

деформацию заготовки, оплавление и пригорание материала в прилегающей зоне. Ни одна технология, кроме гидроабразивной резки, не может обеспечить отсутствие термического влияния на металл вблизи пропила.

Текстиль, эластомеры, волокнистые материалы, тонкий пластик, продукты питания, бумага, термопласты и др. материалы режутся струей чистой воды, достигающей скорости до 200 м/мин.

Резка с использованием абразива применяется для плотных и твердых материалов, таких, как все металлы, крепкие породы, пуленепробиваемое стекло, керамика и т.д.

К недостаткам гидрорезания относят: конструктивные трудности, возникающие при создании высокого давления жидкости, высокая стойкость сопла и сложность его изготовления.

В конечном счёте, области применения лазерной, плазменной и гидротехнологии будут разделены их технологическими и экономическими данными. Однако непреложным фактом является то, что на сегодняшнем уровне развития объём применения процесса гидрорезания расширяется и он постепенно занимает свою нишу.

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗУЕМОСТИ БАЗОВОГО ВАРИАНТА КОМПЛЕКСА ВИДЕО НАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНОЙ ЛЕТАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Пальцев А.Н., к.т.н., доцент, Яцына Ю.Ф., к.т.н., доцент, Щавлев А.А., к.т.н.

Оценивается возможность технической реализуемости предложенной концепции построения комплекса видео наблюдения.

Анализ концепции построения беспилотных авиационных комплексов в военных целях [1] показывает, что данная концепция, в силу специфики решаемых задач, не может быть распространена на другие области народного хозяйства.

Учеными НАН Беларуси в интересах МЧС, МВД, Министерства охраны окружающей среды, Министерства лесного хозяйства, Министерства сельского хозяйства и продовольствия предлагается использовать базовый вариант комплекса видео наблюдения и контроля местности на основе беспилотной летательной платформы [2] для решения следующих задач:

- мониторинг нефтепроводов, городских инфраструктур, лесов, водных объектов;
- наблюдение в районах катастроф;
- поисковые работы;
- мониторинг промышленных зон;
- аэрофотосъемка;
- обнаружение районов лесных пожаров;
- наблюдение за водными акваториями и береговыми линиями;
- наблюдение за нефтегазопроводами, линиями электропередач и транспортными магистралями;
- наблюдение за районами стихийных бедствий;

- определение координат наземных объектов;
- получение информации о состоянии земной поверхности и др.

Концептуально вариант такого комплекса, например, в интересах МЧС может включать следующие элементы:

1. Автоматизированное рабочее место (АРМ) в составе ноутбука, отдельного видеомонитора и специального программного обеспечения для управления полетом БЛА, обработки, отображения и регистрации информации от ТВ и ИК оборудования.

2. Модуль приемо-передающей аппаратуры типа 1 (МППА). Наземный и бортовой комплекты, обеспечивающие передачу данных (команд управления и видеосигналов) на расстояние до 15 км.

3. Модуль приемо-передающей аппаратуры типа 2 (МППА). Наземный и бортовой комплекты, обеспечивающие передачу данных (команд управления и видеосигналов) на расстояние до 70 км.

4. Модуль ТВ и ИК оборудования. Базовый вариант состоит из видеокамеры с разрешением не хуже 550 ТВЛ и ИК камеры диапазона 7–14 мкм, общей массой до 0,5 кг.

5. Мини БЛА типа 1. Оснащается базовым мо-

дулем ТВ и ИК оборудования наблюдения. Запускаемый с руки человека или с катапульты на дальность до 15 км или до 70 км в зависимости от используемого модуля приемо-передающей аппаратуры. Посадка на парашюте. Время полета не более 1 часа. Прототип такого мини БЛА, разработанного специалистами ГНУ «ФТИ НАН Беларуси» представлен на рис. 1.

