

**ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ОБЛИКА
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО БОРТОВОГО ИНФОРМАЦИОННО-
УПРАВЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО
ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВЕРТОЛЕТА**

Ефанов Владимир Николаевич

*Д.т.н., профессор, Уфимский государственный авиационный технический
университет, Уфа*

Каримов Эдуард Рустемович

*Магистрант, Уфимский государственный авиационный технический
университет, Уфа*

Аннотация

В данной статье рассматривается принцип формирования оптимального облика бортового информационно-управляющего комплекса для перспективного высокоскоростного вертолета с применением векторной оптимизации по методу обобщенных рангов.

Ключевые слова: вертолет, бортовой информационно-управляющий комплекс, векторная оптимизация, обобщенный ранг, оптимальный вариант.

Annotation

This article discusses the principle of formation of the optimal appearance of the onboard information and control system for a promising high-speed helicopter using vector optimization by the method of generalized ranks.

Keywords: helicopter, onboard information and control system, vector optimization, generalized rank, the best option.

В данной работе предлагается комплексный подход к решению задачи проектирования высокопроизводительного бортового информационно-управляющего комплекса для перспективного высокоскоростного вертолета, основанный на рациональном сочетании методики формирования множества допустимых вариантов бортовой аппаратуры и принципов векторной

оптимизации на базе ранжирования необходимых функций бортовой аппаратуры.

Процедура выбора оптимального облика комплекса бортового информационно-управляющего комплекса включает две взаимосвязанные задачи:

- формирование множества допустимых вариантов исходя из существующих требований к составу бортового информационно-управляющего комплекса;

- оптимизация выбранного состава по критериям эффективности функционирования бортового информационно-управляющего комплекса.

Состав бортового оборудования определяется следующими основными факторами:

- характеристиками воздушного судна;
- ожидаемыми условиями эксплуатации воздушного судна;
- существующей системой технического обслуживания, подготовки экипажей и наземного обслуживающего персонала.

Вертолеты имеют базовый состав оборудования, такой же, как и на самолетах местных воздушных линий, и специальный состав, зависящий от назначения и функциональных задач, выполняемых вертолетами. В связи с этим на вертолетах устанавливается некоторое оборудование, отличное от самолетного.

Все отмеченные факторы нашли свое отражение в действующих нормативных документах, таких как ЕНЛГС, АП, FAR, JAR, а также в соответствующих рекомендациях ARINC.

Рассмотрим функциональное назначение основных подсистем бортового оборудования перспективного высокоскоростного вертолета.

Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета. Стандартная конфигурация ЭСИ включает: для каждого пилота - командно-пилотажный индикатор (КПИ) и общий для обоих пилотов многофункциональный дисплей.

Многофункциональный пульт управления (МФПУ). МФПУ решает задачи траекторного управления в режиме 4 D с использованием реверсивной тестовой панели, которая обеспечивает обратный контроль, тестирование систем бортового оборудования.

Вычислительная система управления полетом (ВСУП). ВСУП предназначается для планирования и оптимизации траекторий и режимов полета, программирования маршрута и плана полета с автоматическим вводом начальных оперативных данных, летно-технических характеристик вертолета и его силовой установки, оперативного изменения программы полета, включая переход на новый маршрут, формирования командных и информационных сигналов для автоматического управления полетом вертолета по запрограммированному оптимальному маршруту от взлета до заключительного этапа захода на посадку.

Бесплатформенная инерциальная система (БИНС). Как правило, в составе бортового оборудования современных и перспективных вертолетов используется инерциальная система, совмещенная с GPS приемником - Embedded GPS & INS (EGI).

Система предупреждения близости земли (СППЗ). Обеспечивает летный экипаж визуальной и звуковой сигнализацией о непреднамеренном сближении с подстилающей поверхностью с учетом этапа полета, времени реакции летного экипажа и скорости вертолета.

Бортовая система системы предупреждения столкновений воздушных судов в воздухе. Предназначена для вычисления и индикации скорости сближения и высоты всех оборудованных ответчиками летательных аппаратов в окружающем воздушном пространстве для предупреждения потенциальных столкновений воздушных судов, вероятность которых реальна.

