УДК 619.192

В.В. Татаринов[1], А.Н. Калайдов[2], Э. Муйкич[1]
([1]МГТУ им. Н.Э. Баумана, [2]Академия ГПС МЧС России;
e-mail: sffrombauman@mail.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПРИРОДНЫХ ПОЖАРАХ

Приводится классификация беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Обоснован выбор типа БПЛА для территорий с различной лесистостью и плотностью населения. Даны рекомендации по выбору БПЛА для Вологодской, Московской, Амурской областей и Красноярского края.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), классификация, очаги возгорания.

V.V. Tatarinov, A.N. Kalaidov, E. Muykich

THE USE OF DRONES TO OBTAIN INFORMATION ABOUT WILDFIRES

The classification of drones was given. selection of drone type for areas with different forest cover and population density was justified. Recommendations for the selection of drones for Vologda, Moscow, Amur regions and the Krasnoyarsk Territory are given.

Key words: drone, classification, fire hearths.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 23 января 2017 г.

Россия обладает самыми обширными лесными богатствами, требующими постоянных мероприятий по охране и защите, проведение которых невозможно без авиации. Еще 20 лет назад федеральный орган управления лесным хозяйством ежегодно привлекал до 700 воздушных судов (налет составлял более 150 *тыс. ч*). Можно констатировать, что лесное хозяйство являлось крупнейшим в стране государственным потребителем авиауслуг.

Новейшим направлением в авиации считается ***беспилотная авиация***. Беспилотные технологии существуют давно. Сначала они были сложными и дорогостоящими комплексами только военного применения. Но в течение последнего десятилетия в этой области произошел настоящий прорыв. Миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), у которых габариты, масса, стоимость на порядки меньше прежних. По доступности беспилотные технологии приближаются к уровню бытовых технологий. Сейчас прогресс в развитии гражданских беспилотных систем имеет высочайший темп, сформировалась новая индустрия услуг [1].

Уже на начальном этапе исследований определено, что главным критерием внедрения БПЛА в МЧС России является экономическая целесообразность. Это значит, что для решения задач целесообразно применение БПЛА малых

классов (менее 20 *кг*). Более крупные и дорогие системы не могут конкурировать с классической авиацией при обслуживании значительных площадей из-за низкой производительности и высокой стоимости содержания [2].

Основные решаемые задачи на новом, качественно более высоком уровне.

Борьба с лесными пожарами [3]:

• проведение воздушной разведки кромки действующего крупного пожара самостоятельно силами наземных и аэромобильных команд тушения. Лёгкие БПЛА, запускаемые с руки, решают задачу "разведки за холмом", способны осуществлять оперативную информационную поддержку пожарной бригады по необходимости;

• использование БПЛА в качестве географически привязанного воздушного пункта наблюдения ("летающей вышки") для обнаружения пожаров в районах возникновения высокой (чрезвычайной) пожарной опасности лесов, прежде всего в целях защиты населенных пунктов;

• патрулирование локальных площадных (сельскохозяйственных угодий, участков ценных насаждений, молодняков, мест массового посещения людьми и т. п.) или линейных объектов (ЛЭП, железных дорог, автомагистралей и т.п);

• осмотр пожаров (в том числе с использованием инфракрасных камер) в чрезвычайные периоды, когда применение классической авиации невозможно из-за задымленности района;

• использование БПЛА в качестве ретранслятора УКВ-связи при организации радиосвязи на лесных пожарах, в том числе при полетах нескольких малых БЛА на значительное удаление (более 50 *км*) от точки запуска;

• мониторинг состояния торфяных пожаров.

Классификация БПЛА и их характеристики

К сожалению, в России не существует общепринятой и всеохватывающей классификации БПЛА. Классифицировать имеющиеся на данный момент на отечественном рынке образцы и проекты БПЛА, используя категории ассоциации беспилотных систем UVS International, не вполне возможно, так как возникают проблемы с трактовкой российскими разработчиками некоторых характеристик, к примеру, дальности действия БПЛА. Для систематизации имеющихся в настоящее время в России систем БПЛА, применяющихся в МЧС, предлагается следующая классификация (табл. 1), ориентированная на получение информации об обстановке в зоне ЧС, обусловленной природным пожаром, основанная на дальности действия и взлётной массе.

