

УДК [621.396.96+53.082.74]

DOI: [10.26102/2310-6018/2021.32.1.027](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2021.32.1.027)

Способ оценки пространственного положения воздушного судна вертолетного типа в снежном (пыльном) вихре

В.Г. Машков, В.А. Малышев

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Российская Федерация*

Резюме. Наиболее сложным и опасным элементом полета воздушного судна вертолетного типа является посадка, а ее выполнение на неподготовленную площадку в условиях недостаточной видимости – одна из ключевых проблем. Посадка на неподготовленную (неразведанную, необорудованную) площадку может быть вызвана необходимостью доставки грузов, боеприпасов в боевых условиях, поисково-спасательными операциями, эвакуацией раненных и т. д. Пространственное положение воздушного судна и его местонахождение определяются экипажем визуально по естественному горизонту, земным ориентирам, а также относительно других материальных объектов и сооружений. При посадке на заснеженный или сухой грунт из-за воздушной струи от несущего винта вертолета поднимается твердая взвесь, что критически снижает горизонтальную и вертикальную видимость и может привести к неправильной оценке экипажем пространственного положения вертолета относительно земли. Кроме того незамеченными могут остаться препятствия в зоне посадки (крупные камни, подвижные и неподвижные объекты). Вместе с тем, при недостаточной освещенности или в сложных метеорологических условиях в зоне посадки могут находиться здания, сооружения, мачты линии электропередач, деревья, кустарники и т. д. Выполнение посадки вертолета на пыльную, песчаную или заснеженную площадку может сопровождаться созданием вокруг него пыльного или снежного вихря, который ухудшает видимость и снижает или исключает возможность визуального захода на посадку. Предложенный способ оценки пространственного положения воздушного судна вертолетного типа в снежном вихре в Арктической зоне относится к области авиации, в частности, к системам обеспечения безопасности посадки воздушного судна вертолетного типа и может быть использован при разработке систем управления посадкой воздушного судна вертолетного типа на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку в условиях недостаточной информативности закабинного пространства о пространственном положении как для ручного, так и для автоматического управления.

Ключевые слова: снежный вихрь, снежно-ледяной покров, заснеженная площадка, оценка пространственного положения, недостаточная информативность закабинного пространства, воздушное судно вертолетного типа.

Для цитирования: Машков В.Г., Малышев В.А. Способ оценки пространственного положения воздушного судна вертолетного типа в снежном (пыльном) вихре. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2021;9(1). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=947> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.027

Method for assessing the spatial position of a helicopter-type aircraft in a snowy (dusty) vortex

V.G. Mashkov, V.A. Malyshev

Military Educational-Research Centre of Air Force «Air Force Academy named

after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin»,
Voronezh, Russian Federation

Abstract: The most complex and dangerous element of the flight of a helicopter-type aircraft is landing, and its implementation on an unprepared site in conditions of insufficient visibility is one of the crucial problems. Landing on an unprepared (undiscovered, unequipped) surface may be caused by the need to deliver cargo, ammunition in combat conditions, search and rescue transactions, evacuation of the wounded and other reasons. The spatial position of the aircraft and its location is determined by the crew visually on the natural horizon, ground landmarks, as well as relative to other material objects and structures. When landing on snow-covered or dry ground, due to the air jet from the helicopter's main rotor, a solid suspended rises, which critically reduces horizontal and vertical visibility and can lead to a miscalculation by the crew of the helicopter's spatial position relative to the ground. In addition, they may remain unnoticed obstacles in the landing zone (large stones, moving and stationary objects) may remain unnoticed. At the same time, in low light conditions or difficult weather conditions, buildings, structures, power line masts, trees, shrubs may be located in the landing zone. d. The helicopter landing on a dusty, sandy, or snow-covered area may be accompanied by a dusty or snow vortex around it, which impairs visibility and reduces or eliminates the possibility of a visual approach. The proposed method for assessing the spatial position of a helicopter-type aircraft in a snow vortex in the Arctic zone relates to the field of aviation, in particular, to systems for ensuring the safety of landing a helicopter-type aircraft and can be used in the development of control systems for landing a helicopter-type aircraft on an unprepared (unequipped, undiscovered) site in conditions of the insufficient information content of the space behind the cab about the spatial position for both manual and automatic control.

Keywords: snow swirl, snow and ice cover, snow-covered pad, spatial position, the insufficient information content of the space behind the cab, helicopter-type aircraft.

