

В. П. Бабак, В. А. Канченко, А. А. Ключников, В. А. Краснов, Н. Л. Чепур

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Киев

БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК СРЕДСТВО РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА АЭС И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

На примере использования беспилотной авиации при аварии на АЭС Фукусима-1 показана эффективность ее применения. Проведен анализ возможности осуществления мониторинга АЭС и окружающей среды дистанционно пилотируемыми беспилотным летательными аппаратами.

Ключевые слова: беспилотный авиационный комплекс, беспилотный летательный аппарат, радиационная разведка.

Введение

Беспилотный авиационный комплекс (БАК) – комплекс, состоящий из воздушного и наземного сегментов. Воздушный сегмент это непосредственно беспилотный летательный аппарат (БЛА) способный осуществлять полет по заданному маршруту при дистанционном либо автономном управлении (автопилот) и несущий полезную нагрузку (аппаратура радиационной разведки видео и фотоаппаратура, системы передачи данных и др.). Наземный сегмент состоит из оборудования запуска и обслуживания, системы наземного управления со встроенным оборудованием наземной связи, обученного персонала.

Специалистами ИПБ АЭС НАН Украины проведен анализ причин аварии на АЭС Фукусима-1 [1] и выявлены радионуклиды фукусимского генезиса на промплощадке объекта «Укрытие» [2]. Представляет интерес оценить методы проведения радиационной и видео разведки, которые были применены японскими специалистами и наметить пути создания в Украине отечественного БАК.

Первая серия снимков АЭС Фукусима-1 была сделана 20 и 24 марта 2011 г. с помощью БАК, в составе которого входил небольшой дистанционно управляемый БЛА самолетного типа (рис. 1) компании Air Photo Service из префектуры Ниигата [3].

Полученные снимки показали масштабы разрушений на АЭС. О дальнейшем применении этого аппарата не сообщалось.

Для проведения замеров уровня радиации, фотосъемок и видеонаблюдения использовались вертолеты сил самообороны Японии и американский БАК RQ-4 Global Hawk, который в своем составе имеет БЛА Global Hawk. Global Hawk является, реактивным самолетом с размахом крыльев 35 м, длиной фюзеляжа 13,3 м, взлетной массой около 15 т. Стоимость этого БАК \$35 - 123 млн в зависимости от комплектации. Он помог японским специалистам собирать в режиме реального времени изображения разрушений на Фукусима-1, которые позволили властям лучше расставить приоритеты в разработке планов по устранению катастрофы. Однако из-за высокого уровня радиации над АЭС эти операции проводились со значительного расстояния.



Рис. 1. БЛА Air Photo Service.



Рис. 2. БЛА Т-Hawk.

© В. П. Бабак, В. А. Канченко, А. А. Ключников, В. А. Краснов, Н. Л. Чепур, 2012



Рис. 3. Фото разрушений на АЭС Фукусима-1.

Применение БАК с небольшими БЛА дало возможность определять реальную обстановку в разных точках на АЭС Фукусима-1, прилегающей к ней зоне и повысить эффективность обеспечения безопасности восстановительных работ.

Именно поэтому Япония закупила у французской компании Helipse (как сообщило французское издание Sud-Ouest) три БАК с БЛА вертолетного типа стоимостью около 40 тыс. евро. Дополнительно к этому американцы поставили в Японию четыре БАК типа RQ-16 T-Hawk известной американской компании Honeywell. БЛА этого типа показан на рис. 2.

T-Hawk представляет собой уникальный аппарат массой около 8 кг с туннельным вентилятором и возможностью вертикального взлета и посадки. Может работать до 40 мин на расстоянии до 10 км от пункта управления. Оснащен бензиновым двухцилиндровым двухтактным двигателем мощностью 4 л.с. Стоимость одного RQ-16 T-Hawk составляет \$125 тыс.

