

УДК 630.43:001

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ЗАГРАДИТЕЛЬНЫХ И ОПОРНЫХ ПОЛОС ПРИ ТУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЗОНАХ ЛЕСОАВИАЦИОННЫХ РАБОТ

А. М. Ерицов¹, В. Г. Гусев²

¹ ФБУ «Авиалесоохрана»,
Российская Федерация, 141200, Московская обл., Пушкино, ул. Горького, 20

E-mail: aeritsov@mail.ru

² ФБУ «СПбНИИЛХ»

Российская Федерация, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21

E-mail: v.g.gusev@mail.ru

Рассмотрены актуальные вопросы борьбы с лесными пожарами, проблемы перехода пожаров на сопредельные территории, обоснована необходимость развития современных авиационных технологий тушения лесных пожаров. Представлен опыт совершенствования авиационных технологий создания опорных и заградительных полос для тушения пожаров в удалённых районах. Отмечены преимущества применения вертолётной техники в сравнении с самолётами-танкерами, обоснована необходимость применения вертолётных водосливных устройств ВСУ-5А с системой дозированной подачи смачивателя СДП-1 и ВВСУ УКТП «Пурга». Установлено, что использование вертолётных водосливных устройств с системой дозированной подачи смачивателя и пенообразователя существенно повышает эффективность применения вертолётов на тушении лесных пожаров. Представлены технические характеристики вертолётных водосливных устройств, сравнительные результаты их испытаний, а также рекомендации по их применению.

Ключевые слова: лесные пожары; развитие авиационных технологий; вертолёты; водосливное устройство; подача смачивателя и твердеющей пены.

Введение. В последние годы в России всё чаще стали выходить из-под контроля лесные пожары, которые быстро распространяются, уничтожают населённые пункты и объекты экономики. Этому способствуют продолжительные засушливые периоды, увеличение средних значений температуры воздуха, высокая грозовая активность на удалённых территориях и наличие источников огня антропогенного происхождения. Так, весной 2015 года в Сибири природные пожары уничтожили около 2 тыс. жилых домов, в одной только Республике Хакасия от огня пострадало 49 населённых пунктов [1]. Подобная ситуация наблюдается не только в нашей стране, но и во всём мире, в связи с чем на международном уровне уделяется боль-

шое внимание проблемам, связанным с лесными пожарами и их мониторингом [2–4]. На состоявшейся в Республике Корея VI-й Международной конференции по природным пожарам в период с 12 по 16 октября 2015 года представители 78 стран обсуждали проблемы природных пожаров. Участники конференции отметили возрастающие ежегодно угрозы природных пожаров, которые уничтожают леса, другие природные ландшафты, объекты экономики, иногда уносят человеческие жизни [5]. Продолжительная задымлённость городов и населённых пунктов оказывает необратимый вред здоровью людей, вызывая лёгочные и сердечно-сосудистые заболевания. Мировое сообщество обеспокоено всё более обостряю-

© Ерицов А. М., Гусев В. Г., 2016.

Для цитирования: Ерицов А. М., Гусев В. Г. Совершенствование технологий создания заградительных и опорных полос при тушении лесных пожаров в зонах лесоавиационных работ // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 1 (29). С. 42-56.

щейся проблемой лесных пожаров. В ходе международной конференции были представлены более двухсот докладов на лесопожарную тематику. По итогам конференции была принята декларация о необходимости мировому сообществу противостоять вызовам стихии и природным пожарам, которые при благоприятных для них погодных условиях выходят из-под контроля. Отдельно декларация призывает руководителей различных уровней, научное сообщество и экспертов, работающих непосредственно на тушении пожаров, совместно развивать современные технологии тушения пожаров, проводить обмен опытом и организовывать совместные учения, проводить международные семинары [5]. На международном уровне в настоящее время отдельно обсуждаются вопросы трансграничных пожаров [6]. Проблему трансграничных пожаров и необходимость международных усилий по их совместному тушению неоднократно обсуждали в рамках деятельности международной авиационной лесопожарной рабочей группы, куда входит ФБУ «Авиалесоохрана» с момента её создания [6, 7]. Для выработки единых подходов и правового обеспечения совместной деятельности международной группой принято решение по разработке необходимых документов, предусматривающих их добровольное применение, таких как руководство по применению авиации при тушении лесных пожаров. Указанное руководство разработано и впервые было представлено на международной конференции по природным пожарам в Корею [5, 7]. На «круглом столе», организованном авиационной лесопожарной рабочей группой, в ходе конференции было отмечено, что для оперативного тушения пожаров в удалённых районах необходимо развивать и применять современные авиационные технологии.

Применение пены и смачивателей значительно повышает эффективность работ по тушению пожаров [8, 9]. Пена явля-

ется наиболее эффективным огнетушащим средством благодаря своему изолирующему и смачивающему действию. В нашей стране в последние годы группой учёных и специалистов из профильных институтов и организаций лесного хозяйства, гражданской авиации и производителей оборудования выполнены работы в области развития авиационных технологий тушения лесных пожаров с применением смачивателей и пенообразователей [9, 10]. Опыт тушения пожаров в удалённых многолесных районах и в горной местности показал, что осуществление первой атаки на лесные пожары с наименьшей потерей времени возможно только с применением воздушных судов. Следует отметить также, что в сравнении с самолётами-танкерами, применение вертолётов на тушении лесных пожаров имеет определённые преимущества. В частности, они могут совершать вертикальный взлёт и зависать на месте. Это позволяет совершать взлёт и посадку на ограниченном пространстве при отсутствии аэродромов. Регулирование скорости вертолёта при сливе огнегасящей жидкости и пены, возможность прицельного слива при зависании над отдельными частями кромки пожара дают дополнительные преимущества данной технологии [11, 12]. Благодаря указанным достоинствам, вертолёты используются для мониторинга лесных пожаров и пожарной опасности в лесах, доставки людей и грузов к местам пожаров, тушения пожаров с использованием сливного оборудования, в том числе с применением смачивателей и пенообразователей [11–16].

Цель работы – снижение горимости лесов и предупреждение крупных пожаров за счёт совершенствования имеющихся и создания новых технологий прокладки заградительных и опорных полос с применением вертолётов.

