



# Беспилотная авиационная система автоматического обнаружения и определения координат лесных пожаров в УФ-области спектра

А. Ф. Осипов  
Москва, Россия

В статье рассмотрены требования к устройствам оптико-электронных УФ-солнечно-слепых пеленгаторов с точки зрения обнаружения источника огня и передачи этой информации службам спасения. Акцент сделан на устройствах УФ-пеленгаторов на основе многоанодных фотоумножителей, имеющих высокий потенциал своевременного обнаружения пожаров и оперативного реагирования для их тушения.

**Ключевые слова:** оптический, ультрафиолетовый, солнечно-слепой, пеленгатор, беспилотник, беспилотный, фокон, многоанодный, фотоумножитель, электронно-оптический преобразователь

Статья поступила: 20.01.2023

Статья принята: 30.03.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Леса имеют огромное значение для человека как источник пищи, источник энергии, строительный материал, сырье для производства, регулятор природных процессов. Прошедшие два года сложились для лесов крайне неблагоприятно. По данным ФБУ «Авиалесоохрана» в 2021 году в России сгорело больше 10 млн гектаров лесов (по данным Гринпис сгорело больше 18 млн гектаров лесов).

# Unmanned Aircraft System for Automatic Detection and Determination of Coordinates of Forest Fires in the Ultraviolet Spectrum

A. F. Osipov  
Moscow, Russia

The article provides information about the device of an unmanned aircraft system. It tells about the requirements for drones and about the device of optoelectronic ultraviolet solar-blind direction finders.

The article discusses the requirements for optoelectronic UV-solar-blind direction finders from the point of view of detecting a fire source and transmitting this information to rescue services. The emphasis is placed on the devices of UV direction finders based on multi-channel photomultipliers, which have a high potential for timely detection of fires and rapid response to extinguish them.

**Keywords:** optical, ultraviolet, solar-blind, direction finder, unmanned, UAVs, focon, multi-anode, photomultiplier, electron-optical converter,

The articles received on: 20.01.2023

The article accepted: 30.03.2023

## INTRODUCTION

Forests are of great importance to humans as a source of food, a source of energy, building material, raw materials for production, a regulator of natural processes. The past two years have been extremely unfavorable for the forests. According to Aerial Forest Protection Federal Budget-Funded Institution in 2021, more than 10 million hectares of forests were burned in Russia (according to Green-



Организация процессов пожаротушения в нашей стране опирается на документ – «Нормативы обеспеченности субъекта Российской Федерации лесопожарными формированиями, пожарной техникой и оборудованием, противопожарным снаряжением и инвентарем, противопожарным предупреждением и тушения лесных пожаров» (утверждены распоряжением Правительства РФ от 19.07.2019 № 1605-р, далее Нормативы). Итоги лесных пожаров в 2021 году показали, что оснащение и работа по указанным Нормативам не обеспечивают своевременное обнаружение и быстрое тушение лесных пожаров. Кроме того, существующие Нормативы препятствуют использованию новых технических решений, например способа наведения летательного аппарата на очаг пожара и его тушения огнегасящей жидкостью, который описан в работе [1] или использованию УФ-пеленгаторов.

Федеральное агентство лесного хозяйства, ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ) выпустили в 2021 году методические рекомендации «Практическое использование отечественных методов и технологий, а также средств обнаружения и тушения лесных пожаров» [2], которые еще больше затрудняют использование инноваций, делают их использование практически невозможным. На рис. 1 приведен график площади лесных земель, пройденных пожарами.

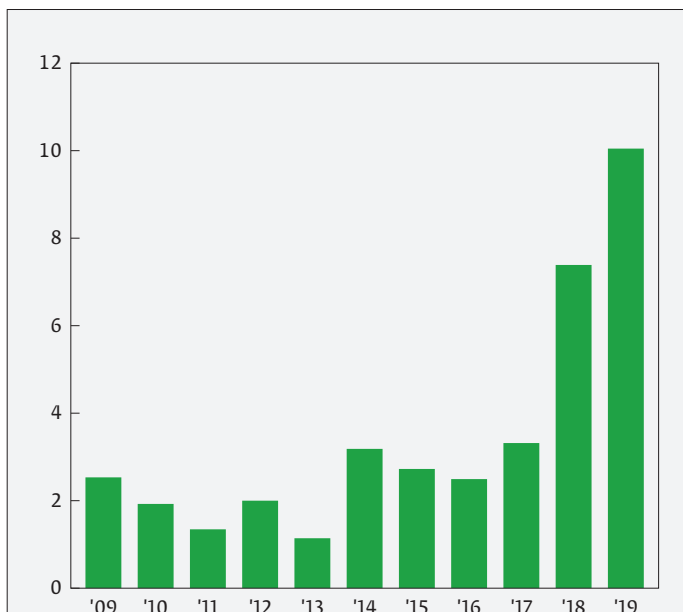


Рис. Площадь лесных земель, пройденная пожарами, млн га  
Fig. The area of forest lands covered by fires, million hectares

peace, more than 18 million hectares of forests were burned).