T-Hawk обладает функцией дистанционного наведения и увеличения изображения, которая позволила пилотам более детально изучить поврежденные участки реактора и передавать данные сотрудникам аварийных служб в режиме реального времени. Использование прямой передачи видеоданных дало возможность корректировать курс полета T-Hawk в соответствии с наиболее сложными участками поврежденных реакторов. Пилоты, в свою очередь, могли контролировать видеокамеры летательного аппарата, задавая нужные углы просмотра для наиболее четкого отображения поврежденного оборудования. Аппараты, дистанционно пилотируемый сотрудниками компании, совершили успешные полеты и предоставил спасателям десятки фотографий и видеоматериалов ядерного реактора (рис. 3). Все четыре аппарата, работавших на Фукусиме, были оснащены аппаратурой для измерения уровня радиации. Получены данные о радиационном фоне на разных высотных отметках: 17 марта 2011 г. в 08:38 мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на высоте 97 м над АЭС Фукусима-1 достигала 87,7 мЗв/ч, а на высоте 305 м - 4,13 мЗв/ч.

Таким образом, пример Фукусимы показал целесообразность и эффективность использования малых БАК для радиационного мониторинга окружающей среды и проведения видеонаблюдений.

Целью настоящей работы является исследование возможности создания относительно простого и дешевого малого БАК отечественного производства для радиационного мониторинга АЭС и окружающей среды, а также видеоразведки. При этом под мониторингом понимается:

- отбор проб радиоактивных аэрозолей на различных высотах и на разных расстояниях от источника выброса; измерение МЭД гамма-излучения в заданных географических координатах и высотах в режиме реального времени;

- проведение видеонаблюдений в радиационно-опасных и труднодоступных зонах.

Достижение поставленной цели предлагается осуществить применением БЛА самолетного типа и оснастить его следующими основными функциональными узлами.

Аппаратура отбора радиоактивных аэрозолей

Отбор проб для определения концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы и их анализ выполняют по методикам, изложенным в [4]. Здесь используют воздухофильтрующие устройства в которых вентилятор через фильтры типа ФПП-15-1,5 протягивает воздух внутрь установки. При этом аэрозоли оседают на фильтре. Производительность таких установок определяется площадью фильтра и потребляемой вентилятором мощностью (скоростью воздушного потока через фильтр). В [4] приведены характеристики наиболее применяемых на то время аспирационных установок с производительностью Q от 1500 до 4800 м³/ч при потребляемой мощности от 1,7 до 8 кВт.

Предлагаемый метод отбора проб не требует дополнительных энергетических затрат, так как реализуется методом фильтроэжекции (ФЭ). Фильтроэжекционное устройство (ФЭУ) устанавливают на БЛА, в котором за счет набегающего воздушного потока и эффекта эжекции осуществляется фильтрация воздуха.

На рис. 4 представлена конструкция ФЭУ.

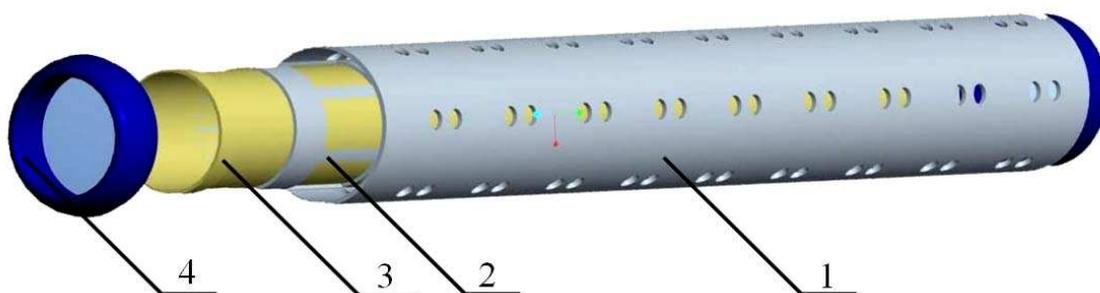


Рис. 4. ФЭУ: 1 - внешний корпус; 2 - внутренний корпус; 3 - фильтр; 4 - входная насадка.