Для этого решались следующие **задачи**: проанализировать перспективные способы и средства создания противопожарных заградительных и опорных полос в

зоне осуществления лесоавиационных работ; исследовать экспериментальными методами параметры противопожарных заградительных полос, создаваемых с воздуха вертолётными водосливными устройствами с применением новых и усовершенствованных технологий; апробировать усовершенствованные вертолётные технологии в производственных условиях и дать рекомендации по их применению.

Объект исследования – методы и средства создания противопожарных опорных и заградительных полос при борьбе с лесными пожарами с применением вертолётов.

Техника эксперимента и методика исследований. Для исследования были выбраны вертолётные водосливные устройства на внешней подвеске: ВСУ-5А с системой подачи смачивающих и пенообразующих химических добавок СДП-1, разработанные ЗАО «Технозкос», ФБУ «СПбНИИЛХ», ФБУ «Авиалесоохрана» и ВВСУ УКТП «ПУРГА», разработанное ООО «НПО «СОПОТ».

Исследовательские полёты со сливом воды, растворов смачивателя или пенооб-

разователя (с разными концентрациями) выполнялись с участием представителей ФБУ «СПбНИИЛХ», ФБУ «Авиалесоохрана», ОАО НПК «ПАНХ», ЗАО «Технозкос» в Краснодаре, Сортавале, Петрозаводске, Геленджике и Сургуте. Исследования проводились с помощью вертолётта Ми-8Т (МТВ), оснащённого штатной системой внешней подвески, водосливным устройством ВСУ-5А и системой дозированной подачи жидких огнетушащих составов СДП-1. Для определения параметров заградительных полос вдоль взлётно-посадочной полосы на грунте с травяным покрытием оборудовался контрольно-измерительный полигон (КИП) длиной 100–500 м и шириной не менее 30 м. На нём через каждые 10 м размечались поперечные (относительно направления полёта вертолётта при сливе) учётные линии, на которых с шагом 1–2 м устанавливались водоприёмники. В зависимости от режима полёта указанные расстояния могли быть изменены. Начало и конец КИП были отмечены створными знаками (цветными полотнищами), а углы и ось полигона – флагами (рис. 1).



Рис. 1. Контрольно-измерительный полигон для определения параметров противопожарных заградительных полос (фото Гусева В. Г.)

Для количественной оценки влияния погоды древостоя сливы жидкости при лётных исследованиях выполнялись в древостоях низкой ($< 0,5$), средней ($0,5-0,7$), высокой ($>0,7$) полноты и на вырубке. Участки таких древостоев, с учётом общих требований безопасности полётов вертолётов с внешней подвеской и удобства проведения учётных работ, выбирались по согласованию с администрациями районов и лесничествами, находящимися на территории, разрешённой для проведения исследований.

В процессе лётных исследований использовался механизированный способ заправки поверхностно-активных добавок (смачивателей, пенообразователей) в систему водосливных устройств. После заправки сливного устройства водой (в режиме висения вертолёта) в него подавалось заданное количество огнетушащего состава. Масса одноразовой добавки пенообразователя или смачивателя, приходящаяся на объём раствора V , ограниченный размером ёмкости ВСУ-5А, в зависимости от требуемой концентрации раствора определялась с помощью равенства:

$$M = (V K d_n) / 100, \quad (1)$$

где M – масса пенообразователя (смачивателя), кг; V – объём раствора пенообразователя (смачивателя) в ёмкости ВСУ-5А, м³; K – концентрация раствора пенообразователя (смачивателя), %; d_n – плотность пенообразователя (смачивателя), кг/м³.

Включение системы СДП-1 на подачу добавки в ёмкость ВСУ-5А выполнялось лётчиком-наблюдателем после забора в неё воды и набора высоты (по нижнему кольцу ёмкости) более 20 м и разгоне вертолёта до 50–60 км/ч, то есть подача добавок в ёмкость ВСУ-5А осуществлялась преимущественно на этапе горизонтального полёта со скоростью 50–100 км/ч (при больших скоростях возможно выдувание пенящегося огнетушащего раствора). Перемешивание добавок в ёмкости ВСУ-5А проявлялось в зрительно наблюдаемом циркуляционном движении воды,

интенсивность которого нарастала при увеличении скорости транспортирования ВСУ-5А. Сливы огнетушащих растворов проводились на скоростях 50–80 км/ч по прибору на высотах нижнего среза ёмкости ВСУ-5А над кронами лесных участков не менее 10 м и преимущественно против ветра с учётом направления его боковой составляющей. За 400–500 м до начала слива раствора на КИП устанавливался рабочий режим полёта (курс, скорость, высота) в соответствии с полётным заданием. После каждого контрольного слива раствора смачивателя или пенообразователя на КИП производились измерения дозировки (объёма раствора на земле, приходящегося на единицу площади) с помощью мерной ёмкости. Пена, попавшая в водоприёмники, отстаивалась до превращения её в жидкий раствор. Огнетушащая жидкость из водоприёмника (банки) переливалась в мерную ёмкость с делениями (цилиндр) и определялся её объём V_1 в миллилитрах. Затем, по известной площади сечения S_1 отверстия банки, дозировка (поверхностная плотность) жидкости V_2 / S_2 на единице площади $S_2 = 1 \text{ м}^2$ заградительной полосы определялась равенством:

$$V_2 / V_1 = S_2 / S_1, \text{ откуда } V_2 / S_2 = V_1 / S_1, \quad (2)$$

где V_2 – объём огнетушащей жидкости, приходящийся на единицу площади (1 м^2) заградительной полосы, мл.

Очевидно, что для получения значения V_2 в литрах необходимо его значение в мл разделить на 1000, то есть окончательно $V_2 / S_2 = V_1 / (1000 S_1)$, л/м².

Результаты замеров заносились в протокол-таблицу, где каждый водоприёмник имел свой порядковый номер в продольном и поперечном направлениях. Кроме того, туда заносились дата и время проведения эксперимента, номер полёта, режим полёта при сливе (курс, высота и скорость), количество заправленной жидкости, продолжительность слива, метеопараметры по данным аэродромной метеостанции. Режим полёта регистрировался

бортовой аппаратурой. Геометрия струи и угол отклонения троса подвески определялись с помощью видео- и фотосъёмки (рис. 2). При известном уровне потерь огнетушащей жидкости в ходе её слива на открытом полигоне и по полученным на земле дозировкам на лесных полигонах оценивалось влияние на этот процесс полога леса в зависимости от полноты древостоя. Таксационные описания КИП соответствовали общему таксационному описанию выделов, на которых они располагались.



