УДК (354.404+614.84):528.835.042.6 DOI 10.52167/1609-1817-2022-121-2-419 -428

С.П. Мосов[1], С.М. Салий[2]✉, Р.М. Алтынбеков[2]

[1]Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите, Киев, Украина
[2]Пограничная академия Комитета национальной безопасности Республики Казахстан, Алматы, Казахстан
E-mail:salii70@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ВИДОВЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНИХ ЛЕТАТЕЛЬНИХ АППАРАТОВ

Аннотация. В статье предложен научно-методический подход к обоснованию требований к видовым техническим средствам аэросъемки, установленных (устанавливаемых) на беспилотных летательных аппаратах, в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн электромагнитного спектра в интересах оперативного выполнения задач разведки пожаров и мест (источников) их вероятного возникновения. Идентифицированы основные преимущества беспилотного летательного аппарата перед традиционным пилотированным аппаратом. Акцентируется внимание на основных показателях, определяющих техническое состояние и возможности видовых технических средств аэросъемки. К ним относятся: рабочий спектральный диапазон (диапазоны), геометрия построения изображений и обеспечиваемое разрешение – пространственное, радиометрическое и спектральное. Предложено эффективность функционирования видовых технических средств аэросъемки определять через вероятность выявления объектов на получаемых изображениях. Предложен общий порядок обоснования требований к техническим характеристикам видовых технических средств аэросъемки, установленным (устанавливаемым) на беспилотный летательный аппарат. Он включает шесть последовательных этапов. Применение такого порядка обоснования требований позволит объективно определять количественные технические характеристики беспилотного летательного аппарата и его видовых технических средств аэросъемки, что должно привести к повышению общей эффективности выявления пожаров или мест (источников) их возникновения. Приведены выводы и определены направления дальнейших исследований. Данная статья подготовлена в рамках исследования, финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP14869765).

Ключевые слова. Пожар, беспилотный летальный аппарат, видовое техническое средство аэросъемки.

Введение.

В последнее время небольшие беспилотные летательные аппараты (далее – БпЛА) коптерного и самолетного вида все чаще используются для мониторинга с воздуха различных наземных (надводных) объектов, в том числе в сфере гражданской защиты. Регулярное использование беспилотников для дистанционного зондирования пожаров и мест (источников) вероятного их возникновения является новым и многообещающим направлением как для Казахстана, так и для многих стран мира.

Постановка проблемы. Существующие в настоящий период видовые (*прим.* с формированием изображения) технические средства аэросъемки (далее – ВТСА),

установленные на борту БпЛА, обычно создавались без учета конкретных требований, предъявляемых к дистанционному выявлению источников (очагов) воспламенения и пожаров, и поэтому они не всегда эффективны при решении такого рода задач. Разработка подхода к научному обоснованию требований к ВТСА позволит разрешить эту проблему и обеспечит достижение необходимого уровня полноты и надежности обнаружения пожаров (источников возгорания), особенно изначально скрытых, а также обеспечит создание механизма для более глубокой автоматизации обработки материалов аэросъемки в интересах исследования пожаров.

Анализ последних достижений и публикаций. Вопрос применения БпЛА для выполнения ряда функций и функциональных задач, связанных с такими чрезвычайными ситуациями, как пожары, является трендовым для многих государств мира, особенно тех, где ежегодно бушуют лесные пожары.

Так, в [1] приведены результаты исследования зарубежного опыта применения беспилотных авиационных комплексов для решения ряда задач, связанных с выявлением и тушением пожаров.

Частично применение беспилотников в условиях чрезвычайных ситуаций нашло свое отражение в [2].

На актуальность применения БпЛА в пожаротушении обращается внимание в [3].

Тушение лесных пожаров как одно из перспективных направлений на международной площадке указано в [4].

Вопросы мониторинга с применением БпЛА в интересах своевременного выявления очагов возгорания на местности отражены в [5].

Прикладные вопросы применения беспилотной авиации в сфере гражданской защиты рассмотрены в [6].

Анализ выше указанных и ряда других литературных источников подтверждает отсутствие научного подхода к обоснованию специальных требований к ВТСА, которые могут быть установлены на борту БпЛА для оперативного выполнения задач выявления пожаров и мест (источников) их вероятного возникновения.