Бортовой метеонавигационный радиолокатор (МНРЛС). Предназначен для указания экипажу углового положения, дальности и степени опасности гидрометеорологических образований, положения вертолета относительно

наземных ориентиров, а также отображения вертикального сечения метеообразования.

Радиотехническое оборудование ближней навигации (РСБН). РСБН служит для определения места вертолета в режиме «Навигация» по непрерывно измеряемым азимуту и наклонной дальности, обеспечения полёта по заданному маршруту.

Система управления радиосредствами включает систему цифрового выбора частоты и режимов работы КВ приемопередатчика и приемопередатчика высокочастотной радиосвязи, а также управляет работой системы авиационной спутниковой связи.

Отдельные устройства, входящие в перечисленные комплексы бортового оборудования вертолета, выпускаются различными отечественными и зарубежными компаниями. Примерный перечень таких устройств приведен в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Основные модули БИУК вертолета

<i>Используемое оборудование</i>	<i>Производитель</i>	
Средства электронной системы индикации	МФИ 10-5	ОАО «Раменский приборостроительный завод» (Россия)
	МФИ 10-6М	ОАО «Раменский приборостроительный завод» (Россия)
	МФИ-104	ЗАО «Р.Е.Т. Кронштадт» (Россия)
	МФИ-ЖК-2	ОАО «НИИ авиационного оборудования» (Россия)
	TDS-10LH/ TDS-10LL	ЗАО «ТРАНЗАС Авиация» (Россия)
	TDS-10PH/ TDS-10PL	ЗАО «ТРАНЗАС Авиация» (Россия)
Много-функциональные пульты управления	ПВ-95	ОКБ «Электроавтоматика» (Россия)
	МФПУ-Авиаприбор	ОАО «Авиаприбор-холдинг» (Россия)
	МФПУ-1	ЗАО «ТРАНЗАС Авиация» (Россия)
	МФПУ-ЭЛАРА	ОАО «Научно-производственный комплекс «ЭЛАРА» (Россия)
	Primus 2000	«Honeywell International», (США)
	GNS 430	«GARMIN International», (США)

Продолжение таблицы 1

Вычислительные системы управления полетом	BCB-95-1B	ОАО «НИИ авиационного оборудования» (Россия)
	КАБРИС-31	ЗАО «Р.Е.Т. Кронштадт» (Россия)
	UNS-1K	«Universal Avionics»(США)
	KLN 90B	«AlliedSignal Aerospace»(США)
	AMS-5000	«RockwellCollins, Inc.» (США)
Совмещенные бесплатформенные инерциальные навигационные системы	СМА-900	«Canadian Marconi Company Aerospace» (Канада)
	ИНС– 2000	ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро», (Россия)
	СБКВ-ПМ	ОАО ПНППК (Россия)
	БПСН-2-03	ЗАО «КБ НАВИС», (Россия)
	AHS-4000	«RockwellCollins, Inc.» (США)
	АН-2100 Super AHRs	«HoneywellInternational», (США)
Системы предупреждения опасной близости земли	ADIRU	«ThalesGroup», (Франция)
	ТТА-12Н	ЗАО «ТРАНЗАС Авиация», (Россия)
	ТТА-12S	ЗАО «ТРАНЗАС Авиация», (Россия)
	ISS-2100	«RockwellCollins, Inc.» (США)
	HTAWS	«GARMIN International», (США)
	Mark XXII EGPWS	«HoneywellInternational», (США)
Системы предотвращения столкновений в воздухе	T ² CAS (TAWS)	«ThalesGroup», (Франция)
	TCAS-4000	«RockwellCollins, Inc.» (США)
	CAS 66A/TCAS I	«HoneywellInternational», (США)
	CAS 100 System	«HoneywellInternational», (США)
	ПУ ОСА-С	ОАО «НИИ авиационного оборудования» (Россия)
	ТЗСАС	«ThalesGroup», (Франция)
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	ТМАСА	IsraelAerospaceIndustries, (Израиль)
	МРЛС «Дуэт»	ОАО НТЦ «Ленинец», (Россия)
	КОНТУР-10СВ	ООО «Контур-НИИРС», (Россия)
	RDR-4000	«HoneywellInternational», (США)
	GWX 68	«GARMIN International», (США)
	WXR-2100	«RockwellCollins, Inc.» (США)
Радиотехническое оборудование ближней навигации	RDR 2100VP	«AlliedSignal Aerospace»,(США)
	A-380МКЭ	ОАО «ВНИИРА», (Россия)
	РСБН-85В	ОАО «ВНИИРА», (Россия)
	MLS-85	ОАО «ВНИИРА», (Россия)
	GNS 430W	«GARMIN International», (США)
	AN/ARN-147 (V)	«RockwellCollins, Inc.» (США)
NR 3320-(01)-(110)	«Becker Avionics International Group», (США)	

