



УДК [623.746.174:629.7.07-027.45]
ГРНТИ [78.25.13.33.18]

КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ПОСАДКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*В.Г. МАШКОВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
В.А. МАЛЫШЕВ, доктор технических наук, профессор
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Р.А. ПРОХОРСКИЙ, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Предложена концепция обеспечения безопасной посадки воздушного судна вертолетного типа военного назначения на неподготовленную заснеженную площадку или на водоем со снежно-ледяным покровом в условиях недостаточной информативности закабинного пространства. Сформулированы принципы обеспечения безопасной посадки в таких условиях, лежащие в основе разработки системы управления посадкой воздушного судна вертолетного типа военного назначения. Показано место системы управления посадкой в системе управления воздушного судна вертолетного типа. Представлена обобщенная логическая информационная модель системы «воздушное судно вертолетного типа – подстилающая поверхность».

Ключевые слова: система управления посадкой, подстилающая поверхность, заснеженная площадка, снежно-ледяной покров, воздушное судно вертолетного типа, недостаточная информативность закабинного пространства.

THE MILITARY HELICOPTER TYPE AIRCRAFT SAFE LANDING PROVIDING CONCEPT

*V.G. MASHKOV, Candidate of Technical sciences, Associate Professor
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
V.A. MALYSHEV, Doctor of Technical sciences, Professor
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
R.A. PROKHORSKIY, Candidate of Technical sciences
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The military helicopter type aircraft safe landing providing concept on an unprepared snow-covered area or on a reservoir with snow and ice cover in conditions of the cockpit space insufficient information content is proposed. The principles of ensuring a safe landing in such conditions, which are the basis for the development of a helicopter type aircraft landing control system for military purposes, are formulated. The position of the landing control system in the helicopter type aircraft control system is shown. A generalized logical information model of «helicopter type aircraft – underlying surface» system is presented.

Keywords: landing control system, underlying surface, snow-covered area, snow-ice cover, helicopter type aircraft, cockpit space insufficient information content.

Введение. Наиболее сложным и опасным этапом полета является посадка. Посадка воздушного судна вертолетного типа (ВСВТ) на неподготовленную заснеженную площадку или на водоем со снежно-ледяным покровом (СЛП) требует получение дополнительной информации о подстилающей поверхности (ПП) места посадки, с учетом которой принимается решение о ее



выполнении, что увеличивает и так значительные физические нагрузки на пилота и может иметь потенциально опасные последствия [1].

Выполнение посадки на заснеженную, песчаную или пыльную площадку связано с возникновением вокруг вертолета снежных или пыльных вихрей, ухудшающих видимость экипажу [2, 3]. При снижении в процессе выполнения посадки снежное (пыльное) облако обволакивает вертолет, что приводит к ухудшению видимости намеченных ориентиров для посадки с последующей полной потерей их визуальной видимости. При ухудшении видимости элементов рельефа или отдельных объектов, находящихся в зоне посадки, производится зависание с целью раздувания снежного (пыльного) облака. Продолжение снижения вертолета рассчитывается таким образом, чтобы при падении горизонтальной видимости уже наблюдался визуальный контакт с землей через остекление кабины или была обеспечена устойчивая вертикальная видимость до конца выполнения маневра. Иначе дальнейшее снижение и посадка запрещаются, равно как и горизонтальное смещение в поисках ориентиров в зоне посадки.

Для обеспечения безопасной посадки на заснеженной площадке высота снежного покрова (СП) не должна превышать пятидесяти сантиметров. Наличие плотного наста на поверхности СП позволяет избежать формирования снежного вихря [4]. Не допускается выполнение разворотов на снижении. В момент приземления горизонтальные смещения при СП более десяти сантиметров представляют особую опасность, поскольку могут привести к опрокидыванию вертолета.

Для посадки ВСВТ на заснеженной площадке необходимо оценить возможность ее безопасного выполнения. С этой целью человек из состава экипажа или из числа спасателей, находящийся в предполагаемом месте посадки [5], может определить высоту СП, наличие препятствий и понять, насколько это безопасно. В случае отсутствия человека на посадочной площадке такая оценка становится невозможной.

Необходимо исключить возможность проваливания ВСВТ под снег или лед, а также его опрокидывание в простых метеоусловиях (ПМУ) и сложных метеоусловиях (СМУ) при снеге, дожде, тумане, дымке, запыленности или задымленности атмосферы как днем, так и ночью, а также при снежном и пыльном вихре [1–6]. Это может быть возможно сравнением измеренных значений глубин СП и ЛП с допустимыми значениями в соответствии с типом ВСВТ с использованием РЛС зондирования ПП установленной в нижней части фюзеляжа ВСВТ, а посадка на заснеженную площадку [7, 8] сравнением измеренных значений глубины СП, уклона земной поверхности и высоты препятствия с допустимыми значениями в соответствии с типом ВСВТ.

Актуальность. Необходимость посадки на заснеженную площадку [7–10] или со СЛП (неподготовленную, необорудованную, неразведанную) может быть обусловлена высадкой десанта, доставкой подразделений, грузов и боеприпасов при выполнении боевых задач, поисково-спасательными операциями, эвакуацией раненых, пострадавших и т.д.

Находящиеся на борту современных воздушных судов вертолетного типа датчики различной природы не могут обеспечить пилота всей необходимой информацией в СМУ, поскольку при выполнении посадки неэффективны в снежном и пыльном вихре.

Без того высокая нагрузка на пилота ещё больше повышается поскольку навигационные приборы, установленные на борту, не дают на выходе легко читаемые изображения.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом ведутся активные работы по созданию системы управления посадкой (СУП) воздушных судов вертолетного типа, обеспечивающей безопасную посадку на неподготовленную площадку в условиях недостаточной видимости (УНВ).

Решения этой проблемы находятся на разных этапах готовности, однако пока не существует готового технологического решения для массового производства [1].

