

УДК 681.5

## ВЕРТОЛЕТНЫЙ КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ И ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ\*

*С.А. Матвеев, А.Н. Бызов, С.Ю. Быстров, В.Н. Гармаш, С.И. Исенко, Д.М. Коробочкин,  
Ю.В. Петров, С.А. Рудыка, С.Ю. Страхов, А.Н. Сырцев*

Предложена структурная схема и основные режимы работы всепогодного и всесезонного вертолетного комплекса, обеспечивающего безопасность полетов при проведении поисково-спасательных операций в условиях Арктики. Основная особенность комплекса – одновременное решение задач информационного обеспечения безопасности полета и проведения поисково-спасательных операций. Совместное использование всех входящих в комплекс систем позволит повысить информативность о навигационных препятствиях по курсу полета, что в целом повысит безопасность полетов, а при проведении поисково-спасательных работ – вероятность обнаружения людей и объектов как в передней, так и нижней полусферах вертолета, сократит время на принятия решений о посадке на снежные и ледовые покровы неизвестной толщины.

*Ключевые слова:* безопасность полетов; поисково-спасательные операции; вертолетный комплекс; всепогодный; всесезонный; Арктика; лазерно-телевизионный модуль; радиолокационная станция.

---

## УЧУУ КООПСУЗДУГУН МААЛЫМАТТЫК КОЛДООЧУ ВЕРТОЛЁТ КОМПЛЕКСИ ЖАНА ИЗДӨӨ-КУТКАРУУ ИШТЕРИН ЖҮРГҮЗҮҮ

Бул макала Арктиканын шартында издөө-куткаруу иштерин жүргүзүүдө учуу коопсуздугун камсыз кылуучу аба-ырайынын бардык шартында жана бардык жыл мезгилинде учуучу вертолёт комплексинин түзүлүшүнүн схемасы жана негизги иштөө режими сунушталган. Комплекстин негизги өзгөчөлүгү – бир эле мезгилде учуу коопсуздугун маалыматтык камсыз кылуу менен бирге, издөө-куткаруу иштерин жүргүзөт. Комплексте кирген бардык системаларды бирдикте пайдалануу учуу курсу боюнча навигациялык тоскоолдуктар жөнүндө маалымдуулукту жогорулатууга мүмкүндүк берет, мунун өзү жалпы эле учуу коопсуздугун жогорулатат, ал эми издөө-куткаруу иштерин жүргүзүүдө – вертолёттун алдыңкы да, төмөнкү да жарым сфераларында адамдарды жана объекттерди табуу мүмкүндүгү, бул өз кезегинде белгисиз калыңдыктагы кар же муз катмарына конуу тууралуу чечимди кабыл алуу мөөнөтүн кыскартат.

*Түйүндүү сөздөр:* учуу коопсуздугу; издөө-куткаруу иштери; вертолёт комплекси; аба-ырайынын бардык шартында жана бардык жыл мезгилинде учуучу; Арктика; лазердик-телевизиондук модуль; радиолокациялык станция.

---

## HELICOPTER SYSTEM THAT PROVIDE INFORMATION SUPPORT FOR SAFETY OF FLIGHTS AND CONDUCT SEARCH AND RESCUE OPERATIONS

*S.A. Matveev, A.N. Bizov, S.Yu. Bistrov, V.N. Garmash, S.I. Isenko, D.M. Korobochkin,  
Yu.V. Petrov, S.A. Rudika, S.Yu. Strahov, A.N. Sircev*

This article proposes a structural diagram and the main operating modes of the all-weather and all-season helicopter complex, ensuring safety of flights during search and rescue operations in the Arctic. The proposed complex will significantly improve the functionality and safety of helicopter operations in difficult Arctic conditions. The main feature of the complex is the simultaneous solution of tasks, ensuring the safety of the flight and conducting search and rescue operations. The joint use of all the systems included in the complex to increase the information about navigational obstacles at the flight rate, which will generally improve the safety of flights, as well as in search and rescue operations, will increase the probability of access of people and objects, both in the front and the lower hemispheres of the vertex, will shorten the time for making decisions about landing on snow and ice cover of unknown thickness

