

УДК 621.865.8.001

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННО ПИЛОТИРУЕМЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РАЗВЕДКИ РАЙОНА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Н. В. СЕВЕРОВ, доктор технических наук,
В. В. ЛАПИНЫШ

Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки, Россия

Разработана методика количественно-качественной оценки применяемости различных методов разведки района чрезвычайных ситуаций (ЧС), технического совершенства разрабатываемых беспилотных систем и эффективности их применения в условиях ЧС. Осуществлен анализ данных проведенных расчетов и изложены предложения по составу ДПЛА в системе МЧС России.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, дистанционно пилотируемый летательный аппарат, воздушно-наземная разведка, робототехническое средство.

Введение. Мировой опыт показал, что успех ликвидации последствий, возникающих в чрезвычайных ситуациях, в существенной степени зависит от организации и ведения разведки района ЧС. В соответствии с руководящими документами разведка должна отвечать следующим основным требованиям: непрерывность, активность, целеустремленность, оперативность и достоверность разведывательные данные [1].

Как известно, при ЧС могут применяться следующие четыре вида разведки: космическая, воздушная, наземная, водная, которые в комплексе будут решать двукратную разведывательную задачу – по обеспечению предупреждения и ликвидации последствий ЧС.

Не умаляя значение космической разведки (по масштабности) и водной разведки (по специфичности), для решения разведывательных задач в условиях ЧС широкое практическое применение нашла наземная разведка, а для повышения оперативности получения разведывательных данных наземная разведка должна дополняться воздушной разведкой.

Однако возможности наземной и воздушной разведки с использованием экипажной техники в сильной степени ограничивается поражающим действием на челове-

ка таких факторов ЧС, как радиационное загрязнение, химическое и биологическое заражение, а также термическое, осколочное, взрывное воздействия.

В соответствии с разработанной Концепцией [2] одним из перспективных направлений совершенствования спасательной техники, в том числе средств разведки в условиях ЧС, будет являться использование беспилотных технологий с использованием робототехнических средств и систем (РТС).

Поэтому в общей структуре воздушно-наземной разведки необходимо рассматривать следующие четыре метода её введения: воздушная – пилотируемая и беспилотная, наземная – экипажная и безэкипажная. Однако для их рационального использования отсутствует методический подход оценки применимости методов разведки в условиях ЧС.

В МЧС России имеются на оснащении различные типы наземных РТС, которые применяются при ликвидации последствий ЧС, в том числе для ведения наземной разведки. Одновременно в России и за рубежом проводится разработка воздушных РТС, именуемых как беспилотные (БПЛА) или дистанционно пилотируемые (ДПЛА) летательные аппараты. Оценка применения ДПЛА в условиях ЧС проводится в основном логико-качественным методом при ограниченном использовании количественных показателей.

Поэтому в настоящей работе разработана новая методика количественно-качественной сравнительной оценки применения в условиях ЧС методов разведки и разрабатываемых отечественных и зарубежных ДПЛА, а на основании анализа выполненных расчетов обоснованы предложения по рациональному составу системы ДПЛА в МЧС России.

Структура модели. Структура математической модели оценки применения ДПЛА для ведения разведки в условиях ЧС приведена на рис.1.

На первом этапе математической модели оценка применимости метода разведки проводится по следующему алгоритму.

1. Коэффициент разведывательной полезности, характеризующий научно-технические возможности метода разведки, можно рассчитать из выражения:

$$K_{i\text{пл}} = \frac{N_i^{P3}}{N_{P3}}, \quad (1)$$

где N_{P3} – общее количество приоритетных разведывательных задач;

N_i^{P3} – количество разведывательных задач, решаемых с использованием i -го метода.

2. Коэффициент ограничения, характеризующий ограничение применения метода разведки от различных факторов воздействия, определяется по формуле:

$$K_i^{ог} = \frac{N_i^{оф}}{N_{оф}}, \quad (2)$$

где $N_{оф}$ – общее количество определяющих факторов ограничения ведения разведки в условиях ЧС;

$N_i^{оф}$ – количество факторов ограничения применения метода разведки под номером i .