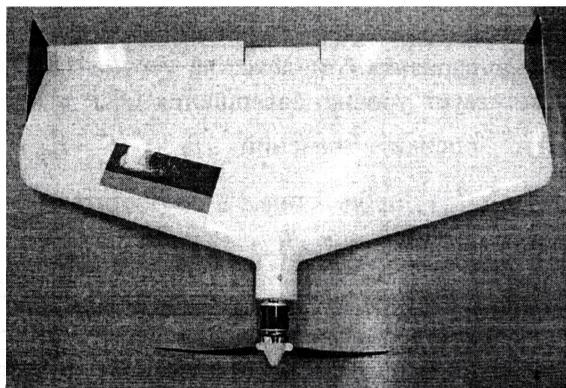


Рис. 1. Прототип мини БЛА типа 1

6. Мини БЛА типа 2. Оснащается базовым модулем ТВ и ИК оборудования наблюдения, или адаптированным модулем под требования заказчика с общей массой не более 5 кг. Запускается с катапульты на дальность до 15 км или до 70 км в зависимости от используемого модуля приемо-передающей аппаратуры. Посадка на парашюте или по самолетному принципу. Время полета не менее 3-х часов.

7. Катапульта для запуска мини БЛА типа 2.

8. Автомобильное шасси для перевозки комплекса на основе мини БЛА типа 2 (оборудование транспортировки и обслуживания).

Для сравнительной оценки технической реализуемости различных вариантов комплекса предлагается использовать метод, в основу которого положена вероятность технической реализуемости к моменту времени t^* общего количества серийных комплексов n -го типа $S_n^*(t^*)$, необходимого для народнохозяйственных нужд. Причем $S_n^*(t^*) > S_n$ где S_n — минимально необходимое количество комплексов.

Вероятность технической реализации требуемого количества серийных комплексов базового варианта ($S_n^*(t^*)$) оценивается с использованием соотношения:

$$P_{pn}(S_n^*[t^*]) = P_{Tn}(t^*; t^* - t_{np}^*) \cdot P_n(S_n^*; t^*; t_{np}^*) \quad (1)$$

где $P_{Tn}(t^*; t^* - t_{np}^*)$ — вероятность технического

изготовления комплекса n -го типа (завершения ОКР) к моменту времени $t^* - t_{np}^*$, где t_{np}^* — математическое ожидание интервала времени, необходимого для серийного изготовления S_n^* комплексов, $P_n(S_n^*; t^*; t_{np}^*)$ — вероятность серийного изготовления S_n^* комплексов n -го типа от момента начала $t^* - t_{np}^*$ до момента t^* .

Величина t_{np}^* в (3) оценивается в соответствии с выражением:

$$t_{np}^* = S_n^* / \overline{\Delta S_n}, \quad (2)$$

где $\overline{\Delta S_n}$ — серийноспособность кооперации промышленности по производству комплексов n -го типа (усредненная на интервале ~ 5 лет), шт/год.

Оценка значений $P_{Tn}(t^*; t^* - t_{np}^*)$ производится с помощью аппроксимирующей функции вида:

$$P_{Tn}(t) = \begin{cases} 1 - \exp[-a_n \cdot (t - t_{Cn})^2], & \text{при } t \geq \tau_n^* \\ 0, & \text{при } t < \tau_n^* \end{cases}, \quad (3)$$

где $a_n = \frac{1}{t^2} \ln(1 - q_n)$ — коэффициент аппроксимации; $q_n = \min_L \min_k \{q_{nLk}\}$; q_{nLk} — оценка

субъективной вероятности технической реализации заявленных характеристик k -го функционального элемента L -го средства, входящего в n -й тип комплекса на момент $t = \tau_n^*$ (интервал прогноза, который выбирается одинаковым для сравниваемых комплексов, входящих в один класс); t_{Cn} — интервал времени, необходимый для сборки всех средств n -го комплекса из технически реализованных функциональных элементов, а также для проведения полного цикла заводских и совместных комплексных испытаний.

Отметим, что при задании ОКР по n -му типу комплекса величина t в (3) определяется как $t = t^* - t_{np}^*$.

Оценки значений q_{nLk} , необходимых для формирования коэффициента a_n , производятся на основе определения однозначного соответствия между текущим состоянием разработки k -го функционального элемента L -го средства n -го типа комплекса и возможностью его технической реализации на момент $t = \tau_n^*$.