*Keywords:* safety of flights; search and rescue operations; helicopter flight complex; all-weather; all-season; Arctic; laser-television module; radar station

Современный вертолет – одно из наиболее распространенных средств, обеспечивающих проведение поисково-спасательных операций, особенно в сложных условиях, таких как условия Арктики. Особенности эксплуатации в Арктики являются: низкие температуры, частые полеты над водной поверхностью, большие расстояния между точками базирования, географические особенности (безориентирная местность, полярная ночь, слабые или пропадающие сигналы спутниковой связи, неустойчивая радиосвязь) [1].

При эксплуатации вертолетов в темное время суток, в сложных метеорологических условиях, в условиях ограниченной видимости вследствие низкой освещенности, интенсивных осадков, тумана, задымленности, характерных при проведении различных поисково-спасательных операций [2], необходимо иметь как можно больше информации о навигационных препятствиях по курсу полета вертолета. Недавние трагические события – крушение вертолетов (Ми-8 в Чечне 7 марта 2018 г. [3], Ми-8 в Хабаровском крае 11 апреля 2018 г. [4], Ка-29 в акватории Балтийского моря 12 апреля 2018 г. [5]) показали, что вертолетам нужны современные средства автоматического обнаружения навигационных препятствий, находящихся по курсу полета, таких как опоры и провода ЛЭП, трубы, высокие деревья, здания и сооружения, естественные неровности поверхности, животные на местах приземления [6–8] и т. п. В вертолетах необходимо использовать разнообразные активные и пассивные датчики, работающие в различных спектральных диапазонах [9–13], современные высокоточные навигационные системы, в т. ч. геоинформационные [14], цифровую вычислительную технику, которая позволит осуществлять комплексирование информации от всех датчиков, автоматически выбирать режимы их работы, режимы вывода информации на многофункциональные индикаторы и средства оповещения экипажа о нештатных ситуациях.

В данной работе представлен разрабатываемый в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова всепогодный и всесезонный комплекс информационного обеспечения безопасности полетов для поисково-спасательных операций, проводимых с помощью летательных аппаратов вертолетного типа в Арктике в сложных метеорологических условиях. Структурная схема комплекса представлена на рисунке 1.

Основные задачи, решаемые комплексом: оказание помощи пилотам при пилотировании вертолета в сложных метеорологических условиях; обнаружение навигационных препятствий по курсу полета, в том числе ЛЭП и опор ЛЭП, зданий и сооружений, естественных неровностей поверхности

земли и других препятствий с возможностью измерения их относительных координат; полет в условиях плохой видимости; помощь при посадке в полевых условиях на снег и лед (необходимой для этого толщины) при осуществлении поисково-спасательных работ; обнаружение малоразмерных объектов на водной поверхности, измерение их относительных координат.

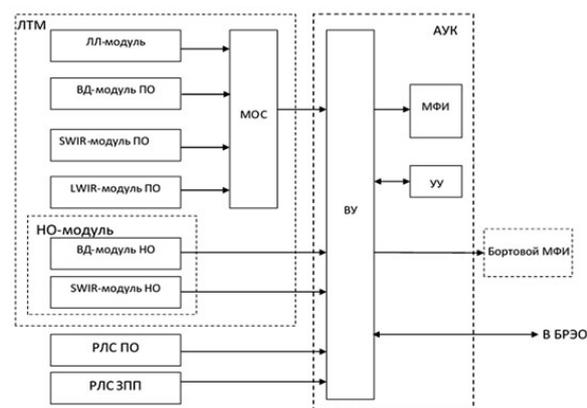


Рисунок 1 – Структурная схема комплекса

Рассмотрим основные составляющие комплекса:

1. *Лазерно-телевизионный модуль* (рисунок 2, а), в состав которого входят: камера видимого диапазона, камера коротковолнового ИК-диапазона, аппаратура лазерно-локационного сканирования, модуль обработки сигналов; модуль нижнего обзора, состоящий из двух камер видимого диапазона [15–18].

