

# Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 504.3:621.039

С.В. Бабак

ГП «НТЦ новітніх технологій НАН України», Київ

## МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

*Рассмотрены возможности дистанционного контроля радиационного фона окружающей среды АЭС с использованием разработанного специалистами НТЦ новейших технологий НАН Украины беспилотного авиационного комплекса, а также систем видеонаблюдения и измерения мощности экспозиционной дозы с привязкой к пространственной системе координат. Приведены результаты экспериментальных исследований созданных систем.*

**Ключевые слова:** мониторинг, радиационный фон, видеонаблюдение, окружающая среда.

### Введение

**Постановка проблемы.** В настоящее время выполняются различные международные и государственные программы защиты окружающей среды, в первую очередь, проводится оценка последствий выбросов промышленных предприятий, объектов энергетики как при их штатных режимах работы, так и при нештатных ситуациях (катастрофы, аварии и др.), в том числе их воздействие на окружающую среду и здоровье человека. В совокупности это обуславливает актуальность и важность создания систем мониторинга окружающей среды с использованием беспилотных авиационных комплексов.

Создание такой мобильной информационно-измерительной системы требует рассмотрения ряда задач: развития теории и принципов построения нового класса систем мониторинга окружающей среды с использованием последних достижений науки и техники в различных предметных областях исследований; обеспечения оперативности и мобильности ее применения в районах действия промышленных предприятий, объектов энергетики; разработки современного аппаратно-программного инструментария для проведения измерений, контроля и прогноза характеристик окружающей среды, а также выполнения натурального измерительного эксперимента; оценки и прогноза загрязнения окружающей среды исследуемых районов по данным измерений.

Оценка экологических последствий на примере аварии на АЭС Фукусимы показал целесообразность и эффективность использования беспилотных авиационных комплексов (БАК) для радиационного мониторинга окружающей среды и проведения видеонаблюдений и др. [1].

**Цель статьи.** Целью данной работы является разработка концепции построения, создание и исследование малого БАК, который позволяет осуществлять дистанционное видеонаблюдение и фотографирование подстилающей поверхности в труднодоступных местах или зонах периодического контроля, а также измерение уровня мощности дозы внешнего радиационного излучения (мощность экспозиционной дозы) в воздушном пространстве.

### Результаты исследований

Разработка и производство современного БАК – это далеко не задача авиастроения в его традиционном понимании, как производства летательного аппарата. Отличительной особенностью БАК является его ориентированность на задачу. Летательный аппарат здесь выполняет важную, но одну из многих функций, а именно, как средство транспортировки. Ключевым же является слово «комплекс».

К числу основных современных технологий, используемых при производстве БАК, следует отнести (рис. 1):

современные конструкционные материалы, прежде всего композитные, с применением нанопокровов;

современные компьютерные технологии, включая многопроцессорные системы сбора, обработки и хранения данных;

теорию систем автоматического управления, как отрасль кибернетики, сопряженная с теорией передачи информации, шифрования, сжатия данных;

средства и системы связи, включая космические; технологии и средства дистанционного зондирования Земли (радиолокация, оптикоэлектронные системы, многоспектральные датчики);