Продолжение таблицы 1

Системы управления радио-средствами	«ШИРОТА–У»	ОАО «ГЗАС им. А.С.Попова», (Россия)
	МИКРОН	ОАО «ГЗАС им. А.С.Попова», (Россия)
	SL40	«GARMIN International», (США)
	Primus HF-1050	«HoneywellInternational», (США)
	CCS-2200	«RockwellCollins, Inc.», (США)
	AS 3100 - (13)	«Becker Avionics International Group», (США)

Первое условие в сформулированной задаче оптимизации определяет ограничения, в рамках которых должна решаться оптимизационная задача. А второе – специфику выбора варианта, отвечающего заданным требованиям к тактико-техническим характеристикам разрабатываемых устройств. К числу таких характеристик относятся:

- суммарный объём изделия (*Volume*);
- масса изделия (*Mass*);
- доступность (*Availability*);
- оценка эффективности работы (*Rating*).

В качестве оценки эффективности работы предлагается использовать экспертные оценки способности данного набора устройств выполнять требуемые функции, заданные на универсальной стобалльной шкале.

Рассмотрим, исходную совокупность устройств, необходимых для реализации заявленных функций.

Эта совокупность, совместно с характеристиками, сведена в таблице 2 [2].

Таблица 2 –Исходная совокупность устройств

Изделие	Наименование	Объем, дм ³	Масса, кг	Доступность, %	Оценка эффективности работы
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета					
1	МФИ 10-6М	7,057	5,1	100	85
2	МФИ-ЖК-2	7,451	7	100	95
3	TDS-10LH/TDS-10LL	6,273	6	100	90

Продолжение таблицы 2

Многофункциональный пульт управления (МФПУ)					
1	МФПУ-Авиаприбор	10,24	10	100	80
2	МФПУ-ЭЛАРА	9,57	9	100	85
3	Primus 2000	10,56	10,2	20	90
4	МФПУ-1	8,5	10	100	90
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)					
1	ВСВ-95-1В	5,691	4,5	100	75
2	КАБРИС-31	7,436	5,5	100	85
3	АБРИС	10,921	6,2	100	90
4	AMS-5000	11,5	6,6	20	90
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)					
1	ИНС– 2000	31,2	23	100	85
2	БПСН-2-03	2,5	2,4	100	75
3	АН-2100 Super AHRS	26,6	9,8	20	90
Система предупреждения близости земли (СППЗ)					
1	T ² CAS (TAWS)	3,561	5	20	85
2	ТТА-12Н	1,6	1,1	100	75
3	ТТА-12S	1,8	1,3	100	80
Системы предотвращения столкновений в воздухе					
1	TCAS-4000	3,6	8,28	20	85
2	ПУ ОСА-С	4,3	9,2	80	90
3	ТЗСАС	5,3	10,2	60	90
4	TCAS-3000SP™	4,4	7,3	20	95
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы					
1	КОНТУР-10СВ	6,5	18	100	80
2	МРЛС «Дуэт»	6,1	29,3	100	95
3	RDR 4000	3,05	12,5	20	95
Радиотехническое оборудование ближней навигации					
1	А-380МКЭ	6,5	35	100	85
2	РСБН-85В	2,5	10,5	100	90
3	АН/ARN-147 (V)	4,2	3,6	20	95
Системы управления радиосредствами					
1	МИКРОН	6,8	35	100	80
2	«ШИРОТА–У»	7,8	35	100	75
3	Primus HF-1050	5,5	10,5	20	90

Из перечисленного набора устройств составим возможные варианты аппаратного состава для высокопроизводительного БИУК. При этом следует

учесть, чем больше сформировано возможных вариантов, тем больше вероятность получить наиболее качественное решение.