For citation: Mashkov V.G., Malyshev V.A. Method for assessing the spatial position of a helicopter-type aircraft in a snowy (dusty) the vortex. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(1). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=947> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.027 (In Russ).

Введение

Тема Арктических территорий была поднята еще в начале XX века, когда Россия впервые заявила о своих правах на них в 1916 году. На сегодняшний момент организация, имеющая международный статус которая призвана осуществлять содействие сотрудничеству в рамках охраны окружающей среды и обеспечению устойчивого развития приполярных районов – Арктический совет включающий целый ряд стран: Данию (включая Гренландию и Фарерские острова), Исландию, Канаду, Норвегия, Россию, Соединенные Штаты, Финляндию, Швецию. За последние годы наблюдается значительный рост противостояния в Арктике. Ключевым фактором является неопределенный статус границ в этом регионе. Претендующими на них оказались даже те страны, которые находятся далеко за пределами Северного полярного круга, такие как Индия и Китай.

Последние десятилетия в нашей стране серьезное внимание уделялось стратегии развития Арктической зоны и обеспечению национальной безопасности. Сегодня это направление реализуется в рамках Указов Президента Российской Федерации: от 31 декабря 2015 г. № Пр-683 «О Стратегии национальной безопасности РФ» [1]; от 05 марта 2020 г. № Пр-164 «Об Основах государственной политики РФ в Арктике на период до 2035 года» [2]; от 26 октября 2020 г. № Пр-645 «О Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [3], Государственной программы РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ» утвержденной Постановлением Правительства РФ от 31 августа 2017 года № 1064 [4].

В то же время на развитие Арктики влияют [5], в частности такие особенности как, наличие снежного и ледяного покрова на акватории Арктических морей, экстремальные природные и климатические условия, включая сильные ветры и низкие температуры воздуха оцениваемые суровостью погоды; низкая плотность населения с очаговым характером промышленного и хозяйственного освоения на большой протяженности территории; слабое развитие инфраструктуры включая аэродромную сеть и потенциально опорных точек для дальнейшего освоения.

Расширяется присутствие Российской Федерации в Арктике, особенно на крайнем севере. Условия местности не позволяют организовать доставку грузов наземным транспортом, а отсутствие аэродромов – воздушным, поэтому основным средством доставки грузов в Арктике является вертолет.

Важнейшим фактором решения проблемы посадки воздушного судна вертолетного типа (ВСВТ) на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку являются условия недостаточной информативности (УНИ) закабинного пространства, под которыми кроме условий недостаточной видимости понимается вся совокупность получаемой информации включая бортовые инфракрасные камеры, ТВ-камеры, метео-РЛС, лазерный локатор (лидар) и др.

Выполнение посадки ВСВТ на заснеженную площадку или с сухим грунтом сопровождается подъемом твердой взвеси из-за воздушной струи от несущего винта, что влечет за собой критическое снижение как горизонтальной, так и вертикальной видимости и может способствовать неправильной оценке экипажем пространственного положения (ПП) ВСВТ относительно земли. Помимо этого, незамеченными могут быть препятствия в зоне посадки (крупные камни, подвижные и неподвижные объекты). Вместе с тем, при недостаточной освещенности или в сложных метеорологических условиях в зоне посадки могут находиться деревья, кустарники, здания, сооружения, мачты ЛЭП и т. д.

При выполнении взлета и посадки на сухой подстилающей поверхности используется понятие «пыльный вихрь» (brown-out) дословно «dust swirl» либо «dusty the vortex» описывающий это явление. Термин «снежный вихрь» (white-out) дословно «snow swirl» либо «snowy the vortex» описывает условия, характеризующие взлет или посадку на заснеженной подстилающей поверхности [6].

Снежный (рисунок 1,а [7], 1,б [8]) или пыльный (рисунок 2,а [9] 2,б [10]) вихрь возникает вокруг вертолета. Снижаясь при посадке ВСВТ входит в снежное (пыльное) облако, что сопровождается ухудшением видимости ориентиров, намеченных для посадки с дальнейшим их исключением.



