

УДК 681.5

yakovenkota@bk.ru

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ  
В ЦЕЛЯХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ  
СИТУАЦИЙ, ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ****THE MANUFACTURE AND USE OF COMPLEX UNMANNED SYSTEMS FOR THE  
PREVENTION AND MONITORING OF EMERGENCIES, CONDUCTING RESCUE***Юрченко Р.А.,**Топоров А.В., кандидат технических наук, доцент,**Кропотова Н.А., кандидат химических наук,**Иванов В.Е., кандидат технических наук,**Ивановская пожарно-спасательная академия**ГПС МЧС России, Иваново,**Яковенко Т.А., кандидат технических наук,**Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург**Yurchenko R.A., Toporov A.V., Kropotova N.A., Ivanov V.E.,**Ivanovo Fire and Rescue Academy**of the Emergency Ministry of Russia, Ivanovo,**Yakovenko T.A.,**The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry**of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассмотрен вопрос проектирования, изготовления, применения и обслуживания комплекса беспилотных систем в интересах МЧС России для предупреждения и мониторинга чрезвычайных ситуаций, проведения аварийно-спасательных работ. Данной статьёй сделан акцент на доступность проектирования и изготовления беспилотного комплекса на базе высших образовательных учреждений МЧС России. Исключительная важность развития применения беспилотных систем определяется несколькими факторами: огромной территорией Российской Федерации; относительно низкой средней плотностью населения [1]; наличием в субъектах РФ возможности возникновения рисков аварии природного или техногенного характера; научно-техническими разработками в области радиоэлектроники, их доступностью; привлечением к разработке профессорско-преподавательского состава и будущих специалистов, что положительно скажется на мотивационных качествах и свежего независимого взгляда на анализ и решение современных проблем в Российской Федерации; проектированием и изготовлением узкоспециализированных систем, не имеющих аналогов в России и за рубежом финансовой составляющей, позволяющей конечному продукту быть лидером в линейке «цена – качество – эффективность». Описана принципиальная модульная схема летательного и наземного транспортного беспилотных аппаратов, изготовление и применение в рамках использования в МЧС России.

*Ключевые слова:* комплекс беспилотных систем, беспилотный летательный аппарат, беспилотное наземное транспортное средство, телеметрия.

The issue of design, manufacture, application and maintenance of unmanned systems in the interests of EMERCOM of Russia for the prevention and monitoring of emergency situations, rescue operations. This article focuses on the availability of design and manufacture of unmanned complex on the basis of higher educational institutions of EMERCOM of Russia. The exceptional importance of the development of unmanned systems is determined by several factors: the vast territory of the Russian Federation; relatively low average population density [1]; the presence in the subjects of the Russian Federation of the possibility of occurrence of risks of accident of natural or man-made nature; scientific and technical developments in the field of radio electronics, their availability; involvement in the development of the faculty and future professionals, which will have a positive impact on the motivational qualities and fresh independent view on the analysis and solution of modern problems in the Russian Federation; design and manufacture of highly specialized systems that have no analogues in Russia and abroad, the financial component that allows the final product to be a leader in the line of "price – quality – efficiency". The article describes the basic modular scheme of the aircraft and ground transport unmanned vehicles, production and application in the framework of use in the Ministry of emergency situations of Russia.

*Keywords:* complex of unmanned systems, unmanned aerial vehicle, unmanned ground vehicle, telemetry.

Как правило, человеческий фактор при возникновении пожара или аварий техногенного характера является перво-степенным. Традиционно при проведении разведки применяются, в подавляющем случае, человеческие ресурсы. Однако при возникновении чрезвычайной ситуаций, таких как аварии, на атомных электростанциях, нефтехимических заводах, лесные пожары, занимающие большую территорию, где не имеется возможность оперативно собрать объективные сведения о происшествии обычными методами можно применить беспилотные летательные аппараты и беспилотные наземные транспортные средства с подвижным мобильным телеметрическим комплексом.

Мобильный комплекс сбора, обработки и доведения информации от беспилотного летательного аппарата (БПЛА) и беспилотных наземных транспортных средств (БНТС) с использованием широкополосных каналов связи состоит:

- из необходимого количества летательных аппаратов и БНТС определённого типа;

- автоматизированного рабочего места (АРМ) управления и телеметрии;

- автомобиля повышенной проходимости, оборудованном средствами связи с беспилотными аппаратами и возможностью передачи необходимых данных руководителям тушения пожара или проведения аварийно-спасательных работ.