ФЭУ устанавливается на БЛА параллельно продольной оси самолета так, чтобы входная насадка 4 была расположена в направлении полета. При полете БЛА набегающий воздушный поток на входе ФЭУ (см. рис. 4) разделяется на две части. Одна часть потока направляется в середину ФЭУ через отверстие во входной насадке 4 и является эжектированной. Вторая часть воздушного потока обтекает внешнюю поверхность ФЭУ и является эжектирующей. Эжектированный воздушный поток проходит из середины устройства наружу через фильтр 3 за счет разности давлений вне и внутри устройства.

Рассмотрим процесс осуществления принудительного прохождения через фильтр ФЭУ воздуха, содержащего в своем объеме некоторую долю аэрозолей. Используя уравнение Бернулли [5], описывающее взаимосвязь между статическим и динамическим давлениями в подвижной среде, определим величины давлений внутри и снаружи ФЭУ. При скорости набегающего воздушного потока V , статическая составляющая его давления равна

$$P_c = P_{\text{атм}} - \rho \frac{V^2}{2}, \quad (1)$$

где $P_{\text{атм}}$ - значение атмосферного давления на данной высоте полета БЛА; ρ - плотность воздушного потока 1,225 кг/м³; $\rho \frac{V^2}{2}$ - скоростной напор при заданной скорости полета БЛА. В середине ФЭУ происходит уменьшение скорости потока с соответствующим ростом статического давления до величины $P_{\text{атм}}$. За счет разности давлений

$$\Delta P = P_{\text{атм}} - P_c = \rho \frac{V^2}{2} \quad (2)$$

осуществляется всасывание воздушной среды из середины ФЭУ наружу, что обеспечивает, в свою очередь, необходимый приток воздушной среды во внутреннюю часть ФЭУ. Положим $V = 20$ м/с (воздушная скорость БЛА ~ 72 км/ч), тогда имеем

$$\Delta P_1 = 1,225 \frac{20^2}{2} = 245 \text{ Па} \quad (3)$$

Теперь зададимся геометрическими размерами ФЭУ. Положим диаметр его внешнего корпуса $D_1 = 0,05$ м, диаметр внутреннего корпуса и фильтра $D_2 = 0,04$ м, длина $L_1 = 0,25$ м и $L_2 = 0,2$ м, получим, что площадь фильтра $S_{\phi 1} = \pi(D_2/2)^2 \cdot L_2 = 0,0251 \text{ м}^2$. В соответствии с ТУ2568-411-05795731-2008 на ФПП-15-1,5 при скорости воздушного потока через фильтр $V_{\phi} = 1$ см/с сопротивление фильтрующего материала составляет $\Delta P_{\text{ТУ}} = 15$ Па. Полагая зависимость сопротивления фильтра от скорости воздушного потока линейной, для заданных значений получаем производительность ФЭУ

$$Q_1 = (\Delta P_1 / \Delta P_{\text{ТУ}}) \cdot 0,01 \cdot S_{\phi 1} \cdot 3600 = 14,7 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4)$$

Определим необходимое значение Q для определения, например, концентрации ^{137}Cs , которая в атмосферном воздухе по нормам радиационной безопасности Украины (НРБУ-97) не должна превышать $0,8 \text{ Бк}/\text{м}^3$. Результаты измерений, которые выполняет лаборатория радиационного контроля атмосферы в составе отдела радиозэкологического контроля Центральной геофизической обсерватории [6] показывают, что объемная активность ^{137}Cs в приземном слое воздуха составляет $(0,2 - 0,8) \cdot 10^{-5} \text{ Бк}/\text{м}^3$. Эти результаты получают при фильтрации 55 - 60 тыс. м^3 воздуха. Выбирая консервативные значения, находим, что фильтрация 14 м^3 воздуха позволяет определить объемную активность ^{137}Cs величиной $0,4 \cdot 10^{-1} \text{ Бк}/\text{м}^3$, что более чем на порядок меньше допустимой величины ($0,8 \text{ Бк}/\text{м}^3$).

В проведенном анализе сделано предположение о линейной зависимости сопротивления фильтра от скорости воздушного потока, что приводит к определенной погрешности. Поэтому обратимся к установленным и неоднократно экспериментально проверенным характеристикам промышленных аспирационных установок с фильтротканью ФПП-15-1,5. В таблице приведены [4] основные характеристики таких установок.