Таблица 1

Предлагаемая классификация БПЛА

Классы	Основные характеристики БПЛА						
	r	***m***	***t***	-	-	-	-
Мини-БПЛА	до 10	до 10	до 2	целевая быстрозам. полезная нагр.	ЭДУ	работа с полевых площадок	А
Легкие БПЛА	до 50	до 50	до 10	целевая быстрозам. полезная нагр.	ЭДУ или на основе ДВС	работа с полевых площадок или аэродромов	А
Средние БПЛА	до 100	от 50	до 12	расширенная полезная нагр.	ДВС	работа с полевых площадок или аэродромов	В
Тяжелые БПЛА	от 150	от 500	до 40	расширенная полезная нагр.	ДВС	работа с базовых аэродромов	С

В табл. 1 приняты следующие обозначения:
радиус действия по видеоканалу – *r* (*км*); взлётный вес – *m* (*кг*); время полёта – *t* (*ч*);
электрическая двигательная установка – ЭДУ; двигатель внутреннего сгорания – ДВС;
А – Управление осуществляет персонал с уровнем подготовки "оператор";
В – Управление осуществляет персонал с уровнем подготовки "оператор" или "пилот";
С – Управление осуществляет персонал с уровнем подготовки "пилот"

Мини-БПЛА

Класс мини-БПЛА и комплексов на их основе с взлетной массой до 5 *кг* начал появляться в России относительно недавно, но уже довольно широко представлен на малых дальностях на удалении до 40 *км*. Они просты в эксплуатации и транспортировке, складываются и позиционируются как "носимые", запуск осуществляется, как правило, с руки.

В 2015 г. в поселке Пугачево Удмуртской Республики произошло загорание сухой травы на технической территории бывшей войсковой части в поселке Пугачёво. По данным МЧС по Удмуртии, площадь горения составляла около 2 гектаров. Для мониторинга чрезвычайного происшествия был активно задействован микро-БПЛА ближнего радиуса действия: он постоянно находился в воздухе и в режиме реального времени транслировал видеоизображения, показывая остававшиеся очаги возгорания. В результате, были своевременно эвакуированы люди и выполнены необходимые работы по ликвидации очагов возгорания.

Лёгкие БПЛА

Лёгкий БПЛА, оснащённый видеокамерой, успешно применяет лесная охрана Иркутской области в борьбе с лесными пожарами.

Аппарат патрулирует в угрожаемый период 10 районов региона. БПЛА обслуживают два оператора, которые запускают аппарат с использованием специальной катапульты. Предельная высота полета БПЛА – 3500 *м*, радиус обзора — 15 *км*. Изображение в реальном времени передается на монитор, установленный в кабине автомобиля. После набора заданной высоты БПЛА осуществляет полет в автоматическом режиме, облетая территорию по заданному маршруту с включенной видеокамерой, и возвращается на место старта. При обна-

ружении пожара, аппарат подает сигнал тревоги на станцию и в главный центр управления. Оператор может в любое время взять управление БПЛА на себя, выполнить необходимые действия и вернуть БПЛА к выполнению поставленной задачи. Это позволяет оперативно координировать действия наземных сил.

Средние БПЛА

Ряд отечественных образцов можно отнести к классу средних БПЛА.

Тульские спасатели начали проводить авиаразведку территорий лесного фонда с использованием средних БПЛА. Авиаразведка проводится для выявления возможных очагов пожаров, в среднем площадь обследования составляет от 50 *км*^{2} и более. Для обследования местности применяются видеокамеры и фотоаппараты оптического диапазона. В полёте по маршруту авиационного патрулирования оператор, осуществляя просмотр видеоизображения, передаваемого БПЛА в режиме реального времени, ведет наблюдение за появлением термоточек. Планируется, что в пожароопасный период БПЛА будут использоваться для авиаразведки во всех районах области.

Тяжёлые БПЛА

В классе "тяжёлых" ОАО "Иркут" разрабатывает авиационный комплекс дистанционного зондирования "Иркут-850". Он предназначен как для мониторинга, так и для доставки грузов. Его неординарность в возможности выполнять беспилотный полет, так как он создаётся на базе мотопланера Stemme S10VT. Полезная нагрузка БПЛА – ТВ-камера, тепловизионная камера, РЛС и цифровой фотоаппарат. Отличительные особенности – многозадачность, применение различной полезной нагрузки, низкая стоимость эксплуатации и жизненного цикла, автономность. Испытания завершены, подготовлен серийный выпуск. Основные характеристики приведены в табл. 1.