а) Еврокоптер EC725 Caracal; б) Ми-8 АМТШ МО РФ
Рисунок 1 – Посадка в снежном вихре

а) Eurocopter EC725 Caracal; б) Mi-8 AMTSH the Russian Defense Ministry

Figure 1 – Landing in a snow vortex



а)

б)

а) Ми-17В-5 ВВС Афганистана; б) Ми-8 АМТШ-В МО РФ

Рисунок 2 – Посадка в пыльном вихре

а) Mi-17V-5 of the Afghan Air Force; б) Mi-8 AMTSH-V the Russian Defense Ministry

Figure 2 – Landing in a dusty vortex

В ситуации продолжения ухудшения видимости намеченных ориентиров (деталей рельефа) снижение прекращают, осуществляя зависание с раздуванием образовавшегося снежного (пыльного) облака. После зависания, экипаж продолжает снижение ВСВТ плавно таким образом, чтобы к началу падения горизонтальной видимости уже была обеспечена устойчивая вертикальная видимость до конца выполнения маневра или установлен визуальный контакт с землей через переднее остекление кабины. В противном случае запрещается вертикальное снижение и приземление, а также запрещается поиск ориентиров путем перемещений ВСВТ в стороны у земной поверхности [11, 12].

Снежный (песчаный) вихрь затрудняет визуальное определение выбранных для выполнения посадки наземных объектов для ориентации из-за клубов снега (пыли), что приводит к значительному росту влияния собственного вестибулярного ощущения на пилота. Попадая в особенные (непривычные) инерциальные и гравитационные условия, не исключена неправильная интерпретация мозгом передаваемой информации от вестибулярного аппарата и проприоцепторов, что в свою очередь дополнительно приведет к повышению физической нагрузки на пилота и возможному возникновению нежелательных ситуаций.

Циркуляция снега (пыли) снаружи кабины (рисунок 1) может сформировать у пилота иллюзию линейного движения ВСВТ в любом из трех направлений или его поворота по углу крена, тангажа или рыскания.

Кратковременно к пространственной дезориентации могут привести возникающие противоречия в физических ощущениях пилота, что в подобных случаях означает невозможность адекватной оценки или как ошибочное (ложное) восприятие ПП, перемещения ВСВТ относительно гравитационной вертикали и подстилающей поверхности. Пилот в подобной ситуации может не ощущать бокового уклона ВСВТ, а при реальном нахождении ВСВТ в состоянии висения у него может создаться ложное представление о движении ВСВТ, его боковом уклоне или повороте, что может привести к фатальным ошибкам.

В случае, если визуально контакт с одним или несколькими объектами, выбранными в качестве ориентиров находящимися на земле в УНИ закабинного

пространства отсутствует и собственные вестибулярные ощущения для безопасного висения, посадки или взлета ненадежны, пилоту приходится уповать прежде всего на показания навигационных индикаторов, источниками информации для которых являются бортовые датчики различной природы.

Установленные датчики на современных ВСВТ в сложных метеорологических условиях не могут дать всей необходимой пилоту информации, поскольку не способны сканировать зону посадки в снежном (песчаном) вихре. Более того, бортовые навигационные приборы не дают интуитивно понятное изображение, что только усугубляет и без того высокую нагрузку на пилота.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что ложные визуальные и сенсорные ощущения пилота в УНИ закабинной обстановки и низкая информативность бортовых датчиков различной природы в снежном и пыльном вихре приводят к авариям и катастрофам ВСВТ.

Целью исследования, проведенного в данной работе, является разработка способа оценки пространственного положения и местонахождения воздушного судна вертолетного типа относительно подстилающей поверхности при выполнении посадки на неподготовленную (неразведанную, необорудованную) площадку в условиях снежного или пыльного вихря.

Оценка пространственного положения ВСВТ в снежном (пыльном) вихре

Необходимо подчеркнуть, тот факт, что любое системное решение по обеспечению требуемого уровня безопасности посадки ВСВТ на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку в УНИ закабинного пространства должно быть направлено решение трех основных задач по обеспечению ситуационной осведомленности: о ПП ВСВТ, о состоянии зоны посадки, о состоянии подстилающей поверхности зоны посадки.

Представляемый способ оценки ПП ВСВТ в снежном вихре в Арктической зоне относится к области авиации, в частности, к системам обеспечения безопасности посадки ВСВТ и может быть использован при разработке систем управления посадкой ВСВТ на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку в УНИ закабинного пространства о ПП ВСВТ как для ручного, так и для автоматического управления.

