V., Bezrukova T.L., Shanin I.I., Bezrukov B.A. Methodology of probabilistic modelling of the current activity of industrial enterprises // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1333. Art. no. 072022.

Podolskaia E.S. Remote sensing data from space for road image recognition in the forestry // Forest Science Issues. 2023. Vol. 6, iss. 1. P. 90–104.

Shanin I.I., Shtondin A.A., Bezrukov B.A., Kirillova S.S. Approach to assessment of innovative development of enterprises timber processing complex // Advances in Economics, Business and Management Research. 2018. Vol. 61. P. 183–187.

References

Bartenev I.M., Drapalyuk M.V., Goncharov P.E., Gnusov M.A., Tambi A.A., Klubnichkin V.E. Combined forest fire soil thrower and recommendations for its use. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, 2012, no. 84, pp. 174–184. (In Russ.)

Chepelev N.I., Orlovsky S.N. Universal Forest plow PUL-2. *Siberian fire and rescue bulletin*, 2022, no. 4 (27), pp. 142–146. (In Russ.)

Drapalyuk M.V., Bartenev I.M., Gnusov M.A., Druchinin D.Yu., Knyazev A.V. Mathematical model of a combined soil thrower-strip layer. *Systems. Methods. Technologies*, 2020, no. 4 (48), pp. 97–106. (In Russ.)

Drapalyuk M.V., Bezrukova T.L., Shanin I.I., Bezrukov B.A. Methodology of probabilistic modeling of the current activity of industrial enterprises. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, 1333, no. 072022.

Druchinin D.Yu., Gnusov M.A., Malyukov S.V., Chetverikova I.V. Features of fire protection arrangement of forests in the Russian Federation. *Resources and Technology*, 2020, vol. 17, no. 2, pp. 80–96. (In Russ.)

Eskov D.V., Vnukov E.V., Eskova V.S. Soil throwing machine and technology for fighting forest fires. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2018, vol. 6, no. 4 (40), pp. 155–159. (In Russ.)

Evdokimenko M.D., Ivanov V.V. Features of fire protection arrangement in the forests of the Baikal region. *Siberian Forestry Journal*, 2017, no. 5, pp. 63–75. (In Russ.)

Malyukov S.V., Panyavina E.A., Aksenov A.A. Analysis of the designs of mulchers and rotovators. *Forest Engineering Journal*, 2019, vol. 9, no. 1 (33), pp. 159–167. (In Russ.)

Malyukov S.V., Pozdnyakov E.V., Degtyareva S.I., Shavkov M.V., Malyukova M.A., Shanin I.I., Ariko S.E. Operation of tillage tools in the conditions of ungrown clearings in the European part of Russia: analysis of obstacles in the form of stumps and roots. *Forest Engineering Journal*, 2022, vol. 12, no. 4 (48), pp. 96–113. (In Russ.)

Malyukov S.V., Pozdnyakov E.V., Shavkov M.V., Petkov A.F., Shanin I.I., Bolgov A.V. Analysis of modern designs of combined tillage machines and units. *News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*, 2023, no. 2 (70), pp. 523–534. (In Russ.)

Podolskaia E.S. Remote sensing data from space for road image recognition in the forestry. *Forest Science Issues*, 2023, vol. 6, no. 1, pp. 90–104.

Popikov P.I., Druchinin D.Yu., Korotkikh V.N., Zimarin S.V., Sherstyukov N.A., Stupnikov D.S. Modeling the interaction process of a forestry disc plow with soil when creating firebreaks. *Resources and Technology*, 2017, vol. 14, no. 4, pp. 17–31. (In Russ.)

Shaitura S.V., Shaitura N.S., Mitrofanov E.M., Mukhin A.S., Ustinov S.M. Application of terrestrial laser scanners for forest monitoring. *Nature management*, 2024, no. 4, pp. 124–132. (In Russ.)

Shanin I.I. Methodology for assessing the level of innovation at enterprises and organizations of the forest industry complex. *Actual directions of scientific research of the 21st century: theory and practice*, 2021, vol. 9, No. 3 (54), pp. 130–141. (In Russ.)

Shanin I.I., Lysykh M.N. Effective tools and mechanized technical devices used in the prevention and extinguishing of forest fires. *Advances in modern natural science*, 2018, no. 12-2, pp. 403–410. (In Russ.)

Shanin I.I., Shtondin A.A., Bezrukov B.A., Kirillova S.S. Approach to assessment of innovative development of enterprises timber processing complex. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 2018, vol. 61, pp. 183–187.

Shcherbakov Yu.O., Salo M.A., Ivanov A.V. Modeling of timber stocks based on satellite imagery and relascope sites. *Agrarian Bulletin of Primorye*, 2023, no. 1 (29), pp. 73–77. (In Russ.)

Shinkarenko S.S., Ivanov N.M., Berdengalieva A.N. Spatio-temporal dynamics of burnt areas in federal protected areas of the southeast of European Russia. *Nature Conservation Research. Reserve science*, 2021, vol. 6, no. 3, pp. 23-44. (In Russ.)

Skobitsov I.G., Galaktionov O.N., Klyuev G.V., Boshakov I.S. Layout diagram of a fire extinguishing installation based on the Amkodor Forwarder. *Actual problems of the forestry complex*, 2023a, no. 63, pp. 333–335. (In Russ.)

Skobitsov I.G., Galaktionov O.N., Sapankevich P.A. Integration of remotely controlled monitor nozzles into a mobile complex based on a forwarder for fighting forest fires. *Increasing the efficiency of the forestry complex: proceedings of the Ninth All-Russ. nat. sci.-pract. conf. with int. part. Petrozavodsk*, 2023b, pp. 157–159. (In Russ.)