Целью статьи является разработка научного подхода к определению требований и ориентировочных технических характеристик беспилотных авиационных комплексов, которые можно использовать для оперативного выполнения задач выявления пожаров и мест (источников) их вероятного возникновения.

Материалы и методы.

Изложение основного материала. Выявление пожаров и мест (источников) их вероятного возникновения, как объектов аэросъемки, с применением БпЛА имеет преимущество по сравнению с традиционными средствами – наземными и воздушными, с борта самолетов и вертолетов, что уже подтверждается мировым опытом. Кроме высокой экономической эффективности (удешевление в десятки раз), БпЛА обеспечивают дополнительные преимущества при выявлении пожаров (источников возгорания) [7]: маловысотность (способность работать с высот от 1 м); точковость (возможность аэросъемки в труднодоступных местах с зависанием над объектом); мобильность (БпЛА коптерного типа и ряд БпЛА самолетного типа не требуют аэродромов, легко транспортируются даже легковым автотранспортом); высокая оперативность (полный цикл применения с получением результатов занимает незначительный период времени).

В зависимости от типа объектов аэросъемки выделяют два типа задач дешифрования аэроснимков. Задачи первого типа предполагают обнаружение и распознавание компактных объектов сложной формы. Такие объекты включают в себя, в первую очередь, объекты искусственного происхождения. Как правило, основная

информация для решения задач первого типа извлекается из аэроснимков высокого пространственного разрешения [8].

Задачи второго типа включают идентификацию и классификацию площадных объектов с приблизительно неизменными статистическими свойствами. Если для объектов первого типа основными отличительными признаками являются форма и детали, то для объектов второго типа – зарегистрированные спектральные сигналы [9]. Следует отметить, что для выявления пожаров и мест (источников) их возникновения представляют интерес объекты как первого типа (здания, сооружения, инженерная инфраструктура и т.д.), так и второго типа (лесные и иные природные пожары, разливы топлива, открытое пламя и т.д.).

Разные объекты аэросъемки имеют неодинаковые энергетические и спектральные отражательные и излучающие характеристики, отличаются своими геометрическими размерами и формой, характером изменений во времени и пространстве. Безусловно, эти функции объектов должны учитываться при выборе ВТСА. В этом случае, прежде всего, рассматриваются следующие характеристики [6]: спектральный диапазон, в котором обнаруживаются объекты наблюдения; требуемая детальность (пространственное разрешение) регистрации изображений объектов; требуемое радиометрическое разрешение и динамический диапазон яркостей объектов; площадь (геометрические размеры) сцены – часть земной поверхности, которая будет сниматься с БпЛА; заданная оперативность – максимально допустимое время с момента получения задачи на аэросъемку до предоставления необходимой информации об объектах.

Другим фактором, который следует учитывать при анализе средств аэросъемки, является вид ВТСА. Из-за сложности образования изображения в результате аэросъемки, особенно в различных рабочих диапазонах электромагнитного спектра, невозможно спроектировать универсальное ВТСА. Следовательно, чтобы получить информацию о земной поверхности и текущем состоянии объектов сцены в настоящий период на БпЛА устанавливают оптико-электронную, инфракрасную, лазерную и радиолокационную аппаратуру [6].

Для объективной оценки возможностей обнаружения и распознавания объектов по материалам аэросъемки при использовании БпЛА применяются различные модели расчета и методы: энергетические, резкостные, пространственно-частотные, информационные [10].

Основными требованиями, предъявляемыми к авиационному носителю ВТСА в таких случаях, являются обеспечение оперативности и информативности аэросъемки. БпЛА вертикального взлета и посадки имеют определенные преимущества при выявлении пожаров и мониторинге мест их вероятного возникновения: простота управления, маневренность, надежность на режимах полета над заданным участком земной поверхности, вокруг локальных объектов и построек, возможность действовать в режиме зависания над объектом. Перспективной авиационной платформой размещения ВТСА для выявления пожаров является мультикоптерный БпЛА. Это универсальный, конструктивно надежный, компактный и экономический беспилотник по сравнению с БпЛА традиционной вертолетной схемы.