Модуль обеспечивает в светлое и темное время суток: обзор закабинного пространства по направлению полета вертолета, обнаружение и визуализацию препятствий (проводов и опор линий электропередач, дымовых труб, мачт и других высоких объектов) и предупреждение экипажа вертолета об опасном приближении к препятствиям, представляющим опасность для вертолета, в условиях низкой освещенности и при выполнении полетов на малых высотах; обзор подстилающей поверхности [19] (рисунок 3).

Модуль нижнего обзора обеспечивает дополнительной информацией экипаж в нижней полусфере вертолета при выполнении посадки и проведении спасательных операций.

Аппаратура лазерно-локационного сканирования способна обнаружить и визуализировать «интегрально невидимые» объекты (провода и опоры ЛЭП, трубы, мачты и т. д.) в условиях, когда телевизионные или тепловизионные камеры не могут



Рисунок 2 – Внешний вид лазерно-телевизионного модуля (а) и РЛС ЗПП (б)



Рисунок 3 – Пример обнаружения опор и проводов ЛЭП, используемой лазерной системой

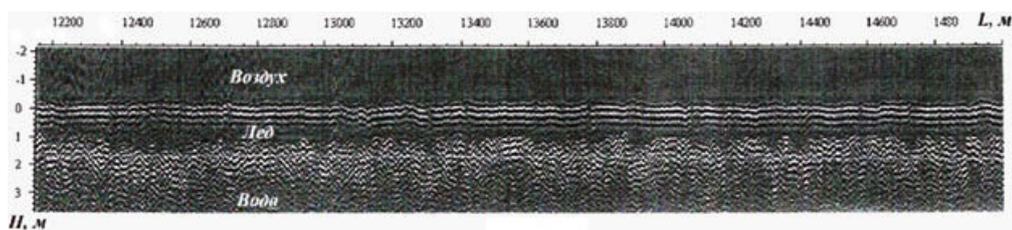


Рисунок 4 – Фрагмент радарограммы ледяного разреза профиля в зоне торосового льда

получить изображение удовлетворительного качества. При этом дальность обнаружения проводов ЛЭП диаметром 10 мм современными лидарами составляет около 800 м (рисунок 3).

2. Радиолокационная станция переднего обзора обеспечивает обзор земной и морской поверхности, обнаружение опасных препятствий по курсу полета с измерением высоты превышения.

3. РЛС зондирования подстилающей поверхности предназначена для дополнительного информационного обеспечения безопасной посадки вертолета на снежные и ледовые покровы, позволяет обнаруживать скрытые непрозрачным для оптических и лазерных излучений камуфляжем, либо слоем снега или льда [20] объектов, что особенно актуально при проведении поисково-спасательных операций в условиях Арктики. Обеспечивает измерение толщины льда и снега (до 2 м) в режиме висения вертолета на высоте от 5 до 10 м с разрешающей способностью по глубине 15 см (см. рисунок 2, б). На рисунке 4 в качестве примера показаны результаты измерений ледяного покрова реки с борта вертолета МИ-8.

4. Аппаратура управления и комплексной обработки информации служит для приема и обработки информации от всех датчиков, формирования разнообразных сигналов опасности и передачи их в БРЭО, выдачи визуальной и звуковой информации. В состав входят: вычислительное устройство; устройство управления; многофункциональный индикатор.

Режимы визуализации закабинной обстановки и режимы обнаружения опасных препятствий, регистрируемых различными датчиками (спектральными каналами), приведены в таблицах 1 и 2.