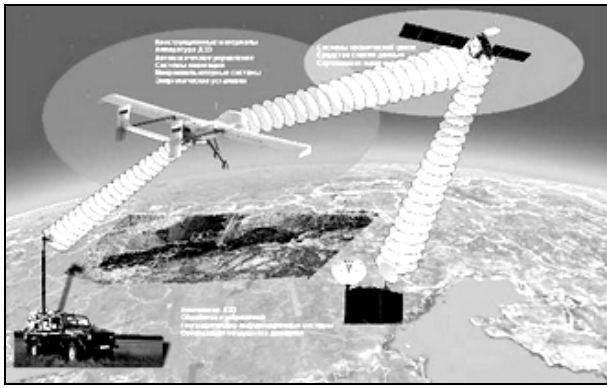


Рис. 1. Сучасні технології, застосовувані в комплексі з БЛА

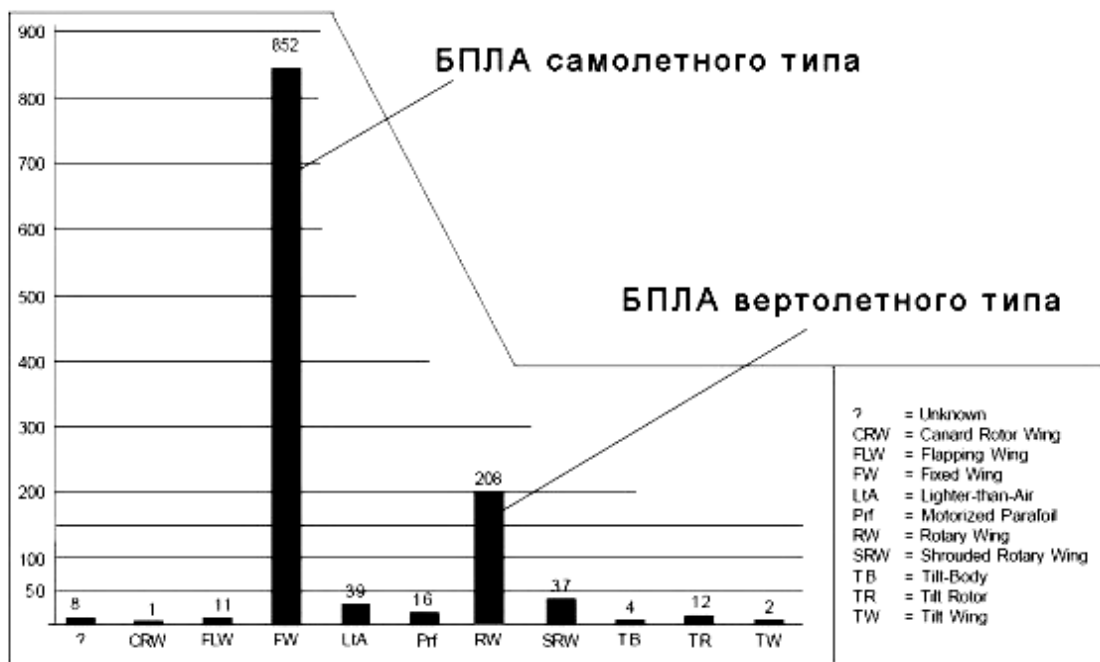
енергетичні технології, використання альтернативних джерел енергії: суперємні конденсатори, сонячна енергія, паливні елементи; засоби та системи навігації, організації воз-

душного руху через впровадження автоматичного незалежного спостереження;

географічні інформаційні системи; технології обробки зображень, розпізнавання образів; завдання розробки людина-машина інтерфейсу; завдання розробки штучного інтелекту.

Наземний сегмент включає канал дистанційного радіоуправління БЛА (радіопередавач) і приймач відеосигналу від відеокамери переднього огляду, встановленої на БЛА. Наземний приймач відеосигналу з'єднаний з комп'ютером, який дозволяє спостерігати підстильову поверхню в реальному часі і запам'ятовувати польотну інформацію. Пріоритет безпілотних літальних апаратів (БПЛА) лінійного і вертольотного типів над іншими можна проілюструвати діаграмою, наведеною на рис. 2.

Figure 8: Quantities per UAS Airframe Type



2009/2010 UAS Yearbook - UAS: The Global Perspective - 7<sup>th</sup> Edition - June 2009 - Copyright Blyenburgh & Co  
Page: 168/224

Рис. 2. Відношення кількості БПЛА лінійного і вертольотного типів до всіх інших (за даними UVS International)

Существуют следующие способы управления БПЛА:

Ручное управление оператором (или дистанционное пилотирование) с дистанционного пульта управления в пределах оптической наблюдаемости или по видовой информации, поступающей с видеокамеры переднего обзора. При таком управлении оператор, прежде всего, решает задачу пилотирования: поддержание нужного курса, высоты и т.д.

Автоматическое управление обеспечивает возможность полностью автономного полета БЛА по заданной траектории на заданной высоте с заданной

скоростью и со стабилизацией углов ориентации. Автоматическое управление осуществляется с помощью бортовых программных устройств.

Полуавтоматическое управление (или дистанционное управление) – полет осуществляется автоматически без вмешательства человека с помощью автопилота по первоначально заданным параметрам, но при этом оператор может вносить изменения в маршрут в интерактивном режиме.