Современные мультикоптеры, оснащенные бесколлекторными моторами и литий-полимерными аккумуляторами, обеспечивают воздушное наблюдение на расстояниях от сотен до нескольких десятков километров на скорости полета до 30-60 км/ч на протяжении 10-30 минут с помощью бортовых ВТСА весом от 0,3 кг и до нескольких килограммов [11], что является достаточным для ведения наблюдения за пожаром или выявления мест (очагов) возгорания.

Основными показателями, определяющими техническое состояние и возможности ВТСА, являются: рабочий спектральный диапазон (диапазоны), геометрия построения

изображений и обеспечиваемое разрешение – пространственное, радиометрическое и спектральное [12].

Эффективность использования бортового ВТСА зависит от его собственных технических характеристик и выбранных параметров полета носителя при выполнении аэросъемки и описывается вероятностью обнаружения. Наиболее полно эффективность функционирования ВТСА описывается вероятностью P_0 выявления объектов на полученных изображениях. В работе [13] показано, что эта вероятность может быть приблизительно оценена таким образом:

$$P_0 = \exp\left[\frac{\ln\alpha}{\lg\frac{1+K}{1-K}}\left(\frac{d}{d_0}\right)^2\right], \tag{1}$$

где d – детальность на местности, обеспечиваемая ВТСА;

d_0 – характерная детальность объекта аэросъемки;

α – вероятность правильного выявления объекта на изображении пространственного разрешения, равного характерной детальности;

K – радиометрический контраст объекта на изображении.

Учитывая геометрию изображений в современных ВТСА, можно получить обобщенное аналитическое соотношение взаимосвязи технических характеристик ВТСА и параметров полета БпЛА, что обеспечивает максимум средней вероятности выявления объекта при съемке в надир [14]:

$$\frac{\gamma H}{d_0}\sqrt{\frac{-\ln\alpha_0}{\lg\frac{1+K}{1-K}}} = \frac{1}{\operatorname{tg}\beta}\operatorname{erf}^{-1}\left(\frac{2\beta}{\pi}\right), \tag{2}$$

где γ – угловое разрешение ВТСА;

β – угол захвата ВТСА;

H – высота аэросъемки.

Соотношение (2) можно использовать для обоснования требований к ключевым техническим характеристикам любого ВТСА, устанавливаемого (установленного) на борту БпЛА, с учетом задач выявления пожаров и мест (источников) их вероятного возникновения, к которым относятся: выявление мест (незаконные свалки и накопление мусора или сухой лес и т.д.); вероятное возникновение пожара; обнаружение источников воспламенения на местности и появления дыма; установление местоположения людей и животных, установление существующей (потенциальной) им угрозы от пожара, а также путей и способов спасения (эвакуации); определение места и оценка пожара, объектов горения, а также направлений и динамики распространения огня; наблюдение за процессом тушения огня; идентификация мест вероятного разрушения и обвалов; определение возможных путей и направлений движения и перемещения сил и средств для ликвидации пожара; определение необходимости эвакуации материальных ценностей, крупного домашнего скота, путей и способов эвакуации; оценка результатов тушения пожара; оценка потерь от пожаров и т.д.

Анализ задач выявления пожаров и мест (источников) их вероятного возникновения позволяет установить возможные геометрические размеры и температурные контрасты, что подлежит дистанционному выявлению с воздушного пространства (табл.). Исходя из этого формулируются требования до ВТСА (RGB и

инфракрасных цифровых камер) с возможностью калибрирования и дистанционного измерения температуры объектов наблюдения (мониторинга).

Таблица 1 - Температурные показатели пожаров (примеры)

№	Название объекта	Температура возгорания, град	Температура во время горения, град	Примечание
1.	Торф	225	530-650	
2.	Каменный уголь	325-535	900-1400	
3.	Нефтепродукты	220-375	1100-1300	
4.	Лес	300	750-900	
5.	Суха трава		700-800	

Аэросъемка в инфракрасном диапазоне длин волн электромагнитного спектра позволяет оперативно получать информацию о пожароопасных объектах и процессах возникновения и распространения пожаров на земной поверхности, начиная с выявления первых признаков пожара – возрастание температуры объекта или появление дыма. Инфракрасные ВТСА обеспечивают получение изображений объектов по их собственному тепловому излучению, что позволяет с их помощью осуществлять аэросъемку на протяжении суток – днем, в сумерках и ночью.

