

## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ И СИСТЕМ

# Подход к формированию оценки вероятности выполнения посадки беспилотного летательного аппарата вертолетного типа на взлетно-посадочную площадку корабля с учетом различных режимов работы

В. А. Быков<sup>1</sup>, С. М. Великовский<sup>2</sup>, А. Е. Парненков<sup>1</sup>,  
С. М. Шульгин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> АО «Научно-технический центр «Альфа-М», Москва, Россия

<sup>3</sup> Научно-исследовательский центр радиоэлектронного вооружения и формирования информационных ресурсов ВМФ научно-исследовательского института оперативно-стратегических исследований строительства ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», Санкт-Петербург, Россия

**Постановка проблемы.** В настоящее время выполнение взлета и посадки пилотируемых вертолетов на взлетно-посадочную площадку корабля, обеспечивает комплекс «Палубник-1», взаимодействующий с другими системами корабля. При этом построение системы взлета и посадки беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа следует производить с использованием штатных авиационно-технических средств корабля. В статье предложены варианты использования автоматической и автоматизированной системы посадки как для пилотируемых, так и беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа в различных режимах работы.

**Цель.** Предложить подход к формированию методики оценки вероятности выполнения посадки беспилотного летательного аппарата вертолетного типа в зависимости от его технического облика, что позволит снизить затраты на разработку и проведение натурных испытаний.

**Результаты.** На основе предложенных вариантов обеспечения посадки проведен анализ нескольких технических обликов беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа, представлены некоторые их параметры, а также оценена вероятность посадки в зависимости от угла бортовой качки.

**Практическая значимость.** Предложенный подход позволяет оценить вероятность выполнения посадки в зависимости от принятых технических решений, а также при наборе достаточного количества статистических данных произвести адаптацию данных решений на другие летательные аппараты.

**Ключевые слова:** взлетно-посадочная площадка, вероятность, БЛА ВТ, взлет и посадка, корабль

Для цитирования:

Быков В. А., Великовский С. М., Парненков А. Е., Шульгин С. М. Подход к формированию оценки вероятности выполнения посадки беспилотного летательного аппарата вертолетного типа на взлетно-посадочную площадку корабля с учетом различных режимов работы // Радиопромышленность. 2021. Т. 31, № 2. С. 7–14. DOI: 10.21778/2413-9599-2021-31-2-7-14

# Approach to forming of assessment of probability of making a landing of the unmanned aerial vehicle of helicopter type on the runway platform of the ship taking into account different operational modes

V. A. Bykov<sup>1</sup>, S. M. Velikovskiy<sup>2</sup>, A. E. Parnenkov<sup>1</sup>, S. M. Shulgin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Research and Production Enterprise Radar mms JSC, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Alfa-M Scientific and Technological Center JSC, Moscow, Russia

<sup>3</sup> NITs REV and FIR of the Navy of Scientific Research Institute OSIS Navy VUNTs Navy Naval Academy, Saint Petersburg, Russia

---

**Problem statement.** Now taking-off and landings of human powered helicopters to runway site of the ship, provides the Palubnik-1 complex interacting with other systems of the ship. At the same time creation of system of take off and landing of unmanned aerial vehicles of helicopter type should be made about use of regular aerotechnical means of the ship. In article proposed options of use of the automatic and automated landing system as for piloted, and unmanned aerial vehicles of helicopter type in different operational modes.

**Objective.** To offer approach to forming of technique of assessment of probability of making a landing of the unmanned aerial vehicle of helicopter type depending on its technical appearance that will allow to lower development costs and carrying out natural tests.

**Results.** On the basis of proposed options of ensuring landing the analysis of several appearances of unmanned aerial vehicles of helicopter type is carried out, some of their parameters are provided and also landing probability depending on the angle of rolling motion is evaluated.

**Practical implications.** The offered approach allows to evaluate making a landing probability depending on the made technical solutions and also at set of enough statistical data to make adaptation of these decisions on other flight vehicles.