Характеристики промышленных аспирационных установок

Тип	Производительность, $Q_2, \text{ м}^3/\text{ч}$	Перепад давления, Па	Расчетная площадь фильтра, м^2	Рекомендуемый размер фильтра $S_{\phi 2}, \text{ м}^2$	Потребляемая мощность, кВт
19ЦС48	1900	4650	0,224	0,325	4,5
30ЦС48	3000	4650	0,354	0,325	8,0
48ЦС48	4800	4650	0,8	0,975	8,0
ВЦПЗ	1500	1760	0,7	0,65	1,7
ЭВ-54/25-1	2000	4400	0,25	0,325	6,0

Для примера выберем аспирационную установку ВЦПЗ. По данным табл. 1 находим, что скорость $V_{\phi 2}$ воздушного потока через ее фильтр при $\Delta P_2 = 1760$ Па. $V_{\phi 2} = Q_2 / (3600 \cdot S_{\phi 2}) = 0,64$ м/с. Если для ФЭУ обеспечить такую скорость поступления воздуха, то тогда ее производительность составит

$$Q_2 = V_{\phi 2} \cdot S_{\phi 1} \cdot 3600 = 57,8 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5)$$

Такую производительность можно получить, если создать скорость воздушного потока снаружи ФЭУ величиной

$$\Delta V = \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3520}{1,225}} = 53,6 \text{ м/с} \quad (6)$$

Поскольку мы ориентируемся на скорость полета 20 м/с, приходим к выводу, что необходимо локально вблизи внешней поверхности ФЭУ увеличить скорость воздушного потока. Такое увеличение скорости можно получить с помощью специальной насадки в виде конфузора (рис. 5).

Как видно из рисунка, конфузор выполнен конструктивно так, что его внутренний цилиндр имеет диаметр, как и внутренний цилиндр ФЭУ, а внешняя поверхность в сечении имеет коническую форму. Входное сечение конфузора больше его выходного сечения, которое близко к размеру внешнего цилиндра ФЭУ. Увеличение скорости следует из уравнения неразрывности струи воздушного потока, которое имеет следующий вид [7]:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{S_2}{S_1}, \quad (7)$$

где V_1 - скорость набегающего потока на входе в конфузор; S_1 - площадь входного сечения конфузора; V_2 - скорость набегающего потока на выходе из конфузора; S_2 - площадь выходного сечения конфузора.

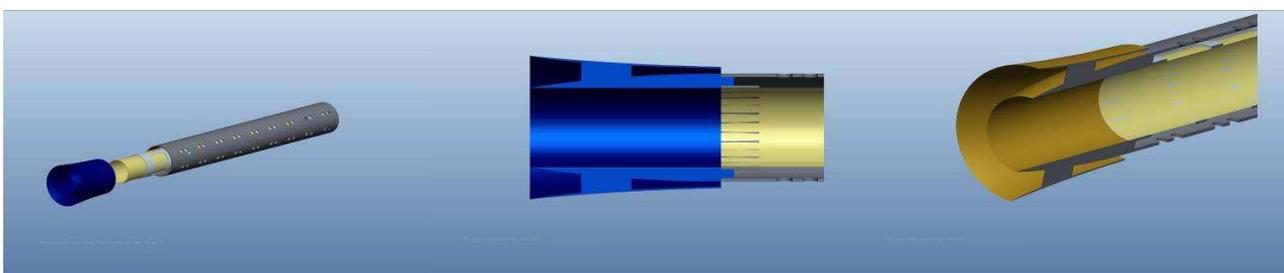


Рис. 5. ФЭУ с конфузуром.