Предложенный всепогодный и всесезонный комплекс значительно повысит функциональные возможности и безопасность полетов вертолета в сложных условиях Арктики. Основная особенность комплекса – одновременное решение задач информационного обеспечения безопасности полета и проведения поисково-спасательных операций. Совместное использование всех входящих в комплекс систем повысит информативность о навигационных препятствиях по курсу полета, что в целом повысит безопасность полетов, а при

проведении поисково-спасательных работ – вероятность обнаружения людей и объектов как в передней, так и нижней полусферах вертолета, сократит время на принятие решений о посадке на снежные и ледовые покровы неизвестной толщины.

Таблица 1 – Режимы визуализации закабинной обстановки

Условия применения	Режим
Светлое время суток; условия нормальной видимости	TB
Светлое время суток; условия недостаточной видимости вследствие дождя или снегопада	TB+SWIR
Светлое время суток; условия недостаточной видимости вследствие дымки или тумана	TB+LWIR
Темное время суток; дождь/ снегопад либо посадка на аэродромы с системами огней высокой интенсивности (сила света не менее 10000 кд)	SWIR
Темное время суток; без осадков либо дымка/туман	LWIR
Темное время суток; дождь или снегопад с туманом	SWIR+LWIR
Светлое время суток; дождь или снегопад с туманом	TB+SWIR+LWIR

Таблица 2 – Режимы обнаружения опасных препятствий, людей и объектов

Условия применения	Режим
Условия нормальной видимости, либо условия осадков слабой и умеренной интенсивности (до 8 мм/ч)	ЛЛ
Осадки высокой интенсивности (свыше 8 мм/ч)	ЛЛ+РЛС
Пыльные и снежные вихри	РЛС

Работа проведена в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 (ПРОЕКТ 218) в рамках НИОКТР, выполняемой при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 03.G25.31.0294 от 13.07.2018). Работы выполняются в организации Головного исполнителя НИОКТР ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

#### Литература

- Особенности эксплуатации вертолетов в зоне Арктики. – URL: <https://docplayer.ru/60404614-Osobennosti-ekspluatatsii-vertoletov-v-zone-arktiki.html>, свободный.
- Гармаш В.Н. Комплексирование информации от разнородных источников в бортовых комплексах обеспечения поисково-спасательных операций / В.Н. Гармаш, Д.М. Коробочкин, С.А. Матвеев, Ю.В. Петров, С.А. Рудыка, Т.М. Сухов // Вопросы радиоэлектроники. 2018. №7. С. 139–146.
- В Чечне разбился вертолет Ми-8 с пограничниками. – URL: <https://www.gazeta.ru/social/2018/03/07/11674771.shtml>, свободный.
- В Хабаровске потерпел крушение вертолет Ми-8, совершавший учебный полет. – URL: <http://www.mk.ru/incident/2018/04/11/vse-nakhodivshiesya-nabortu-razbivshegosya-v-khabarovske-vertoleta-mi8-pogibli.html>, свободный.
- В акватории Балтийского моря потерпел крушение военный вертолёт Ка-29: погибли два лётчика. – URL: <https://news.mail.ru/incident/33155774/?frommail=1>, свободный.
- E2VS Displays Potential as Breakthrough Product // Aviation week network. October 2015. URL: <http://aviationweek.com/nbaa-2015/e2vsdisplays-potential-breakthrough-product>.
- Arthur J.J. CFIT prevention using synthetic vision / J.J. Arthur, L.J. Prinzel, L.J. Kramer, R.E. Bailey and R.V. Parrish // In Proceedings of SPIE, Enhanced and Synthetic Vision, 2003. Vol. 5018, April 2003. P. 146–157.
- Kramer L.J. Synthetic vision enhances situation awareness and RNP capabilities for terrain-challenged approaches / L.J. Kramer, L.J. Prinzel, R.E. Bailey and J.J. Arthur // In Proceedings of the American Institute of Aeronautics and Astronautics. Third Aviation Technology, Integration, and Operations Technical Forum, AIAA 2003-6814, 1–11, April 2003.
- Коробочкин Д.М. Разработка функциональной схемы математического обеспечения системы информационной поддержки низковысотного полета летательного аппарата в сложных метеоусловиях / Д.М. Коробочкин, Ю.В. Петров // Сб. докл. 2-й научн.-техн. конф. «Будущее предприятия – в творчестве молодых». СПб.: АО «НПП «Радар ммс», 2016. С. 99–103.
- Сухов Т.М. Обработка сигналов в многодиапазонных системах технического зрения / Т.М. Сухов, С.Ю. Страхов, В.Н. Гармаш, Ю.В. Петров, Д.М. Коробочкин // Сб. тр. XXIV межд. научн.-техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь»: в 5 т. Воронеж: ООО «Вэлнборн», 2018. 2230 с. Т. 2. С. 308–312.
- Борейшо А.С. Комплексирование лазерных и радиолокационных систем в задачах авиационного метеорологического мониторинга / А.С. Борейшо, Д.Н. Васильев, А.С. Михайленко, К.О. Алексеев, М.А. Коняев, А.Е. Орлов, С.Ю. Страхов, А.А. Сорокин, Г.А. Петров, Ю.В. Петров, Д.А.

