

УДК 629.735.45

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРТОЛЁТОВ

В. Г. Андронов¹, И. Е. Мухин², Д. С. Коптев³, А. А. Чувев⁴, Ю. В. Шуклина⁵

¹vladia58@mail.ru, ²makskatol21@yandex.ru, ³d.s.koptev@mail.ru, ⁴kpiss-swsu@yandex.ru, ⁵shuklina-uv@yandex.ru

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Поступила в редакцию 20.04.2023

Аннотация. Проведение поисково-спасательных работ в единой системе авиационного поиска связано с использованием дежурных поисково-спасательных воздушных судов, а, следовательно, и с задачами обеспечения безопасности полетов. Наибольшую опасность для полётов вертолётов на предельно малых высотах представляют малозаметные препятствия, которые плохо обнаруживаются при визуальном наблюдении в ночных условиях и в условиях недостаточной видимости, связанной с метеорологическими факторами. Предложена структурно-функциональная схема комплекса для обеспечения поисково-спасательных операций с использованием вертолетов в Арктической зоне, показан его состав, указаны тактико-технические характеристики основных модулей и основные режимы визуализации закабинной обстановки. Решение задачи создания комплекса является актуальным, так как он позволяет визуализировать малоразмерные препятствия по курсу полёта, в прибрежных морских районах, на поверхности моря, а также предупреждать экипаж о приближении к ним, обеспечивать пилотов дополнительной информацией о подстилающей поверхности при посадке на необорудованную площадку.

Ключевые слова: комплекс для обеспечения поисково-спасательных операций, Арктическая зона РФ, лазерно-телевизионный модуль, радиолокационная станция переднего обзора, радиолокационная станция зондирования подстилающей поверхности.

ВВЕДЕНИЕ

Комплекс для обеспечения поисково-спасательных операций (КОПСО) предназначен для:

- повышения безопасности полётов вертолётов;

- информационного обеспечения поисково-спасательных операций, таких как поиск и обнаружение потерпевших бедствие в прибрежных морских районах и на побережье, наведение наземных поисково-спасательных сил на объекты поиска, десантирование спасательных групп посадочным способом.

При проведении ПСО по обнаружению и спасению людей и судов, терпящих бедствие в прибрежных морских районах, необходимой является возможность технического обнаружения малозаметных объектов на фоне волн при высоте полёта вертолёта от 150 до 200 метров. Такую задачу может решать оборудование, применяемое для обнаружения малозаметных навигационных препятствий.

Другим существенным вопросом обеспечения полётов вертолётов в условиях Арктики является необходимость дополнительного информационного обеспечения пилотов вертолёта

при выполнении посадки вертолѐта на необорудованную площадку. Пилот не имеет никакой информации, кроме картографической и фактической визуальной, о подстилающей поверхности площадки, вследствие чего имеются риски неправильной оценки им глубины снежного покрова или толщины льда. Этот риск может быть исключѐн при применении оборудования, которое даст дополнительную информацию пилоту о подстилающей поверхности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Арктическая зона Российской Федерации своими природно-экономическими, демографическими и иными условиями значительно отличается от других регионов Российской Федерации:

- экстремальные природно-климатические условия, включая постоянный ледовый покров или дрейфующие льды в арктических морях центральной части арктического бассейна;
- очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения (0,54 чел. на 1 км² по состоянию на начало 2022 г.);
- удалѐнность от основных промышленных центров, высокая ресурсѐмкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России;
- уязвимость природы от техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) и производственной деятельности человека.

Территория континентальной суши АЗРФ составляет 4,9 млн км². Острова занимают площадь 0,2 млн км. Шельфовые и внутренние моря АЗРФ достигают площади 4 млн км² (рисунок 1).

Несмотря на небольшое количество живущих (1,7 % от общей численности населения нашей страны), для России Арктика является стратегически важным регионом и богатейшей кладовой минеральных ресурсов (80 % газовых запасов, свыше 90 % никеля и кобальта).

В последнее время на государственном уровне развитию Арктического региона уделяется особое внимание. Повышенный интерес уделяется развитию Северного морского пути, кратчайшему морскому пути между Европой и Азией, позволяющему сократить путь более чем на 5 тысяч километров.

В связи с большой площадью и отсутствием хорошо развитой инфраструктуры, особую роль в ликвидации чрезвычайных ситуаций, проведении поисково-спасательных работ будет играть авиация, особенно вертолѐты с их возможностью зависания и посадки на неподготовленные площадки.

Климатические особенности, а именно: экстремально низкие температуры, большие её в течение года, продолжительные осадки (дождь, снег), туманы, частая смена погоды, наличие сильных ветров (до 180 км/ч) усложняют применение вертолѐтов. В особенности опасно обледенение несущих лопастей, вызванных ледяными дождями, инверсиями температуры воздуха на высотах до 3000 м. На рабочих высотах полѐта отмечается интенсивная турбулентность [1, 2].

