

доктор. физ-мат. наук **СИЗИКОВ А.С./SIZIKOV A.S.**¹

профессор доктор. физ-мат. наук, **БЕЛЯЕВ Б.И./BELIAEV B.I.**²

доцент канд. физ-мат. наук **КАТКОВСКИЙ Л.В./KATKOVSKII L.V.**²

доцент **ХВАЛЕЙ С.В./KHVALEI S.V.**²

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМОГО ПУТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Prospects for the development of technical means for emergency situations monitoring, implemented through remote sensing

Содержание

Статья посвящена вопросам современных тенденций развития аэрокосмического мониторинга чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь, имеющимся проблемам и путям их решения. Рассматриваются основные разработки существующих в республике средств аэрокосмического мониторинга в зависимости от типа летательного аппарата – носителя, предлагается актуальное направление исследований для совершенствования технического обеспечения в данной области.

Summary

The article is devoted to the modern trends of aerospace monitoring of emergency in the Republic of Belarus, to the existing problems and ways to solve them. The basic design of aerospace monitoring tools, that exist in Republic and depend on the each type of aircraft are considered in this article. The actual ways of researches to improve the technical support in this area are suggested.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг, чрезвычайные ситуации, дистанционное зондирование, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), инерционные космические аппараты;

Keywords: aerospace monitoring, emergency, remote sensing, unmanned aerial vehicle (UAV), inertial spacecrafts;

Введение

В последние десятилетия имеет место значительный прогресс в развитии способов и средств исследования поверхности Земли с помощью методов дистанционного аэрокосмического мониторинга. Данное направление, как таковое, начало формироваться в шестидесятых годах прошлого века благодаря появившейся возможности осуществления съемок с авиационных платформ

и космических орбит, а также эффективного использования средств ЭВМ для оцифровки и последующей обработки больших объемов получаемой информации.

К числу параметров, которые измеряются в данных исследованиях, следует относить пространственные, временные и угловые зависимости спектральных, энергетических и поляризационных характеристик поля излучения самой Земли непосредственно, а также объектов на ее поверхности и в атмосфере.

Возможность и точность определения параметров атмосферы и различных объектов при осуществлении оптического дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) зависят от схемы и организации соответствующих экспериментов, используемой при исследованиях аппаратуры, погрешностей измерений, методов и алгоритмов восстановления искомым параметров, а также применяемых моделей и решений как прямых, так и обратных задач переноса излучения.

¹ Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск /the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Research Institute of Fire Safety and Emergencies;

² Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченка» Белорусского государственного университета Institute of Applied Physical Problems of A.N. Sevchenko of Belarus State University;

Поэтому большое значение имеет разработка и применение усовершенствованных физических моделей и решений как прямых, так и обратных задач теории переноса излучения. Для увеличения информативности данных, получаемых из измерений рассеянного излучения, в дополнение к измерению интенсивности все чаще возникает необходимость регистрации поляризационных параметров рассеянного излучения.

Методы и системы дистанционного зондирования, которые используют видеоспектральную информацию об объектах, с каждым годом все чаще применяются при проведении научных исследований, в экономике (ГИС и производственно-хозяйственная инфраструктура), в сельском и лесном хозяйстве, экологии и т.д. [1].

Особо следует выделить применение настоящих методов и систем дистанционного зондирования при постоянном мониторинге чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, так как данное направление имеет прямое и непосредственное отношение к сохранению жизни и здоровья людей, обеспечению безопасной жизнедеятельности, а также к устойчивому функционированию экономики.

Реализацию целей и задач в этой сфере, эффективное функционирование органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь невозможно представить без современного оборудования, инновационных техники, приборов, снаряжения и технологий.

1. Основные тенденции развития аэрокосмического мониторинга

Аэрокосмические данные являются основным источником информации для мониторинга поверхности Земли при ДЗЗ. Эффективность их использования определяется типом носителя, а также применением современных информационных технологий, благодаря которым осуществляется автоматический прием, обработка и архивация данных мониторинга.

В настоящее время можно условно выделить существование четырех основных видов средств аэрокосмического мониторинга чрезвычайных ситуаций различного характера, в зависимости от технического способа выполнения полета летального аппарата: космический аппарат (искусственный спутник Земли), самолет, вертолет, беспилотный летательный аппарат (БПЛА) (рис. 1) [2].