Важно отметить, что любое системное решение, гарантирующее безопасную посадку на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку должно решать три основные задачи:



1. Обеспечение ситуационной осведомленности о пространственном положении воздушного судна вертолетного типа;
2. Обеспечение ситуационной осведомленности о состоянии зоны посадки;
3. Обеспечение ситуационной осведомленности о состоянии ПП зоны посадки.

Одним из решений обеспечения ситуационной осведомленности о состоянии зоны посадки является технология синтетического зрения, которая предполагает наложение информации, полученной от различных сенсоров на карты местности находящихся в базах данных [1].

Решения по обеспечению ситуационной осведомленности о состоянии ПП зоны посадки в настоящее время отсутствуют. В тоже время существуют разработки по измерению высоты СП и толщины ЛП, использование которых на борту ВСВТ обеспечит ситуационную осведомленность о состоянии ПП зоны посадки.

Цель работы – представление концепции обеспечения безопасной посадки ВСВТ военного назначения на неподготовленную заснеженную площадку или со СЛП.

Принципы обеспечения безопасной посадки ВСВТ. Структурная схема управления ВСВТ представлена на рисунке 1. Летчик воздействует на органы управления ВСВТ на основе анализа получаемой информации из различных источников.

Место СУП в системе управления (СУ) ВСВТ показано на рисунке 2. Дополнительным источником информации о ПП места посадки является РЛС зондирования ПП, обеспечивающая принятие решения на посадку на неподготовленную заснеженную площадку или со СЛП за счет приема и обработки эхо-сигналов непосредственно от ПП.

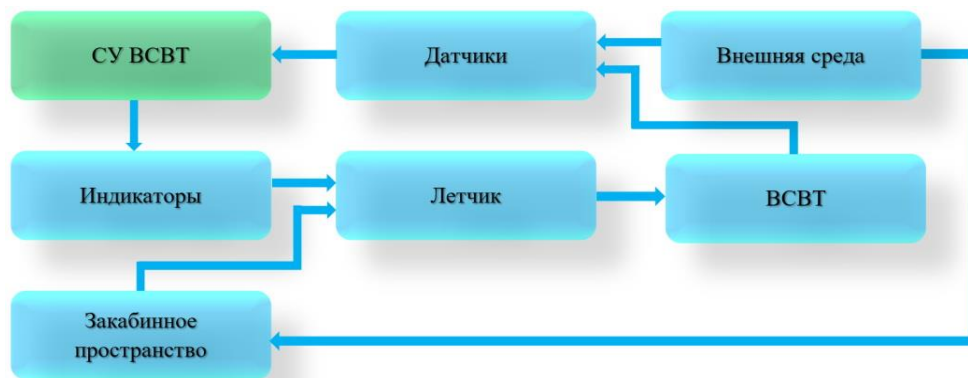
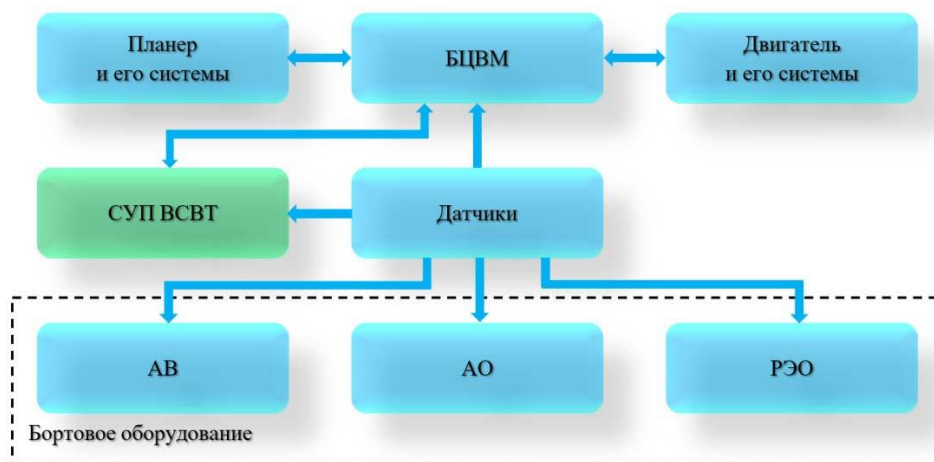


Рисунок 1 – Структурная схема управления ВСВТ



АВ – авиационное вооружение, АО – авиационное оборудование, РЭО – радиоэлектронное оборудование

Рисунок 2 – Место СУП в СУ ВСВТ



Обеспечение безопасной посадки ВСВТ военного назначения на неподготовленные заснеженные площадки или на водоем со снежно-ледяным покровом предполагает следующие принципы:

достаточной осведомленности о пространственном положении ВСВТ относительно земли, основанного на горизонтальной и вертикальной видимости. Основная масса современных радиовысотомеров неустойчиво функционируют в снежном и пыльном вихре и не предоставляют экипажу реальную высоту и скорость снижения ВСВТ [1];

достаточной осведомленности о состоянии зоны посадки, основанного на видимости подвижных и неподвижных объектов в зоне посадки. Установленные на борту навигационные приборы (GPS, доплеровский измеритель скорости, инерциальный измерительный блок, радиовысотомер, гироскоп) обеспечивают экипаж необходимой информацией, но только при хорошей видимости. Сенсоры, имеющие высокую проникающую способность для обзора сквозь снежный и пыльный, проходят различные этапы технологической готовности [1], а существующие метео-РЛС, тепловизионные и ТВ-камеры здесь не пригодны;

достаточной осведомленности о состоянии подстилающей поверхности зоны посадки, основанного на видимости высоты снежного покрова, препятствий в снежном покрове, уклона подстилающей поверхности, толщины ледяного покрова и безопасно возможного времени нахождения на льду;

легко читаемого изображения, основанного на преобразовании информации с выходов бортовых навигационных приборов и отображение ее в интуитивно понятной форме, снижающей нагрузку на пилота.