В Арктике наземная, в том числе авиационная инфраструктура слабо развита из-за труднодоступной местности, поэтому зачастую преодолевая большие расстояния, необходимо осуществлять посадки на неподготовленные площадки с мягким грунтом (снег, тундра, болота). Также слабо развита наземная сеть средств обеспечения навигации, и полѐт зимой, в основном, проходит над безориентировочной местностью (с воздуха она видна, как однообразная снежная пустыня) что не позволяет вести визуальную или радиолокационную ориентировку. Летом, в особенности при полѐте вдоль побережья, появляются характерные ориентиры, например, острова, бухты, которые образуют множество полуостровов.



Рис.1. Арктическая зона Российской Федерации: 1 – Мурманская область; 2 – Республика Карелия; 3 – Архангельская область; 4 – Ненецкий автономный округ; 5 – Ямало-Ненецкий автономный округ; 6 – Красноярский край; 7 – Республика Саха (Якутия); 8 – Чукотский автономный округ; 9 – республика Коми

В Арктике наземная, в том числе авиационная инфраструктура слабо развита из-за труднодоступной местности, поэтому зачастую преодолевая большие расстояния, необходимо осуществлять посадки на неподготовленные площадки с мягким грунтом (снег, тундра, болота). Также слабо развита наземная сеть средств обеспечения навигации, и полёт зимой, в основном, проходит над безориентировочной местностью (с воздуха она видна, как однообразная снежная пустыня) что не позволяет вести визуальную или радиолокационную ориентировку. Летом, в особенности при полёте вдоль побережья, появляются характерные ориентиры, например, острова, бухты, которые образуют множество полуостровов. Осложняет проведение полётов неустойчивая радиосвязь (из-за повышенной электромагнитной активности) и затруднена или невозможна выше 70°с.ш. спутниковая радиосвязь через геостационарные космические аппараты, а связь через высокоэллиптические орбиты не всегда возможна из-за недостаточного угла наклона орбит [3,4].

Метеоусловия в месте применения вертолёта должны удовлетворять следующим требованиям:

- в условиях облачности высота над местом посадки не ниже 350 м на местности с абсолютной высотой до 2000 м и не ниже 600 м на местности с абсолютной высотой свыше 2000 м;

- в условиях видимости по горизонтали на высоте посадочной площадки не менее 5 км при абсолютной высоте до 2000 м и не менее 10 км при абсолютной высоте свыше 2000 м;

- в условиях ветра не более 5 м/с в узких ущельях и в котловинах, и не более 15 м/с на открытых перевалах, гребнях и плато [5].

Пасмурная погода или теневые участки склона наиболее неблагоприятны для посадки, так как пилоту вертолёта в этих условиях труднее определить расстояние до посадочной площадки и уклон местности.

Обнаружение малоразмерных и низкоскоростных объектов (к которым относится и человек) на фоне подстилающей поверхности – актуальная и сложная задача.

Задача выделения подвижных объектов на фоне подстилающей поверхности решается использованием когерентных доплеровских РЛС. Причём для обнаружения низкоскоростных объектов необходимо использовать РЛС миллиметрового диапазона со значительным временем накопления сигнала, что неизбежно приводит к низкому темпу обзора. Для решения задачи обнаружения человека на местности низкий темп обзора (5-6 градусов/сек) допустим, но это увеличивает риск пропуска динамичных целей из-за нехватки отметок для своевременной завязки трассы и выдачи целеуказания. В этой парадигме обнаружение низкоскоростных целей, имеющих малую радиальную компоненту скорости, является проблематичным [6,7].

Структурно-функциональная схема комплекса представлена на рисунке 2.

В состав КОПСО входят следующие составные части (рисунок 3):

- 1) лазерно-телевизионный модуль (ЛТМ);
- 2) радиолокационная станция переднего обзора (РЛС ПО);
- 3) радиолокационная станция зондирования подстилающей поверхности (РЛС ЗПП);
- 4) приборы, функционально объединенные в единый блок – аппаратуру управления и комплексной обработки информации (АУК) включающую:
 - вычислительное устройство (ВУ);
 - устройство управления (УУ) конструктивно объединённое с многофункциональным индикатором (МФИ).

5) автономный источник питания суперконденсатор (электрический рекуператор) [8].

ЛТМ предназначен для обнаружения препятствий по курсу полёта вертолёта и для дополнительного информационного обеспечения безопасной посадки вертолёта на снежные и ледовые покровы при выполнении ПСО [9,10].

В состав ЛТМ входят следующие датчики:

- 1) лазерно-локационный модуль (ЛЛ-модуль);
- 2) модуль камеры видимого диапазона переднего обзора (ВД-модуль ПО);
- 3) модуль ближнего инфракрасного (ИК) диапазона переднего обзора (SWIR-модуль ПО);
- 4) модуль дальнего ИК диапазона переднего обзора (LWIR-модуль ПО);
- 5) модуль обработки сигналов (МОС);
- 6) модуль нижнего обзора (НО-модуль):
 - модуль ближнего ИК диапазона (SWIR-модуль НО);
 - видеокамера видимого диапазона (ВД-камера НО).
- 7) блок питания [11,12,13].