Рис. 2. Водосливное устройство ВСУ-5А в комплекте с СДП-1 (фото Ерицова А. М.)

При испытаниях нового авиационного способа борьбы с лесными пожарами с водосливным устройством ВВСУ УКТП «ПУРГА» определялись возможности прокладки противопожарной заградительной полосы путём подачи быстротвердеющей огнезащитной пены и оценка основных параметров проложенной при этом огнезадерживающей полосы. Методика лётных исследований возможности создания пенных противопожарных заградительных полос была основана на тактико-технических характеристиках

вертолётного водопеносливного устройства (ВВСУ), разработанного ООО «НПО «СОПОТ» [17]. Методика выполнения наземных работ предусматривала создание контрольно-измерительного полигона аналогично при работе с ВСУ-5А (рис. 1). После каждого контрольного слива огнезадерживающей жидкости на КИП производились измерения дозировки (объёма жидкости на земле, приходящегося на единицу площади). Для выявления влияния полога древостоя на дозировки пены на земле сливы производились как на вырубку, так и на полог древостоя в чистом сосняке. Для регистрации сливов велась фото- и видеосъёмка (рис. 2).

При испытаниях в качестве огнетушащих составов применялись водные растворы пенообразователей Фос-Чек ВД-881 (США) и Файрекс (Россия) с оптимальной для этих составов концентрацией 1 %. В качестве контроля применялась вода. Подача заданной дозы пенообразователя (20 л) производилась автоматически по команде оператора с пульта дистанционного управления ВСУ-5А с СДП-1. Получение однородного раствора в ёмкости ВСУ-5А обеспечивалось через 1,5–2 минуты после подачи пенообразователя за счёт турбулентного движения в ней воды. Мягкая ёмкость для пенообразователя из водонепроницаемой ткани закреплена на внешней подвеске, выше замка водосливного устройства ВСУ-5А. Дозированный слив пенообразователя из мягкой ёмкости СДП-1 в ёмкость ВСУ-5А осуществляется по рукаву при помощи электроклапана, управляемого с пульта дистанционного управления из кабины вертолёта. Пульт дистанционного управления содержит таймер и совмещён с пультом управления водосливным устройством ВСУ-5А. Основные характеристики вертолётной системы дозированной подачи смачивателя (пенообразователя) СДП-1 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики системы СДП-1

| Техническая характеристика | Значение величины |
|---|-------------------|
| 1. Объём мягкой ёмкости, м ³ | 250 |
| 2. Длина мягкой ёмкости, м | 1,3 |
| 3. Диаметр максимального поперечного сечения мягкой ёмкости, м | 0,65 |
| 4. Время приведения системы в рабочее состояние при участии четырёх человек, не более, мин. | 30 |
| 5. Время осуществления одноразовой дозы, не более, мин | 1 |
| 6. Напряжение питания системы от бортовой сети вертолёта, В | 27±3 |
| 7. Потребляемый ток системы, не более, А | 5 |
| 8. Масса системы, не более, кг | 20 |
| 9. Назначенный срок службы, лет, не менее | 5 |

В результате исследований получено многопараметрическое уравнение регрессии для коэффициента проникновения K_w в напочвенный покров слитой жидкости в виде:

$$K_w = 0,97 - 0,147P - 0,0005 V_p - 0,0024 H_e - 0,031W, \quad (3)$$

где: W – скорость ветра в зоне выполнения слива, V_p – скорость полёта, H_e – высота полёта.

Полученное выражение может быть использовано для оценки влияния режимов слива на величину K_w и выбора необходимых технологических параметров.

По результатам исследований установлено, что для заданных режимов полёта (слива) при увеличении полноты сосняков и скорости ветра происходит снижение относительного количества жидкости на смоченной полосе. Для повышения эффективности использования сливаемой жидкости при прокладке заградительных противопожарных полос целесообразно выполнять сливы из ВСУ-5А на малых скоростях и высотах полёта, но с учётом ограничений по безопасности полётов, в соответствии с инструкцией по авиационной охране лесов*.

В ходе испытаний установлено, что при высоте полёта 50 м и скорости 60 км/ч средняя длина противопожарных заградительных полос, проложенных растворами обоих пенообразователей, составила 65–70 м при средней ширине в 11 м. Эффективная ширина полосы при дозировке раствора 1 л/м² и более не превышала 7 м (рис. 3). Параметры заградительных полос, проложенных растворами пенообразователей и водой, почти не отличались друг от друга, однако, пожароустойчивость полос, покрытых пеной толщиной до 20 см, в сравнении с мокрой полосой, оказалась значительно выше. Огнезащитный эффект пены ещё более выражен при сбросе раствора на растущий лес, т. к. пена в этом случае покрывает кроны деревьев и полностью исключает выход низового огня в полог насаждения.

При выполнении технологических операций экипаж вертолёта должен руководствоваться соответствующими нормативными документами, а также требованиями техники безопасности при выполнении полётов со сливным оборудованием. Время перелёта по маршруту «аэродром–водоём», «водоём–пожар», «пожар–водоём» и «пожар–аэродром» определяется расстоянием между указанными пунктами и скоростью полёта.

* Инструкция по применению водосливного устройства ВСУ-5А при тушении пожаров вертолётами. Введено в действие 29.03.2012.