На этапе разработки решений будут использоваться модели ситуаций, близких к идеальным, чтобы понять и реализовать логику технологических процессов управления и взаимодействия с оператором.

Для моделирования условий работы комплекса беспилотных систем и отработки алгоритмов связи и взаимодействия определяется относительно ровная горизонтальная площадка, габаритами 10x10 м. На ней создаются искусственные препятствия различных габаритов. Водные препятствия организованы углублением поверхности площадки на 0,1 м с областями, заполненными водой не более 6x3,5 м. В произвольном месте на площадке имитируется очаг возгорания в виде установки жаропрочного поддона, габаритами 0,4x0,25 м, на котором уложены тлеющие угли (рис. 1). Для испытаний используется БПЛА гексакоп-

терного типа и БНТС, оснащенный средствами телеметрии (видео/фото модуль), необходимым набором регистраторов серии MQ [3], способных определять наличие в окружающем воздухе углеводородных газов (пропан, метан, н-бутан), водорода, природного газа и метана, монооксида и диоксида углерода, аммиака, бен-

зола, оксидов азота и паров спирта, дыма (взвешенные частицы, являющиеся результатом горения). Также предполагается использование регистраторов, способных определить ионизирующее излучение в окружающей среде, температуру воздуха, температуру поверхности объектов (дистанционно).

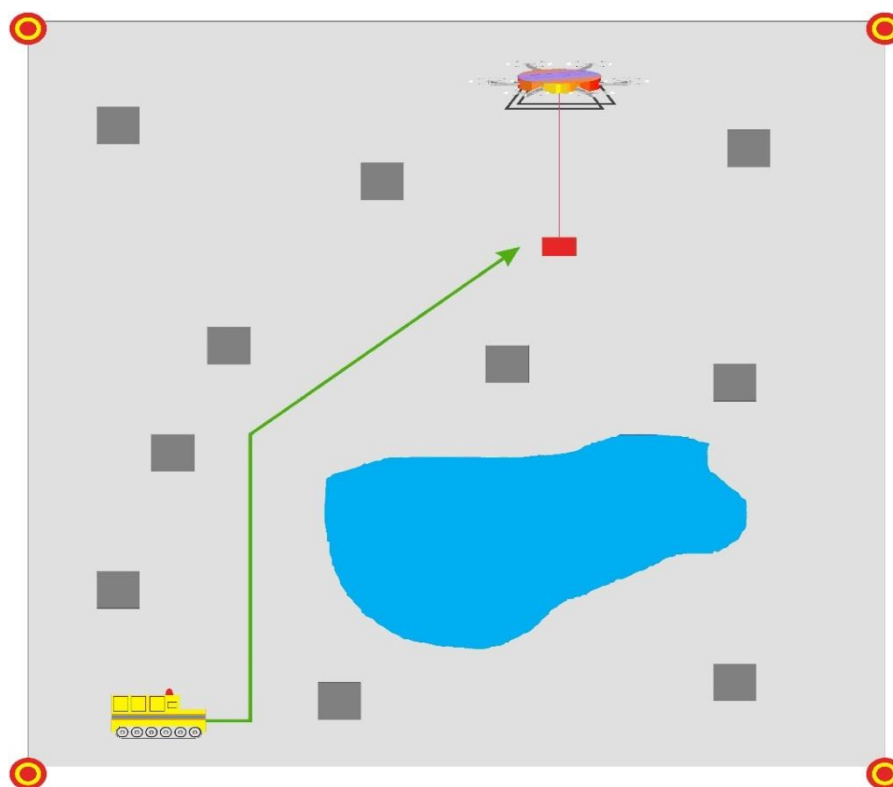


Рисунок 1. Площадка для проведения испытаний с препятствиями

На данной площадке отрабатываются следующие задачи по управлению и взаимодействию модулей комплекса:

- составление карты рельефа местности с привязкой к GPS или GLONASS спутников;
- определение координат очага возгорания;
- снятие показаний с регистраторов БПЛА и передача информации на АРМ;
- зависание БПЛА на безопасной для него высоте и наведение на объект лазерного луча для визуализации определения очага горения;

- прокладка оптимального маршрута движения БНТС до очага возгорания с учетом рельефа местности и препятствий;
- перемещение БНТС к месту очага возгорания;
- снятие показаний регистраторами БНТС и их трансляция на АРМ;
- выполнение дополнительных команд оператора АРМ (при наличии на БНТС необходимой аппаратуры);
- самостоятельное возвращение на исходную позицию БПЛА и БНТС после выполнения задания.