Сформулированные принципы обеспечения безопасной посадки ВСВТ легли в основу разработки обобщенной логической информационной модели системы «ВСВТ–ПП».

Обобщенная логическая информационная модель системы «воздушное судно вертолетного типа – подстилающая поверхность». Обобщенная логическая информационная модель системы «ВСВТ–ПП» представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Обобщенная логическая информационная модель системы «ВСВТ–ПП»

Экипаж получает информацию о пространственном положении ВСВТ относительно земли, состоянии зоны посадки, состоянии ПП зоны посадки посредством датчиков различной природы (рисунок 2) и принимает решение на основе рекомендаций на выполнение посадки ВСВТ, либо на поиск нового места посадки.

Обобщенную логическую информационную модель системы «ВСВТ–ПП» в формализованном виде можно представить в виде кортежа:



$$M_{\text{ВСВТ-ПП}} = \langle \mathfrak{Z}_{\text{изм}}^{\Omega}, \mathfrak{Z}_{\text{зад}}^{\Omega}, \mathfrak{R}_{\text{изм}}^{\Xi}, \mathfrak{R}_{\text{зад}}^{\Xi}, \mathfrak{N}_{\text{изм}}^{\nabla}, \mathfrak{N}_{\text{зад}}^{\nabla}, F_{\text{акс}}^{\diamond}, G_{\text{пр}}^{\diamond}, \Upsilon_{\text{реш}}^{\Lambda} \rangle, \quad (1)$$

где $\mathfrak{Z}_{\text{изм}}^{\Omega}$ – счетное множество измеренных значений параметров пространственного положения ВСВТ относительно земли (информация о пространственном положении ВСВТ относительно земли); $\mathfrak{Z}_{\text{зад}}^{\Omega}$ – конечное множество заданных значений параметров пространственного положения ВСВТ относительно земли; $\mathfrak{R}_{\text{изм}}^{\Xi}$ – счетное множество измеренных значений параметров состояния зоны посадки (информация о состоянии зоны посадки); $\mathfrak{R}_{\text{зад}}^{\Xi}$ – конечное множество заданных значений параметров состояния зоны посадки; $\mathfrak{N}_{\text{изм}}^{\nabla}$ – счетное множество измеренных значений параметров состояния ПП зоны посадки (информация о состоянии ПП зоны посадки); $\mathfrak{N}_{\text{зад}}^{\nabla}$ – конечное множество заданных значений параметров состояния ПП зоны посадки; $F_{\text{акс}}^{\diamond}$ – конечное множество аксиом; $G_{\text{пр}}^{\diamond}$ – конечное множество правил вывода; $\Upsilon_{\text{реш}}^{\Lambda}$ – счетное множество принимаемых решений на выполнение посадки ВСВТ.

Информация о пространственном положении ВСВТ относительно земли, поступающая от GPS, инерциального измерительного блока, доплеровского измерителя скорости, гироскопа, радиовысотомера, представлена в виде счетного множества измеренных значений параметров пространственного положения ВСВТ относительно земли $\mathfrak{Z}_{\text{изм}}^{\Omega}$ в кортеже (1)

$$\mathfrak{Z}_{\text{изм}}^{\Omega} = \langle \nu_{\text{ВСВТ}}, \gamma_{\text{ВСВТ}}, \psi_{\text{ВСВТ}}, h_{\text{ВСВТ}}, d_{\text{ВСВТ}}, v_{\text{ВСВТ}} \rangle, \quad (2)$$

где $\nu_{\text{ВСВТ}}$ – угол тангажа, положителен при оси ВСВТ поднятой над горизонтом; $\gamma_{\text{ВСВТ}}$ – угол крена, положителен при правом крене; $\psi_{\text{ВСВТ}}$ – угол рыскания, положителен при отвороте от заданного курса влево; $h_{\text{ВСВТ}}$ – высота ВСВТ; $d_{\text{ВСВТ}}$ – место нахождения ВСВТ; $v_{\text{ВСВТ}}$ – скорость снижения ВСВТ на посадке.

Конечное множество заданных значений параметров пространственного положения ВСВТ относительно земли $\mathfrak{Z}_{\text{зад}}^{\Omega}$ в кортеже (1)

$$\mathfrak{Z}_{\text{зад}}^{\Omega} = \langle \nu_{\text{ВСВТ}\Delta}, \gamma_{\text{ВСВТ}\Delta}, \psi_{\text{ВСВТ}\Delta}, h_{\text{ВСВТ}\Delta}, d_{\text{ВСВТ}\Delta}, v_{\text{ВСВТ}\Delta} \rangle, \quad (3)$$

где $\nu_{\text{ВСВТ}\Delta}$ – заданный угол тангажа при посадке ВСВТ; $\gamma_{\text{ВСВТ}\Delta}$ – заданный угол крена при посадке ВСВТ; $\psi_{\text{ВСВТ}\Delta}$ – заданный угол рыскания при посадке ВСВТ; $h_{\text{ВСВТ}\Delta}$ – заданная высота ВСВТ перед началом выполнения посадки; $d_{\text{ВСВТ}\Delta}$ – заданное место десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей; $v_{\text{ВСВТ}\Delta}$ – заданная скорость снижения ВСВТ на посадке.

Выбор места посадки осуществляется таким образом, чтобы здания, естественные сооружения, вышки, ЛЭП, кустарники, деревья, большие камни, статичные и движущиеся объекты находились на безопасном удалении в зависимости от типа ВСВТ, например, не менее 50 м исключая на ней препятствия высотой более одного метра. По мере входа ВСВТ в снежное облако видимость намеченных для посадки ориентиров ухудшается, а затем исключается полностью [1, 4].