Способ автоматической посадки по-самолетному в работе [13] основан на измерении координат самолета (вертолета), скорости и ускорения его перемещения относительно них, формировании в точке начала снижения опорной траектории снижения, исходя из параметров движения самолета в этой точке и в расчетной точке касания, определении отклонения самолета от этой траектории. При снижении самолета всякий раз формируется заданное значение вертикальной и горизонтальной поперечной составляющих скорости снижения, обеспечивающие приземление самолета в расчетной точке касания. Определение отклонения текущего значения вертикальной и горизонтальной поперечной составляющих скорости снижения от соответствующих заданных значений и формирование управляющих сигналов на основе этих отклонений.

Снежный или пыльный вихрь приводит к снижению видимости вплоть до исключения возможности визуальной посадки. Поскольку определение ПП ВСВТ и его местонахождения осуществляется экипажем визуально по естественному горизонту, земным ориентирам, в подобных условиях посадка по-вертолетному необходимо осуществлять исключительно при видимости естественного горизонта или намеченных посадочных ориентиров (материальных объектов, сооружений) на земле [14].

В работе под обеспечением безопасной посадки ВСВТ понимается исключение возможности опрокидывания ВСВТ, проваливания его под снег и лед при дневной и ночной посадке в простых и сложных метеоусловиях, а также в условиях пыльного и снежного вихря [15].

Описанный способ в работе [13] используемый при посадке по-самолетному предполагает взаимодействие с наземным оборудованием, что не позволяет производить посадку по-вертолетному, в частности на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку, автономно без наличия средств и систем наземного радиотехнического обеспечения полетов авиации в УНИ закабинного пространства о ПП (слабая или нулевая оптическая видимость закабинного пространства).

Техническим результатом предлагаемого способа является повышение уровня безопасности посадки ВСВТ на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку в УНИ закабинного пространства о ПП ВСВТ, за счет оценки изменения угла тангажа, угла крена, угла рыскания, высоты, места нахождения, скорости снижения ВСВТ на посадке.

Оценка ПП ВСВТ заключается в определении угла тангажа, крена, рыскания, высоты, места нахождения, скорости снижения ВСВТ на посадке, сравнении их с заданными значениями и принятии решения.

Перед началом выполнения посадки фиксируют значения угла тангажа $\nu_{в0}$, крена $\gamma_{в0}$, рыскания $\psi_{в0}$, высоты $h_{в0}$, места посадки $d_{в0}$, скорости снижения $v_{в0}$, в процессе снижения определяют разностные значения угла тангажа $\nu_{вЛизм}$, крена $\gamma_{вЛизм}$, рыскания $\psi_{вЛизм}$, высоты $h_{вЛизм}$, места нахождения $d_{вЛизм}$, скорости снижения $v_{вЛизм}$, производят их сравнение с заданными значениями угла тангажа $\nu_{в\Delta}$, крена $\gamma_{в\Delta}$, рыскания $\psi_{в\Delta}$, высоты перед началом выполнения посадки $h_{в\Delta}$, места посадки $d_{в\Delta}$, скорости снижения $v_{в\Delta}$ и принимают решение о продолжении посадки при одновременном выполнении условий: $\nu_{вЛизм} \leq \nu_{в\Delta}$, $\gamma_{вЛизм} \leq \gamma_{в\Delta}$, $\psi_{вЛизм} \leq \psi_{в\Delta}$, $h_{вЛизм} \geq h_{в\Delta}$, $d_{вЛизм} \leq d_{в\Delta}$, $v_{вЛизм} \leq v_{в\Delta}$.

Автоматический режим выполнения такой посадки предполагает формирование управляющих сигналов пропорциональных отклонению ВСВТ для приведения его в необходимое положение.

Высота ВСВТ измеряется при посадке на заснеженной площадке относительно земной поверхности в M секторах согласно работе [16], при посадке на водоем со снежно-ледяным покровом относительно поверхности льда в M секторах согласно работе [17] (рисунок 3).