Основные технические характеристики ЛТМ приведены в таблицах 1, 2, 3, 4.

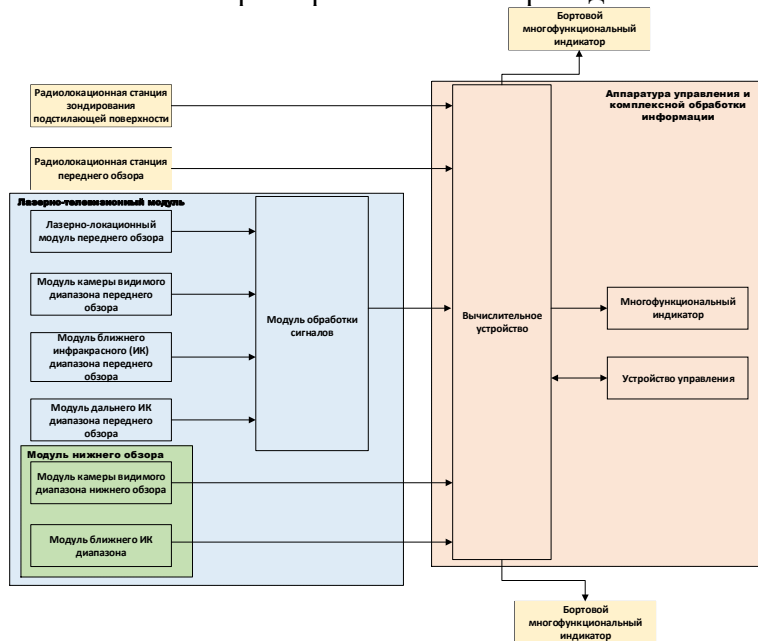


Рис.2. Структурно-функциональная схема комплекса для обеспечения поисково-спасательных операций

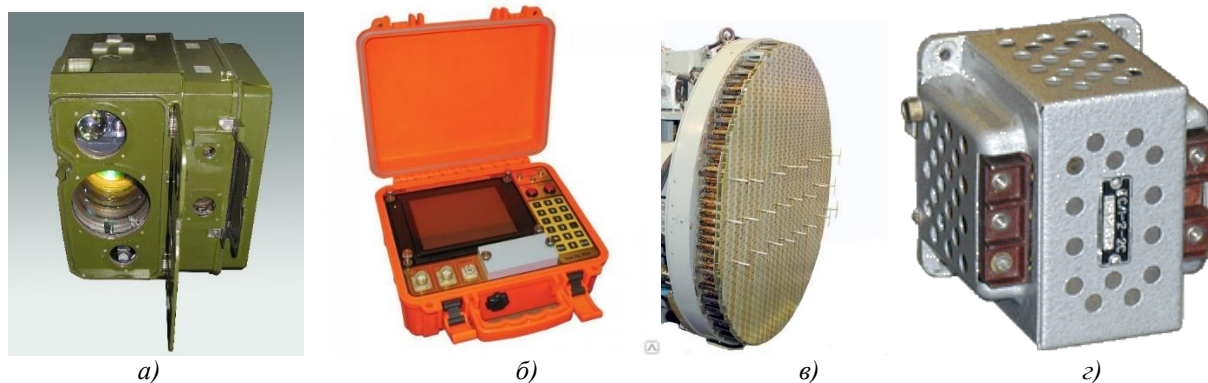


Рис.3. Внешний вид а) лазерно-телевизионного модуля б) РЛС ЗПП в) РЛС ПО г) автономного источника питания

Таблица 1

Режимы визуализации закабинной обстановки ЛТМ

Условия применения	Режим
Светлое время суток; условия нормальной видимости	ТВ
Светлое время суток; условия недостаточной видимости вследствие дождя или снегопада	ТВ+SWIR
Светлое время суток; условия недостаточной видимости вследствие дымки или тумана	ТВ+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	ТВ+ SWIR+ LWIR

Таблица 2

Технические характеристики ЛТМ в части НО-модуля

Характеристика	Значение	
	НО-модуль	
	SWIR-модуль НО	ВД-камера НО
Зона обзора в вертикальной плоскости относительно вертикали в точке подвеса, °	± 15	± 15
Частота обзора, Гц, не менее	5	5
Рабочая длина волны, мкм	(0,9 - 1,7)	(0,4 - 0,7)
Уровень освещённости для формирования сигнала видеоизображения, обеспечиваемый штатными средствами освещения вертолёт, лк	-	10-50000
Кратность увеличения и увеличиваемая область, ТВ линий, не менее	-	X1

Таблица 3

Технические характеристики ЛТМ

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В, не более	27
Масса, кг, не более	35
Потребляемая мощность, Вт, не более	300

