

# ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



Научная статья

УДК 614. 841

<https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-1-47-55>

## Применение технологий геопозиционирования, мониторинга для блокирования и тушения пожаров степных и на хлебных массивах

О. В. Денисов , К. В. Хохлова , М. В. Грибашов 

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

✉ [ovd63@mail.ru](mailto:ovd63@mail.ru)

### Аннотация

**Введение.** Актуальность данного исследования определяется возрастающей необходимостью обеспечения надежной защиты степных и сельскохозяйственных территорий от возможных пожаров с помощью инновационных методов мониторинга, применения пожарной техники, систем пожарного водоснабжения и современных средств пожаротушения. Несмотря на внедрение новых, современных и безопасных для окружающей природной среды и человека технических решений, направленных на предупреждение и тушение пожаров, все еще имеется необходимость улучшения технологий, используемых в области пожарной безопасности, которая для страны является серьезной проблемой. Цель настоящего исследования — оценка технической возможности эффективного применения технологий геопозиционирования, мониторинга на основе комплекса специальных устройств, модельного расчета условий надежного блокирования пожаров на степных и сельскохозяйственных территориях, в частности, на полях с хлебными массивами.

**Материалы и методы.** Основными методами исследования явились анализ источников нормативно-методической и научно-технической информации, математическое моделирование, экстраполяция на расчётно-графические материалы, физический эксперимент.

**Результаты исследования.** Представлены данные для разработки и внедрения в практическую деятельность пожарных подразделений новых технических решений и технологий мониторинга и тушения степных пожаров и пожаров на хлебных массивах, создания и развития материально-технической, методической и информационной базы обеспечения системы блокирования геоэкологических пожаров.

**Обсуждения и заключение.** Анализ причин возникновения пожаров на степных и сельскохозяйственных территориях позволил наметить основные методы их мониторинга. На основе изучения прототипов, изменения технических и компоновочных характеристик главных элементов устройства предложено рациональное решение (ноу-хау) для тушения пожаров степных и на хлебных массивах — трактор-грунтомет-полосопрокладыватель. При этом сделан вывод, что повысить эффективность многофункционального гусеничного или колесного робототехнического комплексов можно также и за счет элементов навигационных систем (геопозиционирования) и мониторинга с использованием систем автоматического управления процессами.

**Ключевые слова:** степные пожары, пожары на хлебных массивах, технологии геопозиционирования, мониторинг пожаров.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность заместителю начальника 2 ПСО ФПС ГПС Главного управления России по Ростовской области подполковнику Коваленко С. Н. и директору ООО «Синтекс» Токареву А. А. за критические замечания по статье, сделанные ранее. Авторы также выражают признательность ее анонимным рецензентам.

© Денисов О. В., Хохлова К. В., Грибашов М. В., 2023

Для цитирования. Денисов, О. В. Применение технологий геопозиционирования, мониторинга для блокирования и тушения пожаров степных и на хлебных массивах / О. В. Денисов, К. В. Хохлова, М. В. Грибашов // Безопасность техногенных и природных систем. — 2023. — № 1. — С. 47–55. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-1-47-55>

Original article

## Application of Geo-Positioning and Monitoring Technologies for Blocking and Extinguishing Fires in Steppe and Grain Areas

Oleg V. Denisov , Kristina V. Khokhlova , Maksim V. Gribashov 

Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ [ovd63@mail.ru](mailto:ovd63@mail.ru)

### Abstract

**Introduction.** The relevance of this study is determined by the increasing need to ensure reliable protection of steppe and agricultural territories from possible fires with the help of innovative monitoring methods, the use of fire equipment, fire water supply systems and modern fire extinguishing means. Despite the introduction of new, modern and safe for the environment and people technical solutions aimed at preventing and extinguishing fires, there is still a need to improve the technologies used in the field of fire safety, which is a serious problem for the country. The work objective is to assess the technical feasibility of effective application of geo-positioning technologies and monitoring based on a set of special devices, model calculation of conditions for reliable fire blocking on steppe and agricultural territories, in particular, in fields with grain areas.