**Keywords:** landing place, reliability, UAV helicopter type (rotor drone), takeoff and landing, VTOL support ship

---

*For citation:*

Bykov V. A., Velikovskiy S. M., Parnenkov A. E., Shulgin S. M. Approach to forming of assessment of probability of making a landing of the unmanned aerial vehicle of helicopter type on the runway platform of the ship taking into account different operational modes. *Radio industry (Russia)*, 2021:31(2); pp. 7–14. (In Russian). DOI: 10.21778/2413-9599-2021-31-2-7-14

## Введение

Современные корабли различного назначения имеют в своем составе корабельные летательные аппараты (ЛА) вертикального взлета и посадки (вертолеты). Обеспечение взлета и посадки вертолетов, а также их эксплуатация в условиях корабля, осуществляется при помощи авиационно-технических средств корабля (АТСК). В состав АТСК входит большая номенклатура элементов (полетная палуба; ангар; система заправки вертолета топливом, маслом и сжатыми газами; средства транспортировки и швартовки вертолета; помещение для выполнения регламентных работ; стартовый командный пост; помещение для летного и технического состава; система ближней навигации и посадки) [1].

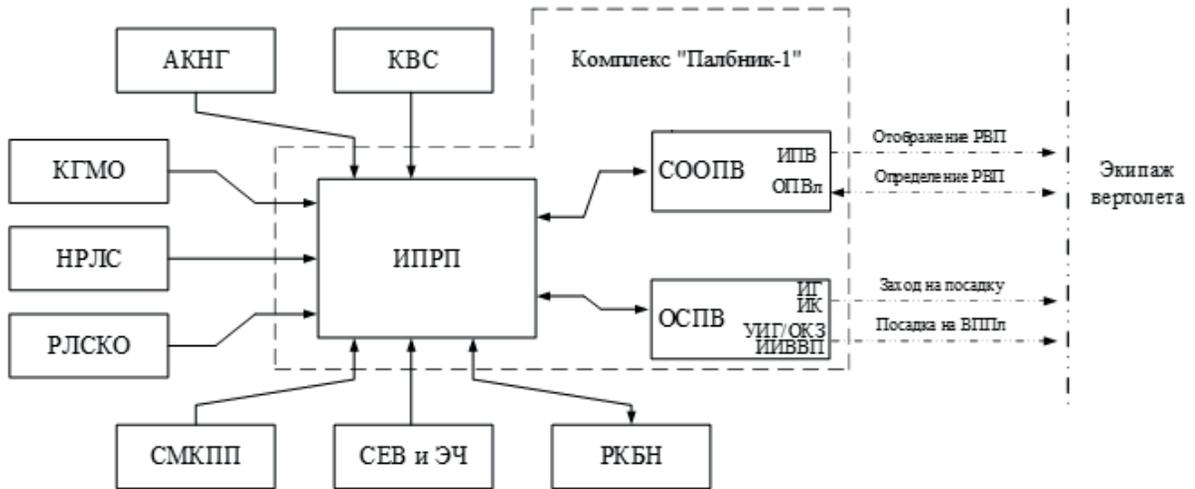
В данной статье рассматриваются вопросы применения АТСК при выполнении взлета и посадки вертолетов, а также предложены варианты использования автоматической и автоматизированной систем посадки как для пилотируемых, так и беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа (БЛА ВТ).

## Используемая система взлета и посадки

В настоящее время решение задач взлета и посадки вертолетов на взлетно-посадочную площадку (ВППл) корабля обеспечивает комплекс «Палубник-1» [2], взаимодействующий со следующей аппаратурой корабля: автоматизированным комплексом навигации и гиростабилизации

(АКНГ), радиотехническим комплексом ближней навигации, управлением полетами и заходом на посадку (РКБН), комплексом гидрометеорологической обстановки (КГМО), навигационной радиолокационной станцией (НРЛС), радиолокационной станцией кругового обзора (РЛСКО), системой мониторинга корабельных помещений и палуб (СМКПП), комплексом внутрикорабельной связи (КВС), картографической информации, а также системы единого времени и эталонных частот

(СЕВ и ЭЧ). Комплекс «Палубник-1» состоит из интегрированного пульта руководителя полетов (ИПРП), оптической системы посадки вертолетов (ОСПВ), системы определения и отображения параметров ветра (СООПВ). Данное оборудование помогает руководителю полетов (РП) и экипажу вертолета осуществлять взлет и посадку с ВППл корабля. Схема взаимодействия перечисленного оборудования с экипажем вертолета представлена на *рис. 1*.