Несмотря на многообразие технических средств аэрокосмического мониторинга, предназначенного для получения и обработки (спутниковые спектральные и спектрзональные системы, такие как Landsat Thematic Mapper (TM), ETM, ETM+, NOAA, HRV (SPOT), IRS-1, MODIS (Terra), МСУ-Э (Ресурс-О), МСУ-СК (Ресурс-О1) и Метеор-3М; авиационные системы AVIRIS (США), CASI (Канада), HRSC-A (Россия)) существует ряд определенных недостатков при их

эксплуатации, в том числе для нужд и целей органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.



Рис.1. Основные средства аэрокосмического мониторинга

Fig. 1. Main elements of an aerospace monitoring system

В первую очередь – это его достаточная сложность в освоении конечным пользователем, в связи с избыточной функциональностью, предназначенной в большей степени для научных, а не прикладных целей. Во-вторых – это закрытость кода и конечная функциональность, которые не позволяют вносить изменения как в само техническое средства, так и в его ПО для решения некоторых специфических задач. В-третьих – не всегда оперативное предоставление полученных данных, связанное с задержками на обработку информации и передачу ее непосредственному пользователю. В-четвертых – высокие стоимостные характеристики. В-пятых – отсутствие комплектующих, невозможность проведения при необходимости оперативного ремонта (технического обслуживания, регламентных работ).

Рациональным выходом из сложившейся ситуации является разработка собственных средств ДЗЗ, видеонаблюдения при осуществлении аэрокосмического мониторинга, а также необходимого ПО к ним, предназначенного для конкретных целей и конкретного пользователя.

Данная задача активно решается в нашей республике. Примером чему могут служить приборные и методические разработки отдела аэрокосмических исследований НИИПФП им. А.Н. Севченко [3].

2. Средства аэрокосмического мониторинга, размещаемые на борту инерционного космического аппарата

2.1. Спектрорадиометры на область спектра 0,35÷1,1 мкм

Важной задачей является разработка и создание малогабаритных спектрорадиометров видимого и ближнего ИК-диапазонов [1–5], а так-

же их применение при проведении космических и подспутниковых экспериментов [6–9]. Созданные спектрорадиометры серии МС (МС-08, МС-09 МС-10 МС-11, МС-12) позволяют обеспечить высокоточные абсолютные измерения спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) излучения в целях анализа его спектрально-энергетических характеристик, а также рассеяния, пропускания, поглощения и люминесценции разнообразных природных и искусственных объектов и сред в естественных и лабораторных условиях. В частности, спектрорадиометры высокого спектрального разрешения (2 – 3 мкм) МС-11, МС-12 в сочетании с дополнительным набором оборудования (сменные объективы, световодные и поляризационные насадки) используются как в качестве самостоятельных исследовательских приборов, так и в составе ряда авиакосмических систем дистанционного зондирования в виде спектрометрических модулей (с соответствующими модификациями).

Специальное программное обеспечение (ПО) МС-12 состоит из двух независимых программ, предназначенных для управления спектрорадиометром и получения спектрометрических данных, их отображения, сохранения на жестком диске ПК, расчета различных интегральных по длинам волн характеристик спектров.

2.2. Фотоспектральная система

Система регулярных наблюдений и контроля за развитием опасных процессов и явлений в окружающей среде в рамках осуществления космического мониторинга методами дистанционного зондирования позволяет осуществлять не только фиксацию природных и техногенных явлений, но и выполнять их прогноз для минимизации возможного ущерба. По заказу Института географии РАН и РКК «Энергия» была создана уникальная фотоспектральная система [10-16], предназначенная для проведения измерений спектров отраженного излучения подстилающих поверхностей в диапазоне длин волн 350÷1050 нм (модуль спектрорадиометра – МС) и фотоизображений высокого пространственного разрешения в видимом диапазоне длин волн (модуль регистрации изображений – МРИ) с борта российского сегмента МКС в космическом эксперименте «Ураган» (экспериментальная отработка наземно-космической системы мониторинга и прогноза развития природных и техногенных катастроф) (рис. 2).

ФСС была доставлена на борт МКС 4 июля 2010 г., и с этого времени используется для периодических измерений. Целью обработки данных ФСС является повышение достоверности обнаружения и повышение точности классификации различных объектов из космоса на осно-

ве совместной обработки спектров и изображений и формирование базы данных спектральных сигнатур объектов подстилающих поверхностей и явлений для последующего использования при изучении космической информации. С помощью ПО обработки данных ФСС и при использовании таблицы калибровочных данных осуществляется пересчет исходных спектров в СПЭЯ («на лету»), что позволяет просматривать изображения и сопутствующие спектры (в заданном формате «длина волны / СПЭЯ, длина волны / отсчеты АЦП»), выполнять ряд математических операций), отображать служебную информацию по каждому пакету данных.