**Технические характеристики ЛТМ в части ЛЛ-модуля,
ВД-модуля ПО, SWIR-модуля ПО, LWIR-модуля ПО**

Характеристика		Значение			
		ЛЛ-модуль	ВД-модуль ПО	SWIR-модуль ПО	LWIR-модуль ПО
Дальность обнаружения, м, не менее	ЛЭП и сооружений	600	-	-	-
	плота ПСН 10	600	5000	1500	1150
	Условия обнаружения	При метеорологической дальности видимости (МДВ), км:			
		10	1,5	1,5	1,5
СКО ошибки измерения дальности, м, не более		10,0	-	-	-
СКО ошибки измерения в горизонтальной и вертикальной плоскости, °, не более		0,3	0,3	0,3	0,3
Разрешающая способность по дальности, м, не хуже		1	-	-	-
Разрешающая способность в горизонтальной и вертикальной плоскости, °, не хуже		0,115	-	-	-
Зона (сектор) обзора в горизонтальной плоскости относительно оси ЛТМ, °		± 12	± 20	± 20	± 20
Зона обзора в вертикальной плоскости относительно оси ЛТМ, °		± 12	± 15	± 15	± 15
Период обзора, мс, не более		200	200	200	200
Рабочая длина волны, мкм		1,55	(0,4 - 0,76)	(0,9 - 1,7)	(8 - 14)
Средняя эквивалентная шуму разность температур, К, не более		-	-	-	0,08
Число фоточувствительных элементов, пикселей, не менее		-	5120x5120	640x480	640x480
Диапазон уровней освещенности для формирования сигнала видеоизображения, лк		-	От 10 до 50000	-	-
Разрешающая способность при уровне освещенности на объекте наблюдения от 10 лк до 2000 лк, ТВ линий		-	450	-	-
Кратность увеличения и увеличиваемая область, раз, не менее		X1 / X2 / X3 / X4			

Система должна обеспечивать в заданном поле зрения:

- обнаружение препятствий;
- формирование сигнала о наличии препятствий и дальности до них;
- наложение сигнала о препятствиях на видеоизображение, получаемое от телевизионной камеры;
- выдачу видеоизображения в сопрягаемое оборудование.

Время готовности системы к работе с момента подачи питания должно быть не более:

- 10 мин при температурах ниже минус 40° С,
- 3 мин в остальном диапазоне рабочих температур.

РЛС ПО предназначена для:

- обнаружения препятствий в заданном секторе передней полусферы относительно строительной горизонтали вертолёта (СГВ) и измерения их относительных координат при выполнении поисково-спасательных операций,
- обеспечения поиска и обнаружения потерпевших бедствие и измерения их относительных координат в прибрежных морских районах и на побережье.

РЛС ЗПП предназначена для: дополнительного информационного обеспечения безопасной посадки вертолёта на снежные и ледовые покровы при выполнении поисково-спасательных операций [14,15].

АУК предназначена для выдачи нижеперечисленной информации в МФИ с целью улучшения ситуационной осведомлённости пилота в условиях ограниченной метеорологической видимости:

- совмещённых в видеопоток с периодом обновления не более 100 мс изображений, поступающих от ЛЛ-модуля, SWIR-модуля ПО, LWIR-модуль ПО, ВД-модуля ПО ЛТМ и РЛС ПО;

- видеоизображения от НО-модуля ЛТМ;

- изображений результатов зондирования подстилающей поверхности от РЛС ЗПП.

ВУ предназначен для:

- приёма информации от МОС ЛТМ, РЛС ПО и РЛС ЗПП,

- комплексирования принятой информации, вторичную обработку и преобразование в видеоизображение, удобное для использования оператором,

- передачи видеоизображения в МФИ КОПСО,

- формирования визуальных отметок о навигационных препятствиях по курсу полета вертолёта для отображения на МФИ,

- формирования визуальных отметок обнаруженных малоразмерных объектов на фоне водной поверхности для отображения на МФИ,

- формирования сигналов измеренных значений толщины снежного покрова на посадочной площадке для отображения на МФИ,

- формирования признаков речевых сообщений и выдачу их в бортовое

- радиоэлектронное оборудование (БРЭО) вертолёта (при необходимости),

- управления режимами работы КОПСО (виды режимов определяются в протоколах информационного обмена на этапе их разработки),

- приёма информации о техническом состоянии модулей КОПСО и МОС, ее обработку и выдачу в МФИ и в БРЭО.

Встроенный контроль ВУ обеспечивает:

- достоверность поиска места отказа в КОПСО не хуже 0,99,

- глубину поиска и индикации отказа – до типового элемента замены (сменного блока)

[16].

Электрический рекуператор предназначен для обеспечения работоспособности ВУ из состава АУК КОПСО при пропадании напряжения питания длительностью до 2 с.

В состав системы автономного источника питания входят следующие составные части:

- СК-АУК;

- блок управления электрическим рекуператором (БУЭР) [17].

В связи с тем, что составные части АУК, такие как ВУ и МФИ конструктивно отделены автономный источник питания АУК (электрический рекуператор) и ВУ будут размещены с наружной части фюзеляжа вертолёта.

Основные технические характеристики РЛС ЗПП, МФИ, СК-АУК приведены в таблице 5.