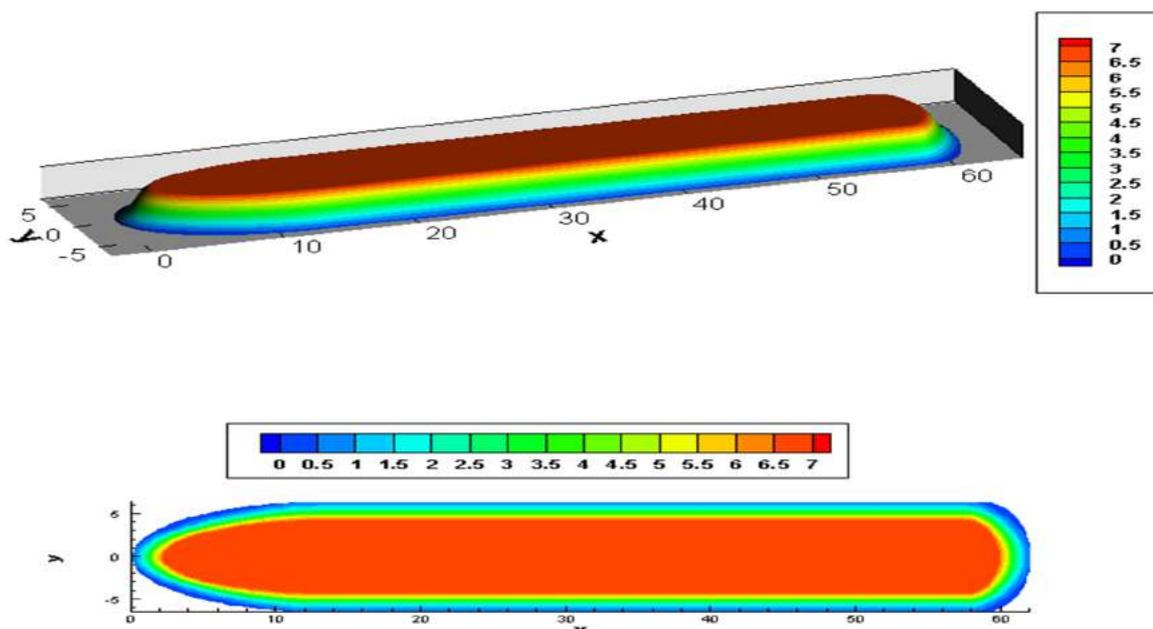


Рис. 3. Средние дозировки огнетушащей жидкости на смоченной полосе (литр на кв.м) при высоте полёта вертолётa 50 м и скорости полёта 60 км/ч

Суммируя расход времени работающих двигателей вертолётa на выполнение приведённых выше операций и задаваясь расстояниями «аэродром–пожар» и «пожар–водоём», целочисленное количество сливов огнетушащего раствора (n) при полной заправке топливом можно найти из уравнения:

$$n = [M - 3,875(2R_{ав} + R_{вп}) - 89 / (9,042R_{вп} + 51,5)], \quad (4)$$

где M – максимальная масса топлива за одну заправку, кг; $R_{ав}$ – расстояние «аэродром–водоём»; $R_{вп}$ – расстояние «водоём–пожар».

Представляет интерес производительность вертолётa Ми-8МТВ при использовании ВСУ-5А с системой дозированной подачи смачивателя (пенообразователя) СДП-1. При её оценке принята следующая лётно-техническая характеристика Ми-8МТВ:

| | |
|---|-----------------|
| 1) взлётный вес (с грузом на внешней подвеске) | 13000 кг; |
| 2) конструктивная масса вертолётa (с экипажем и служебным грузом) | 7600 кг; |
| 3) масса груза на внешней подвеске | 3250 кг; |
| 4) масса системы СДП-1 с пенообразователем | 250 кг; |
| 5) максимальная масса топлива | 1900 кг; |
| 6) часовой расход топлива (в полёте с внешней подвеской) | 620 кг; |
| 7) расход топлива на земле (прогрев двигателей и руление) | 30 кг за 5 мин. |

Результаты расчётов по формуле (4) для вертолётa Ми-8МТВ, заправленного топливом в количестве 1900 кг, приведены в табл. 2.

Таким образом, при концентрации пенообразователя 0,5 %, при объёме воды в ВСУ-5А – 3000 л и объёме пенообразователя в СДП-1 – 250 л можно выполнить без дозаправки пенообразователем 16 сливов при минимальных расстояниях «аэродром–водоём–пожар». Это соответствует максимальному расчётному количеству сливов без дозаправки вертолётa топливом, приведённому в табл. 2.

Таблица 2

**Расчётное количество сливов раствора пенообразователя в зависимости от расстояний
«аэродром–водоём» и «водоём–пожар»**

| Расстояние «аэродром–водоём», км | Расстояние «водоём–пожар», км | Кол-во сливов раствора | Расстояние «аэродром–водоём», км | Расстояние «водоём–пожар», км | Кол-во сливов раствора |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 25 | 5 | 16 | 100 | 5 | 10 |
| | 10 | 11 | | 10 | 7 |
| | 15 | 8 | | 15 | 5 |
| | 20 | 6 | | 20 | 4 |
| | 25 | 5 | | 25 | 3 |
| | 30 | 4 | | 30 | 2 |
| 50 | 5 | 14 | 125 | 5 | 8 |
| | 10 | 9 | | 10 | 5 |
| | 15 | 7 | | 15 | 4 |
| | 20 | 5 | | 20 | 3 |
| | 25 | 4 | | 25 | 2 |
| | 30 | 4 | | 30 | 2 |
| 75 | 5 | 12 | 150 | 5 | 6 |
| | 10 | 8 | | 10 | 4 |
| | 15 | 6 | | 15 | 3 |
| | 20 | 4 | | 20 | 2 |
| | 25 | 4 | | 25 | 2 |
| | 30 | 3 | | 30 | 1 |

При всех указанных преимуществах применения вертолётного водосливного устройства ВСУ-5А с подачей смачивателей и пенообразователей существенным недостатком воздушно-механической пены, применяемой при борьбе с лесными пожарами, является относительная кратковременность её защитного действия при прокладке заградительных противопожарных полос [15].

С целью устранения этого недостатка разработана новая инновационная технология создания химической пены с использованием насосно-компрессорной системы.