Информация о состоянии зоны посадки, поступающая от метео-РЛС сантиметрового диапазона, ТВ и ИК камер, лазерного локатора (лидара), представлена в виде счетного множества измеренных значений параметров состояния зоны посадки $\mathfrak{R}_{\text{изм}}^{\Xi}$ в кортеже (1)



$$\mathfrak{R}_{\text{изм}}^{\Xi} = \langle d_{\text{п}}, h_{\text{п}} \rangle, \quad (4)$$

где $d_{\text{п}}$ – расстояние до препятствия; $h_{\text{п}}$ – высота препятствия.

Конечное множество заданных значений параметров зоны посадки $\mathfrak{R}_{\text{зад}}^{\Xi}$ в кортеже (1)

$$\mathfrak{R}_{\text{зад}}^{\Xi} = \langle d_{\text{п}\Delta}, h_{\text{п}\Delta} \rangle, \quad (5)$$

где $d_{\text{п}\Delta}$ – заданное расстояние до препятствия; $h_{\text{п}\Delta}$ – заданная высота препятствия.

Препятствия, находящиеся в зоне визуальной или оптической видимости до снежного вихря, сливаются на фоне тумана и белизны ПП.

Информация о состоянии ПП зоны посадки, поступающая от РЛС подповерхностного зондирования, представлена в виде счетного множества измеренных значений параметров состояния ПП зоны посадки $\mathfrak{N}_{\text{изм}}^{\nabla}$ в кортеже (1)

$$\mathfrak{N}_{\text{изм}}^{\nabla} = \langle h_{\text{см}}, \Delta_m, \Psi_m, h_{\text{лм}}, t_{\text{л}\Delta} \rangle, \quad (6)$$

где $h_{\text{см}}$ – измеренная глубина СП в каждом секторе приема, Δ_m – измеренная высота препятствий в каждом секторе приема, Ψ_m – измеренный наклон земной поверхности в каждом секторе приема, $h_{\text{лм}}$ – измеренная толщина ЛП в каждом секторе приема, $t_{\text{л}\Delta}$ – время нахождения ВСВТ на льду в соответствии с измеренной толщиной ЛП в каждом секторе приема.

Конечное множество заданных значений параметров состояния ПП зоны посадки $\mathfrak{N}_{\text{зад}}^{\nabla}$ в кортеже (1)

$$\mathfrak{N}_{\text{зад}}^{\nabla} = \langle h_{\text{с}\Delta}, h_{\Delta}, h_{\Psi}, h_{\text{л}\Delta}, t_{\text{с}} \rangle, \quad (7)$$

где $h_{\text{с}\Delta}$ – заданное значение глубины СП, h_{Δ} – заданное значение высоты препятствий, h_{Ψ} – заданный угол наклона земной поверхности, $h_{\text{л}\Delta}$ – рассчитанное значение толщины ЛП, $t_{\text{с}}$ – заданное значение времени десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей.

Аксиомы $F_{\text{акс}}^{\diamond}$ в кортеже (1) описаны конечным множеством априори истинных правил справедливых для пространственного положения ВСВТ относительно земли, состояния зоны посадки, состояния ПП зоны посадки

$$F_{\text{акс}}^{\diamond} = \langle F_1^{\diamond}, F_2^{\diamond}, \dots, F_n^{\diamond} \rangle, \quad (8)$$

где $F_1^{\diamond}, F_2^{\diamond}, \dots, F_n^{\diamond}$ – аксиомы.

Аксиомы для пространственного положения ВСВТ относительно земли F_n^{Ω} :

- при угле тангажа $\nu_{\text{всвт}}$ в кортеже (2) больше заданного значения $\nu_{\text{всвт}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_1^{\Omega} \rightarrow (\nu_{\text{всвт}} \geq \nu_{\text{всвт}\Delta}) \leftrightarrow \text{false}, \quad (8.1)$$

посадку запрещают по превышению заданного значения угла тангажа;

- при угле крена $\gamma_{\text{всвт}}$ в кортеже (2) больше заданного значения $\gamma_{\text{всвт}\Delta}$ в кортеже (3)



$$F_2^\Omega \rightarrow (\gamma_{\text{ВСВТ}} \geq \gamma_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{false}, \quad (8.2)$$

посадку запрещают по превышению заданного значения углу крена;

- при угле рыскания $\psi_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) больше заданного значения $\psi_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_3^\Omega \rightarrow (\psi_{\text{ВСВТ}} \geq \psi_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{false}, \quad (8.3)$$

посадку запрещают по превышению заданного значения угла рыскания;

- при высоте ВСВТ $h_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения на начало выполнения маневра $h_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_4^\Omega \rightarrow (h_{\text{ВСВТ}} \leq h_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{false}, \quad (8.4)$$

посадку запрещают по высоте ВСВТ меньше заданного значения;

- при нахождении ВСВТ $d_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) за пределами места десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей $d_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_5^\Omega \rightarrow (d_{\text{ВСВТ}} \geq d_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{false}, \quad (8.5)$$

посадку запрещают по нахождению за пределами заданного места десантирования;

- при скорости снижения ВСВТ на посадке $v_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) больше заданного значения $v_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_6^\Omega \rightarrow (v_{\text{ВСВТ}} \geq v_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{false}, \quad (8.6)$$

посадку запрещают по скорости снижения ВСВТ на посадке больше заданного значения;

- при угле тангажа $\nu_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения $\nu_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_7^\Omega \rightarrow (\nu_{\text{ВСВТ}} < \nu_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{true}, \quad (8.7)$$

посадку разрешают по углу тангажа меньше заданного значения;

- при угле крена $\gamma_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения $\gamma_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_8^\Omega \rightarrow (\gamma_{\text{ВСВТ}} < \gamma_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{true}, \quad (8.8)$$

посадку разрешают по углу крена меньше заданного значения;

- при угле рыскания $\psi_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения $\psi_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_9^\Omega \rightarrow (\psi_{\text{ВСВТ}} < \psi_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{true}, \quad (8.9)$$