Рис. 2. Внешний вид фотоспектральной системы, съемка с борта МКС космонавтом Ф. Юрчихиным:

- 1 – модуль регистрации изображений (МРИ);
- 2 – модуль спектрометрический (МС);
- 3 – планшетный компьютер модуля электроники;
- 4 – объектив МРИ; 5 – объектив МС

Fig. 2. Outward appearance of the photo-spectral system, photograph taken from the International Space Station (ISS) by astronaut F. Jurczihin:

- 1 – Image recording module (IRM); 2 – spectrometric module (SM); 3 – electronic module panel; 4 – IRM lens; 5 – SM lens

Однако, несмотря на значительные достижения в данном направлении, необходимо отметить, что разработанная аппаратура и ПО практически не используется непосредственно для нужд органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по причине отсутствия необходимых методик. Кроме этого, методы обнаружения и средства контроля космического базирования помимо высоких финансово-экономических затрат еще недостаточно совершенны по целому ряду параметров (редкие проходы в течение требуемого времени (значительный период обращения вокруг Земли), пространственное разрешение, точностные характеристики) и не позволяют эффективно решать

многие задачи контроля территорий в рамках мониторинга чрезвычайных ситуаций.

3. Средства аэрокосмического мониторинга, размещаемые на борту воздушных судов

В сравнении с методами обнаружения и средствами контроля космического базирования, использование воздушных судов отличает большая оперативность, избирательность и доступность мониторинга любых территорий, относительно невысокая стоимость съемки, возможность оперативного обновления модулей и спектральных каналов. В этой связи, эксплуатация в качестве носителей приборов и оборудования для осуществления мониторинга именно авиационных средств, на территории Республики Беларусь представляется весьма актуальным и экономически оправданным.

3.1. Средства аэрокосмического мониторинга, размещаемые на борту самолета

Для решения оперативных задач мониторинга ЧС по заказу МЧС Республики Беларусь была разработана и создана авиационная система контроля зон чрезвычайных ситуаций и последствий от них – АСК-ЧС [17, 18], находящаяся в эксплуатации на специально оборудованном самолете АН-2 МЧС Республики Беларусь. Основное назначение АСК-ЧС – проведение авиационных съемок районов чрезвычайных ситуаций в видимом и тепловом ИК-диапазонах длин волн, оперативная тематическая обработка полученных изображений для выявления особенностей объектов произошедших и потенциальных ЧС, а также документирование данных.

В состав АСК-ЧС входят (рис. 3): блок оптических датчиков, состоящий из модуля спектральной съемки (МСС), включающего модуль зональной съемки (МЗС) территории ЧС одновременно в трех заранее выбранных узких спектральных зонах, или съемки с тремя различно ориентированными поляризационными светофильтрами, и модуль обзорной съемки (МОС), предназначенный для получения стандартного цветного изображения с более широким полем зрения, чем МЗС; модуль инфракрасной съемки (МИК) территории ЧС в диапазоне длин волн $7,5 \div 13$ мкм с тепловизором ThermoVision A40M; модуль трассовой съемки (МТС) для получения цветного видеоизображения трассы полета с целью контроля наведения самолета на объект съемки; модуль координатной привязки для определения координат и скорости самолета во время съемок (GPS приемник Garmin 18USB).



Рис. 3. Внешний вид основных модулей и блоков АСК-ЧС:

1 – блок оптических датчиков; 2 – модуль инфракрасной съемки; 3 – модуль трассовой съемки; 4 – управляющий компьютер; 5 – блок питания и коммутации; 6 – монитор пилота; 7 – устройство записи данных; 8 – сменная кассета светофильтров модуля зональной съемки; 9 – приемник GPS

Fig. 3. Outward appearance of the main modules and elements of an Aircraft Emergency Flight Control System:

1 – cluster of optical sensors; 2 – infrared imaging module; 3 – path recording module; 4 – controlling computer; 5 – power supply switch-over module; 6 – pilots' monitor; 7 – data recorder; 8 – replacement cartridge of polarisation filters for zone recording module; 9 – GPS receiver

Блок МСС снабжен четырьмя сменными кассетами, каждая из которых предназначена для решения определенного круга задач, в числе которых необходимо выделить оценку последствий пожаров, ураганов, наводнений, последствий вырубок, исследование растительного покрова и растительности при низкой освещенности, водных поверхностей.