Таким образом, оператор имеет возможность влиять на результат функционирования, не отвлекаясь на задачи пилотирования.

Ручное управление может быть одним из режимов для БПЛА, а может быть единственным способом управления. БПЛА, лишенные каких-либо средств автоматического управления полётом – радиоуправляемые авиамодели – не могут рассматриваться в качестве платформы для выполнения серьезных целевых задач.

Последние два способа являются наиболее востребованными со стороны эксплуатантов беспилотных систем, т.к. предъявляют наименьшие требования к подготовке персонала и обеспечивают безопасную и эффективную эксплуатацию систем беспилотных летательных аппаратов. Полностью автоматическое управление может быть оптимальным решением для задач аэрофотосъемки заданного участка, когда нужно снимать на большом удалении от места базирования вне контакта с наземной станцией. В то же время, поскольку за полет отвечает лицо, осуществляющее запуск, то возможность влиять на полет с наземной станции может помочь избежать внештатных ситуаций.

Комплекс мониторинга параметров и характеристик окружающей среды изначально разрабатывается как целостная система, состоящая из ряда подсистем (рис. 3), и включает в себя:

станцию управления, в которой расположено рабочее место оператора и программные приложения, обеспечивающие контроль оператором работы всего комплекса; БПЛА, несущий аппаратуру полез-

ной нагрузки различного типа; систему связи, обеспечивающую передачу управляющих команд со станции управления на борт БПЛА, а также передачу полезной информации с борта БПЛА на наземную станцию управления в режиме реального времени; дополнительное оборудование, предназначенное для технической поддержки проводимых исследований.

БПЛА имеют большую степень автоматизации и реализуют некоторые функции искусственного интеллекта. Они имеют возможность «общения» с оператором, находящимся на наземной станции управления и могут передавать на нее данные, такие как оптические или тепловизионные изображения местности, вместе с первичной информацией о положении БПЛА – высота, курс, скорость, крен и т.д.

Также БПЛА имеют возможность передачи на наземную станцию управления пакета служебных данных, охватывающего такие аспекты, как количество топлива, температура компонентов, например, двигателя или электроники. При возникновении неисправности в любой из подсистем или компонентов БПЛА могут быть разработаны автоматически принимаемые корректирующие меры и / или предупреждение оператора.

В случае, например, нарушения радиосвязи между БПЛА и наземной станцией управления, БПЛА может быть запрограммирован на поиск радиолуча и повторное установление контакта или переключиться на другую полосу частот.

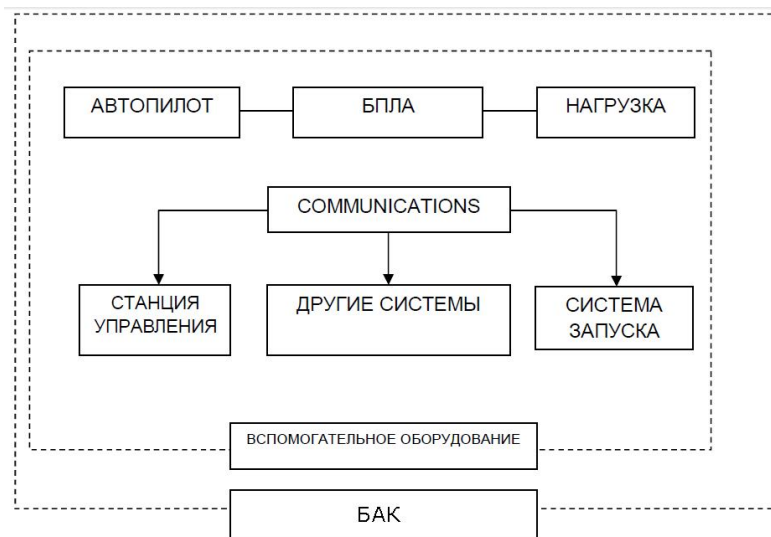


Рис. 3. Схема беспилотного авиационного комплекса

Методика проведения мониторинга с использованием БЛА разрабатывается в зависимости от объекта исследований, его площади или протяженности, уровня и номенклатуры загрязняющих компонентов окружающей среды и др.