Таблица 3 – Варианты аппаратного состава информационно-измерительного и управляющего комплекса

Вариант 1	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	МФИ 10-6М
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-Авиаприбор
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	ВСВ-95-1В
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	ИНС– 2000
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	ТТА-12S
Системы предотвращения столкновений в воздухе	ПУ ОСА-С
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	МРЛС «Дуэт»
Радиотехническое оборудование ближней навигации	А-380МКЭ
Системы управления радиосредствами	МИКРОН
Вариант 2	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	МФИ-ЖК-2
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-ЭЛАРА
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	КАБРИС-31
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	БПСН-2-03
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	T ² CAS (TAWS)
Системы предотвращения столкновений в воздухе	TCAS-4000
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	КОНТУР-10СВ
Радиотехническое оборудование ближней навигации	РСБН-85В
Системы управления радиосистемами	«ШИРОТА–У»

Продолжение таблицы 3

Вариант 3	
Электронная система индикации	TDS-10LH/TDS-10LL

(ЭСИ) вертолета	
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	Primus 2000
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	АБРИС
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	АН-2100 Super AHRS
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	ТТА-12S
Системы предотвращения столкновений в воздухе	ТЗСАС
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	RDR 4000
Радиотехническое оборудование ближней навигации	АН/АРН-147 (V)
Системы управления радиосредствами	Primus HF-1050
Вариант 4	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	МФИ 10-6М
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	Primus 2000
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	КАБРИС-31
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	ИНС– 2000
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	ТТА-12S
Системы предотвращения столкновений в воздухе	ПУ ОСА-С
Продолжение таблицы 3	
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	КОНТУР-10СВ
Радиотехническое оборудование ближней навигации	А-380МКЭ
Системы управления радиосредствами	Primus HF-1050
Вариант 5	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	TDS-10LH/TDS-10LL
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	Primus 2000
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	AMS-5000
Продолжение таблицы 3	
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	АН-2100 Super AHRS
Система предупреждения близости	T ² CAS (TAWS)

земли (СППЗ)	
Системы предотвращения столкновений в воздухе	TCAS-3000SP™
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	RDR 4000
Радиотехническое оборудование ближней навигации	AN/ARN-147 (V)
Системы управления радиосредствами	Primus HF-1050
Вариант 6	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	TDS-10LH/TDS-10LL
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-ЭЛАРА
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	BCB-95-1B
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	АН-2100 Super AHRS
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	ТТА-12S
Системы предотвращения столкновений в воздухе	ПУ ОСА-С
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	КОНТУР-10СВ
Радиотехническое оборудование ближней навигации	РСБН-85В
Системы управления радиосредствами	«ШИРОТА–У»
Вариант 7	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	МФИ 10-6М
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-Авиаприбор
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	АБРИС
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	БПСН-2-03
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	ТТА-12Н
Системы предотвращения столкновений в воздухе	ТЗСАС
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	КОНТУР-10СВ

Продолжение таблицы 3

Радиотехническое оборудование ближней навигации	А-380МКЭ
Системы управления радиосредствами	МИКРОН

Вариант 8	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	TDS-10LH/TDS-10LL
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-Авиаприбор
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	BCB-95-1B
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	БПСН-2-03
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	ТТА-12S
Системы предотвращения столкновений в воздухе	ТЗСАС
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	RDR 4000
Радиотехническое оборудование ближней навигации	A-380МКЭ
Системы управления радиосредствами	МИКРОН
Вариант 9	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	МФИ 10-6М
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-ЭЛАРА
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	АБРИС
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	АН-2100 Super AHRS
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	ТТА-12Н
Системы предотвращения столкновений в воздухе	ПУ ОСА-С
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	КОНТУР-10СВ
Радиотехническое оборудование ближней навигации	РСБН-85В
Системы управления радиосредствами	«ШИРОТА-У»
Вариант 10	
Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	МФИ-ЖК-2
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-1