Учитывая, что форма поперечных сечений конфузора есть круг (а площадь таких сечений определяется соотношением $S = \frac{1}{4} \pi d^2$), из уравнения (7) получаем выражение для вычисления необходимого диаметра входного поперечного сечения конфузора $d_{вх}$, в зависимости от величин внешнего диаметра ФЭУ ($d_{фэу}$), и необходимых величин скоростей потока на входе конфузора и его выходе

$$d_{вх} = d_{фэу} \sqrt{\frac{V_2}{V_1}} = d_{фэу} \sqrt[4]{\frac{2\Delta P}{\rho}} \frac{1}{\sqrt{V_1}}. \quad (8)$$

В уравнении (8) показано, что скорость на выходе конфузора является скоростью на внешней поверхности ФЭУ, необходимой для обеспечения требуемого перепада давления ΔP_2 .

Отсюда находим, что при скорости полета БЛА 20 м/с при внешнем диаметре ФЭУ $d_{фэу} = 0,05$ м значение входного диаметра конфузора должно быть

$$d_{вх} = 0,082 \text{ м.}$$

Таким образом, применяя предложенную конструкцию ФЭУ с конфузуром и используя энергию набегающего воздушного потока со скоростью 20 м/с, можно получить производительность аспирации около 60 м³/ч.

Использовать изложенный метод можно, видимо, установкой ФЭУ на БЛА самолетного типа. При этом БЛА должен выполнять полет в заданной области пространства, летая взад-вперед либо по кругу, пока не профильтрует необходимый объем. Именно поэтому здесь необходим БЛА с электродвигателем (электролет), а не с ДВС.

Изложенное выше показывает принципиальную возможность использования ФЭУ для отбора аэрозолей БЛА самолетного типа и принцип повышения ее производительности. Геометрические размеры ФЭУ были выбраны не произвольно.

Предложенный метод требует более уточненного расчета для учета местных сопротивлений, расходов в конфузоре и устойчивости ФЭП к механическим нагрузкам. Более конкретные расчеты будут представлены после проведения экспериментальных исследований.

Аппаратура измерения МЭД гамма-излучения

Не останавливаясь на широко известных методах измерения МЭД, отметим, что они, как правило, статические и применяются для измерений на поверхности земли либо на небольших (до 100 м) высотах [9] (рис. 6)



Известны динамические методы [8], когда измерительное устройство перемещается с одновременной регистрацией его координат через спутниковую навигационную систему (GPS) и последующим построением интегрированной картины.

В обоих случаях измеренное значение МЭД сохранялось во внутренней памяти дозиметра с последующей перезаписью на ПК и дальнейшей обработкой. Для планируемой задачи такой метод неприемлем так, как в случае потери подъемного устройства (БЛА) вся полезная информация будет потеряна.

Рис. 6. Высотные измерения МЭД на промплощадке объекта «Укрытие» при помощи аэростата в 2003 г.

С этой целью предполагается установить дозиметр на БЛА и в реальном времени на наземном пункте осуществлять прием информации о значении МЭД. Для этого телеметрическая информация должна содержать данные о пространственном положении самолета, времени полета и результаты измерения МЭД. Технически это решаемая задача. Необходим дозиметр с цифровым выходом и соответствующими массогабаритными характеристиками, двунаправленный радиомодем (один на борту, второй на наземном пункте приема информации) и необходимое программное обеспечение (ПО). Кроме того следует предусмотреть возможность дистанционного переключения пределов измерения дозиметра.

Примером такой аппаратуры мог бы быть дозиметр-радиометр MiniTrace S-100, оборудованный радиоканалом ShortLink и модулем GPS. Прибор отвечает требованиям стандарта ИЕС 60846 и обладает следующими характеристиками.

Диапазон измеряемых доз: $0,01 - 100 \text{ мЗв ч}^{-1}$ с погрешностью $\pm 6 \%$.

Энергетический диапазон (включая угловую зависимость): $48 \text{ кэВ} - 2 \text{ МэВ} \pm 40 \%$.

Время реакции: $< 2 \text{ с}$.

Время интегрирования: выбирается автоматически в диапазоне $1 - 60 \text{ с}$.

Время работы от батарей: 400 ч при 1 мЗв ч^{-1} .

Рабочий диапазон температур: $-10^\circ\text{C} - +50^\circ\text{C}$.

Механический шок: падение с высоты $1,5 \text{ м}$ на деревянный пол с отклонением показаний менее 10% .