Принцип работы системы следующий. В поток воды, подаваемый под давлением центробежным насосом, впрыскивается дозированное количество пенообразователя (ПО) и огнестойкого химического агента (отвердителя на основе кремния), затем в эту смесь нагнетается в определённых пропорциях воздух*. В ка-

мере смешения происходит окончательное перемешивание состава для тушения пожаров, создания опорных и заградительных полос. В зависимости от содержания в пене сжатого воздуха различают «мокрую» и «сухую» пену. Последнюю ещё называют «липкой» пеной. Благодаря своей высокой адгезии, «сухая» пена обладает способностью сравнительно долго удерживаться на вертикальных плоскостях, образуя эффективный огнезащитный слой. «Мокрая» пена обладает большей подвижностью и большей дальностью струи, поэтому её лучше использовать при активном тушении кромки горения. НПО «СОПОТ» и университет ИТМО (г. Санкт-Петербург) усовершенствовали технологию пеносмешения по созданию огнестойкой быстротвердеющей пены, что позволяет осуществлять контролируемое твердение пены в интервале от 2 до 30 с. Сформированная пена состоит из структурированных наночастиц геля кремнезёма, повторяющих при этом морфологию диспергированных в растворе поверхностно активного вещества (ПАВ) воздушных пузырьков. Уникальные свойства

* Сайт компании СОПОТ. URL: http://www.sopot.ru/russian/nov_tehn_15.html (дата обращения 15.12.2015).

данной пены позволяют достичь удельного расхода огнетушащего средства при тушении пожаров на уровне 1 л/м^2 по сравнению с 5 л/м^2 огнетушащего средства, основанного на штатном серийно выпускаемом ПАВ[16]. В 2015 году ООО «НПО «СОПОТ», ФБУ «Авиалесоохрана», БУ «Ханты-Мансийская авиабаза» на территории Ханты-Мансийского автономного округа проведены лётные исследования способа прокладки заградительных огнезащитных полос с воздуха огнестойкой быстротвердеющей пеной с использованием вертолётного водопеносливного устройства ВВСУ УКТП «ПУРГА», расположенного на внешней подвеске вертолёт МИ-8МТВ (рис. 4).



Рис. 4. Вертолёт Ми-8МТВ с ВВСУ УКТП «Пурга» на внешней подвеске (фото Ассовского В. П.)

Оно предназначено для забора воды из открытых водоёмов, в том числе мелководных с глубиной $1,5\text{--}2 \text{ м}$, доставки воды и пенообразователя к месту пожара, комбинированной подачи струй пены низкой и средней кратности, а также распылённых или компактных струй воды. В составе устройства предусмотрена также система сброса всей массы огнетушащей жидкости за $5\text{--}8 \text{ с}$. Управление сливом воды, огнетушащих растворов и подачей

струй пены осуществляется дистанционно с пульта управления оператора по радиоканалу или по проводной сети [15].

Полёты выполнялись в диапазоне высот $30\text{--}40 \text{ м}$ от земли до сопла ВВСУ и при скорости полёта вертолёт $40\text{--}60 \text{ км/ч}$ (рис. 5).



Рис. 5. Слив быстротвердеющей огнестойкой пены на контрольно-измерительный полигон (фото Гусева В.Г.)

Данное устройство предназначено для забора воды из открытых водоёмов (водохранилищ, озёр, рек, или морей), доставки воды и пенообразователя к месту пожара. Тушение и локализация пожаров осуществляются с помощью комбинированной подачи, струй пены низкой и средней кратности под напором не менее 8 кг/см^2 , а также распылённых или компактных струй воды. Отличительной особенностью данного устройства с напорным сливом от существующих отечественных водосливных устройств со свободным сливом жидкости (ВСУ-5А, ВСУ-15А, НЛ7600 – Канадского производства) является возможность создания качественной мелкодисперсной воздушно-механической пены различной кратности и генерации огнестойкой быстротвердеющей пены (рис. 6).

В комплект ВВСУ с УКТП «Пурга» входят:

- 1) жёсткие ёмкости для воды объёмом $3,5\text{--}15 \text{ м}^3$;
- 2) ёмкость для пенообразователя объёмом до $0,5 \text{ м}^3$;



Рис. 6. Создание противопожарной заградительной полосы огнестойкой быстротвердеющей пеной с применением ВВСУ УКТП «ПУРГА» (фото Ерицова А. М.)

3) установка комбинированного тушения пожаров ВВСУ УКТП «ПУРГА» производительностью до 60 л/с;

4) оборудование для создания давления 8–10 кг/см² (насосный агрегат);

5) аппаратура дистанционного управления сливом и работой насосного агрегата и напорных патрубков, в том числе по радиоканалу;

6) источники электропитания насосных агрегатов;

7) оборудование дозированной подачи раствора пенообразователя;

8) оборудование забора и очистки воды из открытого водоёма в режиме висения вертолёта;

9) система тросовой подвески к вертолёту длиной 30 м;

10) пульт дистанционного управления водосливным устройством.

Сливы быстротвердеющей огнестойкой пены были выполнены при следующих погодных условиях:

- температура воздуха +13°C,
- скорость ветра – 4 м/с,
- направление ветра – 200°,
- давление воздуха – 752 мм рт. ст.

Средняя дозировка пены на эффективной смоченной полосе составила 0,46 л/м². Пена была хорошо видна на растительном

покрове и подсыхала за 20–30 с, что позволило достаточно точно провести замеры не только дозировки на единицу площади, но и ширину и длину смоченной полосы. За счёт высокой адгезии этой пены она хорошо прилипает к любым поверхностям лесных горючих материалов, расположенным в различных плоскостях, и, затвердев, держится на них до обильных осадков [16, 17].

В результате выполненных исследований была доказана возможность создания огнестойкой заградительной полосы длиной до 500 м и шириной до 8 м со средней дозировкой пены на полосе около 0,5 л/м² (рис.7) и определены предварительные (на единичных экспериментах) дозировки быстротвердеющей пены на заградительной полосе в зависимости от лесорастительных условий (табл. 3).

Противопожарная заградительная полоса, созданная огнестойкой быстротвердеющей пеной, в отличие от заградительных полос, созданных растворами обычных пенообразователей и смачивателей, имеет долговременное действие (весь засушливый период пожароопасного сезона, до обильных осадков). Быстротвердеющая пена имеет сертификат соответствия и отвечает требованиям ГОСТ 32509-2013, относится к 1-му классу биоразлагаемости.