**Materials and Methods.** The main research methods are the analysis of sources of normative-methodological and scientific-technical information, mathematical modeling, extrapolation to computational and graphic materials, physical experiment.

**Results.** The data are presented for the development and implementation in the practical activities of fire departments of new technical solutions and technologies for monitoring and extinguishing steppe fires and fires in grain areas, the creation and development of material, technical, methodological and information base for the system of blocking geoecological fires.

**Discussion and Conclusion.** The analysis of the causes of fires in steppe and agricultural territories allowed us to outline the main methods of their monitoring. Based on the study of prototypes, changes in the technical and layout characteristics of the main elements, a rational solution (know-how) for extinguishing fires in steppe and grain areas is proposed — a tractor-soil-thrower-fire-break maker. At the same time, it is concluded that it is also possible to increase the efficiency of multifunctional tracked or wheeled robotic complexes due to elements of navigation systems (geo-positioning) and monitoring using automatic process control systems.

**Keywords:** steppe fires, grain areas fires, geo-positioning technologies, fire monitoring.

**Acknowledgements.** The authors express their gratitude to the deputy head of the Second Fire and Rescue Unit of the Federal Fire-Fighting Service of the State Fire-Fighting Service of the Main Directorate of Russia for the Rostov region, Lieutenant Colonel S. N. Kovalenko and Director of Syntex LLC A. A. Tokarev for the critical comments to the article made earlier. The authors also express their gratitude to its anonymous reviewers.

**For citation.** O. V. Denisov, K. V. Khokhlova, M. V. Gribashov. Application of Geo-Positioning and Monitoring Technologies for Blocking and Extinguishing Fires in Steppe and Grain Areas. Safety of Technogenic and Natural Systems, 2023, no. 1, pp. 47–55. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-1-47-55>

**Введение.** Анализ научной и технической литературы выявил недостаток имеющихся данных по техническим особенностям тушения степных пожаров. Большая часть таких пожаров (до 80 %, по разным источникам) имеет антропогенный характер (нарушения правил пожарной безопасности при обращении с открытым огнем и при эксплуатации неисправной, устаревшей или необслуженной техники). Также известны природные факторы таких возгораний (часто пожары возникают в результате удара молнии во время грозы).

Пожар степной — это естественно или искусственно вызванный пал в степях. Его производят для вытеснения нежелательных растений и уничтожения мертвой растительности с целью улучшения травостоя. По механизму распространения огня степной пожар схож с низовым лесным пожаром, но скорость распространения его выше, что обусловлено рядом факторов, а именно большей горючестью сухих степных трав и высокой скоростью приземного ветра в степи. Такие пожары наносят значительный урон естественной среде (растительному покрову и животному миру), могут представлять опасность для людей и объектов экономики<sup>1,2</sup> [1, 2].

Причинами пожаров степных и на хлебных массивах также могут быть аварии наземного и воздушного транспорта, хлебоуборочной техники, террористические акты, военные действия и небрежное обращение с открытым огнем. Наиболее пожароопасная обстановка складывается в конце весны и в начале лета, когда стоит сухая и жаркая погода. Подобные пожары характеризуются возникновением одного или нескольких очагов, которые быстро распространяются на значительные территории. Они обладают высокой скоростью, достигающей в определенные моменты 30 км/ч. Этот фактор обусловлен большим количеством сухой растительности, созревших злаков и прочих легковоспламеняющихся материалов. Степные пожары и пожары на хлебных массивах представляют огромную опасность не только для людей, но и для сельскохозяйственных животных. Огонь, который подступает со всех сторон, оказывает сильное психологическое давление, тем самым может спровоцировать массовую панику, которая зачастую приводит к многочисленным жертвам.

Проведенный анализ использования технических средств при тушении природных и техногенных пожаров, произошедших в России за последние три года, показал, что для предупредительных работ и тушения возгораний, ликвидации их последствий активно используется строительная и сельскохозяйственная техника<sup>3</sup> [3, 4].

Актуальность исследованию придает еще и возрастающая необходимость использования усовершенствованной техники и современных устройств, обеспечивающих пожарную безопасность в степях и на хлебных массивах, при борьбе с природными пожарами, усложненными наличием на местности складов с химическими веществами, например, удобрениями [3, 5].