The organization of fire extinguishing processes in our country is based on the document – “Standards for the Provision of a Constituent Entity of the Russian Federation with Forest Fire Organizations, Fire-Fighting Machinery and Equipment, Fire-Fighting Fixings and Stocks, Other Means of Preventing and Extinguishing Forest Fires” (approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 07/19/2019 No. 1605-p, hereinafter referred to as the Standards). The forest fires in 2021 showed that equipment and work according to these Standards do not ensure timely detection and rapid extinguishing of forest fires. In addition, the existing Standards prevent the use of new technical solutions, for example, the method of pointing an aircraft at a fire and extinguishing it with a flammable liquid, which is described in [1], or the use of UV direction finders.

In 2021, The Federal Forestry Agency, the All-Russian Scientific Research Institute of Forestry and Mechanization (FBU VNIILM) issued 1 methodological recommendations “Practical Use of Domestic Methods and Technologies, as well as Means of Detecting and Extinguishing Forest Fires” [2], which further complicates the use of innovations, makes their use almost impossible. Figure 1 shows a graph of the area of forest lands covered by fires.

## PROTECTION OF FORESTS FROM FIRES

It is well known that effective fire fighting requires timely real-time detection of fires and their prompt rapid extinguishing. Such a technique is not available in the Standards used. For example, the document provides for about 1935 monitoring complexes with unmanned aerial vehicles (UAVs) and (or) unmanned aircraft systems (UASs) for the whole of Russia. The deplorable results of fire detection and extinguishing indicate that either there are not enough unmanned monitoring complexes, or available unmanned monitoring complexes have low technical characteristics. At the same time, the Standards allow the replacement of equipment, technical means of a certain class with equipment similar in purpose, means of higher productivity (capacity). But for some reason, none of the constituent entities of the Russian Federation use this opportunity and more advanced innovative equipment.

The “Unmanned aircraft system for automatic detection and determination of coordinates of forest fires in the ultraviolet spectrum” can and should fill the gap in terms of timely real-time detection of



## ОХРАНА ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ

Хорошо известно, что для эффективной борьбы с пожарами требуется своевременное в реальном времени обнаружение пожаров и их оперативное быстрое тушение. Подобная методика отсутствует в используемых Нормативах. Например, документ предусматривает для всей России около 1935 комплексов мониторинга с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и (или) беспилотными авиационными системами (БПАС). Плачевные результаты обнаружения и тушения пожаров говорят о том, что либо беспилотных комплексов мониторинга недостаточно, либо беспилотные комплексы мониторинга имеют низкие технические характеристики. При этом Нормативы допускают замещение оборудования, технического средства определенного класса на аналогичное по назначению оборудование, средства более высокой производительности (мощности). Но почему-то ни в одном субъекте Российской Федерации этой возможностью не пользуются и не используют более совершенное инновационное оборудование.

Восполнить пробел в части своевременного в реальном времени обнаружения пожаров может и должна «Беспилотная авиационная система автоматического обнаружения и определения координат лесных пожаров в ультрафиолетовой области спектра». Беспилотная авиационная система автоматического обнаружения и определения координат лесных пожаров в УФ-области спектра (далее – БПАС) представляет собой беспилотник с установленным на нем оптико-электронным ультрафиолетовым солнечно-слепым пеленгатором.

## БЕСПИЛОТНИКИ

Порядок использования воздушного пространства Российской Федерации, в том числе и беспилотными воздушными судами (БВС, БПЛА, беспилотниками, дронами), установлен Федеральными правилами использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 11.03.2010 № 138 (далее – ФАП-138).

В настоящее время в России занимаются беспилотниками более 100 фирм [3,4] на любой вкус и кошелек. Для обеспечения эффективности применения БАС беспилотник для обнаружения пожаров должен обладать следующими характеристиками:

- грузоподъемность 2–5 кг (масса УФ-пеленгатора);
- крейсерская скорость полета 50–100 км/час, чем больше, тем эффективней;
- длительность полета на одной заправке 12–24 часа, чем больше, тем эффективней.

fires. The unmanned aircraft system for automatic detection and determination of the coordinates of forest fires in the UV spectrum (hereinafter referred to as UAS) is a drone with an optoelectronic ultraviolet solar-blind direction finder installed on it.