Противопожарная группировка на территории Московской области была усилена тяжелыми БПЛА в 2014 г. К работе также были привлечены два тяжелых БПЛА – с их помощью специалисты выполняли авиамониторинг на территории Шатурского района, в котором наиболее велики риски возникновения торфяных пожаров. В целом случаи применения данного класса достаточно редки, так как, ниша тяжёлых БПЛА практически пустует.

Возможности применения БПЛА на различных территориях, отличающихся плотностью населения и лесистостью.

Из рассмотренных примеров можно сделать вывод, что класс используемых БПЛА также зависит от плотности населения и лесистости территории. Такие субъекты, как Вологодская, Амурская, Московская область и Красноярский край, существенно отличаются по этим параметрам.

Вологодская область расположена на северо-востоке Восточно-Европейской равнины, площадь области составляет 145 700 *км*^{2}; наибольшая протяжённость с севера на юг – 385 *км*, с запада на восток – 650 *км*. Вологодская область расположена в зоне средней и южной тайги. Основу растительного покрова области составляют леса. На долю лесов и древесно-кустарниковых насаждений приходится 10781,3 *тыс. га* (74,6 %).

На территории области организованы 32 пожарно-химические станции (ПХС).

Общая численность населения области 1 *млн* 324 *тыс.* (0,9 % жителей России). Плотность населения – 9,3 *чел./км²*.

Пожароопасный период в регионе начался с 15 апреля в 2016 г. 18 лесных пожаров на общей площади почти 13 гектаров произошло в Вологодской области с начала пожароопасного сезона по окончанию майских праздников.

Амурская область расположена на юго-востоке России и входит в состав Дальневосточного федерального округа, площадь области составляет 361 913 *км²*. Территория Амурской области на 64 % покрыта лесами.

Общая численность населения области 805 689 человек. Плотность населения: 2.23 *чел./км²*.

С 8 апреля в Амурской области "стартовал" пожароопасный период, который продлился до середины октября. С начала весны 2016 г. в общей сложности в регионе было зарегистрировано 380 палов и 57 лесных пожаров.

Красноярский край – второй по площади субъект Российской Федерации, занимает 2 340 000 *км²* (или 13, 86 % территории страны). Красноярский край входит в Сибирский федеральный округ. На востоке край граничит с Республикой Саха (Якутия) и Иркутской областью, на юге – с Республикой Тыва и с Республикой Хакасией, на западе – с Кемеровской и Томской областями, а также с Ханты-Мансийским и Ямало-Ненецким автономными округами.

На большей части территории края – таёжные леса, основными лесообразующими породами являются сосна и лиственница. Общая площадь земель лесного фонда, всего, *тыс. га* – 164072,4, лесистость – 72,1 %.

Численность населения Красноярского края, по данным Красноярскстата на 1 января 2016 г., составляет 2 865 908 человек. Плотность населения составляет 1,21 *чел./км²*. Городское население составляет 76,47 %. Около 80 % населения края живут к югу от Ангары – на одной десятой территории края.

Согласно приказу Министерства природных ресурсов и экологии Красноярского края №1/60-од от 01.04.2016 определена дата начала пожароопасного сезона в 2016 г. на территории государственного лесного форда Красноярского края – 1 апреля.

Значительная лесистость и низкая плотность населения приводят к тому, что расстояния, преодолеваемые наземными службами для уточнения обстановки в зоне пожара достаточно велики и действия служб теряют оперативность. Поэтому, для обнаружения пожаров, необходима постоянная связь с информационной системой дистанционного зондирования лесных пожаров, в задачи которой входит: сбор информации о пожарах на охраняемой и неохраняемой территории; сбор информации о состоянии окружающей среды, необходимой для организации работ по обнаружению и тушению лесных пожаров; подготовка информационных продуктов, необходимых для принятия оперативных управленческих решений на проведение работ по обнаружению и тушению

лесных пожаров; оперативное предоставление информации, необходимой для принятия управленческих решений; предоставление информации для оценки последствий лесных пожаров [4, 5]. При этом основным источником информации является блок спутникового мониторинга лесных пожаров, в который входят: Центры приема и обработки данных, поступающих со спутников серии NOAA [6, 7]. После чего бригада, получившая необходимую информацию по пожару, должна выехать к месту, от которого возможен запуск БПЛА и провести мониторинг очага возгорания. Среднее расстояние, которое должен преодолеть БПЛА самостоятельно, составляет примерно 20-25 *км*.