**Материалы и методы.** Наиболее часто самосвалы и бульдозеры используются для расчистки завалов, создания минерализованных полос при степных и природных пожарах. Доказана на практике эффективность применения строительной и сельскохозяйственной техники в качестве специальной, а также технологий аэрокосмической разведки и мониторинга для обеспечения пожарной безопасности.

Повысить эффективность многофункционального гусеничного или колесного робототехнического комплекса можно за счет элементов навигационных систем, собственно технических устройств геопозиционирования. Примером может служить глобальная российская навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС). Данная система может транслировать гражданские сигналы в любой точке страны и мира на безвозмездной основе и без ограничений, с автоматическим управлением процессами мониторинга. ГЛОНАСС с начала 2000-х годов (со времени принятия федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система») активно используется в интересах предупреждения и тушения геоэкологических пожаров.

По экспертным оценкам, применение систем и технологий геопозиционирования и мониторинга защищаемых территорий позволит на 15 % сократить усилия и затраты на прогнозирование пожароопасных ситуаций, на 20 % — расходы, а также уменьшить количество требуемого личного состава, применяемой пожарной техники, воды или огнетушащих средств. Все это вместе повысит эффективность работы и обеспечит возможность тушить пожары ночью.

<sup>1</sup>Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008 / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644?section=status> (дата обращения: 31.05.2022).

<sup>2</sup>О пожарной безопасности: федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.1994 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2014. № 5. Ст. 1.

<sup>3</sup>Денисов О. В., Хохлова К. В., Попко Г. А. К разработке мероприятий по предупреждению и тушению локальных пожаров на полигонах твердых бытовых отходов // Актуальные проблемы науки и техники: мат. Всероссийской науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2021. С. 136–137.

Технологии геопозиционирования и мониторинга помогут повысить эффективность за счет карты-задания для дифференцированных минерализации, вспашки и орошения степных территорий, представленной на рис. 1, 2. Внешне же техника, осуществляющая указанные работы, ничем не отличается от обычной.