**Рис. 1.** Схема взаимодействия корабельного оборудования с экипажем вертолета  
**Fig. 1.** The scheme of interaction of the warship's equipment with the helicopter crew

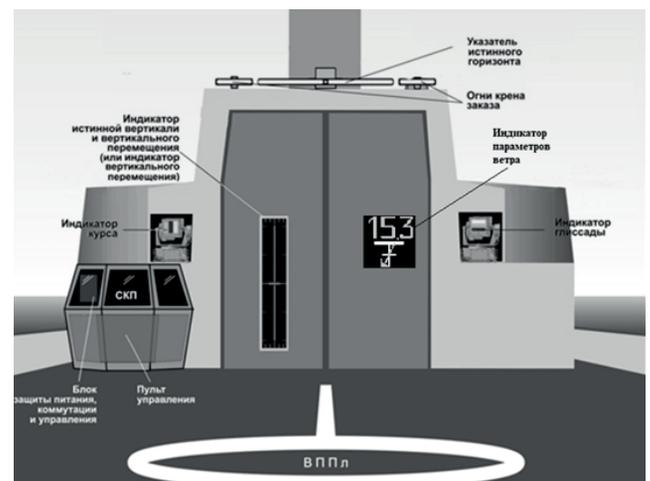
ИПРП предназначен для повышения качества и оперативности работы РП по управлению полетами вертолета в ближней зоне и выполнению взлетно-посадочных операций днем и ночью в простых и сложных метеоусловиях, а также индикации информации, принимаемой от указанных систем, и управления ОСПВ и СООПВ.

ОСПВ предназначена для повышения безопасности полетов при заходе на посадку и посадке вертолета на ВППл корабля путем формирования и индикации для пилота вертолета визуальной световой информации о заданной глиссаде или отклонении от нее по вертикали и курсу, о линии горизонта, крене корабля, его бортовой качке и о вертикальном перемещении ВППл.

СООПВ предназначена для определения вектора результирующего ветрового потока (РВП) в заданных точках над ВППл корабля путем дистанционных измерений перед взлетом и посадкой вертолета и отображение параметров РВП для пилота вертолета на палубном индикаторе.

Схематичное размещение оборудования представлено на *рис. 2* [3].

Таким образом, информация, получаемая от систем корабля и необходимая для взлета



**Рис. 2.** Схема размещения оборудования на корабле  
**Fig. 2.** Placing of equipment on the warship

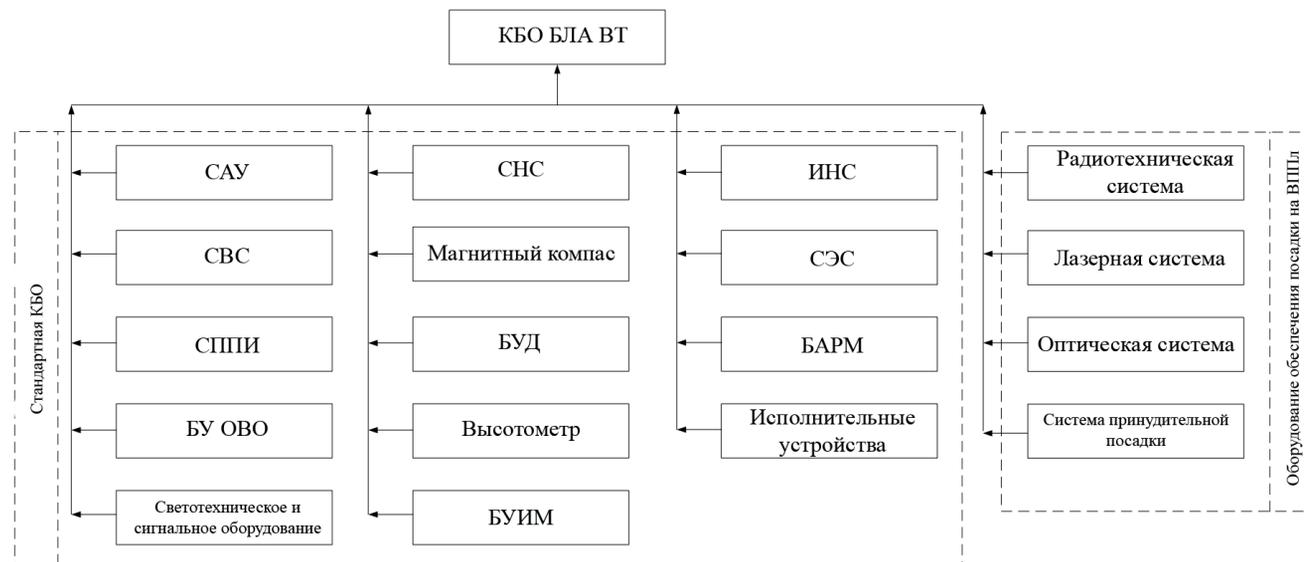
и посадки (курс, бортовая и килевая качка, вертикальное перемещение, а также направление результирующего ветрового потока), поступает РП и экипажу вертолета. Процесс посадки из точки висения на качающуюся ВППл осуществляется визуально методом «догона» уходящей палубы и основывается на навыках пилота вертолета. Вероятность посадки в таком случае будет равна:

$$P_{\text{ПОС}} = P_{\text{Палубник}} \cdot P_{\text{экипаж}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{Палубник}}$  — вероятность работы комплекса «Палубник-1»;  $P_{\text{экипаж}}$  — вероятность выполнения взлета и посадки экипажем.

### Варианты обеспечения взлета и посадки БЛА ВТ на ВППл корабля

Рассмотрим варианты обеспечения взлета и посадки БЛА ВТ на ВППл корабля.



**Рис. 3.** Комплекс бортового оборудования беспилотного летательного аппарата вертолетного типа  
**Fig. 3.** Complex of on-board equipment for helicopter-type unmanned aerial vehicle

Стандартная структура КБО, позволяющая производить взлет и посадку на статические ВППл, состоит из системы автоматического управления (САУ), блока управления двигателем (БУД), блока управления исполнительными механизмами (БУИМ), блока управления общевертолетным оборудованием (БУ ОВО), спутниковой навигационной системы (СНС), высотомера, магнитного компаса, системы воздушных сигналов (СВС), системы приема-передачи информации (СППИ), инерциальной навигационной системы (ИНС), системы электроснабжения (СЭС), исполнительных устройств, светотехнического и сигнального оборудования, а также бортового аварийного радиомаяка (БАРМ).

КБО для посадки на динамически движущиеся ВППл включают в себя стандартную структуру КБО, а также дополнительные системы, обеспечивающие взлет и посадку с ВППл корабля, к ним относятся радиотехническая, лазерная и оптическая системы, система принудительной швартовки.

Задача взлета и посадки БЛА ВТ на ВППл обеспечивается комплексом бортового оборудования (КБО) БЛА ВТ. Состав КБО БЛА ВТ определяется, с учетом характера предполагаемого движения ВППл.

КБО БЛА ВТ (рис. 3) состоит из стандартного оборудования, обеспечивающего взлет и посадку на статически неподвижную площадку, а также оборудования, обеспечивающего решение задачи взлета и посадки на динамически движущуюся площадку (ВППл корабля).

Задача взлета и посадки, в зависимости от взлетной массы БЛА ВТ, может быть решена с использованием интерактивных и автономных систем.

Интерактивные системы обладают высокими показателями точности и безопасности выполнения операций взлета и посадки БЛА ВТ и производят постоянный обмен данными БЛА ВТ и корабля. В свою очередь, на корабле, оснащенном интерактивными системами, должна обеспечиваться возможность базирования как пилотируемых, так и БЛА ВТ. Обеспечение задачи взлета и посадки вертолетов производится с ИПРП, а для БЛА ВТ должно обеспечиваться с автоматизированного рабочего места внешнего пилота (АРМ ВП). С целью повышения унификации рабочих мест построение АРМ ВП следует производить путем введения в ИПРП дополнительных функций и при необходимости изменения его конструктива.

Такая унификация позволит оптимизировать размещаемое оборудование в СКП, а также унифицировать работу РП. Предлагаемая схема

построения АРМ ВП совместно с ИПРП позволяет произвести модернизацию уже имеющихся штатных средств в части установки комплекса дополнительного специального программного обеспечения (СПО) и увеличения аппаратных вычислительных мощностей, необходимых для обработки информации и формирования управляющих команд. Вся требуемая информация передается на борт БЛА ВТ через СППИ по средствам комплекса «Призма». К таким системам следует отнести радиотехнические системы посадки, которые делятся на локальные радионавигационные системы сантиметрового диапазона, безинерциальные навигационные системы и спутниковые радионавигационные системы. Каждая система имеет блок обработки, излучатели и ответчики, позволяющие в режиме реального времени обмениваться информацией «корабль — борт» (БЛА ВТ) для выполнения взлета и посадки.

Автономные системы устанавливаются на борт БЛА ВТ и выполняют задачи взлета и посадки в составе его КБО без необходимости оснащения ВППл корабля дополнительным оборудованием. К таким системам можно отнести оптические системы и, как разновидность, лазерные системы посадки. Автономной оптической системой является гиросtabilизированная оптико-электронная система

(ГОЭС), способная производить анализ выводимой информации системой «Палубник-1», а также самостоятельно определять параметры движения ВППл.