Рассмотрим описание комплекса беспилотных систем, принцип работы

каждого модуля. Для реализации поставленных задач по взаимодействию и управлению модулями предлагается принципиальная схема, представленная на рис. 2.

Все электронные компоненты схемы построены на интегральных микросхемах ATmega и дополнительных модулях к ним (рис. 2), изготавливаемых компанией Atmel. В данной работе за базовую аппаратную платформу на каждом беспилотном модуле применялся микроконтроллер Arduino Mega построенной на микропроцессоре ATmega 2560 [3]. Описанный алгоритм управления и взаимодействия может быть так же реализован с использованием других аппаратных и программных средств и строго не привязан к продукции компании Atmel, применяемой в данной работе.

Управление микросхемами arduino осуществляется через соответствующие интернет-ресурсы.

Минимальные требования для работоспособности модулей:

- сервер на php, расположенный на хостинге, который привязан к доменному имени;
- arduino в виде клиента и сервера, обработка GET и POST запросов;

– панель управления в виде графического вывода на экран АРМ показаний датчиков, виртуальных кнопок и необходимым набором команд, способных обеспечить качественное и бесперебойное управление беспилотными модулями.

ATmega 2560, расположенные на каждом из модулей, подключаются к указанному серверу и отправляет GET запрос, в котором содержатся показания установленных на борт регистраторов [6].

Сервер принимает GET запрос, скрипт записывает показания регистраторов в файл, обрабатывает данные и отправляет назад на контроллер. ATmega2560 принимает ответ от сервера и согласно ему устанавливает состояние своего выхода для последующего логического решения.

Панель управления использует построение интерактивных пользовательских интерфейсов веб-приложений, заключающееся в «фоновом» обмене данными браузера с веб-сервером. В результате, при обновлении данных веб-страница не перезагружается полностью и веб-приложения становятся быстрее и удобнее [2]. Через форму в текстовый файл записывается значение выхода контроллера, откуда потом будет брать значение сервер и отправлять контроллеру.