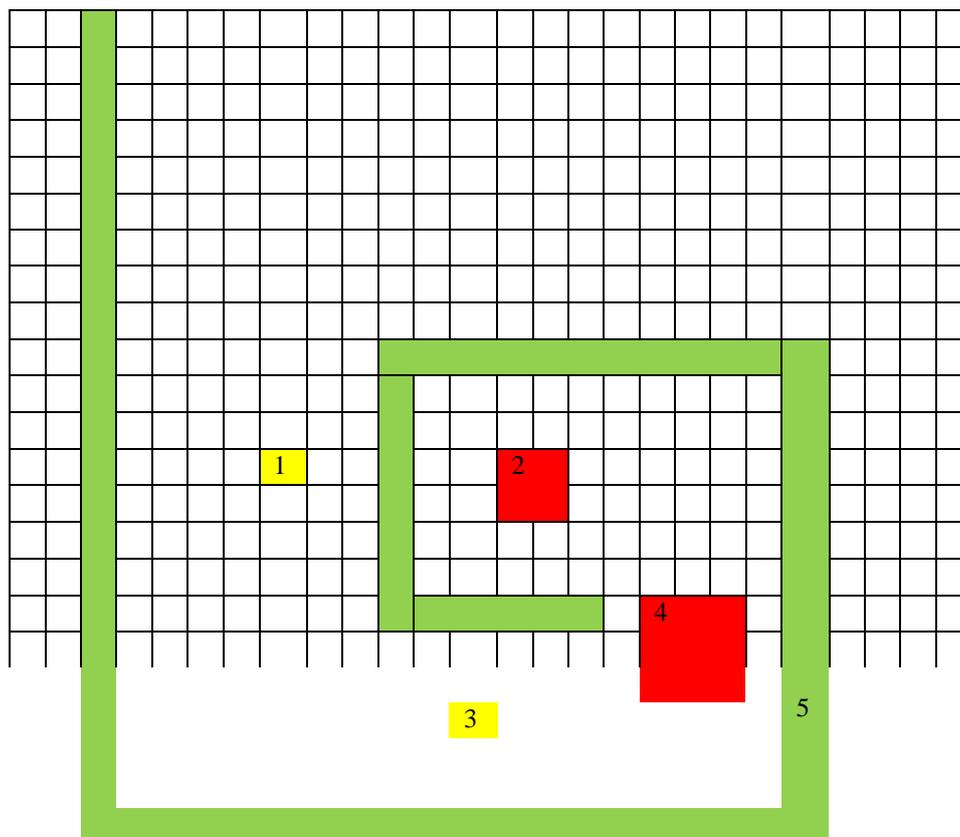


Рис. 1. Упрощенная карта-схема задания мониторинга и геоэкологического зонирования степных территорий и хлебных массивов: 1 и 3 — зоны с опасными критическими параметрами среды; 2 и 4 — зоны предположительного горения; 5 — маршрут техники в соответствии с картой-заданием



Рис. 2. Работа техники по вспашке заданной территории [3]

Концепция точной работы специальной пожарной техники, представляющая собой технологии геопозиционирования и мониторинга, базируется на подробных знаниях защищаемых территорий. Имеется в виду, что на таких территориях есть участки, неоднородные по противопожарному состоянию, влажности почвы и воздуха, температуре окружающей среды, направлению и скорости ветра. Данные параметры необходимо постоянно отслеживать, то есть осуществлять их системный мониторинг. Вариант такого технического комплекса представлен на рис. 3.

Главной задачей противопожарных служб является максимальное использование потенциала каждого локального степного участка, оптимизация применяемой пожарной техники и личного состава и, как следствие, повышение эффективности пожаротушения.



Рис. 3. Система мониторинга погодных условий [3]

Точная картография для предупреждения и тушения пожаров степных и на хлебных массивах необходима, чтобы по данным локального увлажнения почвенного слоя рассчитать, сколько понадобится воды или огнетушащих веществ (ОТВ) для тушения возгораний, таким образом возможно оценить и затраты на увлажнение или тушение [6, 7]. При использовании этого метода данные по дифференцированному увлажнению или тушению участков также могут оперативно наноситься на карту.

Такая картография является основой для принятия решений, например, при выборе типа и количества необходимой пожарной техники для тушения на данном степном участке или хлебном поле. Картография степных участков и хлебных массивов позволяет:

- экономить средства за счет локального увлажнения или точного тушения лишь тех участков, где это необходимо;
- экономить время, ГСМ. Считается, что можно сканировать до 20 га в час;
- точно определить пожароопасные или горящие участки;
- использовать архивы карт много лет, накапливая опыт. Пожароопасные участки практически не изменяются со временем.

Для тушения степных пожаров используется пожарная техника на гусеничном или колесном ходу. Она обладает широким спектром действия, имеет несколько видов. Каждый вид специальной пожарной техники на гусеничном ходу способен решать большое количество сложных задач. Для этого используются различные виды огнетушащих веществ. В основном это вода и пена, но в предложенной авторами модернизированной машине дополнительно будут использоваться огнетушащие порошки и газы. Для подачи каждого из этих веществ в очаг пожара необходимо специальное пожарное оборудование.

Пожарное оборудование предназначено для тушения пожаров различной сложности лафетным и ручными стволами, а также для забора и хранения воды и раствора пенообразователя, подачи воды с определенным расходом, орошения кабины во время тушения пожара.

После анализа нескольких прототипов, а также изменения технических и компоновочных характеристик основных элементов оборудования предложено рациональное решение (ноу-хау) для тушения пожаров степных и на хлебных массивах — трактор-грунтомет-полосопрокладыватель. Комплекс технических решений включает в себя доработку собственно грунтомета, позволяющего частично отделять сухую горючую

растительную фракцию от минеральной. Кроме того, было установлено, что повысить эффективность многофункционального гусеничного или колесного робототехнического комплекса можно также за счет элементов навигационных систем (геопозиционирования) и мониторинга на основе систем автоматического управления процессами. Предполагается также, что усовершенствованный колесный или гусеничный трактор-грунтомет-полосопрокладыватель, снабженный геонавигационной системой, может использоваться и для предупреждения ландшафтных пожаров, для активного тушения кромки степного или лесного низового пожаров с помощью минерализованного слоя почвогрунта и с минимальным объемом сухой горючей растительной фракции.