Передаваемая из ЛТМ в АУК видеоинформация представляет собой последовательность видеокадров различных каналов с глубиной цвета 8 бит на пиксел. При этом значение каждого элемента изображения, формируемого ЛЛ-каналом, кодирует измеренную дальность до препятствия в соответствующем направлении с ценой младшего разряда 4 м. Размер видеокадров каждого канала выбирается исходя из его зоны обзора согласно Технических требований с учётом размера каждого пикселя 3,75 угловых минут как по горизонтали, так и по вертикали [18].

Технические характеристики РЛС ЗПП, МФИ, СК-АУК

Характеристика	Значение
РЛС ЗПП	
Измеряемая толщина льда и снега в режиме висения вертолета, не менее	2
СКО ошибки измерения толщины льда и снега, м, не более	0,3
Разрешающая способность по дальности, м, не хуже	0,15
Ширина диаграммы направленности по уровню минус 3 дБ, °, не менее	± 45
Частота квантования приемного канала, Гц, не менее	410 000
Глубина зондирования подстилающей поверхности (диапазон развертки), м, не менее	6
Центральная частота спектра зондирующего сигнала, МГц	400
Напряжение питания, В, не более	27
Масса, кг, не более	18
Потребляемая мощность, Вт, не более	55
МФИ	
Тип жидкокристаллического экрана	Цветной
Разрешающая способность, пикселей	1024 x 768
Максимальная яркость, кд/м ²	1000
Количество цветов, млн	16,7
Градации цвета для телевизионного изображения	256
Частота генерации кадров, Гц	60
Угол обзора по горизонтали, °, не менее	± 60°
Угол обзора по вертикали, °, не менее	± 60°
Встроенный центральный процессор	i.MX6x 1 ГГц Cortex-A9
Время готовности при положительной температуре, секунд	30
Время готовности при пониженной температуре, минут	3
Напряжение питания, В, не более	27
Масса, кг, не более	5
Потребляемая мощность без обогрева, Вт, от	70
Потребляемая мощность с обогревом, Вт, до	150
СК-АУК	
Номинальное напряжение, В	27
Режим работы	Буферный
Ток саморазряда при номинальном напряжении, мА, не более	300
Ток разряда, А, не более	20
Время готовности до заряда полной ёмкости, минут, не более	15
Масса, кг, не более	3
Потребляемая мощность Вт, не более	300

Размеры видеокадров каждого канала ЛТМ представлены в таблице 6 (для кратности увеличения X1). Структура поля полезного контента в составе ADVB-кадра видеоданных, передаваемых из ЛТМ в АУК, показана на рисунке 4, а описание его элементов представлено в таблице 6 [19,20].

Одной из задач разрабатываемого бортового комплекса информационной поддержки проведения поисково-спасательных операций в условиях Арктики является распознавание малоразмерных трудноразличимых объектов заданного типа на изображениях телевизионной камеры.

Интегральный номер кадра	Номер канала	Номер строки	Данные строки изображения
--------------------------	--------------	--------------	---------------------------

Рис.4. Структура поля полезного контента, содержащего строку видеоданных, передаваемых из ЛТМ в АУК

В современных бортовых системах летательных аппаратов в качестве стандарта кодирования цветовой информации в телевизионных камерах применяют принцип постоянной яркости, при использовании которого определенная доля яркости передается по узкополосному каналу цветности, из-за чего возможна потеря информации. Вследствие этого обработка первичных сигналов телевизионной камеры на основе принципа постоянной яркости влияет на вероятность распознавания заданной цели. Потерю долей яркости можно устранить за счет использования в телевизионной камере принципа постоянной цветовой яркости, в котором яркостная составляющая изображения передается по широкополосному каналу.

Применение сил и средств: гражданской авиации, государственной авиации, экспериментальной авиации, силы и средства МЧС России в Арктической зоне за последние 5 лет приведены на рисунке 5 [21].

Таблица 6

Размеры видеокадров различных каналов ЛТМ

Канал	Размер зоны обзора по горизонтали и вертикали согласно ТТ	Размер кадра изображения по горизонтали и вертикали, пикселей	Размер изображения по горизонтали и вертикали пиксела
ВД-канал ПО	40°x30°	896x672	2.67'x2.67'
SWIR-канал ПО	40°x30°	896x672	2.67'x2.67'
LWIR-канал ПО	40°x30°	896x672	2.67'x2.67'
ЛЛ-канал ПО	24°x24°	538x538	2.67'x2.67'
ВД-канал НО	30°x30°	672x672	2.67'x2.67'
SWIR-канал НО	30°x30°	672x672	2.67'x2.67'