Масса: 190 г , включая батареи (с модулем GPS).

Размеры: $82 \times 24 \times 139 \text{ мм}$.

Таким образом, достижение поставленной цели требует уточнения известных функциональных схем, формирования технических требований к ее элементам, создания необходимого ПО, сборки с последующими натурными испытаниями.

Следует отметить, что для проведения измерений в локальных зонах, где требуется пространственное позиционирование, БЛА самолетного типа не годятся. Здесь необходимы вертолетные либо оптокоптерные БЛА. Тем не менее опыт их построения и работы в реальном времени можно перенести в последующем и на них.

Управление и аппаратура проведения видеонаблюдения и фотосъемки

Существующие методы проведения видеонаблюдения и фотографирования поверхности с летательных аппаратов известны и хорошо отработаны. Тем не менее и здесь поставленная задача требует определенных проработок.

Поставленную задачу можно будет осуществить:

1. На базе уже отработанных нами приемов управления БЛА, например полеты в режиме FPV (First Person View) – полеты от первого лица. Их смысл состоит в том, что на борту БЛА устанавливают видеокамеру и передатчик видеосигнала, а на Земле приемник видеосигнала и устройство отображения – видеоочки, ноутбук. В этом случае управление БЛА можно дистанционно осуществлять с радиопередатчика в режиме обычного визуального контроля, а при использовании видеоочков наблюдать и фотографировать поверхность с борта летательного аппарата. В первом случае дальность полета ограничена зрением пилота (для мини-БЛА это 200 - 400 м), а во втором случае – техническими характеристиками используемой аппаратуры (до 5...10 км.).

Нами был использован комплект для FPV полетов 900MHz 800mW Tx/Rx & 1/3-inch CCD Camera PAL. Масса камеры и бортового видеопередатчика с антенной 120 г. Основная сложность дистанционного управления БЛА в режиме FPV состоит в том, что оператор-пилот определяет пространственное положение аппарата по изображению поверхности. Здесь требуются определенные практические навыки управлением БЛА («чувствовать» высоту, курс, крен и т.д.). Управление существенно упрощается за счет применения стабилизатора-автопилота для FPV полетов фирмы FeiyuTech.

Стабилизатор-автопилот FY-21AP комплектуется блоком управления FY-21AP, блоком AP 117 OSD, GPS приемником с частотой выходной информации 10 Гц и соединительными кабелями. Питание от источника 5 В, потребляемый ток около 90 мА, масса без соединительных кабелей 90 г. Блок управления FY-21AP является бесплатформенной инерциальной навигационной системой (БИНС), состоящей из трех гироскопов, трех акселерометров, барометрического высотомера и микропроцессора. БИНС работает в комплексе со спутниковой навигационной системой через GPS приемник. Алгоритмы обработки информации и формирования управляющих сигналов записаны в микропроцессоре блока управления.

Видеосигнал с камеры в этом случае поступает на видеопередатчик через OSD-блок. Блок OSD к видеосигналу «подмешивает» полетную информацию.

Не останавливаясь на особенностях установки и отладки такой схемы отметим, что в данной конфигурации бортового оборудования БЛА возможны пять режимов его полета.

1. RC – полет БПЛА при дистанционном управлении с наземного передатчика.
2. АВМ – полет при дистанционном управлении с автоматической стабилизацией БПЛА в горизонтальной плоскости.
3. FAF – полет при дистанционном управлении с автоматической стабилизацией горизонта и высоты.
4. ACM – полет по кругу со стабилизацией высоты в автоматическом режиме.
5. RTL – возврат в точку старта (домой) в автоматическом режиме.

Режимы 2 - 5 включаются с радиопередатчика, а включение режима 5 можно настроить также и при потере связи передатчика с бортовым приемником. В этих режимах приоритетными являются сигналы радиопередатчика. Например, если при полете в режиме 3 пилот-оператор изменяет высоту полета управляющим сигналом радиопередатчика, то БЛА отрабатывает это изменение, а после окончания такого изменения система будет стабилизировать измененное значение высоты.