В качестве сравнения рассмотрим Московскую область. Она расположена в междуречье Оки и Волги. её территория составляет более 44 *тыс. км*², общая протяженность границ – около 1200 *км*. Область находится в пределах лесной и лесостепной зон. Леса занимают свыше 40 % территории региона. Средняя плотность населения – около 144 *чел./км*² – самая большая среди российских регионов, что обусловлено высокой долей городского населения – 80,5 %. Наибольшая плотность имеет место в ближайших к Москве районах (Люберецком, Балашихинском, Химкинском, Красногорском и др.), наименьшая – в окраинных районах – Лотошинском, Шаховском, Можайском, где она составляет около 20 *чел./км*².

В 2015 г. за пожароопасный период было зафиксировано 257 пожаров общей площадью 79 гектаров, а в 2014 г. произошло 499 пожаров на площади 171 гектара. Как видно, в 2015 г. удалось более чем вдвое снизить ущерб от природных пожаров [8, 9].

Так как площадь области не велика, а плотность населения высока, в случае пожара или возгорания в лесах Московской области есть большой шанс того, что человек может заметить пожар и сообщить об этом в соответствующую службу. Оперативная группа сможет по данному вызову выехать незамедлительно и запустить БПЛА для получения информации в зоне очага возгорания. Среднее расстояние, которое должен преодолеть БПЛА самостоятельно примерно 5-10 *км*. Обоснование выбора класса БПЛА приведено в табл. 2.

Таблица 2

Обоснование выбора класса БПЛА

	Лесистость	**Плотность населения,** *чел./км*²	**Среднее расстояние, которое должен преодолеть БПЛА самостоятельно,** *км*	**Наиболее подходящий класс БПЛА для конкретной области**
Вологодская область	74,6 %	9,3	20-25	Лёгкие БПЛА
Красноярский край	72,1 %	1,21	40-45	Средние БПЛА
Амурская область	64 %	2,23	25-30	Лёгкие БПЛА
Московская область	40 %	144,1	5-10	Мини-БПЛА

Подходящие тактики облётов БПЛА в случае, если не заданы конкретные координаты очага возгорания (рис. 1, 2):