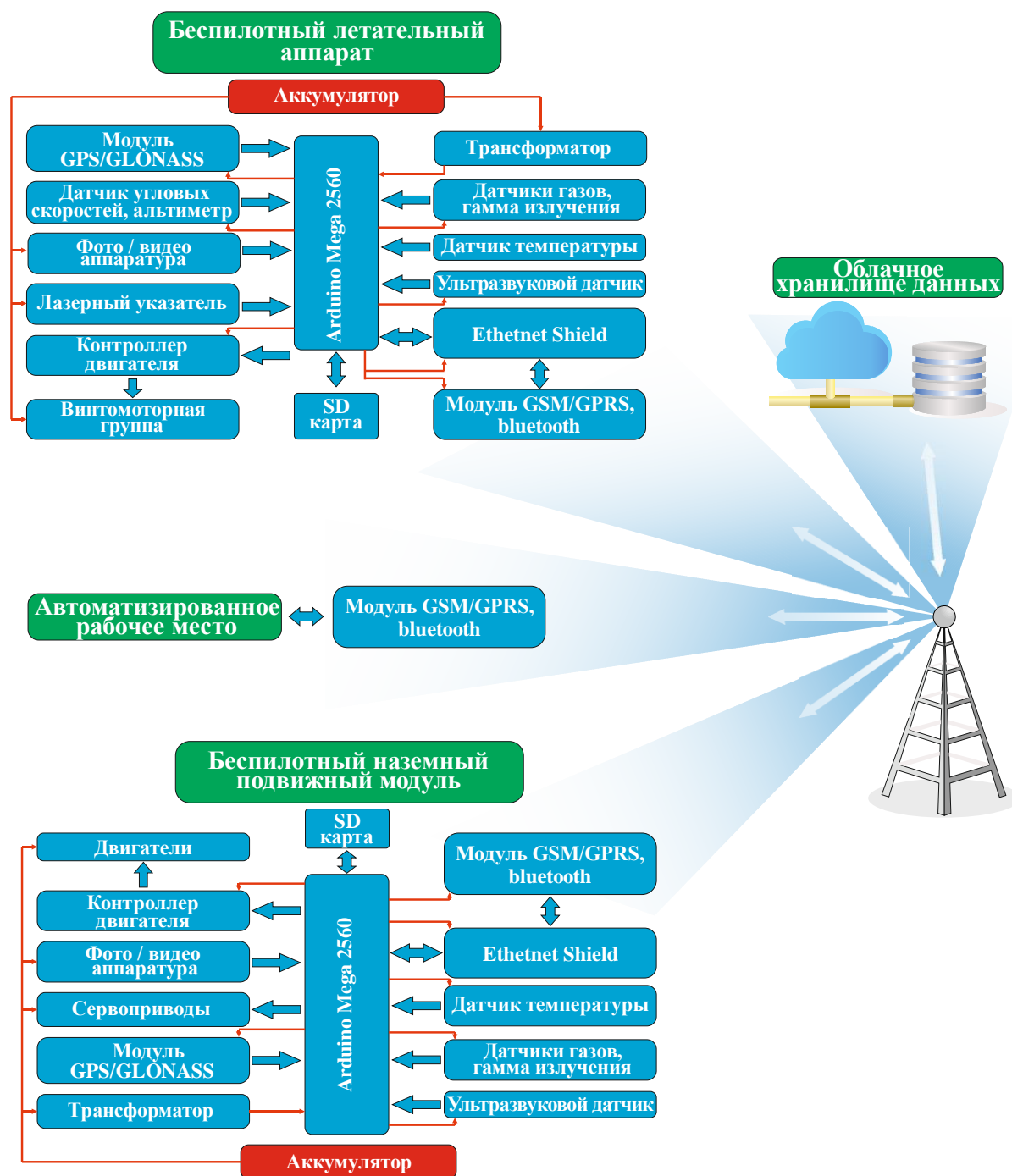


Рисунок 2. Устройство и принцип взаимодействия беспилотных модулей с АРМ

В ATmega2560, как клиент на базе arduino, устанавливается скомпилированная программа. Она обрабатывает показания регистраторов и отправляет их на сервер, получает ответ и выполняет определенные логические действия, синхронизуя их с оператором.

В основу автономного движения БНТС положена электронная карта.

Электронная карта – это векторная топографическая модель местности с привязкой к ней координат различных объектов, таких как неровности рельефа, зданий и сооружений, условных знаков. Все объекты формируются, как совокупность образующих их координат (рис. 3).

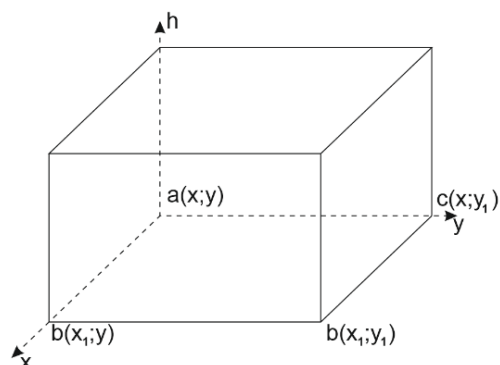


Рисунок 3. Формирование электронной карты

Например, обыкновенное здание ( $O_1$ ), имеющее в основании прямоугольник определяется пятью координатами:  $O_1(a, b, c, d, h)$ , где  $a, b, c, d$  – координаты основания здания,  $h$  – высота здания.

При формировании электронной карты используются данные любой ГИС, например, Яндекс. Карты. Поверх неё создаётся дополнительный слой, на котором отображаются высоты различных строений или ландшафта, а также измененные условия местности: аварии, наводнения, пожары, проч. Данные получают с беспилотного летательного модуля. Согласно заданным координатам облета территории модуль, оснащенный лазерным дальномером типа MoreSunsDIY-40M, барометром, компасом и GPS /

Glonass приёмником, «зависает» на одном уровне от поверхности земли, определенном оператором и производит замер координат  $h$  для каждого объекта. Таким образом, решается одновременно две задачи для каждого из модулей:

1. Ввиду известности высоты любого объекта исключается случайное столкновение с ним, то есть при приближении оператору выдается предупреждение об опасности, а сам летательный модуль меняет вектор полета на безопасный (отклоняется влево, вправо или набирает высоту).