## UAVS

The procedure for the use of the airspace of the Russian Federation, including by unmanned aerial vehicles (UAVs, UASs, drones), is established by the Federal Rules for the Use of the Airspace of the Russian Federation, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 138 dated 11.03.2010 (hereinafter – FAP-138).

Currently, more than 100 companies are engaged in drones in Russia [3,4] for every taste and purse. To ensure the effectiveness of the use of UAS, a fire detection drone must have the following characteristics:

- load capacity 2–5 kg (weight of UV direction finder);
- cruising flight speed of 50–100 km/h, the more, the more efficient;
- the duration of the flight at one refueling is 12–24 hours, the more, the more efficient.

The remaining parameters of UAVs are not of a fundamental nature, since almost all UAVs have all the necessary technical devices for being used in detecting forest fires.

## OPTICAL ELECTRONIC ULTRAVIOLET SOLAR-BLIND DIRECTION FINDERS

Optical vision devices are used in the UV range of the spectrum [5,6]. With the help of optical ultraviolet vision devices, many important practical problems are solved. In addition to optical vision devices with a working ultraviolet spectrum, there is another class of ultraviolet devices – optoelectronic ultraviolet direction finding devices. A direction finder is a device for determining the direction to external objects and celestial bodies. With the help of a direction finder, the bearing readout is performed. There are visual, optical, acoustic and radio direction finders. For the case of fire detection, the main role is played by optical direction finders. Optoelectronic ultraviolet solar-blind direction finders have no less important and numerous civilian and military applications. Unfortunately, these rich opportunities are practically not used.

Solar radiation with a wavelength of 300 nm or less does not reach the Earth's surface. It is this UV range that is called the sun-blind range. Practically, it is considered from 240 nm to 280 nm. In



Остальные параметры беспилотников не носят принципиального характера, так как практически все беспилотники имеют все необходимые технические устройства для использования беспилотников при обнаружении лесных пожаров.

### ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СОЛНЕЧНО-СЛЕПЫЕ ПЕЛЕНГАТОРЫ

В УФ-диапазоне спектра используются оптические приборы видения [5, 6]. С помощью оптических ультрафиолетовых приборов видения решается много важных практических проблем. Кроме оптических приборов видения с рабочим ультрафиолетовым диапазоном спектра, существует еще один класс ультрафиолетовых приборов – опτικο-электронные ультрафиолетовые приборы пеленгации. Пеленгатор – это устройство для определения направления на внешние объекты и небесные светила. С помощью пеленгатора производят отсчет пеленга. Различают пеленгаторы визуальные, оптические, акустические и радиопеленгаторы. Для случая обнаружения пожаров главную роль играют оптические пеленгаторы. У опτικο-электронных ультрафиолетовых солнечно-слепых пеленгаторов существуют не менее важные и многочисленные гражданские и военные области применения. К сожалению, эти богатые возможности практически не используются.

Излучение Солнца с длиной волны 300 нм и меньше не доходит до поверхности Земли. Именно этот УФ-диапазон и называют солнечно-слепым диапазоном. Практически его считают от 240 нм до 280 нм. В этом диапазоне в условиях Земли практически отсутствуют какие-либо источники УФ-излучения. Природных и искусственных источников УФ-излучения чрезвычайно мало, и помехи практически отсутствуют. Пропускание атмосферы в этом диапазоне хорошее [7]. Обнаружить какой-нибудь появившейся УФ-объект очень легко [8, 9]. Спектр солнечного излучения хорошо изучен и изложен в нормативных документах [10–12].

Опτικο-электронный УФ-пеленгатор не формирует никаких изображений, видео, фотографий, картинок для просмотра человеком или обработки компьютером. Это устройство предназначено для определения угловых координат объектов, излучающих или отражающих излучение в УФ-солнечно-слепом диапазоне спектра. УФ-пеленгатор определяет только угловую координату каждого обнаруженного ультрафиолетового объекта относительно своей оптической оси. Полученную угловую координату можно разложить на две составляющие координаты по X и по Y.

in this range, there are practically no sources of UV radiation in the conditions of the Earth. There are extremely few natural and artificial sources of UV radiation, and there is practically no interference. The transmission of the atmosphere in this range is good [7]. It is very easy to detect any UV object that has appeared [8,9]. The spectrum of solar radiation is well studied and described in regulatory documents [10–12].

Optoelectronic UV direction finder does not generate any images, videos, photos, pictures for human viewing or computer processing. This device is designed to determine the angular coordinates of objects emitting or reflecting radiation in the UV-sun-blind range of the spectrum. The UV direction finder determines only the angular coordinate of each detected ultraviolet object relative to its optical axis. The resulting angular coordinate can be decomposed into two component coordinates in X and Y.