Предусмотрена экспрессная обработка данных с помощью пакета ПО ASKmapper, позволяющего проводить построение трассовых и площадных мозаик спектральнозональных изображений, эффективно использовать доступные векторные и растровые электронные карты Беларуси и спутниковые снимки в качестве топографической основы (подложки) и для уточнения географической привязки изображений. Оперативная тематическая обработка (на борту) полученных синтезированных изображений осуществляется методом попиксельной классификации с обучением на построенных оператором обучающих выборках по искомым классам.

Разработаны методы и программы послеполетной тематической обработки полученных системой АСК-ЧС спектральнозональных изображений видимого диапазона, а также тепловых изображений местности [19–23]. Синтезированные

изображения подвергаются контрастированию, а также производится коррекция пространственных смещений изображений каналов относительно друг друга (коррегистрация), имеющих место из-за погрешностей временной синхронизации поступающих на камеры из компьютера команд, погрешностей установки камер и нестабильности носителя.

Построение мозаики спектральнональных изображений производится на основании данных GPS и алгоритма пересчета географических координат в декартовы на эллипсоиде WGS84.

Совместное использование спектральнональных изображений видимого диапазона и изображений теплового ИК-диапазона позволяет, например, обнаружить трубу нефтепровода, залегающего на глубине от одного до трех метров.

Разработана методика оценки пожарной опасности лесов по данным АСК-ЧС [23]. Изображения видимого диапазона дает возможность идентифицировать различные типы подстилающих поверхностей – лесных горючих материалов, от температуры и влагосодержания которых зависит степень пожарной опасности лесов. Температура почвенного покрова определяется по тепловизору, оценка влагосодержания осуществляется с использованием изображений всех каналов после исключения облачности и водных поверхностей, а также метеоданных о количестве осадков за предшествующий период. В пиксельных вычислениях используются известные соотношения для комплексного метеорологического показателя пожарной опасности.

Имеется возможность экспорта данных АСК-ЧС в пакет обработки изображений ENVI, который включает большой набор методов тематической обработки.

Таким образом, основные методики оперативного контроля с использованием системы АСК-ЧС и программное обеспечение тематической обработки данных, регистрируемых этой системой, включают:

- оперативное построение картосхем тепловых полей лесных и торфяных пожаров, а также пожаров других объектов в условиях сильной задымленности, с координатной привязкой очагов горения, определение площадей пожаров и гарей, оценку их последствий и нанесенного ущерба, методику оценки пожарной опасности лесов;
- определение масштабов утечек из нефти и продуктопроводов, методику расчета массы (объема) вылившегося нефтепродукта, необходимую для оценки ущерба, причиненного в результате аварий на магистральных нефтепроводах;
- построение картосхем повреждений от ураганов и оценку их последствий;

- построение картосхем наводнений и оценку их последствий.

Однако, несмотря на несомненные достоинства системы АСК-ЧС в целом, следует отметить ряд недостатков, вызванных, в первую очередь, размещением оборудования на борту самолета (Ан-2) это недостаточная мобильность при ориентировании на конкретную цель на ограниченных участках, а также некоторые другие, среди которых необходимо обозначить отсутствие технической возможности оперативной передачи получаемой системой информации оператору.

3.2. Средства аэрокосмического мониторинга, размещаемые на борту вертолета

Использование вертолета в качестве носителя необходимого оборудования для осуществления мониторинга земной поверхности, в том числе зон ЧС, позволяет избежать недостатков, присущих самолетам. В том числе обеспечивает возможность мобильности при ориентировании на конкретную цель на ограниченных участках. В рамках республиканской научной программы «Леса Беларуси и их рациональное использование». По заказу Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь был разработан и создан авиационный видеоспектральный комплекс аппаратуры ВСК-2, предназначенный для дистанционного контроля за состоянием лесных насаждений с борта авиационных носителей (вертолета Ми-2).

Видеоспектральный комплекс осуществляет регистрацию, обработку и представление пространственной и спектрополяризационной информации в виде телевизионных изображений контролируемого участка территории, а также в виде спектров высокого разрешения объектов, повышающих информативность получаемых данных.

В состав комплекса входят блок оптических модулей (БОМ) и бортовой управляющий вычислительный комплекс (БУВК). БОМ состоит из блока спектральнонально-поляризационной съемки БСПС-1, спектрорадиометра МС-09 и цветной обзорной видеокамеры (ТВ-камеры). Оптико-кинематическая схема БОМ ВСК-2 приведена на рис. 4. Комплекс ВСК-2 снабжен блоком точного географического позиционирования (GPS).