Одним из направлений развития БЛА ВТ является обеспечение взлета и посадки в автоматическом режиме на динамически движимые ВППл. На первом этапе обеспечение взлета и посадки БЛА ВТ предлагается осуществлять с использованием штатных систем корабля при условии возможности их модернизации. Штатный комплекс «Палубник-1» при работе имеет информацию о параметрах курса и глиссады, результирующего вектора ветрового потока, курсовой, бортовой и килевой качках, вертикальном перемещении ВППл, скорости хода, а также параметрах истинных положений горизонта и вертикали, отображаемые экипажу вертолета и РП.

Рассмотрим несколько вариантов решения задачи взлета и посадки:

- в интерактивном режиме работы БЛА ВТ и ИПРП;
- в автономном режиме работы БЛА ВТ (используется только комплекс БРЭО);
- в полуавтоматическом режиме (посадка по команде).

Схема взаимодействия корабля и БЛА ВТ представлена на рис. 4.

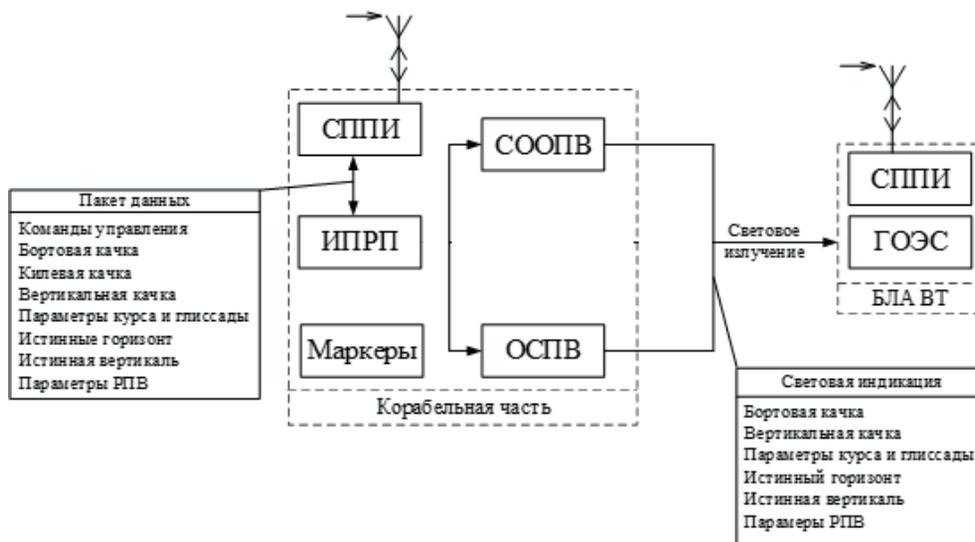


Рис. 4. Схема взаимодействия корабля и беспилотного летящего аппарата вертолетного типа

Fig. 4. The scheme of interaction of the warship and helicopter-type unmanned aerial vehicle

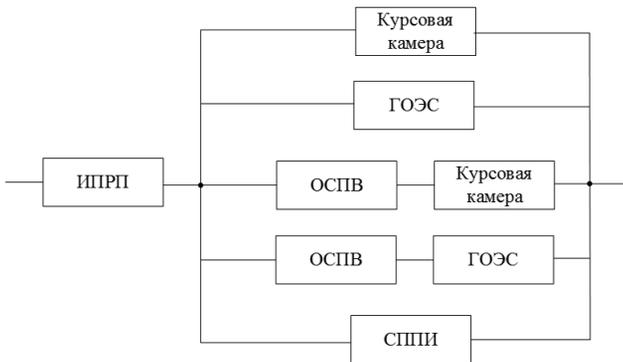
*Вариант 1.* Посадка осуществляется в интерактивном режиме работы, при этом корабельное оборудование получает и анализирует информацию, набирает статистические данные, производит экстраполяцию данных и формирует закон, позволяющий прогнозировать положения ВППл

корабля, выводит текущую информацию на индикаторы и световые излучатели, в оптимальный момент времени выдает команду на посадку. В свою очередь БЛА ВТ анализирует выводимую информацию в световом спектре, получает данные и команды управления через СППИ, а также