3. Коэффициент пригодности, характеризующий приспособленность метода разведки к многофакторным условиям ЧС, рассчитывается следующим образом:

$$K_i^{пр} = K_i^{пл} (1 - K_i^{ог}). \quad (3)$$

4. Коэффициент оперативности информации, характеризующий для метода разведки степень срочности получения разведывательной информации непосредственно потребителем (подразделением спасателей) с момента потребности в ней, можно определить таким образом:

$$K_i^{оп} = \frac{T_i^{тр}}{t_i^{цк}}, \quad (4)$$

где $T_i^{тр}$ – требуемое (минимально возможное) время получения разведывательной информации при применении i -го метода разведки;

$t_i^{цк}$ – ожидаемое (реально) время цикла получения разведывательной информации для i -го метода разведки.

5. Коэффициент применяемости, характеризующий конкретный метод разведки многофакторно с учетом его преимуществ и недостатков по сравнению с другими рассматриваемыми методами разведки, будет равен:

$$K_i^{пр} = \alpha K_i^{пр} (1 - \alpha) K_i^{оп}, \quad (5)$$

где α - коэффициент значимости (весомости) коэффициентов $K_i^{пр}$ и $K_i^{оп}$ для i -го метода разведки, а для условий их равнозначности $\alpha \approx 0,5$.

6. Коэффициент комплексной разведки, учитывающий применяемость нескольких методов разведки, будет равен:

$$K_p = 1 - \prod_i (1 - K_i^{пр}) \quad (6)$$

Итак, с методической точки зрения предложенный алгоритм расчета позволяет оценить разведку ЧС по многоуровневой схеме «технология – метод – способ – задачи – средства».

По данным проведенного анализа для $m=13$ видов ЧС и $N_{рз}=136$ разведывательных задач рассчитаны количественные показатели для рассматриваемых методов разведки ЧС, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчеты количественных показателей

Расчетные показатели	Методы разведки			
	Наземный экипажный i=1	Наземный безэкипаж- ный i=2	Воздушный пилотируе- мый i = 3	Воздушный беспилотный i= 4
1. Коэффициент полезности, $K_i^{пл}$	0,65	0,46	0,54	0,59
2. Коэффициент ограничения, $K_i^{ог}$	0,50	0,40	0,60	0,40
3. Коэффициент пригодности, $K_i^{пр}$	0,33	0,28	0,22	0,35
4. Коэффициент оперативности, $K_i^{оп}$	0,75	0,67	0,42	0,67
5. Коэффициент применяемости, $K_i^{пр}$	0,540	0,475	0,320	0,510
6. Коэффициент разведки, K_p	$K_{нр}=0,759$		$K_{вр}=0,667$	
	$K_{внр}=0,918$			

Из данных этой таблицы следует, что по условиям рациональности практически на одном уровне применяемости в условиях ЧС находятся наземный экипажный и воздушный беспилотный методы разведки, а коэффициент воздушно-наземной разведки в целом составляет $K_{внр}=0,918$.

На втором этапе математической модели нормированные значения сравниваемых тактико-технических показателей (ТТХ) для ДПЛА определяются следующим образом:

при оценке по максимальному значению ТТХ, например, по массе полезной нагрузки

$$\overline{\Pi}_{\gamma, Z, r_{\gamma}} = \frac{\Pi_{\gamma, Z, r_{\gamma}}}{\Pi_{\max_{\gamma, Z, r_{\gamma}}}}, \quad (7)$$

при оценке по минимальному значению ТТХ

$$\overline{\Pi}_{\gamma, Z, r_{\gamma}} = \frac{\Pi_{\gamma, Z, r_{\gamma}}}{\Pi_{\max_{\gamma, Z, r_{\gamma}}}}, \quad (8)$$

где r_{γ} – текущий номер сравниваемого образца ДПЛА.

В предположении о равнозначности сравниваемых ТТХ коэффициент технического совершенства ДПЛА под номером γ из всей выборки ДПЛА в количестве Z^* можно рассчитать по формуле Лапласа вида

$$K_{\gamma}^c = \frac{1}{Z^*} \sum_{Z=1}^{Z^*} \overline{\Pi}_{\gamma, Z}. \quad (9)$$

Значение ТТХ сравнимых отечественных [3] ДПЛА и зарубежных [4] усредненных по классам БПЛА приведены в таблице 2, а диаграмма коэффициента их технического совершенства показана на рис.1