Currently, four principal methods of creating UV direction finders are known [13]. Based on them, the design of direction finders, which are produced by Russian enterprises, is built:

- based on an ultraviolet electron-optical image converter coupled with a CCD matrix or CMOS matrix. JSC “NPO GI-PO” Kazan, JSC “Central Research Institute “Electron”, St. Petersburg, PJSC “ROMZ”, Rostov, JSC “Cathode”, Novosibirsk, Group of Companies “Kronstadt”, St. Petersburg, etc. followed this path.;
- based on solar-blind hybrid television devices based on electron-sensitive CTDs (charge transfer devices), JSC “Central Research Institute “Electron”, St. Petersburg;
- based on solid-state UV matrices, JSC NPO Orion, Moscow;
- based on multi-anode photomultipliers with an AlGaIn-based photocathode, JSC “Cathode”, Novosibirsk.

The table shows a comparison of the main parameters of UV direction finders produced by various Russian companies.

The tabular data show that the best set of basic parameters have direction finders based on multi-anode photomultipliers.

In addition, other types of direction finders have poor performance, since they work in frame mode. Because of this, when installing these direction finders on aircraft carriers, it is necessary to use a mechanical or electronic image stabilization system, for example, a gyro-stabilized platform, a steadicam, a gimbal, etc. Also, direction finders based on personnel systems require large computing power and





В настоящее время известны четыре принципиальных способа создания УФ-пеленгаторов [13]. На их основе построена конструкция пеленгаторов, которые производят российские предприятия:

- на основе ультрафиолетового электронно-оптического преобразователя (ЭОП) сочлененного с ПЗС матрицей или КМОП матрицей. По этому пути пошли АО «НПО ГИПО», г. Казань, АО «ЦНИИ «Электрон», г. Санкт-Петербург, ПАО «РОМЗ», г. Ростов, АО «Катод», г. Новосибирск, группа компаний «Кронштадт», г. Санкт-Петербург и др.;
- на основе солнечно-слепых гибридных телевизионных приборов на основе электронно-чувствительных ППЗ (приборов переноса зарядов), АО «ЦНИИ «Электрон», г. Санкт-Петербург;
- на основе твердотельных УФ-матриц, АО НПО «Орион», г. Москва;
- на основе многоанодных фотоумножителей с фотокатодом на основе AlGaN, АО «Катод», г. Новосибирск.

В таблице дано сравнение основных параметров УФ-пеленгаторов производства различных российских компаний.

Табличные данные показывают, что наилучшей совокупностью основных параметров обла-

complex software that also works in real time. A satisfactory solution has not yet been found.

One big advantage of direction finding systems based on multi-anode photomultipliers should be noted, and this advantage is the ability to register the signature of UV objects (time dependence of the UV radiation intensity of an object). The registered signature can be used to determine the type and purpose of the target or object. Other types of direction finders do not have such possibility. Therefore, UV-sun-blind direction finders based on multi-anode photomultipliers have a number of advantages. Among other things, it should be borne in mind that the multi-anode photomultipliers produced by JSC "Cathode" have already been included in the "List of Electrical and Radio Products Approved for Use".

The success of using UV direction finders on helicopters, airplanes, tanks encourages the installation of UV direction finders on UAVs. The only company in Russia that is engaged in the installation of UV direction finders on UAVs is Group of Companies "Kronstadt", <https://kronshtadt.ru> [14]. However, the information from the prospectus for this product reveals the fact that this product is an ordinary color television camera and is not yet an ultraviolet direction finder.

**Таблица.** Сравнение основных параметров ультрафиолетовых пеленгаторов

**Table.** Comparison of the main parameters of UV direction finders

Фирма (используемый фотоприемник) Firm (photo receiver used)	Чувствительность Sensitivity	Быстродействие Speed of response	Размеры Dimensions	Масса Weight
ГИПО (ЭОП+ПЗС) HYPO (EOIC+CTD)	Средняя Medium	Плохое Bad	Большие Big	Средняя Medium
ЦНИИ «Электрон» (ЭОП+ПЗС) Central Research Institute "Electron" (EOIC+CTD)	Большая Big	Плохое Bad	Большие Big	Большая Big
ЦНИИ «Электрон» (ГТП) Central Research Institute "Electron" (GTD)	Средняя Medium	Плохое Bad	Средние Medium	Средняя Medium
НПО «Орион» (матрицы) NGO "Orion" (matrices)	Малая Small	Среднее Medium	Малые Small	Малая Small
КРЭТ (ФЭУ АО «Катод») RETC (PMT by JSC "Cathode")	Большая Big	Хорошее Good	Средние	Средняя
Перспективное изделие, прогноз (ФЭУ АО «Катод») Promising product, forecast (PMT by JSC "Cathode")	Очень большая Very high	Отличное Excellent	Средние Medium	Средняя Medium



дают пеленгаторы на основе многоанодных фотоумножителей.