Такой комплект аппаратуры был исследован на двух типах БЛА: первый – модель EPP FPV специально разработана для FPV полетов, собрана по классической схеме с толкающим винтом; второй – модель собрана по двухбалочной аэродинамической схеме также с толкающим винтом. Размах их крыльев 1,8 м, масса 1,5 - 1,8 кг. Разница еще и в том, что у первой модели электродвигатель установлен на пилоне, у второй – по строительной оси. Радиопередатчик и бортовой приемник японской фирмы Futaba, работающие на частоте 2,4 ГГц.

Видеоизображение с борта БЛА поступало на видеоочки и одновременно на ноутбук.



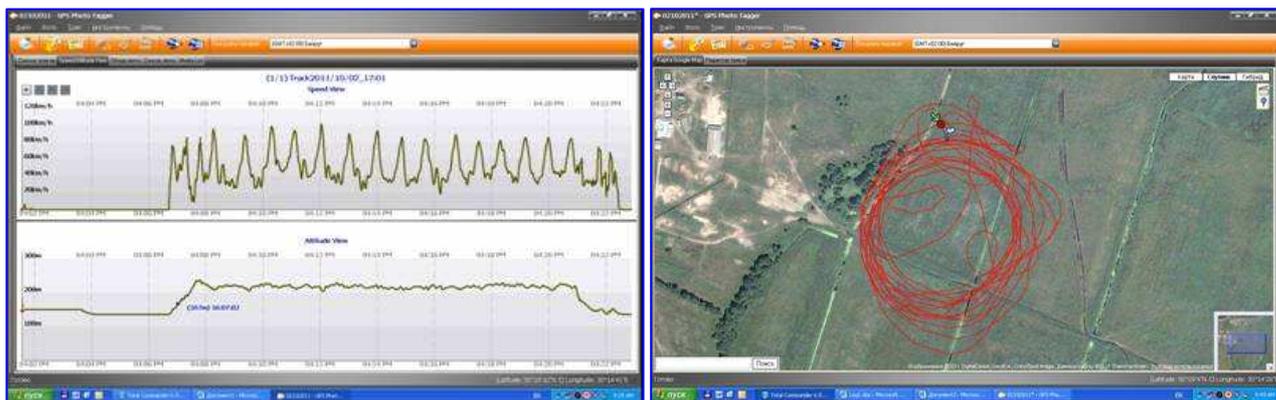
Рис. 7. Видеоизображение с борта БЛА.

Из рис. 7 видно, что кроме поверхности на экране отображается полетная информация: широта и долгота, количество «видимых» спутников, высота полета (м) относительно точки старта, скорость полета (км/ч) относительно Земли, режим полета, расстояние (м) от точки старта в плоскости горизонта.

Испытательные полеты были проведены на максимальную дальность полета (с использованием видеоочков) 2,5 км в одну сторону. Обратный полет проводился в режиме RTL. При этом система сама возвращает БЛА в точку старта и после ее достижения выполняет полет по кругу до переключения на ручное управление (режимы 1, 2 или 3). Указанная система удобна также и тем, что в случае вынужденной посадки ее координаты известны и поиск БЛА не представляет затруднений.

Контроль режима ACM проведен с дополнительной установкой на борт логгера iBT-GPS Bluetooth GPS Data Logger. После посадки информация с логгера переписывается в ПК. ПО для логгера позволяет определять высоту и скорость, а также траекторию полета БЛА с привязкой на местности за счет подключения Google. Полученные после одного из полетов характеристики показаны на рис. 8.

Проведенные испытания показали, что дистанционно пилотируемые БЛА в режиме FPV можно успешно эксплуатировать на дальность полета до 5 км при соответствующем аппаратном обеспечении. При массе 2,5...3,5 кг такой БЛА может нести полезную нагрузку около 0,5 - 0,7 кг. Большим преимуществом мини-аппаратов является старт с руки и посадка на фюзеляж, что не требует специальных условий и дополнительного оборудования.



Б

Рис. 8. Скорость и высота полета БЛА в режиме АСМ по данным логгера (А) и траектория полета БЛА в режиме АСМ по данным логгера (Б).