Программа мониторинга включает контроль концентрации загрязняющих веществ в верхних слоях атмосферы и суммарного вклада источника загрязне-

ния в нижних слоях атмосферы, траектория облета определяется площадью источника загрязнения, а также техническими возможностями БПЛА, определяющими максимальное время возможного полета.

Для проведения мониторинга протяженных объектов, например, линий электропередач, предлагается применять облет БПЛА самолетного типа вдоль объекта мониторинга.

Программное обеспечение наземной станции управления позволяет использовать в качестве карты любую топографическую основу. Привязка может быть осуществлена по двум или нескольким точкам. Также возможно использование в качестве топоосновы электронных карт. Программа обеспечивает введение, автоматический контроль и редактирование маршрута облета. Для каждой точки маршрута может быть задана высота. Существует возможность задания точки посадки, а также алгоритм поведения беспилотного летательного аппарата в нештатных ситуациях. На наземной станции управления также программируется частота отбора пробы на протяжении маршрута полета, коэффициент перекрытия кадров (при проведении аэрофото съемки местности). При записи точек и любых действий, связанных с изменением режима управления беспилотных летательных аппаратов, ведется лог возникших событий. Также в лог записываются поступающие телеметрические данные.

Панель оперативной индикации позволяет контролировать все важные параметры, необходимые для анализа функционирования и исправности бортовых систем. Для просмотра логов полета (в том числе и в режиме реального времени), анализа поведения БПЛА и состояния бортовой аппаратуры в полете, для оперативной корректировки параметров используется встроенное программное обеспечение.

Для измерения радиационного фона (мощности экспозиционной дозы – МЭД) используется система измерений, позволяющая в автоматическом режиме определять МЭД в заданных пространственных координатах с одновременной регистрацией долготы, широты и высоты места измерения [2]. При этом режим включения – выключения записи информации может быть осуществлен как по командам с пульта дистанционного управления, так и по командам автопилота. Основу системы составляет однокристалльная микро-ЭВМ с RISC-архитектурой семейства «ATXmega», производства компании Atmel, которая является согласующим звеном между отдельными блоками и управляет его функциями в целом, согласно записанной в ППЗУ программы.

Базовой функцией системы является измерение МЭД гамма излучения. Счетчик Гейгера-Мюллера представляет собой пропорциональный счетчик частиц ионизирующего излучения. Примененный нами тип счетчика «СИ22Б» способен регистрировать в основном гамма кванты, в значительно меньшей степени – бета частицы и практически не чувствителен к альфа-частицам. Количество событий регистрации ионизирующего излучения прямо пропорционально МЭД. Таким образом, МЭД может быть подсчитана как количество токовых импульсов со счетчика в единицу времени. Однако, учитывая, что события регистрации имеют случайный по вре-

мени характер, особенно при низкой МЭД, для сглаживания результатов измерений использована математическая фильтрация методом линейно-взвешенной скользящей средней. Кроме того, для уменьшения разброса при низкой степени фильтрации выбрано параллельное включение двух счетчиков Гейгера-Мюллера СИ22Г в одном внешнем герметичном блоке.

Карта памяти стандарта «micro SD» является универсальным носителем цифровой информации, представляет собой энергонезависимое электрически перепрограммируемое ПЗУ и предназначена для периодического сохранения отчета об уровнях МЭД и относительной высоте с привязкой к географическому местоположению устройства. Формат сохраняемого файла соответствует требованиям стандарта «\*.KML». Таким образом, сохраненные данные могут быть визуализированы в программах, поддерживающих работу с файлами «\*.KML», например, «GoogleEarth» любой актуальной версии.

GPS / ГЛОНАСС навигационный модуль определяет географические координаты посредством одной из спутниковых систем навигации GPS или ГЛОНАСС, либо обеих систем одновременно. Представляет собой миниатюрную печатную плату, заключенную в экранирующий корпус, с расположенной на ней схемой радиоприемника спутниковых сигналов, а так же микропроцессора, вычисляющего географическое местоположение по этим сигналам и передающего данные по стандарту «NMEA» микро-ЭВМ, где происходит их дальнейшая обработка.