В настоящее время многие из фирм (компаний) предлагают малогабаритные цифровые тепловизионные камеры дальнего инфракрасного диапазона длин волн электромагнитного спектра. Некоторые из таких камер специально предназначены для установки на БпЛА (например, Zenmuse XT2 на DJI Matrice 300 RTK), а другие предусматривают такую возможность. Большинство имеющихся на рынке образцов авиационных инфракрасных радиометров построено на основе неохлаждаемых микроболометрических матриц размером не более 640x512 фотодетекторов 25- или 17-микронного технологического процесса что существенно ограничивает пространственные характеристики аэросъемки – угловое разрешение и угол обзора – в сравнении с цифровыми камерами видимого диапазона [15]. Весовые показатели современных инфракрасных ВТСА (масса не превышает 1 кг) допускают возможность их установления на легкие мультикоптерные платформы.

Результаты и обсуждения.

Радиометрический контраст в инфракрасной ВТСА при съемке ночью определяется в основном спектральной плотностью энергетической светимости $M(\lambda, T)$ собственного теплового излучения объекта и фона в соответствии с известным законом Планка [16]:

$$M(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{hc}{k \lambda T} \right) - 1 \right]}, \quad (3)$$

где λ – длина волны электромагнитного излучения; T – температура объекта, $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка, $c = 2{,}998 \cdot 10^{8}$ м/с – скорость света в вакууме, $k = 1{,}381 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

На рисунке 1 приведены расчетные зависимости вероятности обнаружения источника воспламенения размером 3 м с температурой T_0 на фоне местности с

температурой T = 25°C с помощью инфракрасного ВТСА – типового микроболометрического инфракрасного матричного радиометра с размером фоторегистрирующего элемента 17 мкм и фокусным расстоянием 35 мм от дальности съемки *D*.

На приведенной зависимости (рис.1) можно найти максимально граничную дальность до пожароопасного объекта, с которой источник воспламенения выявляется с определенной наперед заданной вероятностью.

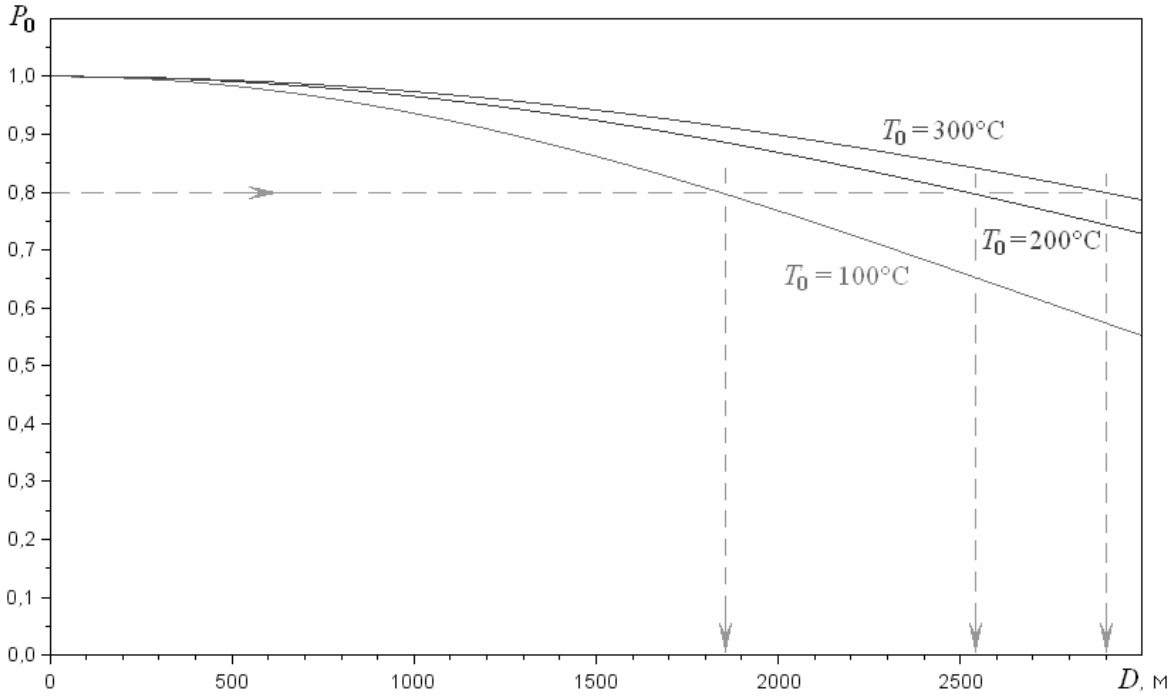
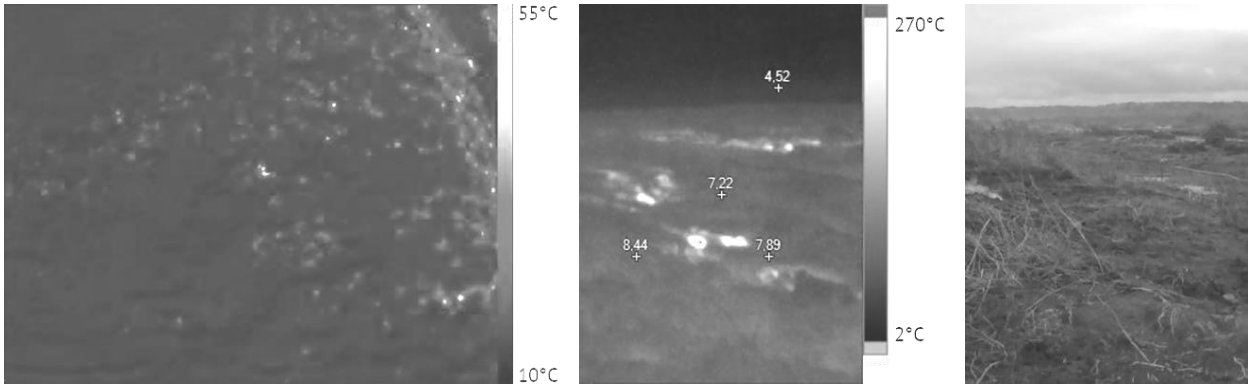