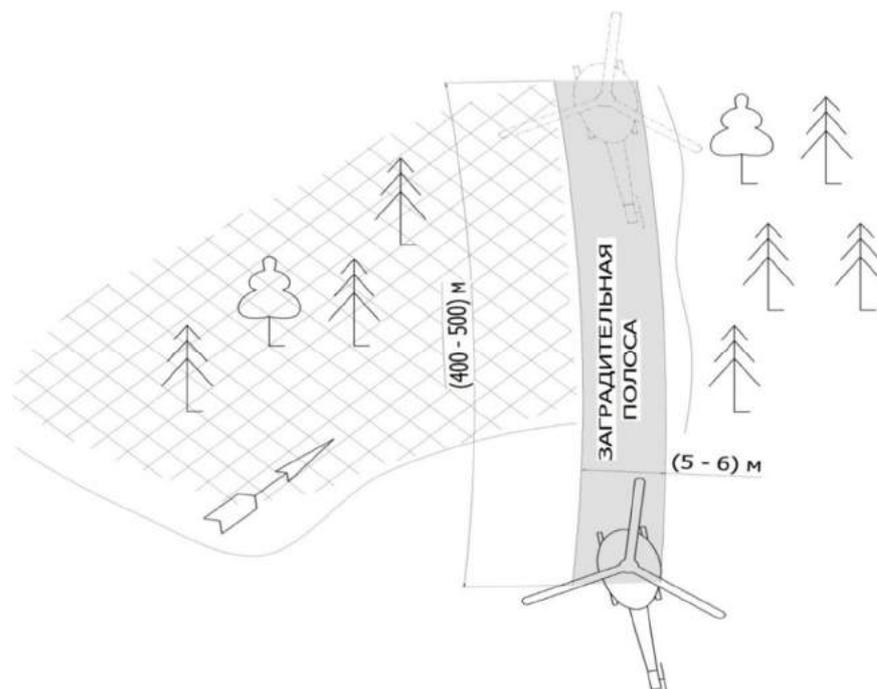


Рис. 7. Параметры заградительной полосы в лесу быстротвердеющей пеной с помощью ВСУ УКТП «Пурга» на внешней подвеске вертолёта

Таблица 3

Предварительные необходимые дозировки быстротвердеющей пены на заградительной полосе в зависимости от лесорастительных условий

| Лесорастительные условия | Дозировка рабочего раствора, л/м ² |
|---|---|
| Хвойные насаждения полнотой 0,2–0,3 со слабо выраженным напочвенным покровом и подстилкой, толщиной 2–3 см | 0,5–0,75 |
| Хвойные насаждения полнотой 0,4–0,6 с умеренно развитым напочвенным покровом и подстилкой, толщиной 3–5 см | 0,75–1,0 |
| Высокополнотные хвойные насаждения с мощным слоем подстилки (10–15 см), хвойные молодняки, захламлинные вырубki и другие участки с повышенной природной пожарной опасностью | 1,0–1,25 |

Выводы. Серийное водосливное устройство ВСУ-5А для вертолётов типа Ми-8 и Ка-32 в комплекте с системой СДП-1 в целом обеспечивает реализацию технологии применения смачивателей и пенообразователей при проведении авиационных работ по прокладке противопожарных заградительных полос в различных лесорастительных и метеорологических условиях.

Дозировка жидкости на смоченной полосе в лесу тесно связана как с режимом полёта вертолёта при сливе жидко-

сти, так и с полнотой древостоя, направлением и скоростью ветра. Получено многопараметрическое уравнение регрессии для коэффициента проникновения слитой жидкости в растительный напочвенный покров. Оптимальные параметры заградительной полосы достигались при скорости полёта вертолёта 60–80 км/ч и минимально возможной (по требованиям безопасности) высоте полёта.

Огнезадерживающая способность заградительных полос, покрытых слоем пены толщиной более 10 см, в сравнении со

смоченной раствором полосой существенно выше. Кратковременный огнезащитный эффект воздушно-механической пены ещё более выражен при сбросе раствора пенообразователя на лес, так как пена в этом случае покрывает кроны деревьев и препятствует выходу огня в полог древостоя.

Вертолётное водосливное устройство ВВСУ УКТП «ПУРГА» позволяет за один слив создавать в лесах противопожарные опорные и заградительные полосы длиной до 500 м и шириной около 6–8 м со средней дозировкой быстротвердеющей пены на полосе около 0,5 л/м². Такая длина заградительной полосы в 7–9 раз превышает эффективную длину смоченного пятна

при свободном сливе жидкости или воздушно-механической пены из водосливного устройства ВСУ-5А.

Определены предварительные дозировки быстротвердеющей пены на заградительной полосе в зависимости от лесорастительных условий.

В результате проведённых исследований научно обоснованы и экспериментально проверены усовершенствованные и новые технологии создания противопожарных опорных и заградительных полос в зонах осуществления лесоавиационных работ, разработаны рекомендации по их применению для предупреждения крупных лесных пожаров и снижения горимости лесов.