ПП ВСВТ на посадке показано на рисунке 3, на рисунке 4 – схема способа оценки ПП ВСВТ на посадке и обозначено [18]: ВУ – вычитающее устройство измеренных значений угла тангажа $\nu_{в}$, крена $\gamma_{в}$, рыскания $\psi_{в}$, высоты $h_{в}$, места нахождения $d_{в}$, скорости снижения $v_{в}$ и фиксированных значений (сохраненных) угла тангажа $\nu_{в0}$, крена $\gamma_{в0}$, рыскания $\psi_{в0}$, высоты $h_{в0}$, места посадки $d_{в0}$, скорости снижения $v_{в0}$ при зависании перед началом выполнения маневра (посадки); ЗУ – запоминающее устройство; СС – схема сравнения разностных значений угла тангажа $\nu_{вЛизм}$, крена $\gamma_{вЛизм}$, рыскания $\psi_{вЛизм}$, высоты $h_{вЛизм}$, места нахождения $d_{вЛизм}$, скорости снижения $v_{вЛизм}$ с заданными значениями угла тангажа $\nu_{в\Delta}$, крена $\gamma_{в\Delta}$, рыскания $\psi_{в\Delta}$, высоты перед началом выполнения посадки $h_{в\Delta}$, места посадки $d_{в\Delta}$, скорости снижения $v_{в\Delta}$; РУ – решающее устройство.

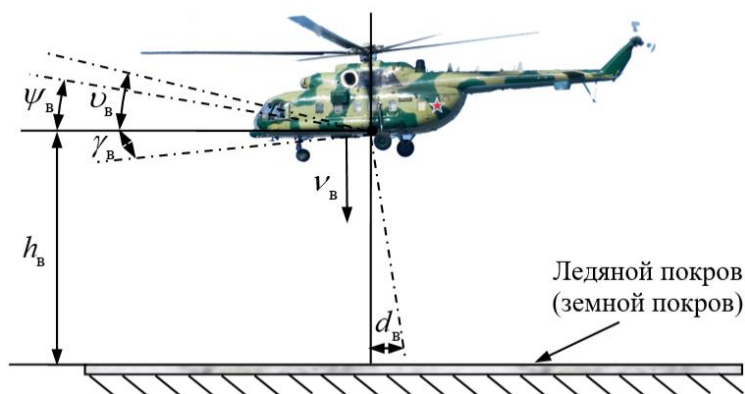


Рисунок 3 – Пространственное положение ВСВТ на посадке
 Figure 3 – Spatial position of the helicopter-type aircraft on landing

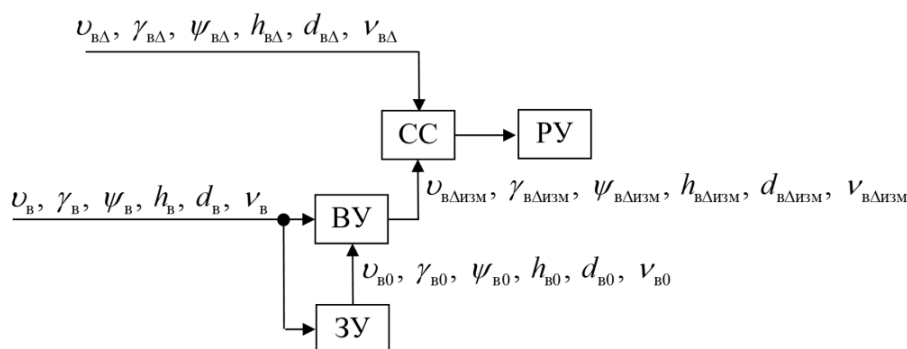


Рисунок 4 – Схема способа оценки пространственного положения ВСВТ на посадке
 Figure 4 – Scheme of the method for estimating the spatial position of the helicopter-type aircraft on landing

Описанный способ возможно реализовать, например, с помощью устройства используемого в приборном оборудовании ВСВТ. Сущность которого состоит в том, что перед началом выполнения маневра (посадки) фиксируют значения (сохраняют данные) угла тангажа $u_{в0}$, крена $\gamma_{в0}$, рыскания $\psi_{в0}$, высоты $h_{в0}$, места посадки $d_{в0}$, скорости снижения $v_{в0}$ в запоминающем устройстве (ЗУ).

В процессе снижения ВСВТ в вычитающем устройстве (БУ) определяют разностные значения угла тангажа $u_{в\Deltaизм} = u_B - u_{в0}$, угол тангажа положителен при оси вертолета поднятой над горизонтом, угла крена $\gamma_{в\Deltaизм} = \gamma_B - \gamma_{в0}$, угол крена положителен при правом крене, угла рыскания $\psi_{в\Deltaизм} = \psi_B - \psi_{в0}$, угол рыскания положителен при отвороте от заданного курса влево, высоты $h_{в\Deltaизм} = h_B - h_{в0}$, высота положительна при превышении заданного значения, места нахождения $d_{в\Deltaизм} = d_B - d_{в0}$, место нахождения положительно при принижении заданного значения, скорости снижения $v_{в\Deltaизм} = v_B - v_{в0}$, скорость снижения положительна при принижении заданного значения.