Продолжение таблицы 3

Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	АБРИС
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	БПСН-2-03
Система предупреждения близости	T ² CAS (TAWS)

земли (СППЗ)	
Системы предотвращения столкновений в воздухе	TCAS-3000SP™
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	RDR 4000
Радиотехническое оборудование ближней навигации	AN/ARN-147 (V)
Системы управления радиосредствами	Primus HF-1050

Специфика задачи оценки по векторному критерию состоит в том, что ее решение будет заведомо субъективным, поскольку аксиома В.Парето утверждает невозможность, в общем случае, строгого математического доказательства существования максимально предпочтительного варианта по нескольким показателям. Для того, чтобы оценки сформированных вариантов были максимально обоснованными, выработка решающего правила должна осуществляться в строгом соответствии с объемом достоверной информации о свойствах используемых оценочных функций. Наименее субъективным представляется подход, при котором происходит ранжирование вариантов по каждому из учитываемых показателей, а в качестве обобщенной оценочной функции берется сумма рангов. Ранжирование начнем с расчета суммарных характеристик для каждого варианта.

$$Sum_{Mass_j} = \sum_{k=1}^M Mass_k ;$$

(1)

$$Sum_{Volume_j} = \sum_{k=1}^M Volume_k ;$$

(2)

$$Sum_{Availability_j} = \sum_{k=1}^M Availability_k ;$$

(3)

$$Sum_{Rating_j} = \sum_{k=1}^M Rating_k , \quad (j=\overline{1, R}) ,$$

(4)

где M – число функциональных групп используемого оборудования, R – число сформированных вариантов аппаратного облика [3].

Результаты расчетов сведены в таблице 4.

Таблица 4– Суммарные характеристики аппаратуры

Вариант	Объем, дм ³	Масса, кг	Доступность, %	Оценка эффективности
1	79,688	152,4	98	755
2	50,918	100,68	90	755
3	74,204	70,3	89	810
4	80,863	118,1	95	770
5	74,844	72,48	84	810
6	71,034	103,3	98	755
7	57,418	123	99	740
8	48,154	116,9	97	750
9	76,848	103,9	98	760
10	51,922	66,08	86	800

Далее проведем сортировку вариантов по каждому из выбранных критериев. Результаты ранжирования по критерию эффективности приведены в таблице 5.

Таблица 5– Ранжирование по оценке эффективности работы

Ранг	Вариант	Объем, дм ³	Масса, кг	Доступность, %.	Оценка эффективности
1	7	57,418	123	99	740
2	8	48,154	116,9	97	750
3	1	79,688	152,4	98	755
4	2	50,918	100,68	90	755
5	6	71,034	103,3	98	755
6	9	76,848	103,9	98	760
7	4	80,863	118,1	95	770
8	10	51,922	66,08	86	800
9	3	74,204	70,3	89	810
10	5	74,844	72,48	84	810

Вариант 3 и 5 оказались лучшими по выбранному показателю. Но данные варианты не являются безусловно лучшим, так как уступает остальным вариантам по объёму, доступности и массе.

Поэтому проведем сортировку по оставшимся критериям (таблицы 6-8).

