

Научная статья  
УДК 630\*435  
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.60.58.023

## Оптимизация расходов огнетушащих средств при тушении ландшафтных и лесных пожаров беспилотными авиационными системами

*Сергей Петрович Амельчугов<sup>1</sup>*  
*Алексей Николаевич Батуро<sup>1</sup>*  
*Александр Сергеевич Симоненко<sup>1</sup>*  
*Виталий Андреевич Негин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

<sup>2</sup>ООО «Автоматические системы пожаротушения», Красноярск, Россия

*Автор ответственный за переписку: Сергей Петрович Амельчугов, asp-911@yandex.ru*

**Аннотация:** в статье анализируются ключевые принципы защиты населенных пунктов, промышленных объектов и специальных территорий от лесных и ландшафтных пожаров. Рассмотрены подходы к организации эффективной защиты, включающие тесное взаимодействие с местными органами власти, создание пожарных команд и использование имеющихся сил и средств пожаротушения. Особое внимание уделяется применению авиации малой и средней грузоподъемности, включая вертолеты с водосливными устройствами, а также специализированные самолеты, такие как ИЛ-76 и БЕ-200, для активного тушения пожаров. Одной из перспективных технологий является использование беспилотных летательных систем (БПЛА), однако их широкое внедрение сдерживается отсутствием нормативно-правовой базы и недостаточной изученностью параметров подачи огнетушащих веществ, таких как вода. В статье приведены расчеты, позволяющие определить объем огнетушащих средств, необходимых для тушения пожара с помощью БПЛА, и даны рекомендации по их оптимизации. Также обсуждаются задачи, связанные с повышением эффективности подачи воды и возможностью использования добавок к воде для увеличения результативности тушения. Представленные результаты могут быть основой для дальнейшего развития технологий пожаротушения с участием БПЛА.

**Ключевые слова:** противопожарная защита, насадок, спрыск, струя, пожарный ствол, кинематическая вязкость, вода

**Для цитирования:** Амельчугов С.П., Батуро А.Н., Симоненко А.С., Негин В.А. Оптимизация расходов огнетушащих средств при тушении ландшафтных и лесных пожаров беспилотными авиационными системами. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 229-233. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.60.58.023>.

## Optimisation of extinguishing agent expenditure when extinguishing landscape and forest fires by unmanned aerial systems

*Sergey P. Amelchugov*<sup>1</sup>

*Aleksey N. Baturo*<sup>1</sup>

*Aleksandr S. Simonenko*<sup>1</sup>

*Vitaly A. Negin*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siberian Fire and Rescue Academy of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

<sup>2</sup> LTD automatic fire extinguishing systems, Krasnoyarsk, Russia

**Corresponding author:** *Sergey P. Amelchugov, asp-911@yandex.ru*

**Abstract:** the article analyzes the main principles of protection of settlements, industrial facilities and special territories against forest and landscape fires. Approaches to the organization of effective protection are considered, including close cooperation with local authorities, creation of firefighting teams and use of available firefighting forces and means. Special attention is given to the use of small and medium sized aircrafts, including helicopters with water dropping devices, as well as specialized aircraft, such as IL-76 and BE-200, for active firefighting. One of the promising technologies is the use of unmanned aerial systems (UAS), but their widespread implementation is hampered by the lack of a regulatory framework and insufficient study of the parameters of delivery of extinguishing agents such as water. This paper presents calculations to determine the amount of extinguishing agent required for firefighting with UAVs and provides recommendations for their optimization. It also discusses the challenges associated with improving the efficiency of water delivery and the possibility of using water additives to increase extinguishing performance. The results presented can serve as a basis for further development of firefighting technologies using UAS.

**Key words:** fire protection, nozzle, jet, fire barrel, kinematic viscosity, water

**For citation:** Amelchugov S.P., Baturo A.N., Simonenko A.S., Negin V.A. Optimisation of extinguishing agent expenditure when extinguishing landscape and forest fires by unmanned aerial systems // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024; №3(34). С. 229-233. (in Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.60.58.023>.