- Кордубайло // Сб. докл. 20 межд. научн.-техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь». Т. 3. Воронеж, 2014. С. 1613–1625.
12. Kramer Lynda J. Using vision system technologies to enable operational improvements for low visibility approach and landing operations / Lynda J. Kramer, K. Kyle, E. Ellis, E. Randall Bailey, P. Steven Williams, Kurt Severance, Lisa R. Le Vie, James R. Comstock // Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2014 IEEE/AIAA 33rd.
  13. Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) For Enhanced Vision Systems, Synthetic Vision Systems, Combined Vision Systems And Enhanced Flight Vision Systems. RTCA/DO-315, RTCA Inc. Washington, DC. Dec. 2008.
  14. Овчарук Д.А. Система предупреждения экипажа летательного аппарата о наземных препятствиях на основе геоинформационных и радиолокационных данных о рельефе местности / Д.А. Овчарук, Д.М. Коробочкин, Ю.В. Петров // Сб. докл. XXI межд. научн.-техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь». Т. X. Воронеж, 2015. 1619 с. С. 640–651.
  15. SWIR камера. – Режим доступа: <http://swir.ru/>, свободный.
  16. Бельский А. Лазерные локационные системы для повышения безопасности полетов вертолетов / А. Бельский, Н. Жосан, В. Гребенщиков, А. Каргаев, Д. Брондз, К. Горбачев, Д. Воробьев // Фотоника. 2013. № 5 (41). С. 66–75.
  17. Ömer Emre Yetgin. A Comparison of Line Detection Methods for Power Line Avoidance in Aircrafts / Ömer Emre Yetgin, Zekeriya Şentürk, Ömer Neziğ Gerek // Electrical and Electronics Engineering (ELECO), 9th International Conference, 2015. P. 241–245.
  18. Нефедов В.И. Применение электронно-оптического преобразователя изображений в системе «ЛИДАР» для лазерного зондирования объектов в жидких и газовых средах / В.И. Нефедов, М.А. Карпов, П.А. Лучников // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2009. Ч. 4. М.: Энергоатомиздат. С. 282–287.
  19. Тараканов В. Реализация концепции комплексного обеспечения безопасности полетов вертолетов / В. Тараканов, А. Майоров, И. Мухин, С. Селезнев. – URL: <http://www.aviaavtomatika.ru/file/article/article.020.1.pdf?octdrk>, свободный.
  20. Захваткина Н.Ю. Мониторинг ледяного покрова с помощью спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой / Н.Ю. Захваткина // Метеорологический вестник. 2009. Т. 2. Вып. 1 (2). С. 1–37.