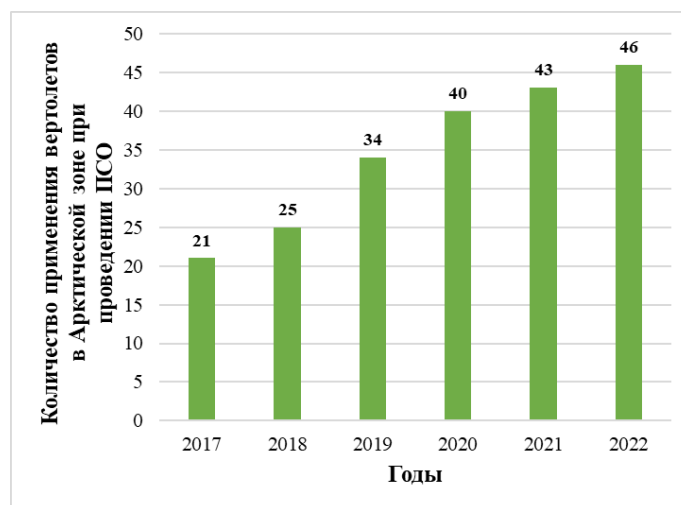


Рис.5. Количество проведенных ПСО с использованием вертолетов в Арктической зоне

Из рис. 5 видно, что в последние годы увеличилось количество применения вертолетов в Арктической зоне при проведении ПСО, что означает увеличение значимости проводимых исследований в области обеспечения безопасности полетов и, соответственно, возросшую нагрузку на поисково-спасательные силы и средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предложенный комплекс позволяет одновременно решать задачи информационного обеспечения безопасности полета и проведения поисково-спасательных операций. Совместное использование всех входящих в комплекс систем повысит информативность о препятствиях по курсу полета, что в целом повысит безопасность полетов,

а при проведении поисково-спасательных работ – сократит время на принятие решений о посадке на снежные и ледовые покровы неизвестной толщины в сложных метеорологических условиях Арктики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дробжева Я. В., Волобуева О.В.** Особенности метеорологического обеспечения авиации в Арктической зоне: учебное пособие. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2022. [Ya.V. Drobzheva, O.V. Volobueva. Features of meteorological support for aviation in the Arctic zone: textbook // St. Petersburg: Publishing and Printing Association of Higher Educational Institutions, 2022.]
2. **Демчук В.А., Моисеева Н. О.** Исследование особенностей метеорологического обеспечения полётов авиации в арктических районах / Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2019 г. [V.A. Demchuk, N.O. Moiseeva. "Study of the features of meteorological support for aviation flights in the Arctic regions", (in Russian). Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation. 2019]
3. **Глушко В.В., Куприков Н.М.** Полярная авиация: состояние и перспективы развития / Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. [V.V. Glushko, N.M. Kuprikov. Polar aviation: state and development prospects / Izvestiya of TulGU. Technical science. 2020.]
4. **Мухин И. Е., Мухин А. И., Михайлов С. Н., Коптев Д. С.** Методологические основы синтеза систем диагностики технического состояния космических и летательных аппаратов. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. [I.E. Mukhin, A. I. Mukhin, S. N. Mikhailov, D. S. Koptev. "Methodological foundations for the synthesis of systems for diagnosing the technical condition of space and aircraft",]
5. **Родионов П.В., Журавлев В.А.** Организация и ведение аварийно-спасательных, поисковых и других неотложных работ силами и средствами РСЧС / Юргинский технологический институт; – 1-е изд. – Юрга: изд-во типография ООО «Медиафера», 2018. [P.V. Rodionov, V.A. Zhuravlev. Organization and conduct of rescue, search and other urgent work by the forces and means of the RSChS / Yurginsky Technological Institute; - 1st ed. - Yurga: publishing house printing house LLC "Mediasfera", 2018.]
6. **Заворотный А. Г., Фирсов А. В., Калайдов А. Н.** [и др.]. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: учебник: в 2 ч. Ч. 2 /– М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. [A. G. Zavorotny, A. V. Firsov, A. N. Kalaidov [et al.]. Organization and conduct of rescue operations: textbook: in 2 hours. Part 2 / - М.: Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2020]
7. **Гармаш В. Н., Матвеев С. А., Петров Ю. В.** [и др.] Обработка радиолокационных изображений, содержащих объекты с существенно различающейся эффективной поверхностью рассеяния, в бортовом комплексе дистанционного зондирования при проведении поисково-спасательных операций в условиях Арктики // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. 2020. № 1-1. [V. N. Garmash, S. A. Matveev, Yu. V. Petrov. Arctic // Microwave engineering and telecommunication technologies. 2020. No. 1-1.]
8. **Мухин И. Е., Селезнев С. Л., Коптев Д. С.** Направления и практические результаты создания методов и средств диагностики и прогностики состояния авиационного комплекса "человек - машина" / Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 3(24). [I. E. Mukhin, S. L. Seleznev, D. S. Koptev. "Directions and practical results of creating methods and tools for diagnosing and predicting the state of the aviation complex "man - machine", (in Russian). Izvestiya YUGo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie, 2017. V. 7, №3(24).]
9. **Заворотный А. Г.** Обоснование оснащения аварийно-спасательных формирований техническими средствами радиационной разведки и контроля // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2020. № 1. [A. G. Zavorotny. Substantiation of equipping emergency rescue formations with technical means of radiation reconnaissance and control // Problems of safety and emergency situations. 2020. No. 1.]
10. **Калайдов А. Н., Заворотный А. Г.** Организация и выполнение поисково-спасательных работ: учебник. М.: КУРСК, 2019. [A. N. Kalaidov, A. G. Zavorotny. Organization and performance of search and rescue operations: textbook. М.: KURSK, 2019]
11. **Коптев, Д. С., Бабанин И. Г., Мухин И. Е.** Основные направления разработки и создания интегрированных бортовых систем обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов, включая системы контроля физиологических параметров здоровья пилота // Успехи современной радиоэлектроники. 2019. № 2. [D.S. Koptev, I.G. Babanin, I.E. Mukhin. "Main trends in the development and creation of integrated on-board flight safety systems for aircraft, including systems for monitoring the physiological parameters of a pilot's health", (in Russian). Uspekhi modern radioelectronics. 2019. No. 2.]
12. **Кузнецов П. А., Мошчев И. С.** Исследование матричного фотоприемного модуля SWIR диапазона в дальномерном режиме // Успехи прикладной физики. 2020. Т. 8, № 6. [P. A. Kuznetsov and I. S. Moshchev, "Investigation of a matrix photodetector module in the SWIR range in the ranging mode," (in Russian). Usp. Prikladnoi Fiziki. 2020. Vol. 8, No. 6]
13. **Ижбульдин Д. А., Греченевский А. С., Хацевич Т. Н.** Проблемы в проектировании и тенденции развития LWIR-объективов // Калашниковские чтения : Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, в рамках III Молодежного форума студентов и курсантов оборонных специальностей вузов России "С именем Калашникова", Ижевск, 10 ноября 2020 года. Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2020. [D. A. Izhbuldin, A. S. Grechenevsky, T. N. Khatsevich. "Problems in the design and development trends of LWIR lenses", (in Russian). Kalashnikov readings: Proceedings of the VII All-Russian scientific and practical conference, within the framework of the III Youth Forum of students and cadets of defense specialties of Russian universities "With the name of Kalashnikov", Izhevsk, November 10, 2020. Izhevsk: Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, 2020].