посадку разрешают по углу рыскания меньше заданного значения;

- при высоте ВСВТ $h_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) больше заданного значения на начало выполнения маневра $h_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_{10}^\Omega \rightarrow (h_{\text{ВСВТ}} > h_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow \textit{true}, \quad (8.10)$$

посадку разрешают по высоте ВСВТ больше заданного значения;



- при нахождении ВСВТ $d_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) в пределах места десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей $d_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_{11}^{\Omega} \rightarrow (d_{\text{ВСВТ}} < d_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow true, \quad (8.11)$$

посадку разрешают по нахождению ВСВТ в пределах заданного места десантирования;

- при скорости снижения ВСВТ на посадке $v_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения $v_{\text{ВСВТ}\Delta}$ в кортеже (3)

$$F_{12}^{\Omega} \rightarrow (v_{\text{ВСВТ}} < v_{\text{ВСВТ}\Delta}) \leftrightarrow true, \quad (8.12)$$

посадку разрешают по скорости снижения ВСВТ на посадке меньше заданного значения.

Аксиомы для состояния зоны посадки F_n^{Ξ} :

- при расстоянии до препятствия d_{Π} в кортеже (4) меньше заданного значения $d_{\Pi\Delta}$ в кортеже (5)

$$F_1^{\Xi} \rightarrow (d_{\Pi} \leq d_{\Pi\Delta}) \leftrightarrow false, \quad (8.13)$$

посадку запрещают по расстоянию до препятствия меньше заданного значения;

- при высоте препятствия h_{Π} в кортеже (4) больше заданного значения $h_{\Pi\Delta}$ в кортеже (5)

$$F_2^{\Xi} \rightarrow (h_{\Pi} \geq h_{\Pi\Delta}) \leftrightarrow false, \quad (8.14)$$

посадку запрещают по превышению высоты препятствия;

- при расстоянии до препятствия d_{Π} в кортеже (4) больше заданного значения $d_{\Pi\Delta}$ в кортеже (5)

$$F_3^{\Xi} \rightarrow (d_{\Pi} > d_{\Pi\Delta}) \leftrightarrow true, \quad (8.15)$$

посадку разрешают по превышению заданного значения расстояния до препятствия;

- при высоте препятствия h_{Π} в кортеже (4) меньше заданного значения $h_{\Pi\Delta}$ в кортеже (5)

$$F_4^{\Xi} \rightarrow (h_{\Pi} < h_{\Pi\Delta}) \leftrightarrow true, \quad (8.16)$$

посадку разрешают по высоте препятствия меньше заданного значения.

Аксиомы для состояния ПП зоны посадки F_n^{∇} :

- при глубине СП h_{cm} в кортеже (6) больше заданного значения $h_{c\Delta}$ в кортеже (7) в любом из секторов

$$F_1^{\nabla} \rightarrow (h_{cm} \geq h_{c\Delta}) \leftrightarrow false, \quad (8.17)$$

посадку запрещают по превышению заданного значения глубины СП;

- при высоте препятствия Δ_m в кортеже (6) больше заданного значения h_{Δ} в кортеже (7) в любом из секторов



$$F_2^\nabla \rightarrow (\Delta_m \geq h_\Delta) \leftrightarrow false, \quad (8.18)$$

посадку запрещают по превышению высоты препятствий;

- при угле наклона земной поверхности Ψ_m в кортеже (6) больше заданного значения h_Ψ в кортеже (7) в любом из секторов

$$F_3^\nabla \rightarrow (\Psi_m \geq h_\Psi) \leftrightarrow false, \quad (8.19)$$

посадку запрещают по превышению угла наклона земной поверхности;

- при толщине ЛП $h_{\text{лп}}$ в кортеже (6) меньше рассчитанного значения $h_{\text{л}\Delta}$ в кортеже (7)

$$F_4^\nabla \rightarrow (h_{\text{лп}} \leq h_{\text{л}\Delta}) \leftrightarrow false, \quad (8.20)$$

посадку запрещают по значению толщины ЛП меньше рассчитанного;

- при времени нахождения ВСВТ на льду $t_{\text{л}\Delta}$ в кортеже (6) в соответствии с измеренной толщиной ЛП меньше заданного значения t_c в кортеже (7)

$$F_5^\nabla \rightarrow (t_{\text{л}\Delta} \leq t_c) \leftrightarrow false, \quad (8.21)$$

посадку запрещают по времени нахождения ВСВТ на льду меньше заданного значения времени десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей;

- при глубине СП $h_{\text{см}}$ в кортеже (6) ниже заданного значения $h_{\text{с}\Delta}$ в кортеже (7) во всех секторах

$$F_6^\nabla \rightarrow (h_{\text{см}} < h_{\text{с}\Delta}) \leftrightarrow true, \quad (8.22)$$

посадку разрешают по высоте СП;

- при высоте препятствия Δ_m в кортеже (6) ниже заданного значения во всех секторах h_Δ в кортеже (7)

$$F_7^\nabla \rightarrow (\Delta_m < h_\Delta) \leftrightarrow true, \quad (8.23)$$

посадку разрешают по высоте препятствия;

- при угле наклона земной поверхности Ψ_m в кортеже (6) меньше заданного значения h_Ψ в кортеже (7) в любом из секторов

$$F_8^\nabla \rightarrow (\Psi_m < h_\Psi) \leftrightarrow true, \quad (8.24)$$

посадку разрешают по уклону земной поверхности;

- при толщине ЛП $h_{\text{лп}}$ в кортеже (6) больше рассчитанного значения $h_{\text{л}\Delta}$ в кортеже (7)

$$F_9^\nabla \rightarrow (h_{\text{лп}} > h_{\text{л}\Delta}) \leftrightarrow true, \quad (8.25)$$

посадку разрешают по значению толщины ЛП больше рассчитанного;

- при времени нахождения ВСВТ на льду $t_{\text{л}\Delta}$ в кортеже (6) в соответствии с измеренной толщиной ЛП больше заданного значения t_c в кортеже (7)



$$F_{10}^{\nabla} \rightarrow (t_{\text{л\Delta}} > t_c) \leftrightarrow true, \quad (8.26)$$

посадку разрешают по времени нахождения ВСВТ на льду больше заданного значения времени десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей.