Вертолетный видеоспектральный комплекс ВСК-2 успешно использовался при осуществлении мониторинга территорий Беларуси с борта вертолета Ми-2. В качестве объектов исследования выбирались участки отдельных лесничеств различных лесхозов (в частности, Столбцовского, Молодеченского, Новогрудского). Выбор обуславливался необходимостью решения конкрет-

ных задач, в том числе обработкой методик обнаружения и картирования территорий, подвергавшихся лесным и торфяным пожарам (гарей). Проведенный комплекс работ позволил отработать методику и выбрать оптимальные параметры съемки для решения задачи выделения и картирования зон лесного пожара, а также оценки площади и степени поражения лесных массивов, разработать методику расчета ущерба, причиненного пожарами [1].

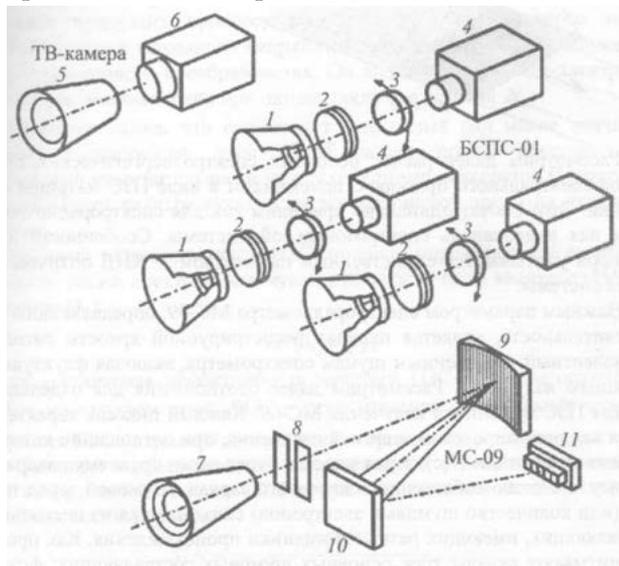


Рис. 4. Оптико-кинематическая схема ВСК-2:

- 1, 5, 7 – входные объективы с блендами;
 2 – интерференционные светофильтры;
 3 – поляризационные светофильтры; 4 – черно-белые телевизионные камеры; 6 – цветная обзорная ТВ-камера; 8 – выходная щель спектрометра;
 9 – вогнутая отражательная дифракционная решетка;
 10 – плоское зеркало; 11 – приемная ПЗС-линейка.

Fig 4. Optical-kinematic diagram VSK-2 (videospectral complex):

- 1, 5, 7 – input lens with hood; 2 – interference filters;
 3 – polarization filters; 4 – black and white TV cameras;
 6 – TV camera with colour function for verification and assessment; 8 – spectrometer output gap; 9 – concave reflective diffraction grille; 10 – plane mirror;
 11 – CCD (Charge-coupled device) line array receiver

Однако важно отметить, те недостатки, которые присущи данному способу осуществления ДЗЗ посредством вертолетного комплекса ВСК-2. Это, в первую очередь, отсутствие в составе комплекса тепловизора, что не позволяет осуществлять результативный мониторинг зоны ЧС (например, развивающегося лесного пожара) в условиях сильной задымленности. Кроме этого, недостатки обусловленные типом носителя оборудования (для вертолетов это - нестабильность направления оптической оси жестко связанного с носителем прибора (случайный крен, тангаж), рыскание, сильное влияние ветра (при этом скорость полета при различных направлениях может меняться).

3.3. Средства аэрокосмического мониторинга, размещаемые на борту беспилотного летательного аппарата

За рубежом использование беспилотных летательных аппаратов в качестве носителя аппаратуры, оборудования, приборов и средств осуществления ДЗЗ получило весьма широкое распространение. В числе таких моделей БПЛА, предназначенных для аэрофотосъемки, следует назвать: ZALA 421-Ф, Птеро-Е4, Дозор-50 (Россия), SmartOne – Personal Aerial Mapping System (Швеция), Gatewing X100 (Бельгия), CropCam (Канада), Bramor (Словения), CroyWing (Норвегия), Geosopter (Нидерланды) и другие [24].