В предположении создания отечественного БЛА можно применить трехкамерную съемку [10]. Для этого фотоаппарат, расположенный по центру, направлен в нади́р, а два других фотоаппарата располагаются под небольшим наклоном слева и справа от центрального аппарата по направлению полета так, чтобы обеспечивалось перекрытие между боковыми снимками.

Благодаря такому расположению фотокамер при одновременном фотографировании значительно возрастает площадь покрытия поверхности снимками и вероятность пропусков между маршрутами уменьшается. Снимки с камер, расположенных под углом, могут быть использованы для построения фотоизображений при 3D моделировании. Максимальный угол захвата местности трехкамерной фотоплатформой от 75 до 95°, в зависимости от характеристик устанавливаемых фотокамер.

Заключение

На сегодня ИПБ АЭС НАН Украины имеет возможность создания относительно простого и дешевого малого БАК отечественного производства для радиационного мониторинга АЭС, окружающей среды и видеоразведки, в состав которого входит бортовая аппаратура для:

- отбора проб радиоактивных аэрозолей на различных высотах и на разных расстояниях от источника выброса;
- измерения МЭД гамма-излучения в заданных географических координатах и высотах в режиме реального времени;
- проведения видеонаблюдений в радиационно-опасных и труднодоступных зонах.

Для проведения предварительных исследований и отработки методик радиационного мониторинга можно успешно применять режим FPV как относительно дешевый. При этом может быть использован мини-электролет, масса которого составляет 3-4 кг, а его полезная нагрузка включает видеокамеру с видеопередатчиком, систему FУ-21АР, ФЭУ и устройство измерения радиационного фона. Масса такой полезной нагрузки будет примерно 0,5 - 0,7 кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключников А.А., Скалозубов В.И., Хадже Фараджлаллах Даббах А. Предварительный анализ причин большой аварии на АЭС Фукусима-1 // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобыля. -2011. - Вип. 17. - С. 8 - 16.
2. Калиновский А.К., Краснов В.А., Огородников Б.И. Радиоактивные аэрозоли Фукусимы в Чернобыле // Там же. - С. 80 - 85.
3. http://nnm.ru/blogs/Etacom/snimki_vysokogo_razresheniya_aes_fukusima-1_vid_s_vozduha/.

4. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам / Вып.12. Наблюдения за радиоактивным загрязнением природной среды / Под ред. К. П. Махонько. – М.: Гидрометиздат, - 1982. - 59 с.
5. *Башта Т.М. и др.* Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1984. - 424 с.
6. <http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=hazard&f=structure>.
7. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.
8. http://tetra.ua/production/dosimeter_radiometer/dks-96/
9. *Отчет* SIP K 00 21 310 MR1 001 01. Контракт SIP 01-3-011.- 2003.
10. *БПЛА ПП-45 “Эльф”* // Индустриальные геотехнические системы. - Россия, г. Омск.

В. П. Бабак, В. Я. Канченко, О. О. Ключников, В. О. Краснов, М. Л. Чепур

БЕЗПЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ ЯК ЗАСІБ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АЕС І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

На прикладі використання безпілотної авіації для проведення відеоспостереження та вимірювання радіаційного фону при аварії на АЕС Фукусіма-1 показано ефективність її застосування. Проведено аналіз можливості моніторингу навколишнього середовища дистанційно пілотованим надлегким безпілотним літальним апаратом.

Ключові слова: безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат, радіаційна розвідка.

V. P. Babak, V. J. Kanchenko, O. O. Klyuchnykov, V. O. Krasnov, M. L. Chepur

UNMANNED AERIAL COMPLEXES AS A WAY OF NPP AND ENVIRONMENT RADIATION MONITORING

As a example of the using of unmanned aircraft for video monitoring and radiation background measurement in the accident area at the NPP Fukushima-1 are shown the efficiency of its use. The analys of possible environmental monitoring remotely piloted ultralight unmanned aerial vehicle are carried out.

Keywords: unmanned aerial system, an unmanned aerial vehicle, radiation reconnaissance payload.

Надійшла 16.05.2012

Received 16.05.2012