Рисунок 1 – Зависимость вероятности дистанционного выявления источника воспламенения на инфракрасных изображениях от температурного контраста и дальности

Еще одной важной характеристикой инфракрасной ВТСА, которую следует учитывать, является допустимый диапазон измеряемых температур. На рис. 2 показаны температурные поля участка торфяника с погашенным подземным пожаром, полученные по инфракрасным изображениям с борта БпЛА (а) и наземного измерительного тепловизора (б). Выявленный подземный источник возгорания с фактической поверхностной температурой 2700^0 на инфракрасном изображении промаркировано как 55^0C вследствие некорректно выбранного инфракрасного ВТСА с динамическим диапазоном измеряемых температур –40°C ... +60°C, что не допустимо.



а *б* *в*

Рисунок 2 – Скрытый источник подземного горения торфа: *а* – инфракрасное изображение з борта БпЛА, *б* – наземное инфракрасное изображение, *в* – наземное изображение з RGB камеры

Заключение.

Таким образом, общий порядок обоснования требований к техническим характеристикам ВТСА, установленным (устанавливаемым) на БпЛА, должен включать следующие основные этапы: 1) определение и анализ основных характеристик объектов выявления (наблюдения, мониторинга); 2) выбор БпЛА исходя из геометрических размеров объектов аэросъемки и требований к оперативности предоставления результатов; в настоящий период наиболее подходящим представляется выбор мультикоптерного БпЛА; 3) определение состава ВТСА на борту БпЛА, при котором в состав включаются две матричные цифровые камеры видимого и дальнего инфракрасного диапазонов длин волн электромагнитного излучения, иногда – лазерный дальномер-указатель; 4) расчет ориентировочных технических характеристик ВТСА: угловое разрешение и углы обзора – по формуле (2), температурная чувствительность – по формуле (3), за ними – тип фотоприемных матриц и фокусных расстояний оптических систем, за ними – параметры радиоканала для передачи изображений с борта БпЛА на наземную станцию приема; 5) исходя из характеристик ВТСА – расчет необходимых параметров полета (высота, дальность и т.д.) и способы аэросъемки (площадь захвата на местности, количество и конфигурация заходов); 6) предварительная оценка ожидаемой эффективности – вероятность выявления объектов по формуле (1) и корректировка плана аэросъемки в случае неудовлетворительной величины этой вероятности.