Skobitsov I.G., Galaktionov O.N., Sulkonen M.S. Study of the reliability of a modular fire extinguishing system based on the Amkodor-2661 Forwarder. *Resources and Technology*, 2023c, vol. 20, no. 4, pp. 74–88. (In Russ.)

Shur Yu.Z., Stepchenko A.A., Gorovaya E.N., Shapoval N.V., Shepeleva I.S. Improving fire protection equipment of forests in the Russian Federation. *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*, 2018, no. 3-4, pp. 54–65. (In Russ.)

Zimarin S.V., Gnusov M.A., Popikov V.P., Sherstyukov N.A. Results of experimental studies of the operating modes of a forest fire strip paver with a hydraulic drive of cut-out disk working bodies. *Forest Engineering Journal*, 2021, vol. 11, no. 1 (41), pp. 155–162. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 25.11.2024

Шанин И.И., Штондин А.А. Эффективность применения типовых и инновационных разработок в области профилактики и тушения лесных пожаров // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 255. С. 292–319. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.292-319

В сфере лесного хозяйства и лесной промышленности при осуществлении эколого-ориентированной и природоохранной деятельности существует определенная заинтересованность в применении эффективных мер по профилактике и тушению лесных пожаров. Ежегодные лесные пожары истощают лесные ресурсы на площади в несколько тысяч гектаров по всей стране. В целях эффективной локализации лесных пожаров и применения новейших, более рациональных мер по их профилактике необходимо осуществлять внедрение соответствующих технологических решений и использовать научные разработки в области инновационных машин и устройств, имеющих улучшенные технические характеристики. В статье представлены результаты анализа динамики лесных пожаров и возможности применения инновационных технических разработок при осуществлении работ в условиях пожароопасной обстановки на лесных территориях. Также представлена сформированная авторская модель протекания основных мероприятий по

профилактике и тушению лесных пожаров, состоящая из трех основных блоков (профилактики, контроля и мониторинга, локализации лесных пожаров). Проведена сравнительная оценка противопожарного механизированного оборудования, на основе которой проанализированы основные характеристики типовых используемых лесопожарных машин и механизмов, выполняющих противопожарные работы в лесном хозяйстве, в сравнении с инновационными техническими средствами при профилактике и тушении лесных пожаров. В статье проведены необходимые расчеты и дана оценка эффективности использования типовых и инновационных технических средств при профилактике и тушении лесных пожаров. По результатам исследования определены наиболее оптимальные и перспективные наземные разработки, как на колесном, гусеничном ходу, так и на бескамерных шинах низкого давления.

Ключевые слова: лесные пожары, минерализованные полосы, противопожарная лесная техника, лесопожарный грунтомет, пожарный вездеход, инновационные технические средства, машино-смены.

Shanin I.I., Shtondin A.A. Efficiency of application of standard and innovative developments in the field of prevention and extinguishing of forest fires. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicoskoj Akademii*, 2025, iss. 255, pp. 292–319 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.292-319

In the field of forestry and forest industry, when implementing environmentally friendly and nature conservation activities, there is a certain interest in the use of effective measures to prevent and extinguish forest fires. Annual forest fires deplete forest resources over an area of several thousand hectares throughout the country. In order to effectively localize forest fires and apply the latest, more rational measures to prevent them, it is necessary to implement appropriate technological solutions and use scientific developments in the field of innovative machines and devices that provide improved and technical characteristics. The article presents the results of the analysis of the dynamics of forest fires and the possibility of using innovative technical developments when carrying out work in fire-hazardous conditions in forest areas. It also presents the formed author's model of the course of the main measures to prevent and extinguish forest fires, consisting of three main blocks (prevention, control and monitoring, localization of forest fires). A comparative assessment of fire-fighting mechanized equipment was carried out, on the basis of which the main characteristics of typical forest fire-fighting machines and mechanisms used for fire-fighting work in forestry were analyzed in comparison with innovative technical means for the prevention and extinguishing of forest fires. The article contains the necessary calculations and an assessment of the efficiency of using typical and innovative technical means for the prevention and extinguishing of forest fires. Based on the results of the study, the most optimal and promising ground-based developments were determined, both on wheels, tracks, and on low-pressure tubeless tires.

Key words: forest fires, mineralized strips, forest fire-fighting equipment, forest fire soil thrower, fire all-terrain vehicle, innovative technical means, machine shifts.

ШАНИН Игорь Игоревич – доцент кафедры экономики и финансов Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, кандидат экономических наук. SPIN-код: 4818-8159. ORCID: 0000-0003-4706-9868.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия. E-mail: kingoao@mail.ru

SHANIN Igor I. – PhD (Economical), Associate Professor of the Department of Economics and Finance, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova. SPIN-code: 4818-8159. ORCID: 0000-0003-4706-9868.

394087. Timiryazev str. 8. Voronezh. Russian Federation. E-mail: kingoao@mail.ru

ШТОНДИН Анатолий Александрович – доцент кафедры экономики и финансов Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова, кандидат экономических наук. SPIN-код: 3880-7202. ORCID: 0000-0002-9924-2004.

394087, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия.

SHTONDIN Anatoly A. – PhD (Economical), Associate Professor of the Department of Economics and Finance, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova. SPIN-code: 3880-7202. ORCID: 0000-0002-9924-2004.

394087. Timiryazev str. 8. Voronezh. Russian Federation.