Правила вывода $G_{\text{пр}}^{\diamond}$ в кортеже (1) представлены конечным множеством отношений между аксиомами для пространственного положения ВСВТ относительно земли, состояния зоны посадки, состояния ПП зоны посадки

$$G_{\text{пр}}^{\diamond} = \langle G_1^{\diamond}, G_2^{\diamond}, \dots, G_k^{\diamond} \rangle, \quad (9)$$

где $G_1^{\diamond}, G_2^{\diamond}, \dots, G_k^{\diamond}$ – правила вывода нижнего уровня.

Правила вывода для пространственного положения ВСВТ относительно земли G_k^{Ω} :

- при угле тангажа $v_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) больше заданного значения $v_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.1), крена $\gamma_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) больше заданного значения $\gamma_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.2), рыскания $\psi_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) больше заданного значения $\psi_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.3), высоте ВСВТ $h_{\text{ВСВТ}}$ меньше заданного значения на начало выполнения маневра $h_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.4), при нахождении ВСВТ $d_{\text{ВСВТ}}$ за пределами места десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей $d_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.5), при скорости снижения ВСВТ на посадке $v_{\text{ВСВТ}}$ больше заданного значения $v_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.6)

$$G_1^{\Omega} \rightarrow F_1^{\Omega} \vee F_2^{\Omega} \vee F_3^{\Omega} \vee F_4^{\Omega} \vee F_5^{\Omega} \vee F_6^{\Omega} \leftrightarrow false, \quad (9.1)$$

$$G_1^{\Omega} \rightarrow (v_{\text{ВСВТ}} \geq v_{\text{ВСВТ\Delta}}) \vee (\gamma_{\text{ВСВТ}} \geq \gamma_{\text{ВСВТ\Delta}}) \vee (\psi_{\text{ВСВТ}} \geq \psi_{\text{ВСВТ\Delta}}) \vee (h_{\text{ВСВТ}} \leq h_{\text{ВСВТ\Delta}}) \vee (d_{\text{ВСВТ}} \geq d_{\text{ВСВТ\Delta}}) \vee (v_{\text{ВСВТ}} \geq v_{\text{ВСВТ\Delta}}) \leftrightarrow false,$$

посадку запрещают по соответствующему параметру;

- при угле тангажа $v_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения $v_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.7), крена $\gamma_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения $\gamma_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.8), рыскания $\psi_{\text{ВСВТ}}$ в кортеже (2) меньше заданного значения $\psi_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.9), высоте ВСВТ $h_{\text{ВСВТ}}$ больше заданного значения на начало выполнения маневра $h_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.10), при нахождении ВСВТ $d_{\text{ВСВТ}}$ в пределах места десантирования, высадки (посадки), разгрузки (погрузки) или стоянки с выключением двигателей $d_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.11), при скорости снижения ВСВТ на посадке $v_{\text{ВСВТ}}$ меньше заданного значения $v_{\text{ВСВТ\Delta}}$ в кортеже (3) аксиома (8.12)

$$G_2^{\Omega} \rightarrow F_7^{\Omega} \wedge F_8^{\Omega} \wedge F_9^{\Omega} \wedge F_{10}^{\Omega} \wedge F_{11}^{\Omega} \wedge F_{12}^{\Omega} \leftrightarrow true, \quad (9.2)$$

$$G_2^{\Omega} \rightarrow (v_{\text{ВСВТ}} < v_{\text{ВСВТ\Delta}}) \wedge (\gamma_{\text{ВСВТ}} < \gamma_{\text{ВСВТ\Delta}}) \wedge (\psi_{\text{ВСВТ}} < \psi_{\text{ВСВТ\Delta}}) \wedge (h_{\text{ВСВТ}} > h_{\text{ВСВТ\Delta}}) \wedge (d_{\text{ВСВТ}} < d_{\text{ВСВТ\Delta}}) \wedge (v_{\text{ВСВТ}} < v_{\text{ВСВТ\Delta}}) \leftrightarrow true,$$

посадку разрешают.

Правила вывода для состояния зоны посадки G_k^{Ξ} :

- при расстоянии до препятствия $d_{\text{п}}$ в кортеже (4) меньше заданного значения $d_{\text{п\Delta}}$ в кортеже (5), аксиома (8.13), высоте препятствия $h_{\text{п}}$ в кортеже (4) больше заданного $h_{\text{п\Delta}}$ в кортеже (5), аксиома (8.14)



$$G_1^{\Xi} \rightarrow F_1^{\Xi} \vee F_2^{\Xi} \leftrightarrow false, \quad (9.3)$$

$$G_1^{\Xi} \rightarrow (d_n \leq d_{n\Delta}) \vee (h_n \geq h_{n\Delta}) \leftrightarrow false,$$

посадку запрещают по соответствующему параметру;

- при расстоянии до препятствия d_n в кортеже (4) больше заданного значения $d_{n\Delta}$ в кортеже (5), аксиома (8.15), высоте препятствия h_n в кортеже (4) меньше заданного значения $h_{n\Delta}$ в кортеже (5), аксиома (8.16)

$$G_2^{\Xi} \rightarrow F_3^{\Xi} \wedge F_4^{\Xi} \leftrightarrow true, \quad (9.4)$$

$$G_2^{\Xi} \rightarrow (d_n > d_{n\Delta}) \wedge (h_n < h_{n\Delta}) \leftrightarrow true,$$

посадку разрешают.