Основные элементы устройства представлены на рис. 4. Трактор (1) с ограждающим контуром (2) имеет в своем составе раму, механизм навески (3), волнообразносферические диски, образующие измельченный почвенный вал перед фрезами-метателями, установленными на уровне дна борозды, опорные колеса, регулирующие уровень дна борозды, привод (4) грунтомета-полосопрокладывателя (5), ковш-толкатель (6) для перерезания корней деревьев и защиты фрез-метателей от крупных препятствий, опорные цельнометаллические колеса для ограничения величины заглубления фрез-метателей.

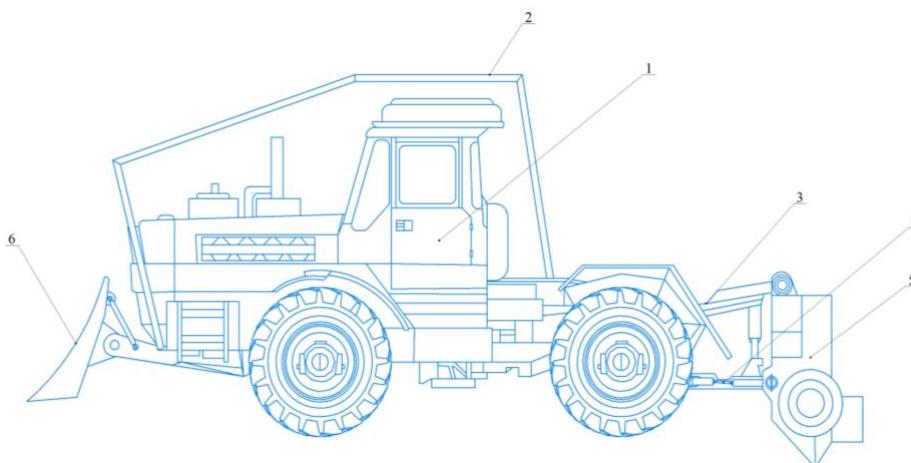


Рис. 4. Колесный трактор с навесным оборудованием — грунтометом-полосопрокладывателем

Защитный кожух (ноу-хау) состоит из двух основных частей — собственно защитного кожуха и почвопровода, выполненного с возможностью изменения его положения и отделения горючей растительной фракции. При этом защитный кожух представляет собой часть поверхности цилиндра вокруг фрез-метателей, нижняя половина поверхности защитного кожуха отсутствует, предоставляя возможность забора необходимого объема измельченного почвогрунта, а верхняя часть переходит в эллиптическую или цилиндрическую поверхность минерало-почвопровода, имеющего отвод для сухой растительной фракции. Положение и другие геометрические характеристики минерало-почвопровода могут изменяться (в том числе автоматически) с помощью механизма регулировки угла его установки посредством блока управления, гидронасосов и ряда гидроцилиндров из кабины мобильного транспортно-энергетического средства (трактора, автомобиля).

Проблема обеспечения пожарной безопасности в степной местности всегда будет актуальной. Для совершенствования процесса организации тушения пожаров степных и на хлебных массивах необходимо проводить множество мероприятий, не ограничиваясь лишь применением тяжелой специальной, строительной, сельскохозяйственной техники для ликвидации пожаров и их последствий.

Авторами были рассмотрены и другие ситуации, требующие применения специальной техники, в качестве которой изучались различные машины, хорошо показавшие себя при тушении природных и техногенных пожаров. В результате было определено, что такую технику можно широко применять как при тушении пожаров степных и на хлебных массивах, так и при возгораниях на складах удобрений.

Для расчета эффективности применения специальной, строительной, сельскохозяйственной техники при пожарах степных и на хлебных массивах выделены ее тактико-технические характеристики и определены возможности.

**Результаты исследования.** Важнейшими условиями обеспечения пожарной безопасности степных и хлебных массивов наряду с социальным являются технические и экологические.

Для оценки эффективности применения усовершенствованной специальной, строительной, сельскохозяйственной техники при рассматриваемых геоэкологических пожарах используют аналитические и моделирующие методы исследования<sup>4</sup> [6, 7].