Схема сравнения (СС) обеспечивает сопоставление полученных разностных значений угла тангажа $u_{в\Deltaизм}$, крена $\gamma_{в\Deltaизм}$, рыскания $\psi_{в\Deltaизм}$, высоты $h_{в\Deltaизм}$, места

нахождения $d_{\text{ВЛИЗМ}}$, скорости снижения $v_{\text{ВЛИЗМ}}$ и заданных значений угла тангажа $u_{\text{ВЛ}}$, крена $\gamma_{\text{ВЛ}}$, рыскания $\psi_{\text{ВЛ}}$, высоты перед началом выполнения посадки $h_{\text{ВЛ}}$, места посадки $d_{\text{ВЛ}}$, скорости снижения $v_{\text{ВЛ}}$.

Решающее устройство (РУ) (и) принимает решение о возможном продолжении посадки при одновременном выполнении условий: $u_{\text{ВЛИЗМ}} \leq u_{\text{ВЛ}}$, $\gamma_{\text{ВЛИЗМ}} \leq \gamma_{\text{ВЛ}}$, $\psi_{\text{ВЛИЗМ}} \leq \psi_{\text{ВЛ}}$, $h_{\text{ВЛИЗМ}} \geq h_{\text{ВЛ}}$, $d_{\text{ВЛИЗМ}} \leq d_{\text{ВЛ}}$, $v_{\text{ВЛИЗМ}} \leq v_{\text{ВЛ}}$ с последующей выдачей предложений (рекомендаций) экипажу на многофункциональном индикаторе и в головных телефонах о перспективе (возможности) продолжения посадки ВСВТ, либо на выполнение необходимых действий для приведения ВСВТ к заданному ПП.

Представленное техническое решение при реализации в автоматическом режиме посадки ВСВТ на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку в УНИ закабинного пространства о ПП предполагает получение разностных (отклоняющих) значений угла тангажа $u_{\text{ВЛИЗМ}}$, крена $\gamma_{\text{ВЛИЗМ}}$, рыскания $\psi_{\text{ВЛИЗМ}}$, высоты $h_{\text{ВЛИЗМ}}$, места нахождения $d_{\text{ВЛИЗМ}}$, скорости снижения $v_{\text{ВЛИЗМ}}$. Получаемые между измеренными (текущими) значениями угла тангажа $u_{\text{В}}$, крена $\gamma_{\text{В}}$, рыскания $\psi_{\text{В}}$, высоты $h_{\text{В}}$, места нахождения $d_{\text{В}}$, скорости снижения $v_{\text{В}}$ и фиксированными значениями (сохраненными) угла тангажа $u_{\text{В0}}$, крена $\gamma_{\text{В0}}$, рыскания $\psi_{\text{В0}}$, высоты $h_{\text{В0}}$, места посадки $d_{\text{В0}}$, скорости снижения $v_{\text{В0}}$ при зависании перед началом выполнения маневра (посадки). С дальнейшим формированием управляющих сигналов пропорциональных отклонению ВСВТ для приведения его к заданному (необходимому, требуемому) ПП.

Заключение

Таким образом, применение способа оценки ПП ВСВТ в снежном вихре при посадке в Арктической зоне позволит повысить уровень безопасности посадки ВСВТ на неподготовленную (необорудованную, неразведанную) площадку в УНИ закабинного пространства о ПП ВСВТ и реализовать автоматический режим посадки в подобных условиях.

Использование предложенного способа в системе управления посадкой (СУП) ВСВТ позволит повысить ситуационную осведомленность о ПП ВСВТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации* (утв. Президентом Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № Пр-683). Доступно по: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40391> (дата обращения 22.12.2020).
2. *Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года* (утв. Президентом Российской Федерации от 05 марта 2020 г. № Пр-164). Доступно по: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255> (дата обращения 08.01.2021).
3. *Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года* (утв. Президентом Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № Пр-645). Доступно по: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74710556/> (дата обращения 22.12.2020).
4. *Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации»* (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2017 года № 1064). Доступно по:

- <http://government.ru/docs/29164/> (дата обращения 22.12.2020).
5. Милославский В.Г. Освоение российской Арктики и арктических территорий: потенциал, конкуренция и проблематика. *Молодой ученый*. 2017;18:157–161. Доступно по: <https://moluch.ru/archive/152/43047> (дата обращения 27.09.2019).
 6. *Полеты в горах*. Доступно по: <http://pandia.ru/text/80/087/4072-3.php> (дата обращения: 07.12.2017).
 7. Index of /performance/illustrations/Airbus__Helicopters/Caracal-EC725. Доступно по: http://www.blueskyrotor.com/performance/illustrations/Airbus_Helicopters/Caracal-EC725/landing_in_snow.jpg (дата обращения: 06.03.2021).
 8. Министерство обороны Российской Федерации. *Вихрь из снега и пара окутывает вертолет Ми-8АМТШ*. Доступно по: https://twitter.com/mod_russia/status/1096665481413570560/photo/1 (дата обращения: 06.03.2021).
 9. Farnborough Air Show. *Israel Aerospace Industries Gets Helo Safety into the Mix*. Доступно по: <https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2014-07-15/iai-gets-helo-safety-mix> (дата обращения: 06.03.2021).
 10. Китаев А. *Винтокрылые в песках*. Доступно по: <https://fotosn.ru/2019/12/12/винтокрылые-в-песках/> (дата обращения 10.12.2020).
 11. Посадка. Доступно по: https://studopedia.su/16_21971_posadka.html (дата обращения 07.12.2017).
 12. Приказ Министра обороны РФ от 24 сентября 2004 г. № 275 «Об утверждении Федеральных авиационных правил производства полетов государственной авиации». Доступно по: <https://base.garant.ru/187535/> (дата обращения 11.03.2021).
 13. Пат. 2061624 Российская Федерация, МПК В64С 19/00. *Способ автоматической посадки самолета*. И.Ф. Банькин, В.Н. Глот, В.С. Луняков, П.А. Савельев, И.Б. Сорова, А.К. Тетсман, В.П. Харьков, А.Ф. Якушев; заявитель Банькин И.Ф., Глот В.Н., Луняков В.С., Савельев П.А., Сорова И.Б., Тетсман А.К., Харьков В.П., Якушев А.Ф., патентообладатель Глот В.Н. № 93026338/11; заявл. 11.05.1993; опубл. 10.06.1996 с.
 14. *Особенности взлетов и посадок на пыльных, песчаных или заснеженных площадках*. Доступно по: <http://www.svvaul.ru/component/k2/600-osobennosti-vzletov-i-posadok-na-pylnykh-peschanykh-ili-zasnezhennykh-ploshchadkakh> (дата обращения 20.11.2020).
 15. Приказ Минтранса РФ от 31 июля 2009 г. № 128 *Об утверждении Федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации»*. Доступно по: <https://base.garant.ru/196235/> (дата обращения 11.03.2021).
 16. 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. 10 с.
 17. Пат. 2737761 Российская Федерация, МПК G01S 13/94. *Способ оценки возможности посадки воздушного судна вертолетного типа на водоем со снежно-ледяным покровом*. Машков В.Г., Малышев В.А., Прохорский Р.А.; заявитель и патентообладатель ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж). № 2019138650; заявл. 28.11.19; опубл. 02.12.2020, Бюл. № 34.
 18. Заявка на патент Российская Федерация, МПК В64С 19/00. *Способ оценки пространственного положения воздушного судна вертолетного типа*. Машков В.Г.; заявитель и патентообладатель ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж). № 2020144296; заявл. 29.12.2020.