Датчик абсолютного давления измеряет высоту подъема системы относительно точки калибровки и представляет собой интегральный барометр с цифровым интерфейсом, выполненный по микромеханической технологии «MEMS». При начальной инициализации системы посредством интегрального барометра датчик измеряет атмосферное давление, принимая его за точку отсчета (нулевая высота). В дальнейшем, в процессе работы системы, разница между давлением, измеренным при инициализации и периодически измеряемым, автоматически переводится в высоту в метрах.

Время измерения МЭД фиксированное 3, 5, 10, 15 или 30 с. При этом такт съема информации остается неизменным и составляет 1 с. Так как в процессе измерения используется метод линейно-взвешенной скользящей средней, то результат каждого такта съема информации представляет собой среднее значение МЭД на отрезке пути  $S = t_{\text{изм}} \cdot V_0$  с учетом предыдущих  $t$  результатов ( $t_{\text{изм}}$  – время измерения,  $V_0$  – скорость движения БПЛА).

Измерительный комплекс был откалиброван на установке УПД-интер в Институте проблем безопасности АЭС НАН Украины. Калибровка проведена в диапазоне МЭД от 20 до 50 мР/ч по  $^{137}\text{Cs}$ .

Была осуществлена экспериментальная проверка БАК в режиме полета БПЛА по автопилоту на границе 30 км Чернобыльской зоны отчуждения. Визуализация файла проведена программой «GoogleEarth» (рис. 4). Отмеченные точки указаны через каждую секунду вне зависимости от скорости движения. Слева от каждой из них проставлена величина МЭД в мкЗв/ч ( $13В \approx 100Р$ ). Справа – высота в метрах относительно значения, полученного

при начальной калибровке системы. Конечно, прежде всего интересны значения МЭД. По норме они должны составлять не более 30 мкР/ч (0,3 мкЗв/ч). Используемая программа позволяет масштабировать получаемое изображение.

Фрагмент такого масштабирования показан на рис. 4. Видно, что величина МЭД здесь составляет 0,10...0,13 мкЗв/ч. Эти значения более чем в два раза меньше предельно допустимых.



Рис. 4. Видеоизображение на экране ПК

## Выводы

На базе современных информационных технологий созданы информационно-диагностический комплекс с использованием БАК отечественного производства, система радиационного мониторинга окружающей среды АЭС и видеоразведки, в состав которой входит бортовая аппаратура для измерения МЭД гамма-излучения в заданных географических координатах и высотах в режиме реального времени, а также проведения видеонаблюдений в радиационно-опасных и труднодоступных зонах.

## Список литературы

1. Беспилотные авиационные комплексы как средство радиационного мониторинга АЭС и окружающей среды / В.П. Бабак, В.А. Канченко, А.А. Ключников, В.А. Краснов, Н.Л. Чепур // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобыля. – 2012. – Вып. 19. – С. 60-69.
2. Babak S. Radiation monitoring of environment using unmanned aerial complex / S. Babak // The Advanced Science Journal. – 2014. – Issue 12. – P. 41-44.

Поступила в редколлегию 4.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Куц, Национальный авиационный университет, Киев.

### МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА АЕС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ВІМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ЕКСПОЗИЦІЙНОЇ ДОЗИ НА БАЗІ БЕЗПІЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ

С.В. Бабак

Розглянуті можливості дистанційного контролю радіаційного фону навколишнього середовища АЕС з використанням розробленого спеціалістами НТЦ новітніх технологій НАН України безпілотного авіаційного комплексу та системи відеоспостереження та вимірювання потужності експозиційної дози з прив'язкою до просторової системи координат. Наведені результати експериментальних досліджень створених систем.

**Ключові слова:** моніторинг, радіаційний фон, відеоспостереження, довкілля.

### MONITORING OF NPP ENVIRONMENT USING VIDEO SURVEILLANCE AND EXPOSURE DOSE MEASUREMENT SYSTEMS ON THE BASIS OF UNMANNED AERIAL COMPLEX

S.V. Babak

Paper looks at possibilities of distant background radiation measurement and monitoring of NPP environment using Unmanned Aerial Complex which includes video surveillance and exposure dose measurement systems with binding to spatial coordinate system developed by Scientific and technical center of emerging technologies of the National academy of science of Ukraine. Experimental measurements data are given in the paper.

**Keywords:** monitoring, background radiation, video surveillance, environment.