Список литературы

1. Патрак А.М., Горбатов В.В. Теоретические аспекты организации деятельности МВД России при ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в условиях мирного и военного времени // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2015. № 4 (68). С. 75-79.
2. Ерицов А. М., Гольдаммер Й. Г. Авиалесоохрана – участник глобального мониторинга лесных пожаров // Лесное хозяйство. 2001. № 4. С. 39-40.
3. Центр глобального мониторинга пожаров. URL: <http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/globalNet.html> (дата обращения: 10.11.2015).
4. Ерицов А. М. Глобальные лесные пожары // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси. 2013. Вып. 73. С. 512–518.
5. International Wildland Fire Conference Режим доступа: <http://www.fire.uni-freiburg.de/korea-2015.html> (дата обращения: 22.11.2015).
6. Goldammer J. G., Eritsov A. M. Preparation, Results and Follow-up of the UNECE Regional Forum on Cross-boundary Fire Management // [UNECE Committee on Forests and Forest Industry 72-nd Session], 18-21 Nov 2014, Kazan, Russian Federation. URL: <http://www.fire.uni-freiburg.de/intro/GFMC-COFFI-72-20-Nov-2014.pdf> (дата обращения: 25.11.2014).
7. Международная авиационная лесопожарная рабочая группа. URL: <http://www.ifawg.org> (дата обращения 10.11.2015).
8. Ерицов А. М., Давыденко Э. П., Гусев В. Г., Арцыбашев Е. С. Вертолётная система дозированной подачи пенообразователя в водосливное устройство ВСУ-5А // Лесное хозяйство. 2005. № 4. С. 13-15.
9. Ерицов, А. М., Гусев В.Г. Управление природными пожарами и авиационные технологии пожаротушения // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2015. Вып. 75. С. 552-562.
10. Ерицов А. М., Гусев В.Г., Гольдаммер Й.Г. Развитие авиационных технологий тушения пожаров в России // VIII Международная научно-практическая конференция «Современная биология: актуальные вопросы». СПб, 2015. С. 50-56.
11. Кориунов Н.А. Авиационное тушение лесных пожаров: Эффективность репортажей и эффективность технологий // Авиационная панорама. 2011. № 4. С. 4.
12. Кориунов Н.А. Авиационное тушение лесных пожаров: Особенность кризисного реагирования // Авиационная панорама. 2012. № 6. С. 6.
13. Ерицов А. М., Ассовский В.П. Развитие системы охраны лесов от пожаров в Республике Марий Эл // Влияние аномальной погоды на природные, социально-экономические и искусственные системы: засуха 2010 года в Поволжье России: Международная научная конференция NASA и семинар GOFC-GOLD/NEESPI; 17-22 июня 2012 г. - Йошкар Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. С. 57-64. URL: http://csfm.marstu.net/files/publications/NASA_2012.pdf (дата обращения: 25.11.2014).
14. Ерицов А.М., Ассовский В.П. Совершенствование информационных систем мониторинга лесных пожаров и авиационных технологий пожаротушения // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. 2013. Вып. 73. С. 502–511.

15. *Ерицов А.М.* Развитие авиационной охраны лесов от пожаров в России // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции, 9-11 октября 2013 г. Гомель, 2013. С. 19–25.

16. *Ерицов А. М.* Развитие авиационных технологий тушения лесных пожаров в Российской Федерации // VI Международная конференция ООН по природным пожарам. Пхенчхан, Южная

Корея, 12-16 октября 2015 г. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/media/sub_news/aviales/149 (дата обращения: 10.11.2015)

17. *Орловский С.Н.* Борьба с торфяными пожарами локализацией их заградительными барьерами из огнестойкой быстротвердеющей пены // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций. Сборник статей по материалам V всероссийской научно-практической конференции. М., 2015. С. 44-49.

Статья поступила в редакцию 17.12.15.

Информация об авторах

ЕРИЦОВ Андрей Маркелович – аспирант ФБУ «СПбНИИЛХ», заместитель начальника ФБУ «Авиалесоохрана». Область научных интересов – проблемы охраны лесов от пожаров, развитие наземных и авиационных технологий тушения пожаров. Автор 27 публикаций.

ГУСЕВ Виталий Георгиевич – кандидат технических наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, начальник научно-исследовательского отдела охраны и защиты леса ФБУ «СПбНИИЛХ». Область научных интересов – проблемы охраны лесов от пожаров, развитие наземных и авиационных технологий тушения пожаров, современных пенообразователей и смачивателей. Автор 103 публикаций, в том числе четырёх монографий.

UDC 630.43:001

TECHNOLOGICAL IMPROVEMENTS IN USING CONTROL LINES IN FIGHTING FOREST FIRES IN AREAL APPLICATION ZONES

A. M. Eritsov¹, V. G. Gusev²

¹Federal Budget Institution «Avialesookhrana»,
20, Gorky St., Pushkino, 141200, Russian Federation

E-mail: aeritsov@mail.ru

²Federal Budget Institution «Saint Petersburg Forestry Research Institute»,
21, Institutsky Prospect, Saint Petersburg, 194021, Russian Federation

E-mail: v.g.gusev@mail.ru

Key words: forest fires; aviation technologies development; helicopters; helibucket; application of wetting agent and rigid foam.

ABSTRACT

Introduction. The problem of forest fires going out of control and damaging housing units and whole settlements due to rapid flame propagation has become vitally important in Russia. **The goal** of the current research is to analyze the aerial firefighting techniques including creation of control lines with the use of helicopters for forest fire management. We also attempted to determine the optimal parameters of concentration of fire-extinguishing compositions and flight modes during aerial operations. For the purpose of this research we set the following sub-goals: the analysis of aviation technologies used in aerial firefighting; and the characteristics of certain helibuckets tested onsite and used for ceating control lines. The approaches applied in the research were experimentally tested onsite with new improved equipment, as well as new foams and wetting agents. **Results and conclusions.** The paper analyses the water dropping helicopter units, comparatively presents their technical characteristics as well as field results. Based on the results of the experiments carried out we argue that the use of helibuckets equipped with foam shooting systems significantly increases the efficiency of helicopter use in extinguishing forest fires. The efficiency of advanced new helicopter techniques and technologies applied in fighting forest fires was scientifically proved in the paper and can be applicable particularly to remote areas. A list of recommendations concerning the use of new helicopter technologies for prevention and suppression of forest fires was developed.