REFERENCES

1. *On the National Security Strategy of the Russian Federation* (approved by the President of the Russian Federation no. Pr-683 of December 31, 2015). Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40391> (accessed 22.12.2020). (In Russ.)
2. *On the Fundamentals of the State Policy of the Russian Federation in the Arctic for the period up to 2035* (approved by the President of the Russian Federation no. Pr-164 of March 05, 2020). Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255> (accessed 08.01.2021). (In Russ.)
3. *Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national Security for the period up to 2035* (approved by the President of the Russian Federation no. Pr-645 of October 26, 2020). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74710556/> (accessed 22.12.2020). (In Russ)
4. *The State Program of the Russian Federation "Socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation"* (approved by the Government of the Russian Federation). Resolution of the Government of the Russian Federation no. 1064 of August 31, 2017). Available at: <http://government.ru/docs/29164/> (accessed 22.12.2020). (In Russ.)
5. Miloslavsky V.G. Development of the Russian Arctic and Arctic territories: potential, competition and problems. *Young Scientist*. 2019;18:157–161. Available at: <https://moluch.ru/archive/152/43047> (accessed 27.09.2019). (In Russ.)
6. *Flights in the mountains*. Available at: <http://pandia.ru/text/80/087/4072-3.php> (accessed: 07.12.2017). (In Russ.)
7. Index of /performance/illustrations/Airbus__Helicopters/Caracal-EC725. Available at: http://www.blueskyrotor.com/performance/illustrations/Airbus__Helicopters/Caracal-EC725/landing_in_snow.jpg (accessed: 06.03.2021).
8. Ministry of Defense of the Russian Federation. *A whirlwind of snow and steam envelops the Mi-8AMTSh helicopter*. Available at: https://twitter.com/mod_russia/status/1096665481413570560/photo/1 (accessed: 06.03.2021). (In Russ.)
9. Farnborough Air Show. *Israel Aerospace Industries Gets Helo Safety into the Mix*. Available at: <https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2014-07-15/iai-gets-helo-safety-mix> (accessed: 06.03.2021).
10. Kitaev A. *Rotorcraft in the sands*. Available at: <https://fotosn.ru/2019/12/12/винтокрылые-в-песках/> (accessed 10.12.2020). (In Russ.)
11. *Landing*. Available at: https://studopedia.su/16_21971_posadka.html (accessed 07.12.2017). (In Russ.)
12. Order of the Minister of Defense of the Russian Federation no. 275 of September 24, 2004 *On Approval of the Federal Aviation Regulations for the Conduct of State Aviation Flights*. Available at: <https://base.garant.ru/187535/> (accessed 11.03.2021). (In Russ)
13. Pat. 2061624 Russian Federation, IPC B64C 19/00. *Method of automatic landing of aircraft* I.F. Banykin, V.N. Glot, V.S. Lunyakov, P.A. Savelyev, I.B. Skorova, A.K. Tetsman, V.P. Kharkiv, A.F. Yakushev; applicant Banykin I.F., Glot V.N., Lunyakov V.S., Savelyev P.A., Skorova I.B., Tetsman A.K., Kharkiv V.P., Yakushev A.F., patent holder of Glot V.N. no. 93026338/11; application no. 11.05.1993; publ. 10.06.1996 p. (In Russ.)
14. *Features of take-offs and landings on dusty, sandy or snow-covered platforms*. Available at: <http://www.svvaul.ru/component/k2/600-osobennosti-vzletov-i-posadok-na-pylnykh-peschanykh-ili-zasnezhennykh-ploshchadkakh> (accessed 20.11.2020). (In Russ)
15. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation no. 128 of July 31, 2009 *On Approval of the Federal Aviation Regulations" Preparation and Execution of flights in Civil*

- Aviation of the Russian Federation*. Available at: <https://base.garant.ru/196235/> (accessed 11.03.2021). (In Russ.)
16. Pat. 2707275 Russian Federation, IPC G01S 13/94. *Method of selecting a landing site for a helicopter-type aircraft*. Mashkov V.G., Malyshev V.A.; applicant and patent holder of the MESC AF " AFA " (Voronezh). no. 2019100117; Application form 09.01.2019; Publ. 26.11.2019, Byul. no. 33. 10 p. (In Russ.)
17. Pat. 2737761 Russian Federation, IPC G01S 13/94. *A method for assessing the possibility of landing a helicopter-type aircraft on a reservoir with snow and ice cover*. Mashkov V.G., Malyshev V.A., Prokhorsky R.A.; applicant and patent holder of the MESC AF " AFA " (Voronezh). no. 2019138650; application no. 28.11.19; Publ. 02.12.2020, Byul. no. 34. (In Russ.)
18. Patent application Russian Federation, IPC B64C 19/00. *Method for assessing the spatial position of a helicopter - type aircraft*. Mashkov V. G.; applicant and patent holder of the MESC AF " AFA " (Voronezh). no. 2020144296; application no. 29.12.2020. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Машков Виктор Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: mvgblaze@mail.ru

ORCID: [0000-0002-3406-7444](https://orcid.org/0000-0002-3406-7444)

Mashkov Viktor Georgievich, candidate of technical sciences, associate professor, doctoral student of the department Military Educational-Research Centre of Air Force «Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh, Russian Federation.

Мальшев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация.

e-mail vamalyshv@list.ru

Malyshev Vladimir Aleksandrovich, doctor of engineering, professor, professor of the department Military Educational-Research Centre of Air Force «Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh, Russian Federation.