Кроме того, остальные типы пеленгаторов имеют плохое быстродействие, так как работают в кадровом режиме. Из-за этого при установке этих пеленгаторов на авиационные носители необходимо использовать механическую или электронную систему стабилизации изображений, например гиросtabilизированную платформу, стедикам, гимбал и т. д. Также пеленгаторы на основе кадровых систем требуют больших вычислительных мощностей и сложного программного обеспечения, работающего к тому же в реальном времени. Удовлетворительного решения пока не найдено.

Надо также отметить одно большое преимущество систем пеленгации на основе многоанодных фотоумножителей – это возможность регистрации сигнатуры УФ-объектов (зависимости интенсивности УФ-излучения объекта от времени). По зарегистрированной сигнатуре можно определить тип и назначение цели или объекта. Другие типы пеленгаторов такой возможности не имеют. Поэтому УФ-солнечно-слепые пеленгаторы на основе многоанодных фотоумножителей имеют ряд преимуществ. Кроме всего прочего, надо иметь в виду, что многоанодные фотоумножители производства АО «Катод» уже вошли в «Перечень электрорадиоизделий, разрешенных к применению».

Успех использования УФ-пеленгаторов на вертолетах, самолетах, танках побуждает установить УФ-пеленгаторы на беспилотники. Единственной фирмой в России, которая занимается установкой УФ-пеленгаторов на БПЛА, является фирма «Группа Компаний «Кронштадт», <https://kronshtadt.ru> [14]. Правда, информация из проспекта на это изделие раскрывает тот факт, что это изделие – обычная цветная телевизионная камера и никаким ультрафиолетовым пеленгатором пока не является.

### АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В УФ-ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Принцип действия беспилотного авиационного комплекса, состоящего из беспилотника и установленного на нем УФ-пеленгатора, представлен в патенте [15]. Методика автоматического обнаружения и определения координат лесных пожаров изложена в [16–18]. Кроме обнаружения и определения координат пожаров, предлагаемая система может определять площадь лесных пожаров, строить контуры лесных пожаров. Кроме того, система может определять тип пожара: пожар верховой или пожар низовой, пожар лесной или пожар лесной

### AUTOMATIC DETECTION AND DETERMINATION OF THE COORDINATES OF FOREST FIRES IN THE UV SPECTRUM

The principle of operation of an unmanned aircraft complex consisting of a UAV and a UV direction finder installed on it is presented in the patent [15]. The method of automatic detection and determination of coordinates of forest fires is described in [16–18]. In addition to detecting and determining the coordinates of fires, the proposed system can determine the area of forest fires, build contours of forest fires. In addition, the system can determine the type of fire: a crown fire or a ground fire, a forest fire or a peat forest fire, a soil fire or an underground fire. Information about the coordinates of the centers of a forest fire can be the source information for forest fire modeling programs, for example, those designed by LLC “OKB “Burstroy-proekt” (Trofimov V. A.) [www.burstroy.ru](http://www.burstroy.ru). The forest fire model allows you to predict changes in the continuous forest fire zone depending on current weather conditions and the digital terrain model at specified time intervals. Forest fire modeling is implemented on the basis of “Recommendations for the Detection and Extinguishing of Forest Fires” (approved by Federal Forestry Agency (Rosleskhoz) dated December 17, 1997) with the methodological support of the All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia and the Federal Center for Science and High Technologies.

The initial data for the simulation were the current fire zone, the estimated parameters of the forest area and the weather forecast. Additionally, digital forest maps can be used (to limit the spread of fire outside the forest area) and a digital terrain model (to determine slopes).

The output data of the model are the fire propagation zones at the time points specified by the initial parameters. Additionally, the list of buildings and structures falling into the fire zone with the approach time, the number of people in the emergency zone, the composition of forces and means required to perform emergency rescue operations (ERO) can be determined.

The model of a natural fire is implemented in two versions:

1. A DLL running on Windows x64 (see an excerpt from the structure to the modeling library in the attachment). This implementation version can be used if there is a management system in which third-party libraries can be integrated.