формируется закон, прогнозирующий движение ВППл, и вырабатывается решение о выполнении посадки. Такой вариант построения дает возможность произвести двойное резервирование (рис. 5), что позволяет повысить вероятность посадки:

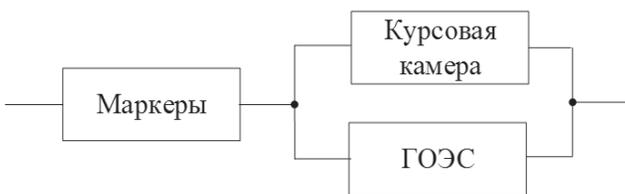
$$P_{\text{ПОС}} = P_{\text{ИПРП}} \times \left(1 - q_{\text{курс.кам}} \times q_{\text{ГОЭС}} \left(1 - P_{\text{ОСПВ}} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times P_{\text{курс.кам}} \right) \times \left(1 - P_{\text{ОСПВ}} \times P_{\text{ГОЭС}} \right) \times q_{\text{СППИ}} \right), \quad (2)$$

где  $P_{\text{ГОЭС}}$ ,  $P_{\text{СППИ}}$ ,  $P_{\text{ОСПВ}}$ ,  $P_{\text{курс.кам}}$ ,  $P_{\text{ИПРП}}$  — вероятность применения и успешной работы соответствующих систем;  $q_{\text{ГОЭС}}$ ,  $q_{\text{СППИ}}$ ,  $q_{\text{ОСПВ}}$ ,  $q_{\text{курс.кам}}$  — интенсивность отказов соответствующих систем.



**Рис. 5.** Схема определения вероятности посадки интерактивной системы  
**Fig. 5.** The scheme of probability determining for landing an interactive system

*Вариант 2.* Посадка осуществляется в автономном режиме работы, при этом БЛА ВТ не имеет связи с кораблем, а именно СППИ не работает. Оптические системы анализируют перемещение ВППл, и формируют закон для определения момента посадки. Таким образом, вероятность посадки будет определяться из вероятности работы ГОЭС, курсовой камеры, наличия маркеров на ВППл и возможности их распознавания ГОЭС (рис. 6).



**Рис. 6.** Схема определения вероятности посадки автономной системы  
**Fig. 6.** The scheme of probability determining for landing an autonomous system

Тогда вероятность посадки будет составлять:

$$P_{\text{ПОС}} = P_{\text{маркер}} \cdot \left(1 - q_{\text{ГОЭС}} \cdot q_{\text{курс.кам}} \right), \quad (3)$$

где  $P_{\text{маркер}}$  — вероятность распознаваемости маркеров на ВППл.

*Вариант 3.* Посадка осуществляется по переданной команде через СППИ. В данном варианте рассматривается вариант слепой посадки, при котором нет возможности работы таким системам, как ГОЭС и курсовая камера, или невозможности обработки получаемых данных. ИПРП производит статистическое накопление данных, проводит интерполяцию данных и формирует закон, определяющий движение ВППл, по которому определяется оптимальный момент посадки. Вероятность посадки вычисляется исходя из вероятности работы ИПРП и СППИ (рис. 7):

$$P_{\text{ПОС}} = P_{\text{ИПРП}} + P_{\text{СППИ}} \cdot \dots \quad (4)$$



**Рис. 7.** Схема определения посадки по команде  
**Fig. 7.** The scheme of determining landing on command

*Другие варианты строятся исходя из 1-го и 2-го вариантов.* Применяемые системы обеспечения взлета и посадки БЛА ВТ выбираются и обосновываются в зависимости от его технического облика. Для каждого сформированного технического облика БЛА ВТ производится критериальная оценка [4; 5]. При необходимости производится оптимизация варьируемых параметров для достижения приемлемого результата.

Для проведения анализа были сформированы ряд технических обликов БЛА ВТ [4; 5] с учетом посадки на ВППл с различными параметрами бортовой качки [1].

Результаты предварительного расчета вероятности посадки и параметров технического облика БЛА ВТ представлены в табл. 1, где использованы следующие обозначения:  $\theta_k$  — бортовая качка;  $V_{\text{кр}}$  — крейсерская скорость;  $H_{\text{ст}}$  — статический потолок;  $L_{\text{пол}}$  — дальность полета;  $m_0$  — взлетная масса;  $m_{\text{цн}}$  — масса целевой нагрузки;  $m_{\text{дв}}$  — масса двигателя;  $m_{\text{цн}}$  — масса целевой нагрузки;  $m_{\text{впу}}$  — масса взлетно-посадочных устройств;  $P_{\text{пос}}$  — вероятность посадки.