Однако, несмотря на достаточно широкое использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в мире, в Республике Беларусь данные летательные аппараты практически не используются. Вместе с тем, исходя из возможностей рынка БПЛА, для решения оперативно-тактических задач органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь имеется возможность использования легких БПЛА с малым и средним радиусами действия. Это позволит эффективно выполнять следующие задачи мониторинга ЧС:

- проведение воздушной разведки кромки действующего крупного пожара самостоятельно силами наземных и аэромобильных команд тушения;
- использования БПЛА в качестве географически привязанного воздушного пункта наблюдения («летающей вышки») для обнаружения пожаров в районах возникновения высокой (чрезвычайной) пожарной опасности лесов, прежде всего для защиты населенных пунктов;
- патрулирование локальных площадей (сельхозугодий, участков ценных насаждений, молодняков, мест массового посещения людьми и т.п.);
- осмотр нескольких действующих пожаров в телевизионном и тепловизионном режиме непосредственно с авиаотделения (лесничества), в том числе в чрезвычайные периоды, когда применение классической авиации запрещено из-за задымленности района работ;
- оперативный осмотр (в режиме фото-видеодокументирования) незначительных по площади лесных участков с лесопатологическими состоянием.

В настоящее время исходя из перспективности внедрения и эксплуатации БПЛА в системе органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, а также иных организаций, подчиненных МЧС, совместно с ГНУ «Физико-технический институт НАНБ» и БГУИР осуществляется реализация задания «Разработать и внедрить

в системе МЧС беспилотный авиационный комплекс для мониторинга чрезвычайных ситуаций с дальностью применения 290 км» в рамках ГНТП «БАК и технологии» (подпрограмма «Создание и освоение производства гаммы технологий и элементов летательных аппаратов, целевых нагрузок и беспилотных авиационных комплексов многофункционального назначения»).

Основной аппаратурой, предназначенной для размещения на БПЛА в целях осуществления аэрофото- и видеосъемки в рамках мониторинга являются цифровые камеры высокого разрешения [25]. Однако для осуществления полноценного мониторинга ЧС одной фото- и видеосъемки недостаточно. Например, отсутствие на борту БПЛА тепловизора не позволит фиксировать развитие лесного пожара в условиях сильной задымленности.

С учетом проведенного анализа и стоящих задач наиболее оптимальный перечень полезной нагрузки БПЛА должен включать в себя: фотокамеру, ТВ-камеру, ИК-камеру, РЛС бокового обзора, средства радиотехнической разведки, средства радиационно-химической разведки, средства картографирования, средства ретрансляции радиосигналов.

При этом важно отметить, что осуществление ДЗЗ с использованием БПЛА предъявляет повышенные требования к выходным данным, а именно к выдерживанию геометрических параметров съемки. Небольшие БПЛА экономичны в эксплуатации и портативны, однако менее стабильны с этой точки зрения. Как следствие, блоки снимков, полученные с БПЛА, обладающие отличной детальностью, яркостью и контрастом могут иметь низкое фотограмметрическое качество с точки зрения традиционных фотограмметрических пакетов. Использование БПЛА в данном направлении возможно при консолидации усилий как производителей БПЛА (в том числе производителей полноценного бортового оборудования), так и разработчиков профессионального фотограмметрического программного обеспечения. С одной стороны должно повышаться качество съемки, с другой стороны программные пакеты должны быть доработаны в сторону снижения требований к входным данным в случае работы со снимками, полученными с БПЛА.

4. Необходимость создания универсальной системы авиационного мониторинга ЧС путем оптического ДЗЗ

С учетом вышеизложенного очевидно, что вопросы аэрокосмического мониторинга являются весьма актуальными в настоящее время. Ведущими научными организациями Беларуси в рамках государственных научно-технических

программ проводятся исследования, разрабатываются и создаются отечественные образцы оборудования для осуществления ДЗЗ, программное обеспечение к нему. Однако как отечественные приборы, так и большинство зарубежных разработок предназначаются для эксплуатации на конкретном типе летательного аппарата: инерционных космических аппаратах (орбитальных космических станциях или искусственных спутниках Земли), воздушных судах (самолетах, вертолетах, БПЛА различного типа) с учетом особенностей и специфики применения данных типов ЛА и не могут быть использованы на носителях другого типа. Другими словами, вертолетный комплекс ВСК-2 не будет эффективен для выполнения поставленных задач на борту орбитальной космической станции, а система АСК-ЧС не может быть использована с борта вертолета или БПЛА.

Вместе с тем складывающаяся оперативная обстановка не всегда позволяет использовать именно тот тип ЛА, который в настоящий момент доступен для эксплуатации и оснащен необходимым оборудованием и техническими средствами. Отсутствие возможности применения конкретных систем, технических и программных средств на носителе иного типа может привести к невыполнению боевой задачи. И в первую очередь это касается воздушных судов.