Применение изложенного порядка обоснования требований позволит объективно определять количественные технические характеристики БпЛА и его ВТСА, что должно привести к повышению общей эффективности выявления пожаров или мест (источников) их возникновения.

Перспективы дальнейших исследований. Нерешенными остаются вопросы оптимального комплексирования данных от разных видов ВТСА при решении задач выявления пожаров и мест (источников) их вероятного возникновения, в частности изображения инфракрасного и видимого диапазонов длин волн; вопросы применения более сложных типов ВТСА, например, многоспектральных и радиолокационных; вопросы роботизации обнаружения пожаров и мест (источников) их возникновения по результатам аэросъемки и создания соответствующих автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов БпЛА; вопросы разработки новых моделей возгораний и распространения пожаров, что обеспечит не только своевременное их выявление, но и прогнозирование для реализации профилактических мер.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Мосов С. П. Ера безпілотної авіації в сфері цивільного захисту. Пожежна та техногенна безпека. 2020. №11(86). С.14-16.

[2] Догерти М. Дроны: первый иллюстрированный путеводитель по БПЛ.А; пер. с англ. В. Бычкова, Д. Евтушенко. Москва: Изд-во «Э», 2017. 224 с.

[3] Дроны-спасатели. URL: https://robogeek.ru/letayuschie-roboty/drony-spasateli.

[4] Области применения беспилотников. URL: http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov.

[5] Бойко А. Пожарные и беспилотники. URL: http://robotrends.ru/robopedia/pozharnye-i-bespilotniki.

[6] Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту: кол. монографія / Д. В. Бондар, А. В. Гурник, А. О. Литовченко, В. В. Хижняк, В.Л. Шевченко, Д. М. Ядченко; під ред. проф. П. Б. Волянского. Київ: ІДУНДЦЗ, 2022. 312 с.

[7] Безпілотна авіація у військовій справі: кол. монографія / С.П. Мосов, С.М. Салій, М.В. Погорецький, О.В. Сєлюков, А.Л. Фещенко; за ред. проф. С.П. Мосова. Київ: Інтерсервіс, 2019. 324 с.

[8] Станкевич С.А. Сравнительная оценка информативности цифровых аэрокосмических изображений высокого и низкого разрешения / В.И. Кононов, С.А. Станкевич. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2004. Т.17. № 2. С.88-95.

[9] Станкевич С.А. Кількісне оцінювання інформативності гіперспектральних аерокосмічних знімків при вирішенні тематичних задач дистанційного зондування Землі. Доповіді НАН України. 2006. № 10. С.136-139.

[10] Ребрин Ю.К., Станкевич С.А., С.П. Мосов. Методы количественной оценки эффективности средств аэрокосмической разведки. Киев: КИ ВВС, 1997. 262 с.

[11] Magnussen O., Ottestad M., Hovland G. Multicopter design optimization and validation / Modeling, Identification and Control, 2015. Vol.36. No.2.P.67-79.

[12] Ребрин Ю.К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов. Киев: КВВАИУ, 1988. 452 с.

[13] Станкевич С.А. Уточнення відомої емпіричної формули оцінки імовірності правильного дешифрування об’єктів на аерокосмічному зображенні. Збірник наукових праць Наукового центру ВПС ЗС України. Вип.7. Київ: НЦ ВПС, 2004. С.242-246.

[14] Станкевич С.А., Шкляр С.В. Оптимізація параметрів видової аерознімальної апаратури за умовою максимуму середньої імовірності виявлення об’єктів на зображенні. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. Вип.8. Київ: ДНДІА, 2005. С.133-136.

[15] Low-cost UAV-based thermal infrared remote sensing: Platform, calibration and applications / H. Sheng, H. Chao, C. Coopmans, J. Han, M. McKee, Y.Q. Chen // Proceedings of IEEE/ASME International Conference on Mechatronics and Embedded Systems and Applications (MESA 2010).– Qingdao: IEEE, 2010. P.38-43.

[16] Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. Москва: Советское радио, 1978. 400 с.