Таблица 1  
Table 1

**Результаты предварительного расчета вероятности посадки и параметров технического облика беспилотного летающего аппарата вертолетного типа**  
**Preliminary calculation results of the landing probability and technical parameters for the helicopter-type unmanned aerial vehicle**

Варианты	Параметры								
	$\theta_k, ^\circ$	$V_{кр}, \text{ км/ч}$	$H_{ст}, \text{ м}$	$L_{пол}, \text{ км}$	$m_0, \text{ кг}$	$m_{щ}, \text{ кг}$	$m_{дв}, \text{ кг}$	$m_{впу}, \text{ кг}$	$P_{пос}$
Вариант 1	$\theta_k = 5^\circ$	140	2500	300	510	72	103	45	0,79
	$\theta_k = 10^\circ$	140	2500	300	570	72	115	63	0,75
	$\theta_k = 15^\circ$	140	2500	300	650	72	185	81	0,72
Вариант 2	$\theta_k = 5^\circ$	140	2500	300	480	72	98	42	0,71
	$\theta_k = 10^\circ$	140	2500	300	520	72	104	58	0,69
	$\theta_k = 15^\circ$	140	2500	300	610	72	112	64	0,66
Вариант 3	$\theta_k = 5^\circ$	140	2500	300	410	72	65	33	0,67
	$\theta_k = 10^\circ$	140	2500	300	440	72	79	36	0,62
	$\theta_k = 15^\circ$	140	2500	300	470	72	91	40	0,58

Анализ результатов предварительного расчета вероятности посадки и параметров технического облика БЛА ВТ показывает, что:

- для варианта 1 с увеличением бортовой качки  $\theta_k$  от 5 до 15° взлетная масса  $m_0$  БЛА ВТ увеличивается с 510 до 650 кг, при этом вероятность посадки снижается с 0,79 до 0,72;
- для варианта 2 с увеличением бортовой качки  $\theta_k$  от 5 до 15° взлетная масса  $m_0$  БЛА ВТ увеличивается с 480 до 610 кг, при этом вероятность посадки снижается с 0,71 до 0,66;
- для варианта 3 с увеличением бортовой качки  $\theta_k$  от 5 до 15° взлетная масса  $m_0$  БЛА ВТ увеличивается с 410 до 470 кг, при этом вероятность посадки снижается с 0,67 до 0,58.

### Выводы

Представленный подход к обеспечению посадки БЛА ВТ на взлетно-посадочную площадку корабля с учетом различных режимов работы продемонстрировал возможность и технические пути обеспечения поставленной задачи, а также

оценку выполнения посадки на динамически движимую ВППл корабля.

Использование информации, формируемой оптическими средствами из состава комплекса «Палубник-1», может повысить вероятность успешной посадки БЛА ВТ корабельного базирования. Однако для повышения эффективности использования оптических средств для посадки БЛА ВТ комплекс «Палубник-1» должен быть доработан и оснащен дополнительной функцией: прогнозирование положения ВППл и формирование команды на выполнение посадки.

В свою очередь, после проведения требуемой номенклатуры испытаний предлагаемых вариантов выполнения автоматической посадки БЛА ВТ и получения набора требуемого количества статистики следует рассмотреть возможность их адаптации и для пилотируемых вертолетов. Например, возможно рассмотреть вариант установки курсовой камеры (одной или нескольких) для выполнения посадки в автоматическом режиме пилотируемого корабельного вертолета.

### ПРИСТАТЕЙНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сокоиков Ю. Г. Применение вертолетов с авианесущих кораблей. М. : Военное издательство, 1989. 180 с.
2. Визуальный комплекс взлета и посадки вертолетов «Палубник-1». Руководство по эксплуатации. НКУГ.461321.001РЭ, 2017. 67 листов.
3. Оптическая система посадки вертолета ОСПВ (ОСПВ-20380) // Оружие Отечества : сайт. URL: <http://bastion-opk.ru/ospv-20380/> (дата обращения: 24.05.2021).
4. Анцев В. Г., Быков В. А., Парненков А. Е. Обоснование критерия эффективности при формировании технического облика беспилотного воздушного судна вертолетного типа // Вопросы радиоэлектроники. 2019. № 1. С. 63-67. DOI 10.21778/2218-5453-2019-9-63-67
5. Быков В. А., Парненков А. Е. Формирование облика беспилотного воздушного судна вертолетного типа с учетом посадки на сложнотысящую платформу // Вопросы радиоэлектроники. 2020. № 3. С. 47–53. DOI 10.21778/2218-5453-2020-3-16-22