14. **Гармаш В. Н., Жданов А. С., Коробочкин Д. М.** [и др.] Построение программного обеспечения для вертолетного комплекса информационной поддержки безопасности полетов / Информационные системы и технологии. – 2020. – № 4(120). [V. N. Garmash, A. S. Zhdanov, D. M. Korobochkin [et al.] “Construction of software for the helicopter complex of information support for flight safety”, (in Russian). Information systems and technologies. 2020. No. 4 (120).]

15. **Мухин И. Е.** Системы обеспечения безопасности полетов вертолетов в арктических условиях / Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм. 2021. № 1(3). [I. E. Mukhin. “Systems for ensuring the safety of helicopter flights in arctic conditions”, (in Russian). Arctic: innovative technologies, personnel, tourism. 2021. No. 1(3).]

16. **Шуклина Ю. В., Коптев Д. С.** Принципы системного подхода к организации информационно-телекоммуникационных систем прогнозтики и диагностики технического состояния авиационного комплекса / Наука молодых - будущее России : сборник научных статей 7-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 12–13 декабря 2022 года. Том 4. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. [Yu. V. Shuklina, D. S. Koptev. “Principles of a systematic approach to the organization of information and telecommunication systems for forecasting and diagnosing the technical condition of the aviation complex”, (in Russian). Science of the young - the future of Russia: collection of scientific articles of the 7th International scientific conference of promising developments of young scientists, Kursk, December 12–13, 2022. Volume 4. Kursk: Southwestern State University, 2022.]

17. **Быстров С. Ю., Кузьмичев Ю. А., Петров Ю. В., Шевкунов И. А.** Анализ статистических характеристик измерения навигационных параметров при сбоях, отказах и ухудшении точности в работе измерителей бортовых систем управления летательных аппаратов / Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. 2019. № 668. С. 189-196. [S. Yu. Bystrov, Yu. A. Kuzmichev, Yu. V. Petrov, I. A. Shevkunov. “Analysis of statistical characteristics of measuring navigation parameters in case of failures, failures and deterioration of accuracy in the operation of meters onboard control systems of aircraft”, (in Russian). Space Academy named after A.F. Mozhaisky. 2019. No. 668. S. 189-196.]

18. **Коптев Д. С., Мухин И. Е.** Стратегия разработки систем диагностики и прогнозтики технического состояния перспективных летательных аппаратов / Информационно-измерительные и управляющие системы. 2019. Т. 17, № 2. [D. S. Koptev, I. E. Mukhin. “Strategy for the development of systems for diagnosing and predicting the technical condition of promising aircraft / Information-measuring and control systems”, (in Russian). 2019. Vol. 17, No. 2]

19. **Матвеев С. А., Бызов А. Н., Быстров С. Ю.** [и др.] Вертолетный комплекс информационной поддержки безопасности полетов и проведения поисково-спасательных операций / Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2018. [S. A. Matveev, A. N. Byzov, S. Yu. Bystrov [et al.] “Helicopter complex of information support for flight safety and search and rescue operations”, (in Russian). Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University. 2018.]

20. **Коптев, D. S.** Parallel system information model diagnostics and forecasting of technical condition of aircraft / D. S. Koptev, I. E. Mukhin // T-Comm. – 2022. – Vol. 16, No. 2.