Правила вывода для состояния ПП зоны посадки G_k^{∇} :

- при глубине СП h_{cm} в кортеже (6) выше заданного значения $h_{c\Delta}$ в кортеже (7) в любом из секторов приема аксиома (8.17), либо высоте препятствия Δ_m в кортеже (6) выше заданного значения h_{Δ} в кортеже (7) в любом из секторов приема аксиома (8.18), либо уклоне земной поверхности Ψ_m в кортеже (6) выше заданного значения h_{ψ} в кортеже (7) в любом из секторов приема аксиома (8.19), либо толщине ЛП h_{mm} в кортеже (6) меньше рассчитанного значения $h_{л\Delta}$ в кортеже (7) в любом из секторов приема аксиома (8.20), либо при времени нахождения ВСВТ на льду $t_{л\Delta}$ в кортеже (6) в соответствии с измеренной толщиной ЛП меньше заданного значения t_c в кортеже (7) в любом из секторов приема аксиома (8.21)

$$G_1^{\nabla} \rightarrow F_1^{\nabla} \vee F_2^{\nabla} \vee F_3^{\nabla} \vee F_4^{\nabla} \vee F_5^{\nabla} \leftrightarrow false, \quad (9.5)$$

$$G_1^{\nabla} \rightarrow (h_{cm} \geq h_{c\Delta}) \vee (\Delta_m \geq h_{\Delta}) \vee (\Psi_m \geq h_{\psi}) \vee (h_{mm} \leq h_{л\Delta}) \vee (t_{л\Delta} \leq t_c) \leftrightarrow false,$$

посадку запрещают по соответствующему параметру;

- при глубине СП h_{cm} в кортеже (6) меньше заданного значения $h_{c\Delta}$ в кортеже (7) во всех секторах приема аксиома (8.22), высоте препятствий Δ_m в кортеже (6) меньше заданного значения h_{Δ} в кортеже (7) во всех секторах приема аксиома (8.23), уклоне земной поверхности Ψ_m в кортеже (6) меньше заданного значения h_{ψ} в кортеже (7) во всех секторах приема аксиома (8.24), толщине ЛП h_{mm} в кортеже (6) больше рассчитанного значения $h_{л\Delta}$ в кортеже (7) во всех секторах приема аксиома (8.25), времени нахождения ВСВТ на льду $t_{л\Delta}$ в кортеже (6) в соответствии с измеренной толщиной ЛП больше заданного значения t_c в кортеже (7) в любом из секторов приема аксиома (8.26)

$$G_2^{\nabla} \rightarrow F_6^{\nabla} \wedge F_7^{\nabla} \wedge F_8^{\nabla} \wedge F_9^{\nabla} \wedge F_{10}^{\nabla} \leftrightarrow true, \quad (9.6)$$

$$G_2^{\nabla} \rightarrow (h_{cm} < h_{c\Delta}) \wedge (\Delta_m < h_{\Delta}) \wedge (\Psi_m < h_{\psi}) \wedge (h_{mm} > h_{л\Delta}) \wedge (t_{л\Delta} > t_c) \leftrightarrow true,$$

посадку разрешают.



Решение $\Upsilon_{\text{реш}}^{\Lambda}$ в кортеже (1) принимается на выполнение посадки ВСВТ в соответствии с правилами вывода верхнего уровня

$$\Upsilon_{\text{реш}}^{\Lambda} < G_{\text{пр}}^{\Omega}, G_{\text{пр}}^{\Xi}, G_{\text{пр}}^{\nabla} >, \quad (10)$$

где $G_{\text{пр}}^{\Omega}, G_{\text{пр}}^{\Xi}, G_{\text{пр}}^{\nabla}$ – правила вывода верхнего уровня по пространственному положению ВСВТ относительно земли, состоянию зоны посадки, состоянию ПП зоны посадки соответственно имеющими 1, 2, ..., m правил вывода.

Правила вывода при принятии решения о возможности посадки Υ_m^{Λ} :

- при превышении значения любого из параметров по пространственному положению ВСВТ относительно земли аксиомы (8.1)–(8.6) правило (9.1), состоянию зоны посадки аксиомы (8.13) и (8.14) правило (9.3), состоянию ПП зоны посадки аксиомы (8.17)–(8.21) правило (9.5) заданного значения

$$\Upsilon_1^{\Lambda} \rightarrow G_1^{\Omega} \vee G_1^{\Xi} \vee G_1^{\nabla} \leftrightarrow \text{false}, \quad (10.1)$$

$$\Upsilon_1^{\Lambda} \rightarrow F_1^{\Omega} \vee F_2^{\Omega} \vee F_3^{\Omega} \vee F_4^{\Omega} \vee F_5^{\Omega} \vee F_6^{\Omega} \vee F_1^{\Xi} \vee F_2^{\Xi} \vee F_1^{\nabla} \vee F_2^{\nabla} \vee F_3^{\nabla} \vee F_4^{\nabla} \vee F_5^{\nabla} \leftrightarrow \text{false},$$

посадку запрещают по соответствующему параметру;

- при значении параметров, не превышающих заданного или рассчитанного по пространственному положению ВСВТ относительно земли аксиомы (8.7)–(8.12) правило (9.2), состоянию зоны посадки аксиомы (8.15) и (8.16) правило (9.4), состоянию ПП зоны посадки аксиомы (8.22)–(8.26) правило (9.6)

$$\Upsilon_2^{\Lambda} \rightarrow G_2^{\Omega} \wedge G_2^{\Xi} \wedge G_2^{\nabla} \leftrightarrow \text{true}, \quad (10.2)$$

$$\Upsilon_2^{\Lambda} \rightarrow F_7^{\Omega} \wedge F_8^{\Omega} \wedge F_9^{\Omega} \wedge F_{10}^{\Omega} \wedge F_{11}^{\Omega} \wedge F_{12}^{\Omega} \wedge F_3^{\Xi} \wedge F_4^{\Xi} \wedge F_6^{\nabla} \wedge F_7^{\nabla} \wedge F_8^{\nabla} \wedge F_9^{\nabla} \wedge F_{10}^{\nabla} \leftrightarrow \text{true},$$

посадку разрешают.