торфяной, пожар почвенный или пожар подземный. Информация о координатах очагов лесного пожара может являться исходной информацией для программ моделирования лесных пожаров, например разработки ООО «ОКБ «Бурстройпроект» (Трофимов В. А.) [www.burstroy.ru](http://www.burstroy.ru). Модель лесного пожара позволяет выполнять прогнозирование изменения зоны сплошного лесного пожара в зависимости от текущих метеоусловий и цифровой модели местности в заданные интервалы времени. Моделирование лесного пожара реализовано на основании «Рекомендаций по обнаружению и тушению лесных пожаров» (утв. Рослесхозом от 17.12.1997) при методической поддержке со стороны Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС РОССИИ (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) и Федерального центра науки и высоких технологий (ФЦНВТ).

Исходными данными для моделирования послужили текущая зона горения, обобщенные параметры лесного массива и прогноз погоды. Дополнительно могут использоваться цифровые карты лесов (для ограничения распространения горения вне лесного массива) и цифровая модель местности (для определения уклонов).

Выходными данными модели являются зоны распространения пожара на моменты времени, заданные исходными параметрами. Дополнительно может определяться перечень зданий и сооружений, попадающих в зону пожара со временем подхода, численность населения в зоне ЧС, состав сил и средств, потребных для выполнения аварийно-спасательных работ (АСР).

Модель природного пожара реализована в двух версиях:

1. Библиотека DLL, выполняемая в Windows X64. Эту версию реализации возможно использовать, если имеется система управления, в которую можно интегрировать сторонние библиотеки.
2. В составе веб-приложения «Типовой центр управления», выполняемом на любой операционной системе.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ УФ-ПЕЛЕНГАТОРОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА БПЛА**

**Средство обеспечения безопасности и поиска неисправностей воздушных линий электропередач, обеспечения безопасности на электрифицированных железных дорогах**

БПЛА, оборудованный УФ-пеленгатором, движется в автоматическом режиме по заданному

2. As part of the web application “Standard Control Center” running on any operating system.

### **ADDITIONAL APPLICATIONS OF UV DIRECTION FINDERS INSTALLED ON UAVS**

#### **A Means of Ensuring the Safety and Troubleshooting of Overhead Power Transmission Lines, Ensuring Safety on Electrified Railways**

A UAV equipped with a UV direction finder moves automatically along a predetermined route along an overhead power line. The direction finder determines the three-dimensional coordinates of each of them (latitude, longitude and height of the fault above the Earth's surface) by the UV radiation of the corona discharges of faults. By the signal of the malfunction glow the UV direction finder determines the type of malfunction, makes a forecast of the development of emergency conditions and promptly transmits data to repair services in real time.

#### **A Means of Ensuring the Safety of the Electric Power Industry of Cities and Towns, Detection and Localization of Fires in Populated Areas, and Man-Made Fires**

A UAV equipped with a UV direction finder equipped with an ultra-wide-angle sun-blind photodetector head [19] automatically patrols the territory of a city or village along a given route. When malfunctions of energy objects occur, accompanied by sparks, corona discharge, electric arc, the direction finder determines the coordinates of the malfunctions and transmits these data to repair services in real time. The same principle is laid down when fixing fires in populated areas or man-made fires.

#### **Means of Detection and Localization of Natural (Forest and Steppe) Fires**

A UAV equipped with a UV direction finder fitted with an ultra-wide-angle sun-blind photodetector head [19] automatically patrols natural territories along a given route. When a fire appears in the forest or in the steppe, the direction finder determines the coordinates of the fire and promptly transmits this data to the Ministry of Emergency Situations in real time.

#### **A Means of Searching for Those in Distress at Sea**

The same principle of direction finding at sea can be used if a sailor's life jacket is equipped with a UV radiation source based on UV LEDs or an excilamp.





маршруту вдоль воздушной линии электропередач. Пеленгатор по УФ-излучению коронных разрядов неисправностей определяет трехмерные координаты каждой из них (широту, долготу и высоту неисправности над поверхностью Земли). УФ-пеленгатор по сигнатуре свечения неисправности определяет тип неисправности, делает прогноз развития аварийных состояний и оперативно в реальном времени передает данные в ремонтные службы.

### Средство обеспечения безопасности электроэнергетики городов и поселков, обнаружения и локализации пожаров в населенных пунктах, техногенных пожаров

БПЛА, оборудованный УФ-пеленгатором, оснащенный сверхширокоугольной солнечно-слепой фотоприемной головкой [19], патрулирует в автоматическом режиме по заданному маршруту территорию города или поселка. При появлении неисправностей объектов энергетики, сопровождающихся искрами, коронным разрядом, электрической дугой пеленгатор определяет коор-

### A Means of Neutralizing Football Fanatics

The UAV moves along a given route inside the stadium bowl. When a fire appears, the direction finder determines the coordinates of the intruder. In all these examples, UAVs equipped with the same UV direction finder are used, the difference in these devices is only in the software.