21. **Соболев, А. В.** Анализ современного состояния системы авиационно-космического поиска и спасания. 2016. № 9-1. С. 156-163. [A. V. Sobolev. “Analysis of the current state of the aerospace search and rescue system”, (in Russian) 2016. No. 9-1. pp. 156-163]

ОБ АВТОРАХ

АНДРОНОВ Владимир Германович, проф. каф. КПиСС. Дипл. радиоинженер (Военный инженерный Краснознаменный ин-т им. А.Ф. Можайского, 1981). Д-р техн. наук по специальности 25.00.34 Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (Московский государственный университет геодезии и картографии, 2017). Иссл. в обл. разработки математических моделей, методов и методик автономной фотограмметрической обработки космических сканерных снимков.

МУХИН Иван Ефимович, проф. каф. КПиСС. Дипл. радиоинженер (Воронежск. пол. ин-т, 1977). Д-р техн. наук по специальности 20.01.09 Военные системы управления, связи и навигации (технические науки) (Военная академия связи им. С.М. Будённого, 2012). Иссл. в обл. разработки систем диагностики и прогнозтики технического состояния ответственных узлов летательных аппаратов.

КОПТЕВ Дмитрий Сергеевич, ст. преп. каф. КПиСС. Дипл. Преподаватель-исследователь (ЮЗГУ, 2022). Иссл. в обл. разработки устройства неинвазивной диагностики функционального состояния пилота воздушного судна в процессе полёта.

ЧУЕВ Андрей Алексеевич, ст. преп., асп. каф. КПиСС. Дипл. Магистр (ЮЗГУ, 2019). Иссл. в обл. разработки методов автономной навигации беспилотных летательных аппаратов.

ШУКЛИНА Юлия Вадимовна, магистрант 1-го курса каф. КПиСС. Дипл. Бакалавр (ЮЗГУ, 2022). Иссл. в обл. обеспечения безопасности полетов воздушных судов.

METADATA

Title: Determination of the scope and operating conditions of the complex for providing search and rescue operations of helicopters

Authors: V.G. Andronov ¹, I.E. Mukhin ², D. S. Koptev ³, A. A. Chuev ⁴, Yu.V. Shuklina ⁵.

Affiliation: ^{1,2,3,4,5} Southwest State University (SWSU), Russia.

Email: ¹vladia58@mail.ru, ²makskatol21@yandex.ru,

³d.s.koptev@mail.ru, ⁴kpiss-swsu@yandex.ru, ⁵shuklina-uv@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), vol. 27, no. 2 (100), pp. 119-130, 2023. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: Carrying out search and rescue operations in a unified aviation search system is associated with the use of duty search and rescue aircraft, and, consequently, with the tasks of ensuring flight safety. The greatest danger for helicopter flights at extremely low altitudes are subtle obstacles that are poorly detected by visual observation at night and in conditions of insufficient visibility associated with meteorological factors. A structural and functional scheme of the complex for providing search and rescue operations using helicopters in the Arctic zone is proposed, its composition is shown, the performance characteristics of the main modules and the main modes of visualization of the outside environment are indicated. The solution to the problem of creating a complex is relevant, since it allows visualizing small-sized obstacles along the flight path, in coastal sea areas, on the sea surface, as well as warning the crew about approaching them, providing pilots with additional information about the underlying surface when landing on an unequipped site.

Key words: complex for search and rescue operations, Arctic zone of the Russian Federation, laser-television module, forward-looking radar station, radar station for sensing the underlying surface.

About authors:

ANDRONOV Vladimir Germanovich, Prof. of the KPiSS Department. Diploma of Radio engineer (Military Engineering Red Banner Institute named after A.F. Mozhaisky, 1981). Doctor of Technical Sciences, specialty 25.00.34 Aerospace Earth Research, Photogrammetry (Moscow State University of Geodesy and Cartography, 2017). Research in the field of development of mathematical models, methods and techniques of autonomous photogrammetric processing of space scanner images.

MUKHIN Ivan Efimovich, Prof. kaf. KPiSS. Dipl. radio engineer (Voronezh. paul. in-t, 1977). Doctor of Technical Sciences, specialty 20.01.09 Military Control Systems, Communications and Navigation (Technical Sciences) (S.M. Budyonny Military Academy of Communications, 2012). Research in the field of development of diagnostic systems and prognostics of the technical condition of critical components of aircraft.

KOPTEV Dmitry Sergeevich, art. prep. kaf. KPiSS. Dipl. Teacher-researcher (South State University, 2022). Research in the field of development of a device for non-invasive diagnostics of the functional state of an aircraft pilot during flight.

CHUEV Andrey Alekseevich, art. prep., asp. kaf. KPiSS. Dipl. Master's degree (SWSU, 2019). Research in the field of development of methods of autonomous navigation of unmanned aerial vehicles.

SHUKLINA Yulia Vadimovna, 1st-year master's student of the KPiSS Faculty. Dipl. Bachelor's degree (SWSU, 2022). Issl. in the field of ensuring the safety of aircraft flights.