На примере среднестатистического пожара на хлебных массивах применим модельный расчет условия надежного блокирования степных пожаров.

Примем условную ситуацию, в которой очаг горения располагается возле объекта защиты. Допустим, что на хлебном массиве находится около 200 пожароопасных точек. Расстояние от очага горения до места блокирования — 20 метров. Скорость перемещения носителя очага горения — в пределах от 3 до 30 м/мин. Поскольку плотность распределения полученных экспериментальным путем данных составила не более 5 %, было принято решение о представлении данного массива аппроксимирующей функцией. Графическая интерпретация представлена на рис. 5 и 6.

С применением принципов «защита расстоянием и временем» используем безразмерные скорость и время, риски для личного состава и персонала, занятого на мероприятиях по предупреждению и тушению степных пожаров и пожаров на хлебных массивах.

На графиках видно, что при увеличении скорости перемещения фронта пожара на хлебном массиве, обусловленной природными факторами, и времени оперативного обнаружения и реагирования возникает вероятность проникновения фронта пожара в критически опасные точки объекта защиты.

В данной модели не были рассмотрены такие сопутствующие факторы, как техническая готовность и состояние специальных огнетушащих средств, характер пожара, его изменяющиеся параметры. Они также способны оказывать влияние на вероятность успешного блокирования очага горения.

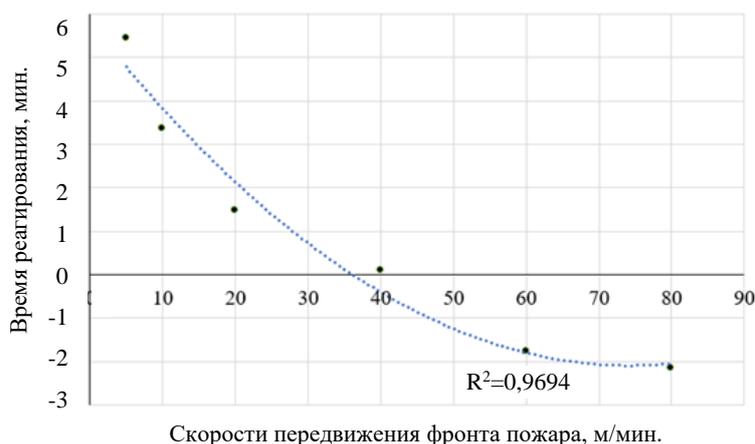


Рис. 5. Графическая зависимость полученных результатов по принципу «защита расстоянием»

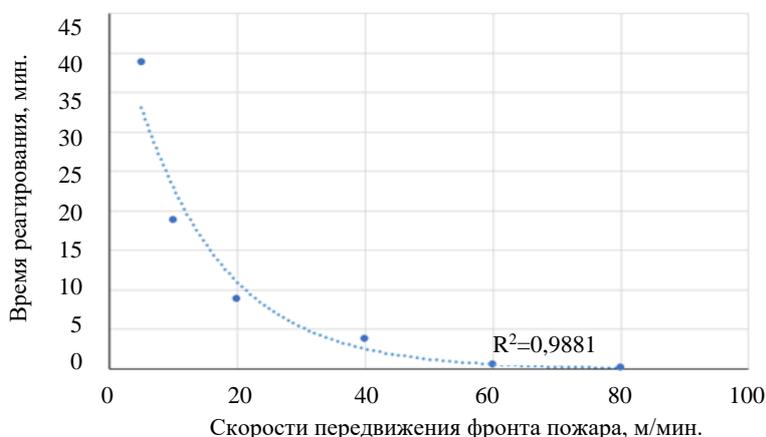


Рис. 6. Графическая зависимость полученных результатов по принципу «защита временем»

<sup>4</sup>Успенский, И. А. Анализ инструментов разработки цифровых двойников как средств оптимизации операций агропромышленного комплекса // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: мат. 72-й междунар. науч.-практ. конф. Рязань, 2021. С. 437–440.