Величина $P_n(S_n^*; t^*; t_{np}^*)$ в (1) оценивается в предположении, что количество комплексов n -го типа $S_n(i)$, серийно производимых в течение i -го года от начала выпуска, случайно и подчиняется Пуассоновскому закону распределения с параметром $\bar{S}_n(i)$ (МОЖ). Значение $\bar{S}_n(i)$ определяется с использованием аппроксимирующего выражения, учитывающего прогнозируемую динамику роста объемов производства:

$$\bar{S}_n(i) = \bar{S}_{yn} \cdot (1 - \exp[-a_n \cdot i^2]), \quad (4)$$

где \bar{S}_{yn} — установившееся среднее значение количества серийно выпускаемых комплексов n -го типа в год; $a_n = -\ln(1 - \bar{S}_n / \bar{S}_{yn})$ — аппроксимирующий коэффициент; \bar{S}_n — прогнозируемое среднее количество комплексов n -го типа, выпускаемых промышленностью за первый год серийного производства (при $i=1$).

Распределение суммы независимых Пуассоновских величин также имеет аналогичное распределение, но с параметром

$$\bar{S}_\Sigma(I) = \sum_{i=1}^I \bar{S}_n(i), \quad (5)$$

где $I = \text{ent}\{t^* / t_{np}^* / 1 \text{ год}\}$ — количество годовых периодов выпуска на интервале производства до момента начала эксплуатации.

Искомая вероятность определяется соотношением:

$$P_n(S_n^*; t^*; t_{np}^*) = \sum_{S_n \geq S_n^*} \exp[-\bar{S}_\Sigma(I)] \cdot \frac{[\bar{S}_\Sigma(I)]^{S_n}}{S_n!}, \quad (6)$$

где $S_n = \sum_{i=1}^I S_n(i)$

Оценим для базового варианта комплекса видео наблюдения вероятность технического изготовления комплекса видео наблюдения к моменту времени $t^* - t_{np}^* = 2011$ г., где $t_{np}^* = 5$ лет — математическое ожидание интервала времени, необходимого для серийного изготовления не менее $S_n^* = 60$ комплексов и вероятность серийного изготовления S_n^* комплексов от момента начала $t^* - t_{np}^* = 2011$ г. до момента $t^* = 2016$ г.

Указанный выше момент времени t^* выбран в соответствии с окончанием очередного пятилет-

него цикла реализации государственной научно-технической программы.

Потребное количество серийного изготовления $S_n^* = 60$ комплексов базового варианта выбрано из расчета обеспечения каждой области Республики Беларусь в количестве 8 шт. к периоду времени $t^* = 2015$ г. и резерва в составе 2 комплексов на каждую область.

Приняв вероятность технической реализации базового варианта комплекса на уровне 0,95, что соответствует уровню завершения ОКР в конце 2010 г., оценки значений $P_{Tn}(t^*; t^* - t_{np}^*)$ и $P_n(S_n^*; t^*; t_{np}^*)$, проведенные в соответствии с (3, 6), представлены в табл. 1.

Таблица 1

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	За 5 лет
P_{Tn}	0,98	0,9978	0,9998	0,9999	1	
$S_n(i)$	6	11,25	11,97	11,99	12	53,22
P_n						0,797

Примечание. В таблице приняты сокращения: $P_{Tn} = P_{Tn}(t^*; t^* - t_{np}^*)$; $S_n(i)$ — количество комплексов производимых в течение i -го года от начала выпуска (2011 г.); $P_n = P_n(S_n^*; t^*; t_{np}^*)$ — вероятность серийного изготовления не менее $S_n^* = 53$ комплексов.

Полученные оценки позволяют сделать вывод, что производственная база и существующая кооперация разработчиков НАН Беларуси с высокой вероятностью может обеспечить к 2015г народное хозяйство Республики Беларусь необходимым количеством отечественных средств видео наблюдения и контроля местности на базе беспилотных летательных аппаратов.

Литература

1. Ковязин Б.С., Чаховский Ю.Н. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов в военных целях./ Наука и военная безопасность. Научно-теоретическое приложение к журналу «Армия» – Минск: МО РБ, № 2, 2008. – 38–40 с.
2. Пальцев А.Н., Щавлев А.А., Яцына Ю.Ф., и другие. Разработка макетного образца системы автоматического управления беспилотной летательной платформы, работающей в реальном масштабе времени. Отчет о НИР / Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2008. – 70 с.