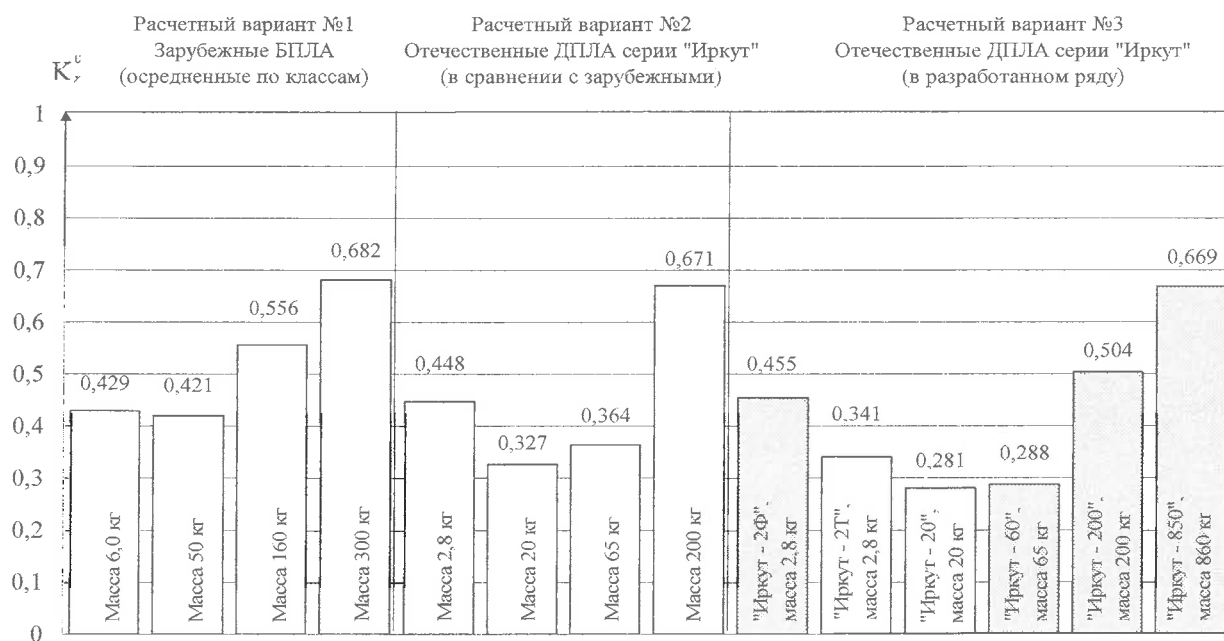


Рисунок 1 – Диаграмма коэффициентов технического совершенства зарубежных БПЛА и отечественных ДПЛА серии «Иркут»

Анализируя диаграмму рис.1, можно отметить следующее.

Отечественные ДПЛА серии «Иркут» и зарубежные усредненные по классам БПЛА при их примерно одинаковой взлетной массе находится практически на одном уровне технического совершенства.

В МЧС России целесообразно на ближайшую перспективу иметь параметрический ряд из четырех беспилотных комплексов:

комплекс ближнего действия на базе мини ДПЛА типа «Иркут – 2Ф» при управлении полетом с переносного пульта – для оснащения непосредственно спасательных подразделений;

комплекс среднего действия на базе ДПЛА типа «Иркут – 60» при управлении полетом с наземной станции – для оснащения специальных формирований (Центров);

комплекс дальнего действия на базе ДПЛА типа «Иркут – 200» при управлении полетом с многоканальной наземной станции – для оснащения формирований авиационно-аэродромной специализации;

пилотно-беспилотный мирового уровня комплекс на базе мотоплана «Иркут – 850» – для центрального подчинения и функционирования в качестве воздушного пункта разведки.

На третьем этапе математической модели определяется критериальный показатель, характеризующий степень повышения эффекта применения беспилотного комплекса по сравнению с пилотируемым комплексом, по формуле

$$y^{БК} = \frac{\mathfrak{E}_{ВЗ}^{ПК} - \mathfrak{E}_{ВЗ}^{БК}}{\mathfrak{E}_{ВЗ}^{НУС}}, \quad (10)$$