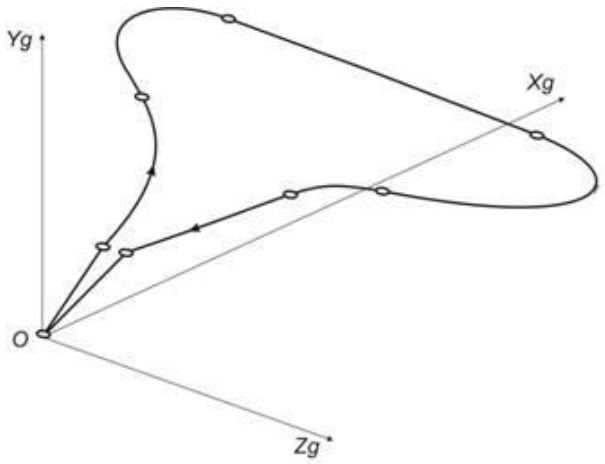

Рис. 1. Облет заданного рубежа

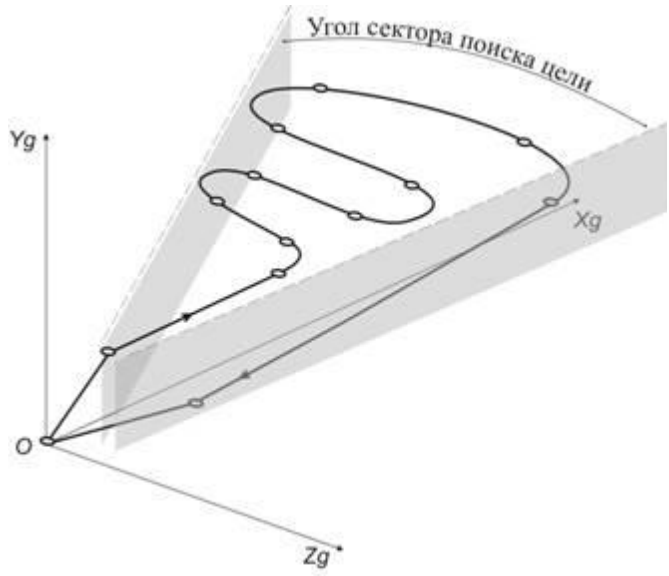

Рис. 2. Поиск цели в заданном секторе

Чтобы рассчитать необходимое количество БПЛА для конкретной области (табл. 3), нужно знать отношение площади области к площади покрытия одним аппаратом (рис. 3, 4).

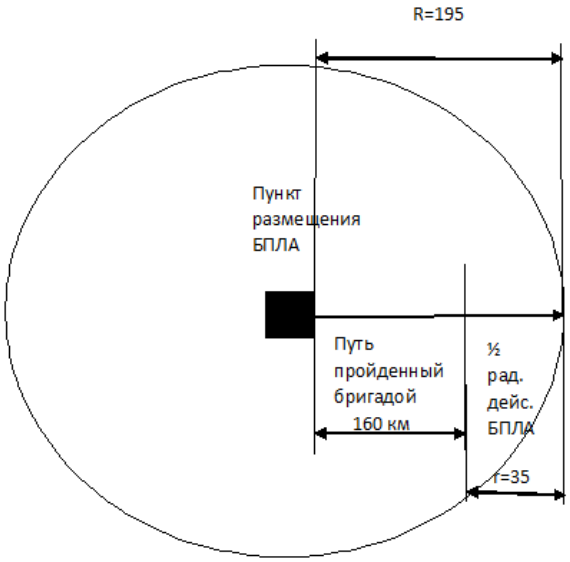

Рис. 3. Территория, охватываемая одним лёгким БПЛА

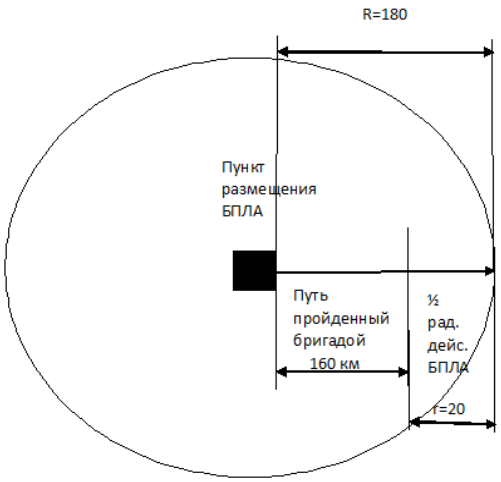

Рис. 4. Территория, охватываемая одним Мини-БПЛА

Таблица 3

Расчёт необходимого количества БПЛА для пунктов размещения

	Вологодская обл.	Московская обл.	Красноярский край	Амурская область
Классы БПЛА	Легкие БПЛА	Мини-БПЛА	Средние БПЛА	Лёгкие БПЛА
Общий радиус действия (*R*)	195 *км*	180 *км*	205 *км*	190 *км*
Площадь обл. (*S*)	145 700 *км*²	44 379 *км*²	2 340 000 *км*²	361 913 *км*²
Площадь покрытия одним БПЛА (*S*')	119 400 *км*²	101 736 *км*²	131 960 *км*²	113 354 *км*²
Количество БПЛА в пункте размещения	2	1	18	4

Изучив показатели Красноярского края и Вологодской, Московской областей, можно указать, какие виды и классы БПЛА наиболее выгодны (табл. 4-6). Например, такие марки БПЛА, как ZALA 421-04 или "ИРКУТ-10"