### CONCLUSION

It seems that the Unmanned aircraft system for automatic detection and determination of coordinates of forest fires in the ultraviolet spectrum is one of the most effective innovations in the field of early timely fire detection. It should be connected to a fire propagation simulation program, which makes it possible to make a forecast depending on the type of fire source, current weather conditions and a digital terrain model at specified time intervals.

### AUTHOR

Osipov Alexander Fedorovich, Moscow, Russia.  
Area of interest: ultraviolet optoelectronic devices.  
ORCID: 0000-0002-9042-9884



**БЕЛОМО**  
ОПТИК

**ОАО «Завод «Оптик»**



*крупная оптическая компания, основанная в 1970 г. За время своей деятельности предприятие зарекомендовало себя как надёжный производитель и поставщик высококачественных оптических изделий. На предприятии функционирует система менеджмента качества, соответствующая требованиям ISO 9001:2015.*

- прецизионная оптика: линзы, призмы, зеркала, пластины, аксиконы и др.;
- волоконно-оптические изделия: пластины, фоконы, гибкие осветительные жгуты;
- монокристаллы калий гадолиниевого вольфрамата, активированные неодимом (Nd:KGW) и лазерные активные элементы из них;
- фокусирующая оптика к газовым лазерам на основе солевых кристаллов (KCl);
- стёкла гнутые фигурные для средств индивидуальной защиты;
- асферические линзы для осветительных целей;
- трубки и штабики оптически обработанные для изготовления микроканальных пластин, измерительной и специальной техники;
- изделия медицинского назначения: офтальмоскопы, линзы офтальмологические 3-х и 4-х зеркальные, линейки скиаскопические, линзы для непрямой офтальмологии.

**Продукция изготавливается по техническим требованиям и спецификациям заказчика.**



ОАО «Завод «Оптик», Республика Беларусь,  
г. Лида, ул. Машерова, 10  
Тел.: +375 154 61 12 25, +375 154 61 12 18/20  
факс: +375 154 61 12 43  
[optic@mail.lida.by](mailto:optic@mail.lida.by)    [www.opticlida.by](http://www.opticlida.by)





динаты неисправностей и в реальном времени передает эти данные в ремонтные службы. Тот же принцип заложен при фиксировании огня пожаров в населенных пунктах или техногенных пожаров.

### Средство обнаружения и локализации природных (лесных и степных) пожаров

БПЛА, имеющий УФ-пеленгатор с сверхширокоугольной солнечно-слепой фотоприемной головкой [19], патрулирует в автоматическом режиме по заданному маршруту природные территории. При появлении огня в лесу или в степи пеленгатор определяет координаты пожара и оперативно в реальном времени передает эти данные в МЧС.

### Средство поиска терпящих бедствие на море

Тот же принцип пеленгации на море может быть использован в случае, если спасательный жилет моряка оборудован источником УФ-излучения на основе УФ-светодиодов или эксилампы [20].

### Средство нейтрализации футбольных фанатиков

Можно использовать БПЛА внутри чаши стадиона, задавая траекторию его движения. При появлении фэйера пеленгатор определяет координаты нарушителя.

Во всех этих примерах используются беспилотники, оснащенные одним и тем же ультрафиолетовым пеленгатором, отличие в этих устройствах только в программном обеспечении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представляется, что одной из самых эффективных инноваций в области раннего своевременного обнаружения пожаров является «Беспилотная авиационная система автоматического обнаружения и определения координат лесных пожаров в УФ-области спектра». Она должна быть соединена с программой моделирования распространения огня пожара, позволяя строить прогноз в зависимости от типа источника огня, текущих метеоусловий и цифровой модели местности в заданные интервалы времени.

## REFERENCES

1. Патент № 2725596 РФ, МПК А62С 2/00 (2006.01), G01J 1/00 (2006.01). *Способ наведения летательного аппарата на очаг пожара и его тушение огнегасящей жидкостью*/ Родионов И. Д., Родионов А. И.