Основными принципами защиты населенных пунктов, специальных объектов и объектов экономики от лесных пожаров являются: сохранение уровня защиты от пожаров жилых и промышленных объектов; максимальное использование для тушения ландшафтных и лесных пожаров имеющихся в районе сил и средств пожаротушения; тесное взаимодействие и взаимопонимание с местными органами исполнительной и законодательной власти. В целях защиты населенных пунктов, специальных объектов и объектов экономики от лесных пожаров административными органами в лесных регионах организуются пожарные команды, опорные пункты и другие подразделения.

С целью активного воздушного пожаротушения используется преимущественно авиация малой и средней грузоподъемности – авиатанкеры (наземного базирования и амфибии) и вертолеты с модульными водосливными устройствами. Создаются специализированные самолеты на базе серийных самолетов, а также модули для самолетов гражданской и военной авиации. Разрабатываются водосливные устройства различного типа и исполнения для вертолетов серийного производства. При катастрофических лесных пожарах дополнительно используются специализированные самолёты типа ИЛ-76, БЕ-200. С развитием беспилотных летательных аппаратов актуальным становится вопрос применения беспилотных летательных систем (далее БАС) для тушения ландшафтных и лесных пожаров. Однако применение БАС сдерживается отсутствием нормативно-правовой базы тушения пожаров с помощью БПЛА. Одним из проблемных вопросов остается малая изученность интенсивности подачи огнетушащих веществ, прежде всего воды, на тушение лесных растительных материалов.

В данной статье приведены результаты ряда исследований, направленных на достижение поставленной цели – повышение эффективности пожаротушения на лесных территориях и территориях, прилегающих к населенным пунктам. Именно расходные характеристики огнетушащих веществ определяет тактику, а следовательно, людские и материальные ресурсы необходимые для пожаротушения.

В работах [4-6] широко представлены параметры пожаротушения зданий, сооружений и других объектов в застройке населенных пунктов, включая механизмы прекращения горения, интенсивность подачи и удельный расход огнетушащих веществ, боевые действия подразделений пожарной охраны, сосредоточение и введение сил и средств на пожаре, тактические возможности пожарных подразделений и другое. Предложено, что успех тушения пожара достигается совместными наступательными действиями всех участников тушения и во многом зависит от своевременного введения в действие первого ствола на решающем направлении. Решающим направлением боевых действий на пожаре является направление, на котором использование сил и средств пожарной охраны обеспечивает наилучшее условия решения основной боевой задачи.

Не вдаваясь в детали всех методов ограничения распространения пожаров, остановимся на применении огнетушащих веществ, которые подаются непосредственно на горящую поверхность по периметру очага пожара и вдоль фронта его распространения, формируя полосу тушения. Этот способ позволяет эффективно остановить дальнейшее распространение огня. Он является наиболее распространенным, так как не только останавливает горение, но и способствует его полной ликвидации, что делает его наиболее целесообразным в большинстве случаев. Создать полосу тушения водой можно из ручных и лафетных стволов, распылением воды с самолетов и вертолетов и т.д.

Объем работ, выполняемых при тушении лесного или ландшафтного пожара, складывается из тактических возможностей подразделений, входящих в его состав. Объем работ и тактические возможности подразделений во многом зависят от вида огнетушащих веществ и вида использования БПЛА для пожаротушения, и ограничивается площадью пожара, которую можно потушить из емкости БПЛА.

Площадь пожара, которую способен потушить данный объем огнетушащего вещества, находящегося в БПЛА, рассчитывается по следующей формуле:

$$S_n = W / I \cdot \tau \quad (1)$$

где  $S_n$  — площадь тушения пожара, м<sup>2</sup>;  
 $W$  — объем огнетушащего вещества, л;  
 $I$  — интенсивность подачи огнетушащего вещества, л/с · м<sup>2</sup>;  
 $\tau$  — время работы насадка от емкости БПЛА, с.