Таблица 6– Ранжирование по массе

Ранг	Вариант	Объем, м ³	Масса, кг	Доступность, %.	Оценка эффективности
1	1	79,688	152,4	98	755
2	7	57,418	123	99	740
3	4	80,863	118,1	95	770
4	8	48,154	116,9	97	750
5	9	76,848	103,9	98	760
6	6	71,034	103,3	98	755
7	2	50,918	100,68	90	755
8	5	74,844	72,48	84	810
9	3	74,204	70,3	89	810
10	10	51,922	66,08	86	800

Таблица 7– Ранжирование по объему

Ранг	Вариант	Объем, дм ³	Масса, кг	Доступность, %.	Оценка эффективности
1	4	80,863	118,1	95	770
2	1	79,688	152,4	98	755
3	9	76,848	103,9	98	760
4	5	74,844	72,48	84	810
5	3	74,204	70,3	89	810
6	6	71,034	103,3	98	755
7	7	57,418	123	99	740
8	10	51,922	66,08	86	800
9	2	50,918	100,68	90	755
10	8	48,154	116,9	97	750

Таблица 8 – Ранжирование по доступности

Ранг	Вариант	Объем, дм ³	Масса, кг	Доступность, %	Оценка эффективности
1	5	74,844	72,48	84	810
2	10	51,922	66,08	86	800
3	3	74,204	70,3	89	810
4	2	50,918	100,68	90	755
5	4	80,863	118,1	95	770
6	8	48,154	116,9	97	750
7	1	79,688	152,4	98	755
8	6	71,034	103,3	98	755
9	9	76,848	103,9	98	760
10	7	57,418	123	99	740

Присвоим каждому варианту ранги согласно его положению в предыдущих таблицах. На основе полученных данных для каждого варианта

находим суммарные ранги (таблица 9).

$$Sum_{Rank_j} = Rank_{Massa_j} + Rank_{Objem_j} + Rank_{Price_j} + Rank_{Ozenka_j}, \quad (j=\overline{1, R})$$

(5)

Таблица 9 – Суммарный ранг

№ Варианта	Ранг массы	Ранг объема	Ранг доступности	Ранг оценки эффективности	Суммарный ранг
1	1	2	7	3	13
2	7	9	4	4	24
3	9	5	3	9	26
4	3	1	5	7	16
5	8	4	1	10	23
6	6	6	8	5	25
7	2	7	10	1	20
8	4	10	6	2	22
9	5	3	9	6	23
10	10	8	2	8	28

Выбор оптимальной проектной альтернативы из множества допустимых вариантов осуществляется следующим образом:

$$r = \arg \max Sum_{Rank_j}, \quad (j=\overline{1, R})$$

(6)

Таким образом находим, что оптимальным вариантом аппаратного состава информационно-измерительного и управляющего комплекса является вариант 10 (таблица 10).

Данный способ формирования аппаратного состава бортового информационно-управляющего комплекса базе компонент высокой степени готовности позволяет устранить ряд проблем, которые возникают при

оптимизации технических, эксплуатационных и экономических показателей, с помощью использования метода обобщенных рангов, обеспечивающего получение объективно обоснованных компромиссных решений.

Таблица 10 – Оптимальный состав аппаратуры информационно-управляющего комплекса

Электронная система индикации (ЭСИ) вертолета	МФИ-ЖК-2
Многофункциональный пульт управления (МФПУ)	МФПУ-1
Вычислительная система управления полетом (ВСУП)	АБРИС
Бесплатформенная инерциальная система (БИНС)	БПСН-2-03
Система предупреждения близости земли (СППЗ)	T ² CAS (TAWS)
Системы предотвращения столкновений в воздухе	TCAS-3000SP TM
Бортовые метеонавигационные радиолокаторы	RDR 4000
Радиотехническое оборудование ближней навигации	AN/ARN-147 (V)
Системы управления радиосредствами	Primus HF-1050

Список литературы

1. Ефанов В.Н., Тузбеков Р.М. Принципы формирования оптимального облика бортового оборудования перспективного вертолета. / В.Н. Ефанов, Р.М. Тузбеков// Вестник УГАТУ. – 2014. –№3(63). –С.1-10.
2. Ефанов В.Н., Саяпова Л.Р., Оптимизация аппаратного состава информационно-измерительного и управляющего комплекса для интеллектуальных транспортных систем. / В.Н. Ефанов, Л.Р. Саяпова// Вестник УГАТУ. – 2018. – №2(45). – С.114-115.
3. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. –2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 176 с. – ISBN 5-9221-0517-5.