2. Для БНТС составляется так называемая булеановская (boolean) карта. Она двухмерная и визуально отображена на рис. 4.

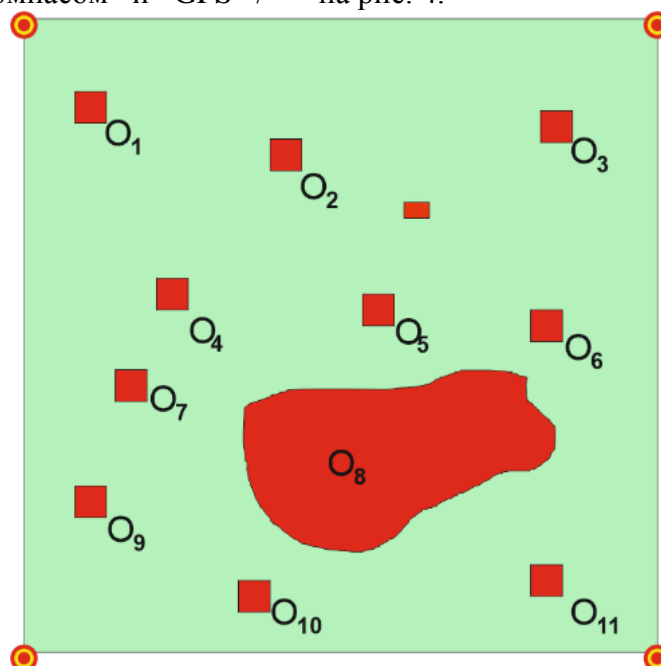


Рисунок 4. Визуальное отображение булеановской карты

Работает по принципу: все, что не красное – зеленое, то есть маршрут движения до места работы прокладывается (зеленое поле) с учетом невозможности проехать сквозь объекты 1-11 ( $O_{1-11}$ ) и, как следствие, объехать их (красное поле). Место работы определяется оператором или самим летающим модулем, способным дистанционно определять температуру поверхности объекта или отклонения от нормы состава воздуха, радиационного фона. В случае потери сигнала с оператором оба беспилотных модуля возвращаются на стартовое место, используя уже проложенный маршрут.

Поскольку существующие конструкции БПЛА и БНТС не в полной мере удовлетворяют поставленной задаче, было принято решение по их изготовлению. Реализуемые в данный момент схемы БПЛА и БНТС представлены на рис. 5

Предлагаемый комплекс беспилотных систем позволяет в кратчайшие сроки восполнить информационные пробелы, тем самым повысить уровень оперативного реагирования на проведение

аварийно-спасательных работ и уменьшение экономического ущерба.

Представленный комплекс беспилотных систем рассчитан на многозадачность использования:

- мониторинг лесных массивов для определения очагов лесных пожаров;
- инженерная разведка районов землетрясений, паводков, ледовых заторов разлива рек, техногенных катастроф;
- экологический мониторинг водных территорий;
- точное определение координат района ЧС и пострадавших объектов;
- мониторинг состояния нефте- и газопроводов, транспортных магистралей, линий электропередач, энергетических комплексов;
- мониторинг и передача данных о радиоактивных и химических заражениях местности и воздушного пространства в заданном районе;
- возможность удаленно сканировать район происшествия для составления электронной карты.