References

1. Patrak A.M., Gorbatov V.V. Teoreticheskie aspekty organizatsii deyatel'nosti MVD Rossii pri likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy prirodno i tekhnogennogo kharaktera v usloviyakh mirnogo i voennogo vremeni [Theoretical aspects of organizing operation of the Ministry of Internal Affairs in management of man-caused and natural emergency situations under piece time and war time]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii* [Vestnik of Saint Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs in Russia]. 2015. No 4 (68). Pp. 75-79.
2. Eritsov A. M., Goldammer Y. G. Avialesookhrana – uchastnik global'nogo monitoringa lesnykh pozharov [Avialesookhrana – the participant of global forest fires monitoring]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2001. No 4. Pp. 39-40.
3. Tsentr globalnogo monitoringa pozharov. [Global Fire Monitoring Center (GFMC)] URL: <http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/globalNet.html> (reference date: 10.11.2015).
4. Eritsov, A. M. Globalnye lesnye pozhary [Global forest fires]. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: Sb. nauch. tr.* [Problems of forestry and forest management: Collection of research papers]. Gomel: NAN Belarus Forest Institute. 2013. Iss. 73. Pp. 512–518.
5. International Wildland Fire Conference URL: <http://www.fire.uni-freiburg.de/korea-2015.html> (reference date: 22.11.2015).
6. Goldammer J. G., Eritsov A. M. Preparation, Results and Follow-up of the UNECE Regional Forum on Cross-boundary Fire Management [UNECE Committee on Forests and Forest Industry 72-nd Session], 18-21 Nov 2014, Kazan, Russian Federation. URL: <http://www.fire.uni-freiburg.de/intro/GFMC-COFFI-72-20-Nov-2014.pdf> (reference date: 25.11.2014).
7. Mezhdunarodnaya aviatsionnaya lesopozharnaya rabochaya gruppa. [International aviation forest fires task group]. URL: <http://www.ifawg.org> (reference date: 10.11.2015).
8. Eritsov A. M. Davydenko E. P., Gusev V. G., Artsybashev E. S. Vertoletnaya sistema dozirovannoy podachi penoobrazovatelya v vodoslivnoe ustroystvo VSU-5A [Helicopter system of dosed foam supply into helibucket]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2005. No 4. Pp. 13-15.
9. Eritsov, A. M., Gusev V.G. Upravlenie prirodnyimi pozharami i aviatsionnye tekhnologii pozharotusheniya [Natural fire management and aviation firefighting techniques]. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: Sb. nauch. tr.* [Problems of forestry and forest management: Collection of research papers]. Gomel: NAN Belarus Forest Institute., 2015. Iss. 75. Pp. 552-562.
10. Eritsov A. M., Gusev V.G., Goldammer Y.G. Razvitie aviatsionnykh tekhnologiy tusheniya pozharov v Rossii [Development of aviation technologies of fighting forest fires in Russia]. *VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Sovremennaya biologiya: aktualnye voprosy»* [8th International research and practical conference «Contemporary biology: burning issues»]. Saint Petersburg, 2015. Pp. 50-56.
11. Korshunov N.A. Aviatsionnoe tushenie lesnykh pozharov: Effektivnost reportazhey i effektivnost tekhnologiy [Aerial forest fire suppression: efficiency of reports and efficiency of technologies]. *Aviatsionnaya panorama* [Aviation panorama]. 2011. No 4. P.4.
12. Korshunov N.A. Aviatsionnoe tushenie lesnykh pozharov: Osobennost' krizisnogo reagirovaniya. [Aerial forest fire suppression: peculiarities of crisis response]. *Aviatsionnaya panorama* [Aviation panorama]. 2012. No 6. P. 6.
13. Eritsov A. M., Assovskiy V.P. Razvitie sistemy okhrany lesov ot pozharov v Respublike Mariy El [Development of forest fires protection system in Mari El]. *Vliyaniye anomal'noy pogody na prirodnye, sotsialno-ekonomicheskie i iskusstvennye sistemy: zasukha 2010 goda v Povolzh'e Rossii* [«Impacts of extreme weather on natural, socio-economic, and land-use systems: Focus on the 2010 summer anomaly in the Volga region»]. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya NASA i seminar GOF-C-GOLD/NEESPI* [NASA Science Meeting, GOF-C-GOLD and NEESPI Workshop and Regional Conference]; 17-22 June 2012. – Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2012. Pp. 57-64. URL: http://csfm.marstu.net/files/publications/NASA_2012.pdf (reference date: 25.11.2014).
14. Eritsov A.M., Assovskiy V.P. Sovershenstvovanie informatsionnykh sistem monitoringa lesnykh pozharov i aviatsionnykh tekhnologiy pozharotusheniya [Improving the aerial technologies of fires extinguishing and the information systems of forest fires monitoring]. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: Sb. nauch. tr.* [Problems of forestry and forest management: Collection of research papers]. 2013. Iss. 73. Pp. 502–511.
15. Eritsov A.M. Razvitie aviatsionnoy okhrany lesov ot pozharov v Rossii [Development of aerial protection against forest fires]. *Sovremennoe sostoyaniye i perspektivy okhrany i zashchity lesov v sisteme ustoychivogo razvitiya: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Contemporary situation and prospects for forests protection under sustainable development: Proceedings of international research and practical conference]. 9-11 October, 2013. Gomel, 2013. Pp. 19–25.

16. Eritsov A. M. Razvitie aviatsionnykh tekhnologiy tusheniya lesnykh pozharov v Rossiyskoy Federatsii [Development of aerial technologies of suppressing forest fires in the Russian Federation]. *VI Mezhdunarodnaya konferentsiya OON po prirodnym pozharom, Pkhenchkhan, Yuzhnaya Koreya, 12-16 oktyabrya 2015 g.* [The 6th international wildlife fire conference, Pyeongchang, Gangwon, Republic of Korea 12-16 October, 2015. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/media/sub_news/aviales/149 (reference date: 10.11.2015).

17. Orlovskiy S.N. Borba s torfyanymi

pozharami lokalizatsiey ikh zagraditelnyimi barerami iz ognestoykoy bystrotverdeyushchey peny [Managing peat fires and bringing them under control using thresholds made from fire resistant rigid foam]. *Monitoring, modelirovanie i prognozirovanie opasnykh prirodnikh yavleniy i chrezvychaynykh situatsiy: Sbornik statey po materialam V vsrossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Monitoring, modeling and prognostication of dangerous natural phenomena and emergency situations: Proceedings of 5th All-Russia research and practical conference]. Moscow, 2015. Pp. 44-49.

The article was received 17.12.15.

Citation for an article: Eritsov A. M., Gusev V. G. Technological Improvements in Using Control Lines in Fighting Forest Fires in Areal Application Zones. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2016. No 1(29). Pp. 42-56.

Information about the authors

ERITSOV Andrey Markelovich – Postgraduate student of Federal Budget Institution «Saint Petersburg Forestry Research Institute», Vice-Head of Federal Budget Institution «Avialesookhrana». Research interests – forest fire control, ground and aerial techniques applied in fighting forest fires. Author of 27 publications.

GUSEV Vitaly Georgievich – Candidate of Technical Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Research Department of Nature and Forest Protection at Federal Budget Institution «Saint Petersburg Forestry Research Institute». Research interests – forest fires protection, development of ground and aerial techniques of managing forest fires, creating contemporary types of foams and wetting agents. Author of 103 publications including 4 monographs.