Наличие площади пожара, которую можно потушить БПЛА позволяет произвести расчет сил и средств на тушение ландшафтного или лесного пожара.

Для расчета необходимых сил и средств используются следующие исходные данные: характеристика земель и типов леса с учетом опасности распространения низовых ландшафтных пожаров и дымовых шлейфов; время от момента возникновения пожара до его обнаружения и сообщения; линейная скорость распространения огня (по фронту пожара); количество сил и средств, выделенных для тушения, и время их сосредоточения; а также интенсивность подачи огнетушащего вещества.

Сложность учета площади пожара объясняется не только типологией леса, сколько комплексным показателем пожарной опасности по условиям погодных данных (далее – КППО), а также временным фактором тушения пожара. Таким образом, площадь пожара зависит не только от вида лесных горючих материалов, но и от их влажностного состояния, однако в любом случае площадь пожара ограничивается кромкой лесного пожара и его

фронтом. Ширина кромки в зависимости от ЛГМ и направления ветра может составлять от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров [7].

В зависимости от выбранной тактики тушения пожара, основной расчетной характеристикой является площадь тушения  $S_T$  - часть площади пожара, на которую подается огнетушащее вещество. Глубина тушения ограничивается дальность полета водяной струи при условии безопасного нахождения БПЛА от теплового и конвективных потоков. В ряде случаев подача огнетушащего вещества на всю площадь пожара сразу оказывается невозможной, например, из-за нехватки ресурсов или недостаточной дальности подачи струй. В таких ситуациях тушение проводится по фронту распространения огня — на участке, составляющем часть общей площади пожара. В этом случае огонь локализуется на ключевом направлении, после чего тушение продолжается на других участках.

Интенсивность подачи огнетушащего воды для тушения лесного или ландшафтного пожара в зависимости от типа леса и КППО предложена в [3]. Однако, следует отметить, что вода достаточно легко скатывается в поверхности ЛГМ и не участвует в пожаротушении, поэтому целесообразно применять добавки к воде, которые как показано в [8] позволяют снижать расход воды при тушении лесных низовых пожаров в 2-3 раза. Для тушения пожаров с ЛГМ необходимо учитывать температуру окружающего воздуха, например, известно, что в утренние часы, когда выпадает роса, тушение лесного пожара происходит значительно быстрее.

Таки образом, основным параметрами для определения расходов огнетушащих средств при тушении ландшафтных и лесных пожаров беспилотными авиационными системами будут являться массогабаритные характеристики БПЛА и их водяных устройств, удаление от места оператора до пожара и время на восстановление ресурсов БПЛА (установка аккумуляторов и емкостей с водой).

При разработке дронов и их модулей пожаротушения следует исходить, что подача воды будет осуществляться из-за крон деревьев [9], поэтому тактико-техническое задание должно предусматривать объем огнетушащего вещества не менее 50 л, насадки для подачи воды с дальностью струи не менее 15 м при расходе 0,25-0,3 л/с, применение быстросъемных креплений баков и аккумуляторов, полет на дальность не менее 7 км.

Вывод: для оптимизации расходов огнетушащих средств при тушении ландшафтных и лесных пожаров беспилотными авиационными системами следует применять расчетное количество дронов.