Таким образом, получаемая информация о пространственном положении ВСВТ относительно земли, состоянии зоны посадки, состоянии ПП зоны посадки с решением (10), т.е. (10.1) или (10.2) о возможности посадки отображается на многофункциональных индикаторах в виде традиционной пилотажной символики и наשלемых индикаторных модулях (дневном индикаторе и индикаторных очках ночного видения).

Выводы. Сформулированные принципы обеспечения безопасной посадки легли в основу предложенной концепции обеспечения безопасной посадки ВСВТ военного назначения на неподготовленную заснеженную площадку или на водоем со снежно-ледяным покровом в условиях недостаточной информативности закабинного пространства позволяющей перейти к разработке системы управления посадкой ВСВТ в таких условиях.

Авторы не претендуют на полноту приведенных аксиом и правил вывода нижнего и верхнего уровня. Архитектура логической информационной модели «ВСВТ–ПП» имеет открытый характер, что позволяет добавлять аксиомы и правила вывода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сажаем вертолет вслепую: обзор технологий синтетического зрения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/369655> (дата обращения 15.10.2020).



2. Посадка. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/16_%2021971_posadka.html (дата обращения 15.10.2020).
3. Карпов В.Ф. Вихри враждебные. Ассоциация вертолетной индустрии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.aviaport.ru/digest/2009/02/17/167033.html> (дата обращения 15.10.2020).
4. Особенности взлетов и посадок на пыльных, песчаных или заснеженных площадках. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.svvaul.ru/component/k2/600-osobennosti-vzletov-i-posadok-na-pylnykh-peschanykh-ili-zasnezhennykh-ploshchadkakh> (дата обращения 15.10.2020).
5. Меры безопасности при применении вертолетов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/10_104903_meri-bezopasnosti-pri-primenenii-vertoletov.html (дата обращения 15.10.2020).
6. ГОСТ Р 56491-2015. Воздушный транспорт. Система управления безопасностью вертолетной деятельности. Общие принципы построения системы управления безопасностью вертолетной деятельности на всех этапах жизненного цикла вертолетов. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2015. 9 с.
7. Машков В.Г., Малышев В.А. Модель управления посадкой воздушного судна вертолетного типа на неподготовленную заснеженную площадку // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 4 (27). С. 1–10.
8. Пат. 2707275 Российская Федерация, МПК G01S 13/94. Способ выбора площадки для посадки воздушного судна вертолетного типа / Машков В.Г., Малышев В.А.; заявитель и патентообладатель ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж). № 2019100117; заявл. 09.01.2019; опубл. 26.11.2019, Бюл. № 33.
9. Mashkov V.G., Malyshev V.A. About safety during landing aircraft of the helicopter type on unprepared ground // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2019. № 12 (6). P. 724–732.
10. Malyshev V.A., Mashkov V.G. Compact radar system safe helicopter landing // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2019. № 12 (7). P. 792–801.

REFERENCES

1. Sazhaem vertolet vslepuyu: obzor tehnologij sinteticheskogo zreniya. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://habr.com/ru/post/369655> (data obrascheniya 15.10.2020).
2. Posadka. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://studopedia.ru/16_%2021971_posadka.html (data obrascheniya 15.10.2020).
3. Karpov V.F. Vihri vrazhdebnye. Associaciya vertoletnoj industrii. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.aviaport.ru/digest/2009/02/17/167033.html> (data obrascheniya 15.10.2020).
4. Osobennosti vzletov i posadok na pyl'nyh, peschanyh ili zasnezhennyh ploschadkah. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.svvaul.ru/component/k2/600-osobennosti-vzletov-i-posadok-na-pylnykh-peschanykh-ili-zasnezhennykh-ploshchadkakh> (data obrascheniya 15.10.2020).
5. Mery bezopasnosti pri primenenii vertoletov. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://studopedia.ru/10_104903_meri-bezopasnosti-pri-primenenii-vertoletov.html (data obrascheniya 15.10.2020).
6. GOST R 56491-2015. Vozdushnyj transport. Sistema upravleniya bezopasnost'yu vertoletnoj deyatel'nosti. Obschie principy postroeniya sistemy upravleniya bezopasnost'yu vertoletnoj deyatel'nosti na vseh etapah zhiznennogo cikla vertoletov. Osnovnye polozheniya. Moskva: Standartinform, 2015. 9 p.
7. Mashkov V.G., Malyshev V.A. Model' upravleniya posadkoj vozdushnogo sudna vertoletnogo tipa na nepodgotovlennuyu zasnezhennuyu ploschadku // Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tehnologii. 2019. T. 7. № 4 (27). pp. 1–10.



8. Pat. 2707275 Rossijskaya Federaciya, MPK G01S 13/94. Sposob vybora ploschadki dlya posadki vozdušnogo sudna vertoletnogo tipa / Mashkov V.G., Malyshev V.A.; zayavitel' i patentoobladatel' VUNC VVS «VVA» (g. Voronezh). № 2019100117; zayavl. 09.01.2019; opubl. 26.11.2019, Byul. № 33.

9. Mashkov V.G., Malyshev V.A. About safety during landing aircraft of the helicopter type on unprepared ground // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2019. № 12 (6). pp. 724–732.

10. Malyshev V.A., Mashkov V.G. Compact radar system safe helicopter landing // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2019. № 12 (7). pp. 792–801.

© Машков В.Г., Малышев В.А., Прохорский Р.А., 2020

Машков Виктор Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры эксплуатации радиотехнических средств (обеспечения полетов), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mvglaze@mail.ru.

Малышев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общевойсковых дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vimalyshev@list.ru.

Прохорский Руслан Александрович, кандидат технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией ВВС), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, ruslan20064@rambler.ru.