Благодаря разработанным условиям надёжного блокирования степных пожаров и хлебных массивов, разработанных одним из авторов ранее [3], есть возможность на основе технологий геопозиционирования и мониторинга природных параметров определить управляемые параметры модели обеспечения пожарной безопасности.

**Заключения и обсуждение.** Результаты проведенных исследований показывают, что проблема пожаров степных и на хлебных массивах весьма актуальна. Это обусловлено высоким уровнем пожарных и экологических рисков разнородного происхождения [6]. Все это позволило сделать следующие выводы:

– в результате изучения статистики пожаров степных и на хлебных массивах в РФ установлено, что за последние 20 лет наблюдается их увеличение;

– на основе аналитических и моделирующих методов исследования доказано, что существуют эффективные решения для надёжного блокирования геоэкологических пожаров, учитывающие время реагирования, скорость распространения фронта пожара и другие факторы;

– кратко описаны устройство и компоновка основных элементов трактора-грунтомета-полосопрокладывателя (ноу-хау), позволяющие путем конструктивного анализа технически реализовать надёжную блокировку пожаров степных и на хлебных массивах;

– установлено, что повысить эффективность предупреждения и тушения пожаров можно на основе навигационных систем и автоматического управления процессами мониторинга во взаимосвязи с мобильным транспортно-энергетическим средством (трактором, автомобилем), снабженным устройством метания грунта.

Данное направление научных исследований является перспективным и имеет высокую инновационную и практическую ценность для совершенствования системы пожарной безопасности.

#### Список литературы

1. Шишов, С. Г. Характеристика ландшафтных пожаров и их влияние на пожаробезопасность объектов хранения боеприпасов / С. Г. Шишов // Молодежь. Образование. Наука. — 2019. — № 1 (14). — С. 178–204.
2. Andreev, S. S. Ecologic-geographical estimation of climatic comforness of Rostov-on-Don / S. S. Andreev, E. S. Popova // European Journal of Natural History. — 2013. — No. 5 — P. 32-34.
3. Denisov, O. An innovative approach to the elimination of combustion foci at MSW landfills (on the example Rostov region) / O. Denisov, E. Andreeva // E3S Web of Conferences: Environmental Education and Training of Ecologists. — 2021. — Vol. 273(78). — 04006. [10.1051/e3sconf/202127304006](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127304006)
4. Bulygin, Yu. The role of hazardous factors of chemical and physical nature in welders` occupational risks management / Yu. Bulygin, E. Andreeva, D. Shoniya // E3S Web of Conferences: Environmental Education and Training of Ecologists. — 2021. — Vol. 273. — 12028. [10.1051/e3sconf/202127312028](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127312028)
5. Andreeva, E. S. Atmospheric air pollution as one of the factors of noncarcinogenic risk to the health of the human population in Rostov-on-Don / E. S. Andreeva, P. V. Klimov, K. S. Shtenske // Geography and Natural Resources. — 2021. — No. 42(1). — P. 32-36. <https://doi.org/10.1134/S1875372821010030>
6. Basilaia, M. Cosmoharmonic principles of environmental safety / M. Basilaia, I. Bogdanova, O. Dymnikova // E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education. — 2019. — Vol. 135. — 01079. [10.1051/e3sconf/201913501079](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913501079)
7. Пустовая, Л. Е. Анализ и оценка уровня безопасности портовых сооружений на примере склада хранения серы / Л. Е. Пустовая, В. А. Чебышева // Безопасность техногенных и природных систем. — 2021. — № 2. — С. 43–49.

Поступила в редакцию 18.12.2022

Поступила после рецензирования 09.01.2023

Принята к публикации 09.11.2023

*Об авторах:*

**Денисов Олег Викторович**, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-1000), [ovd63@mail.ru](mailto:ovd63@mail.ru)

**Хохлова Кристина Владимировна**, студентка кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9148-1000), [cristy2020@yandex.ru](mailto:cristy2020@yandex.ru)

**Грибашов Максим Васильевич**, магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), [gribashov10@gmail.com](mailto:gribashov10@gmail.com)

*Заявленный вклад соавторов:*

К. В. Хохлова, М. В. Грибашов — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов; О. В. Денисов — научное руководство, выработка технических решений, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

*Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*