Например, если в ходе осуществления мониторинга развивающегося лесного пожара с помощью системы АСК-ЧС носитель Ан-2 в силу тех или иных обстоятельств (техническая неисправность, человеческий фактор, погодные условия и т.п.) окажется не способен к дальнейшей эксплуатации, то даже при условии наличия боееспособного вертолета, система АСК-ЧС не сможет более эксплуатироваться при выполнении данной задачи, так как не предназначена для использования на ЛА вертолетного типа.

Таким образом, создание универсальной отечественной системы для осуществления авиационного мониторинга ЧС (УСАМ) путем оптического ДЗЗ с борта ВС независимо от типа последнего (самолет, вертолет, БПЛА) представляется не только актуальной и перспективной, но и экономически обоснованной. Вместо трех различных систем, используемых на каждом конкретном типе ВС, достаточно будет одной универсальной, которую, при необходимости можно с одинаковой эффективностью эксплуатировать на различных типах ВС, в зависимости от особенностей оперативной обстановки и характера решаемых задач. При этом отдельное требование при подготовке технического задания должно предъявляться к ресурсу (сроку службы) универсальной системы, который не должен быть меньше планируемого к выполнению объема работ.

Данная универсальная система должна быть выполнена с учетом особенностей и недостатков, присущих различным типам ВС:

- для самолетов это - это недостаточная мобильность при ориентировании на конкретную цель на ограниченных участках, влияние облаков и т.п.;
- для вертолетов это - нестабильность направления оптической оси жестко связанного с носителем прибора (случайный крен, тангаж), рыскание, сильное влияние ветра (при этом скорость полета при различных направлениях может меняться);
- для БПЛА это - слабая адаптация к динамичному изменению тактической обстановки, возможным отказам и повреждениям, подверженность линий передач данных между БПЛА и оператором воздействию помех, имеющиеся ограничения по массе и составу полезной нагрузки, сравнительно небольшая дальность действия с использованием дистанционного управления при отсутствии дополнительных средств ретрансляции и др.

В состав УСАМ должны входить оптические датчики зональной и обзорной съемки, тепловизор, модули трассовой съемки и координатной привязки (GPS приемник), блок хранения получаемой информации, модуль обработки и передачи получаемой информации оператору, для обеспечения возможности оперативного на ЧС и ее последствия в режиме реального времени, датчик радиационной разведки.

При этом важно отметить, что с учетом ограничения массы полезной нагрузки БПЛА проектируемая система должна комплектоваться минимальными по весу техническими средствами. Для этого необходимо определить минимально возможный вес проектируемой УСАМ (в зависимости от тактико-технических характеристик БПЛА, планируемого в качестве носителя) и затем осуществлять выбор (проектирование) необходимого оборудования и технических средств.

Также в зависимости от области решаемых задач необходимо создание специализированного ПО для универсальной системы путем модернизации имеющегося пакета ПО ASKmapper (используется на АСК-ЧС).

Данные требования должны быть учтены в полном объеме при подготовке проекта технического задания на разработку универсальной отечественной системы для осуществления авиационного мониторинга ЧС (УСАМ) путем оптического ДЗЗ.

5. Заключение

Таким образом, применение существующих методов и систем дистанционного зондирова-

ния при постоянном мониторинге чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера крайне важно, так как данное направление имеет прямое и непосредственное отношение к сохранению жизни и здоровья людей, обеспечению безопасной жизнедеятельности, а также к устойчивому функционированию экономики. В рамках реализации данного направления успешно создаются и эксплуатируются отечественные образцы приборов и оборудования для ДЗЗ, размещаемые на летательных аппаратах различных типов, как на инерционных космических аппаратах (орбитальных космических станциях или искусственных спутниках Земли), так и воздушных судах (самолеты, вертолеты). Активно ведутся работы по созданию отечественного БПЛА, предназначенного для мониторинга ЧС, использования в деятельности органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Однако каждая из рассматриваемых систем ДЗЗ предназначена для эксплуатации на конкретном носителе (ЛА определенного типа), и не может быть эффективно использована на носителе другого типа, что накладывает ряд ограничений на оперативность проводимых работ в рамках осуществления мониторинга ЧС.

С учетом вышеизложенного, создание универсальной отечественной системы для осуществления авиационного мониторинга ЧС путем оптического ДЗЗ с борта ВС независимо от типа последнего (самолет, вертолет, БПЛА) представляется не только актуальной и перспективной, но и экономически обоснованной.