Сергей Мосов, ә.ғ.д., профессор, Мемлекеттік басқару және азаматтық қорғау ғылыми-зерттеу институты, Киев, Украина

Сергей Салий, ә.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитетінің Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан, salii70@mail.ru

Роллан Алтынбеков, ә.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитетінің Шекара академиясы, Алматы, Қазақстан

ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ӨРТТЕРДІ АНЫҚТАУДЫҢ ТҮРЛІ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫНА ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАРДЫ НЕГІЗДЕУ

Аңдатпа. Мақалада өрттерді барлау міндеттерін және олардың ықтимал туындау орындарын (көздерін) жедел орындау мүддесінде ұшқышсыз ұшу аппараттарында, электромагниттік спектрдің толқын ұзындығының көрінетін және инфрақызыл диапазондарында орнатылған (Орнатылатын) аэротүсірілімнің түрлік техникалық құралдарына қойылатын талаптарды негіздеуге ғылыми-әдістемелік тәсіл ұсынылған. Ұшқышсыз ұшақтың дәстүрлі басқарылатын аппаратқа қарағанда негізгі артықшылықтары анықталды. Аэротүсірілімнің техникалық құралдарының техникалық жай-күйі мен мүмкіндіктерін анықтайтын негізгі көрсеткіштерге назар аударылады. Оларға мыналар жатады: жұмыс спектрлік диапазоны (диапазондар), кескін құру геометриясы және берілген ажыратымдылық – кеңістіктік, радиометриялық және спектрлік. Алынған суреттердегі объектілерді анықтау ықтималдығы арқылы аэротүсірілімнің техникалық құралдарының жұмыс істеу тиімділігін анықтау ұсынылды. Ұшқышсыз ұшу аппаратына орнатылған (Орнатылатын) аэротүсірілімнің техникалық құралдарының техникалық сипаттамаларына қойылатын талаптарды негіздеудің жалпы тәртібі ұсынылған. Ол алты кезеңнен тұрады. Талаптарды негіздеудің осындай тәртібін қолдану ұшқышсыз ұшу аппаратының және оның аэротүсірілімнің түрлік техникалық құралдарының сандық техникалық сипаттамаларын объективті айқындауға мүмкіндік береді, бұл өрттерді немесе олардың туындау орындарын (көздерін) анықтаудың жалпы тиімділігін арттыруға алып келуі тиіс. Қорытындылар келтірілген және әрі қарайғы зерттеулердің бағыттары анықталған. Бұл мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын зерттеу шеңберінде дайындалған (Грант №AP14869765).

Түйінді сөздер. Өрт, ұшқышсыз ұшу аппараты, аэротүсірілімнің техникалық түрі.

Mosov Sergey, doctor of military sciences, professor, Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection, Kyiv, Ukraine

Saliy Sergey, candidate of military sciences, associate professor, Academy of Border the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty, salii70@mail.ru.

Altynbekov Rollan, candidate of military sciences, associate professor, Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

SUBSTANTIATION OF REQUIREMENTS FOR VIEW FIRE DETECTION EQUIPMENT WITH THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. The article proposes a scientific and methodological approach to substantiate the requirements for specific technical means of aerial photography installed (installed) on unmanned aerial vehicles in the visible and infrared wavelengths of the electromagnetic spectrum in the interests of promptly fulfilling the tasks of reconnaissance of fires and places (sources) of their probable occurrence. The main advantages of an unmanned aerial vehicle over a traditional manned vehicle are identified. Attention is focused on the main indicators that

determine the technical condition and capabilities of specific technical means of aerial photography. These include: operating spectral range(s), imaging geometry, and resolution provided – spatial, radiometric, and spectral. It is proposed to determine the effectiveness of the functioning of specific technical means of aerial photography through the probability of detecting objects in the resulting images. A general procedure for substantiating the requirements for the technical characteristics of specific technical means of aerial photography installed (installed) on an unmanned aerial vehicle is proposed. It includes six consecutive stages. The application of such a procedure for substantiating requirements will make it possible to objectively determine the quantitative technical characteristics of an unmanned aerial vehicle and its specific technical means of aerial photography, which should lead to an increase in the overall efficiency of detecting fires or places (sources) of their occurrence. Conclusions are given and directions for further research are determined. This article was prepared as part of a study funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14869765).

Keywords. Fire, unmanned aerial vehicle, technical means of aerial photography.

****