2. **Савченкова В. А., Коршунов Н. А., Перминов А. В., Котельников Р. В.** *Практическое использование отечественных методов и технологий, а также средств обнаружения и тушения лесных пожаров.* – Пушкино: ВНИИЛМ. 2021. 27 с.
3. *Российские беспилотники.* URL: <https://russiandrone.ru>.
4. База данных № RU2021620554 РФ. *База данных беспилотных воздушных судов*/ Данилов Н. И., Каниовский А. Е.
5. **Волков В. Г., Гиндин П. Д., Карпов В. В., Моисеев Е. А., Сеник Б. Н.** *Оптические приборы с рабочим ультрафиолетовым диапазоном спектра.* *Контенант.* 2019; 18(1): 61–74.
6. **Берлизов А. Б., Крутиков В. Н., Лебедев В. Б., Луковников А. А., Фельдман Г. Г.** *Наблюдение объектов в ультрафиолетовой области спектра. Труды XXV Международной научно-технической конференции и школы по фотоэлектронике и приборам ночного видения.* – М.: АО «НПО «Орион», 2018; 1: 37–39.
7. **Родионов И. Д., Родионов А. И., Родионова И. П., Шестаков Д. В., Песков В. Д., Егоров В. В., Калинин А. П., Матвеева Н. А.** *Прохождение УФ-С, видимого и ближнего инфракрасного излучений через атмосферу.* *Химическая физика.* 2019; 38(7): 30–36.
8. **Медведев А. В., Гринкевич А. В., Князева С. Н.** *Особенности приборов солнечно-слепого УФ-диапазона спектра.* *Фотоника.* 2021; 15(6): 502–524.
9. **Осипов А. Ф.** *Автоматический поиск дефектов, неисправностей и повреждений электрических сетей с помощью беспилотников и ультрафиолетовых пеленгаторов.* *Автоматизация и ИТ в энергетике.* 2022; 4(153): 22–30.
10. ГОСТ Р 8.587-2001. *Средства измерений характеристик оптического излучения солнечных имитаторов. Методика поверки.* – М.: Изд-во стандартов. 2002. 19 с.
11. ГОСТ Р МЭК 60904-3-2013. *Приборы фотоэлектрические. Часть 3. Принципы измерения характеристик фотоэлектрических приборов с учетом стандартной спектральной плотности энергетической освещенности наземного солнечного излучения.* – М.: Изд-во стандартов. 2014. 89 с.
12. ГОСТ Р МЭК 60904-9-2016. *Приборы фотоэлектрические. Часть 9. Требования к характеристикам имитаторов солнечного излучения.* – М.: Изд-во стандартов, 2017. 16 с.
13. **Осипов А. Ф.** *Оптико-электронные ультрафиолетовые солнечно-слепые пеленгаторы.* Труды XXVI международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения, 25–27 мая 2022 г., – Москва: НПО «Орион». 2022. с. 55–58.
14. Патент № 177254 РФ. МПК В64С 39/00 (2006.01). *Беспилотное летательное устройство для мониторинга высоковольтных линий электропередачи*/ **Никандров Г. В., Маликов А. В., Дрягин Д. М., Ласточкина А. А.**; патентообладатель АО «КТ-Беспилотные системы».
15. Патент № 2612937 РФ. *Беспилотный авиационный комплекс для определения координат коронных разрядов*/ **Осипов А. Ф., Осипова В. С.**
16. **Егоров В. В., Калинин А. П., Родионов И. Д., Родионова И. П., Родионова И. П.** *Авиационное дистанционное обнаружение и определение координат очагов пожаров и момента сброса огнегасящей жидкости на основе УФ-С сенсора.* *Материалы 17-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса».* Москва. ИКИ РАН. 2019.
17. **Егоров В. В., Калинин А. П., Родионов А. И., Родионов И. Д., Родионова И. П.** *Бортовая УФ-С-система обнаружения, определения координат очагов пожаров и наведения на них носителя огнегасящей жидкости.* *Препринт № 2191.* Москва. 2019. ИКИ РАН. 12 с.
18. **Егоров В. В., Калинин А. П., Родионов А. И., Родионов И. Д., Родионова И. П.** *Дистанционное обнаружение очагов пожара с помощью ультрафиолетового сенсора.* *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2020; 17(4): 51–57.
19. Патент № 2542641 РФ. *Сверхширокоугольная солнечно-слепая фотоприемная головка*/ **Осипов А. Ф.**
20. Патент № 2574584 РФ. *Ультрафиолетовая эксилампа в колбе из профилированного лейкоапаффа*/ **Осипов А. Ф.**

## АВТОР

Осипов Александр Фёдорович, Москва Россия.

Область интересов: ультрафиолетовые оптико-электронные приборы.  
ORCID: 0000-0002-9042-9884

# 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям

City Park Hotel, СОЧИ  
12-15 СЕНТЯБРЯ 2023



**На HOLOEXPO 2023 вас ждет**

*10+ тематических секций*

*Пленарное заседание*

*Семинары, круглые столы*

*Секция стендовых докладов*

*Демозона и выставка  
голограмм*

*Нетворкинг с коллегами*

*Приветственный коктейль*

*Конкурс «Лучший доклад»*

*Торжественный ужин  
в честь юбилея HOLOEXPO*

*Экскурсия*



**HOLOEXPO**  
science & practice

Подать доклад и зарегистрироваться → [www.holoexpo.ru](http://www.holoexpo.ru)