где $\mathfrak{E}_{ВЗ}^{ПК}$, $\mathfrak{E}_{ВЗ}^{БК}$, $\mathfrak{E}_{ВЗ}^{НУС}$ – приведенная (удельная) стоимость выполнения разведывательной задачи с применением в условиях ЧС соответственно пилотируемого комплекса ($\mathfrak{E}_{ВЗ}^{ПК}$) и беспилотного комплекса ($\mathfrak{E}_{ВЗ}^{БК}$), а также в нормальных условиях при отсутствии поражающего действия ($\mathfrak{E}_{ВЗ}^{НУС}$). При этом можно принять, что

$$\mathfrak{E}_{ВЗ}^{НУС} = \mathfrak{E}_{ВЗ}^{БК}.$$

Удельная стоимость выполнения задачи может рассчитываться с учетом формулы для $\mathfrak{E}_{ВЗ}$, приведенной на рис.2. Объемом выполненной задачи $Q_{ВЗ}$ можно считать разведанную площадь S_P , то есть $Q_{ВЗ} = S_P$. Вероятность выполнения задачи можно определить с учетом формулы

$$P_{ВЗ} = P_{БР}^A P_{НП}^A P_{НП}^{ЭК}, \quad (11)$$

где $P_{БР}^A$ – вероятность безотказной работы летательного аппарата;

$P_{НП}^A, P_{НП}^{ЭК}$ – вероятность не поражения в условиях ЧС соответственно летательного аппарата и экипажа.

Заключение. Проведенные расчеты показывают, что эффект применения мотопланера «Иркут – 850» в беспилотном режиме для разведки очага радиационной аварии по аналогии с аварией на Чернобыльской АЭС может составлять значения $y^{БК} = 9$, а при применении ДПЛА «Иркут – 2Ф» – $y^{БК} = 9,4$.



K_i^{np}, K_i^{op} - соответственно коэффициенты пригодности и оперативности метода разведки под номером i , $0 < \alpha < 1$;

$\bar{P}_{\gamma,z}, \eta_{\gamma,z}$ - нормативное значение z -го технического показателя и его весовость для класса ДПЛА под номером γ , $\sum_z \eta_{\gamma,z} = 1,0$;

Q_v^{zz}, P_v^{zz}, C_v - соответственно объем и вероятность выполнения разведывательной задачи и стоимость типа сверхлегкого ДПЛА под номером v .

Таблица 2 - Основные ТТХ зарубежных и отечественных ДПЛА самолетного типа

№№ пл	Класс усредненных БПЛА	Масса взлетная, Мвз, кг	Масса полезной нагрузки, Мпл, кг	Радиус действия, R, км	Время полета, Т, ч	Высота полета предельная, Нпр, м	Скорость полета максимальная, V max, км/ч	Стоимость БПЛА, С, \$ тыс.
Зарубежные БПЛА (при усреднении 37 образцов по классам)								
1.	Мини БПЛА	6,0	2,0	9,0	0,8	500	80	60
2.	Легкие БПЛА	51,5	13,3	71,7	3,8	3388	173	150
3.	Средние БПЛА	158	35,0	137	5,7	3868	197	495
4.	Тяжелые БПЛА	283	53,2	175	6,9	4056	217	850
Отечественные ДПЛА серии «Иркут»								
1.	Иркут - 2Ф	2,8	0,3	40	1,0	2500	80	70
	Иркут - 2Т	2,8	0,3	40	1,0	2500	80	220
2.	Иркут - 20	20	3,0	70	4,0	2500	180	386
3.	Иркут - 60	65	15	70	6,0	2500	180	750
4.	Иркут - 200	200	50	200	12	6800	200	4500
5.	Иркут - 850	860	200	200	12	9000	270	5800

Литература

1. Учебное пособие по гражданской обороне. – М.: ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 1990.
2. Концепция развития, оснащения и применения робототехнических средств в РСЧС. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1990.
3. Авиационные комплексы дистанционного зондирования земной поверхности на базе беспилотных систем. – М.: Корпорация «Иркут», 2006.
4. Разработка воздушного робототехнического комплекса для мониторинга чрезвычайных ситуаций на основе ДПЛА легкого класса. ОКР «Беспилотник». – ОАО «Иркут», 2005.

Поступила в редакцию 16.10.07.

N.V.Severov, V.V.Lapinysh

TECHNIQUE OF AN ESTIMATION OF APPLICATION OF REMOTE PILOTED FLYING DEVICES FOR INVESTIGATION OF AN AREA OF EXTREME SITUATIONS

The technique of quantitative - quality standard of applicability of various methods of investigation of an area of extreme situations, technical perfection of developed pilotless systems and efficiency of their application in conditions of emergency situations is developed. The analysis of the given calculations is carried out and offers on structure of remote piloted flying devices in system of EMERCOM of Russia are stated.