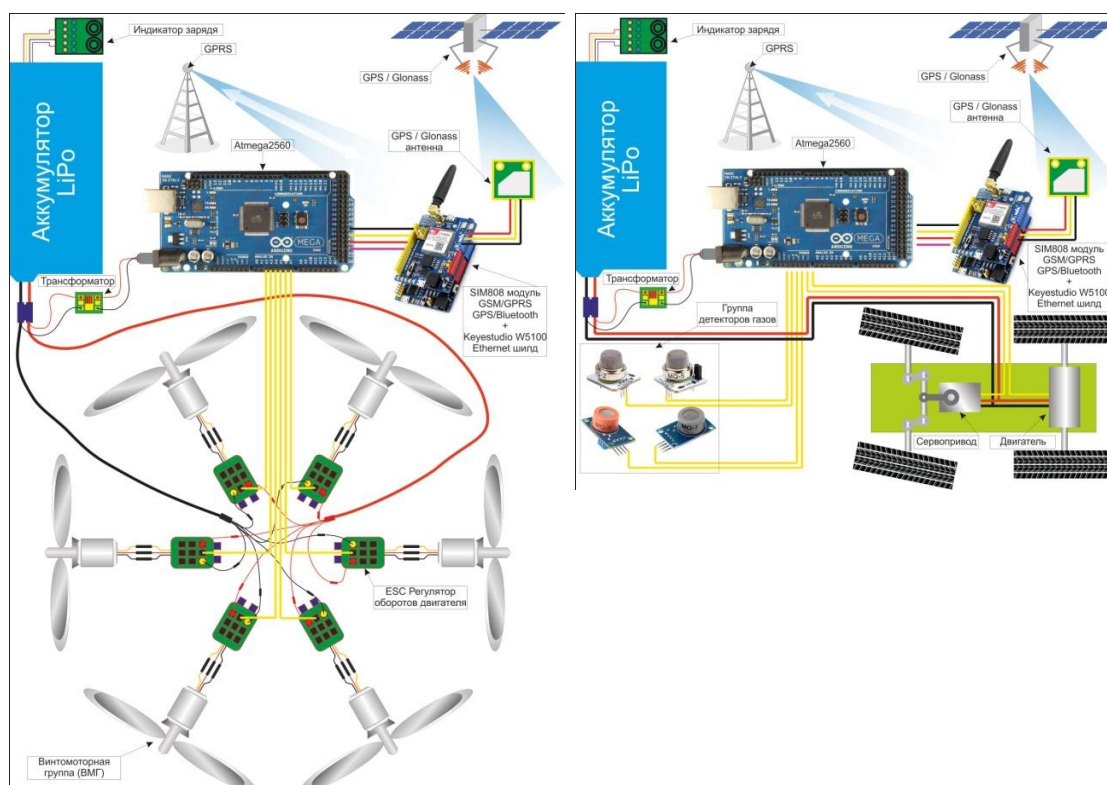


Рисунок 5. Схема компоновки основными электронными компонентами беспилотных летательного и подвижного модулей

Развитие робототехники в МЧС России является перспективным направлением [7]. Экономический ущерб, полученный от лесных пожаров или техногенных аварий, многократно превышает разработку, изготовление и техническое обслуживание беспилотных систем. Создание отделов РТС (робототехнических систем) на базе высших образовательных учреждений МЧС России, привлечение

профессорско-преподавательского состава и будущих специалистов способствует не только развитию прогресса в этой области, но и значительно экономит денежные средства в масштабах Российской Федерации, постепенно позволяя отказываться от приобретения дорогих и менее эффективных аппаратов подробного типа иностранного производства.

#### Литература

1. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/demo/map1.jpg](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/map1.jpg) (дата обращения: 21.06.2018).
2. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AJAX> (дата обращения: 19.06.2018).
3. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560> (дата обращения: 23.06.2018).
4. URL: <http://amperka.ru/collection/sensors> (дата обращения: 19.06.2018).
5. URL: <https://arduino-kit.ru/catalog/id/plata-rasshireniya-sim808-gsm-gprs-gps-bluetooth-ipx-sma-s-gps-antennou> (дата обращения: 19.06.2018).
6. URL: <https://geektimes.ru/post/255546> (дата обращения: 19.06.2018).
7. Решение коллегии МЧС России от 12 ноября 2014 г. № 14/І «Об использовании в подразделениях МЧС России робототехнических комплексов, беспилотных летательных аппаратов и дальнейшем развитии робототехники и технологий её применения».

#### References

1. Electronic resource: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/ demo / map1.jpg](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/map1.jpg) (accessed 21.06.2018, resource free)
2. Electronic resource: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AJAX> (accessed 19.06.2018, online free)
3. Electronic resource: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560> (accessed 23.06.2018, online free)
4. Electronic resource: <http://amperka.ru/collection/sensors> (accessed 19.06.2018, online free)
5. Electronic resource: <https://arduino-kit.ru/catalog/id/plata-rasshireniya-sim808-gsm-gprs-gps-bluetooth-ipx-sma-s-gps-antennou> (accessed 19.06.2018, online free)
6. Electronic resource: <https://geektimes.ru/post/255546> (accessed 19.06.2018, online free)
7. Decision of the Board of EMERCOM of Russia dated November 12, 2014 № 14 / I "on the use of robotic systems, unmanned aerial vehicles and further development of robotics and its application technologies in the units of EMERCOM of Russia".