### Список источников

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон [Электронный ресурс]: с изм. и доп. Дата обновления: 02.07.2023. // справочно-правовая система «КонсультантПлюс»: сайт. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61798/c5051782233acca771e9adb35b47d3fb82c9ff1c/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/c5051782233acca771e9adb35b47d3fb82c9ff1c/) (дата обращения 30.08.2024).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности, Федеральный закон [Электронный ресурс]: с изм. и доп. Дата обновления: 19.10.2023. Доступ из системы ГАРАНТ // справочно-правовая система «КонсультантПлюс»: сайт. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/) (дата обращения 30.08.2024).
3. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987. 288 с.
4. Повзик Я.С., Ключ П.П., Матвейкин А.М. Пожарная тактика: учебник для пожарно-технических училищ. М: Стройиздат, 1990. 335 с.
5. Повзик Я. С. Пожарная тактика: М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2004. - 416 с. ISBN 5-901018-39-7.
6. Карнаухов А.И., Кухар И.В., Орловский С.Н. Пожары. Технология и практика тушения [Электрон. изд.]: учебное пособие для студентов направления 23.03.02 «Наземные

транспортно-технологические комплексы» и 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» очной формы обучения /– Красноярск: СибГТУ, 2015 — 92 с.

7. Гуцев Н.Д., Михайлова Н.В., Грабежева Н.А. Исследование зависимости времени смачивания лесных горючих материалов от величины поверхностного натяжения растворов смачивателей и пенообразователей // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства № 3, 2015.

8. Середа Э.А., Аксенов С.Г. Применение беспилотных авиационных систем при тушении лесных пожаров // Экономика строительства. – 2023. – №. 8. – С. 34-37.

9. Усмонов Б.Ш., Дадабоева Д.И., Хакимова М.У.К. Беспилотное летательное устройство в сельском хозяйстве // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Т. 2. – №. 6. – С. 101-123.

## References

1. Technical regulations on the safety of buildings and structures // reference and legal system "ConsultantPlus": website. - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/) (date of access 08.30.2024).

2. Federal Law [Electronic resource]: with amendments and add. Date of update: 02.07.2023. Access from the GARANTEE system // reference and legal system "ConsultantPlus": website. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61798/c5051782233acca771e9adb35b47d3fb82c9ff1c/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/c5051782233acca771e9adb35b47d3fb82c9ff1c/) (date of access 30.08.2024).

3. Ivannikov V.P., Klus P.P. Handbook of the Fire Fighting Manager. Moscow: Stroyizdat, 1987. 288 с.

4. Povzik Ya.S., Klus P.P., Matveikin A.M. Fire tactics: textbook for fire technical schools. M: Stroyizdat, 1990. 335 с.

5. Povzik Y.S. Fire tactics: M.: CJSC “SPETSTECHNIKA”, 2004. - 416 с. ISBN 5-901018-39-7.

6. Karnaukhov A.I., Kukhar I.V., Orlovsky S.N. Fires. Technology and practice of extinguishing [Electronic edition]: textbook for students of 23.03.02 “Land transport and technological complexes” and 20.03.02 “Environmental management and water use” full-time education / - Krasnoyarsk: SibGTU, 2015 - 92 p.

7. Gutsev N.D., Mikhailova N.V., Grabezheva N.A. Study of the wetting time dependence of forest combustible materials on the surface tension of solutions of wetting agents and foaming agents // Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry №. 3, 2015.

8. Sereda E.A., Aksenov S.G. Application of unmanned aerial systems in forest fire suppression // Economics of Construction. G. Application of unmanned aircraft systems in extinguishing forest fires // Construction Economics. - 2023. - №. 8. - С. 34-37.

9. Usmonov B.Sh., Dadaboyeva D.I., Khakimova M.U.K. Unmanned aerial device in agriculture // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. - 2022. - Т. 2. - №. 6. - С. 101-123.

## Информация об авторах

С.П. Амелчугов - доктор технических наук

А.Н. Батуру – кандидат технических наук, доцент

Information about the author

S.P.Amelchugov - Doctor. of Engineering Sciences

A.N. Baturo - Ph.D. of Engineering Sciences

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.07.2024, одобрена после рецензирования 02.09.2024, принята к публикации 19.09.2024.

The article was submitted 30.07.2024, approved after reviewing 02.09.2024, accepted for publication 19.09.2024.