Таблица 4

Основные характеристики легких БПЛА для Вологодской и Амурской области

	ZALA 421-04	"ИРКУТ-10"
Взлётная масса, *кг*	6,95(ЭД)/7,9(ДВС)	8,5
Масса полезной нагрузки, *кг*	1	1,5
Размах крыла, *м*	2,23	2,0
Длина, *м*	1,05	0,7
Скорость, *км/ч*	65-130	80-120
Высота полета, *м*	до 3000	100-3000
Радиус действия, *км*	до 40	70
Продолжительность полета, ч	1 с ЭД (3 с ДВС)	2,5

Таблица 5

Основные характеристики средних БПЛА для Красноярского края

	ZALA 421-09	"ИРКУТ-200"
Взлётная масса, *кг*	70	200
Масса полезной нагрузки, *кг*	10	30
Размах крыла, *м*	3,9	5,34
Длина, *м*	2,5	4,53
Скорость, *км/ч*	90-130	140-210
Высота полета, *м*	до 3000	100-5000
Радиус действия, *км*	50-250	200
Продолжительность полета, *ч*	9-10,5	12

Таблица 6

Основные характеристики мини-БПЛА для Московской области

	ZALA 421-11	ZALA 421-12	Т23 "Элерон"
Взлётная масса, *кг*	0,79	3,9	2,8
Масса полезной нагрузки, *кг*	0,1	до 1	0,1
Размах крыла, *м*	0,4	1,6	1,47
Длина, *м*	0,4	0,62	0,45
Скорость, *км/ч*	60-130	65-120	65-105
Высота полёта, *м*	до 2500	до 3600	до 3000
Радиус действия, *км*	5	до 40	10-30
Продолжительность полёта, *ч*	0,5	2	1,25

Сверхлёгкий БПЛА мониторинга ZALA 421-11, лёгкий БПЛА ZALA 421-12 с увеличенной продолжительностью полёта или Т23 "Элерон" БПЛА для дистанционного наблюдения за объектами и мониторинга наземной обстановки.

В статье приводится классификация БПЛА, ориентированная на нужды МЧС России, выполнено обоснование выбора типа БПЛА для территорий отличающихся различной лесистостью и плотностью населения, выполнено обоснование необходимого числа комплектов. Даны рекомендации по выбору экземпляров БПЛА для Красноярского края, Вологодской, Амурской и Московской областей. Все расчёты по количеству комплексов распространяются на случай, не предусматривающий резервирования, и случай, когда не допускается возможность одновременно нескольких очагов возгорания на территории области. Если снять ограничение на резервирование, то как минимум один БПЛА должен быть в резерве. Для того, чтобы определить вероятность возникновения на территории области нескольких очагов возгорания требуются дополнительные исследования.

Литература

1. ***Об утверждении*** Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 г. № 138 // Российская газета 2010, 13 апр.

2. ***МЧС*** России. http://www.mchs.gov.ru.

3. ***Коршунов Н.А., Матвеев П.М.*** Лесные пожары: о проблемах тушения // Техника молодежи. 2005. № 6. С. 18-21.

4. ***Валендик Э.Н.*** Борьба с крупными лесными пожарами. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990, 193 с.

5. ***Абросимов В.К., Гончаренко В.И., Смирнов Д.И.*** Модель группового полёта беспилотных летательных аппаратов в условиях чрезвычайной ситуации // Сб. тезисов докладов II Всеросс. науч.-техн. конф. "Моделирование авиационных систем". М.: НИЦ ФГУП "Гос-НИИАС", 2013. С. 34-35.

6. ***Гончаренко В.И., Луо Лэ, Прус М.Ю.*** Мониторинг лесных пожаров группой беспилотных летательных аппаратов // Технологии техносферной безопасности. Вып. 4 (62). 2015. С. 154-163. http://ipb.mos.ru/ttb.

7. ***Фоменко А.А.*** Управление группой беспилотных летательных аппаратов при мониторинге лесных пожаров // Научное обозрение. 2013. № 4. С. 137-143.

8. ***Ростопчин В.В.*** Элементарные основы оценки эффективности применения беспилотных авиационных систем для воздушной разведки. http://www.uav.ru.

9. ***Муйкич Э., Татаринов В.В.*** Применение БПЛА для получения информации об обстановке в зоне очага возгорания // 9-я всеросс. конф. молодых учёных и специалистов "Будущее машиностроения России": сборник докладов. М.: изд-тво МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. С. 507-510.