Список литературы

1. Беляев, Б.И. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский. – Минск: БГУ, 2006. – 455 с.
2. Сизиков, А.С. Современные тенденции развития аэрокосмического мониторинга чрезвычайных ситуаций. / А.С. Сизиков, С.В. Хвалей // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации-2012: Тез. докл. междунар. научно-практич. конф. Гомель, 24-25 мая 2012 г. Ч. 1. С. 115-116.
3. Беляев, Б.И. Приборы и методы аэрокосмического дистанционного зондирования природных объектов / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский, В.А. Сосенко // – Вестн. БГУ. Сер. 1. – 2011. – № 3. – С. 18-23.
4. Съемка и обработка изображений авиационной системы контроля чрезвычайных ситуаций / Б.И. Беляев [и др.] // Журн. прикл. Спектроскопии. – 1998. – Т. 65. – № 2. – С. 128-131.
5. Приборы и методы аэрокосмического дистанционного зондирования природных объектов

- / Б.И. Беляев [и др.] // Журн. прикл. Спектроскопии. – 2000. – Т. 67. – № 4. – С. 141-152.
6. Спектральные приборы для аналитических применений. Перспективные разработки / Б.И. Беляев [и др.]; под общ. ред. Е.С. Воробья. – Минск: БГУ, 2005. 67 с.
 7. Беляев, Б.И. Новые технологии оценки ущерба от аварий и катастроф на базе авиационной системы контроля чрезвычайных ситуаций. / Б.И. Беляев // MILEX-2009: Тез. докл. 4-й Междунар. науч. конф. по военно-техн. проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения. – 2009 г. – С. 83.
 8. Беляев, Б.И. Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли / Б.И. Беляев, В.А. Сосенко, Т.Г. Протьюко, А.Ф. Чернявский // VI Науч.-техн. конф., Адлер (Россия), 14–18 сент. 2009 г.
 9. Приборостроение-2009: материалы 2 Междунар. научн.-техн. конф., Минск, 11–13 ноября 2009 г. / Мн., 2009. – 123 с.
 10. Катковский, Л.В. Применение авиационной системы контроля ЧС для оценки пожарной опасности лесов, обнаружения пожаров и оценки их последствий. / Л.В. Катковский // Доклады БГУИР. – 2010 г. – № 6 (52). – С. 5-13.
 11. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса / Б.И. Беляев [и др.] // Журн. прикл. спектроскопии. – 2008. – Т. 75. – № 1. – 25-29 с.
 12. Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли: материалы VI Науч.-практ. конф., Адлер (Россия), 14-18 сентября 2009 г. / под. ред. Б.И. Беляева [и др.]. – М., 2009. – 395 с.
 13. Беляев, Ю.В. Приборы и методы аэрокосмического дистанционного зондирования природных объектов. / Ю.В. Беляев // Четвертый Белорусский космический конгресс. – 2009 г. – С. 30.
 14. Съемка и обработка изображений авиационной системы контроля чрезвычайных ситуаций / Б.И. Беляев [и др.] // Космічна наука і технологія. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 41-45.
 15. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды / Ю.В. Беляев [и др.] // Космічна наука і технологія. – 2011. – Т. 17. – № 2. – С. 80-85.
 16. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8. – № 2. – С. 261-264.
 17. Тез. V Юбилейной открытой Всерос. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://d902.iki.rssi.ru/theses-cgi/thesis.pl?id=847>. – Дата доступа: 13.04.2012.
 18. Беляев, Б.И. Системы наблюдения и мониторинга Земли / Б.И. Беляев // MILEX-2009: Тез. докл. 4-й Междунар. науч. конф. по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения, Минск, 20–21 мая 2009 г. – Минск, 2009. – С. 244.
 19. Ранчинский, К.В. Оптическое дистанционное зондирование / К.В. Ранчинский // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сб. тез. докл. IV Междунар.-й науч.-практ. конф.: в 3 т. – Минск, 2007. – С. 244.
 20. Обработка и представление данных авиационной системы контроля чрезвычайных / Б.И. Беляев [и др.] // Вестн. БГУ. – 2008. – Сер. 1. – № 1. – С. 25.
 21. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: сб. науч. ст./редкол.: Б.И. Беляев [и др.]. – Минск, 2008. – 235 с.
 22. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов // А.А. Казак [и др.]. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2000. – Вып. 6. – Т. 1. – С. 174.
 23. Воробьев, С.Ю. Применение авиационной системы контроля ЧС для оценки пожарной опасности лесов, обнаружения пожаров и оценки их последствий. / С.Ю. Воробьев // Доклады БГУИР. – 2010 г. – № 6 (52). – С. 5-13.
 24. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=681>. – Дата доступа: 15.04.2012.
 25. Цифровые камеры для аэрофотосъемки. Обзор моделей (декабрь 2011). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=630>. – Дата доступа: 10.04.2012.