## REFERENCES

1. Sokovikov YuG. *Primenenie vertoletov s avianesushchikh korablei* [The use of helicopters from aircraft carriers]. Moscow, Voennoe izdatelstvo Publ., 1989, 180 p. (In Russian).
2. *Vizualnyi kompleks vzleta i posadki vertoletov «Palubnik-1». Rukovodstvo po ekspluatatsii. NKUG.461321.001RE* [Visual complex of take off and landing of the Palubnik-1 helicopters, Operation manual, NKUG.461321.001RE], 2017, 67 sheets. (In Russian).
3. Optical landing system of the OSPV (OSPV-20380) helicopter // *Oruzhie Otechestva* : site. (In Russian). Available at: <http://bastion-opk.ru/ospv-20380/> (accessed: 10.02.2021).
4. Ancev VG, Bykov VA, Parnenkov AE. Justification of efficiency criterion in formation of technical appearance of a helicopter-type unmanned aircraft. *Voprosy radioelektroniki*, 2019;1:63–67. (In Russian). DOI 10.21778/2218-5453-2019-9-63-67.
5. Bykov VA, Parnenkov AE. Formation of appearance of helicopter-type unmanned airvehicle with consideration of landing on complex-moving platform. *Voprosy radioelektroniki*, 2020;3:47–53. (In Russian). DOI 10.21778/2218-5453-2020-3-16-22.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Быков Владимир Александрович**, начальник бюро, АО «НПП «Радар ммс», 197375, Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д. 37, лит. А, e-mail: [bykov\\_va@radar-mms.com](mailto:bykov_va@radar-mms.com).

**Великовский Сергей Михайлович**, зам. главного конструктора, АО НТЦ «Альфа-М», 1401180, Московская обл., г. Жуковский, ул. Гагарина, д. 5В, e-mail: [velikovsky.sm@alpha-m.su](mailto:velikovsky.sm@alpha-m.su).

**Парненко Алексей Евгеньевич**, к. т. н., начальник бюро, АО «НПП «Радар ммс», 197375, Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д. 37, лит. А, e-mail: [parnenkov\\_ae@radar-mms.com](mailto:parnenkov_ae@radar-mms.com).

**Шульгин Владимир Владимирович**, капитан 2 ранга, зам. начальника 21 отдела, Научно-исследовательский центр радиоэлектронного вооружения и формирования информационных ресурсов ВМФ научно-исследовательского института оперативно-стратегических исследований строительства ВМФ», 198516, Санкт-Петербург, ул. Разводная, д. 17, e-mail: [vunc-vmf-1fil@mil.ru](mailto:vunc-vmf-1fil@mil.ru).

## AUTHORS

**Vladimir A. Bykov**, head of department, Research and Production Enterprise Radar mms JSC, 37A, Novoselkovskaya ulitsa, Saint Petersburg, 197375, Russia, e-mail: [bykov\\_va@radar-mms.com](mailto:bykov_va@radar-mms.com).

**Sergey M. Velikovsky**, deputy chief designer, Research and Technical Center Alpha-M JSC, 5V, Gagarina ulitsa, Moskovskaya oblast, gorod Zhukovskii, 1401180, Russia, e-mail: [velikovsky.sm@alpha-m.su](mailto:velikovsky.sm@alpha-m.su).

**Alexei E. Parnenkov**, PhD (Engineering), head of the department, Research and Production Enterprise Radar mms JSC, 37A, Novoselkovskaya ulitsa, Saint Petersburg, 197375, Russia, e-mail: [parnenkov\\_ae@radar-mms.com](mailto:parnenkov_ae@radar-mms.com).

**Vladimir V. Shulgin**, 2nd rank captain, 21 department deputy director, NITs REV and FIR of the Navy of Scientific Research Institute OSIS Navy VUNTS Navy Naval Academy, 17, ulitsa Razvodnaya, Saint Petersburg, 198516, Russia, e-mail: [vunc-vmf-1fil@mil.ru](mailto:vunc-vmf-1fil@mil.ru)

Поступила 17.05.2021; принята к публикации 22.05.2021; опубликована онлайн 28.06.2021.  
Submitted 17.05.2021; revised 22.05.2020; published online 28.06.2021.