



УДК 629.7.054.07
ГРНТИ 73.37.81

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, СТОЯЩЕГО НА ВООРУЖЕНИИ ЧАСТЕЙ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

*В.А. ВОРОБЬЕВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
С.В. САХАРОВ, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
С.В. МИТРОФАНОВА
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье рассматриваются вопросы получения интегральных показателей эффективности комплекса технических средств радиотехнического обеспечения полетов с использованием автоматизированной методики. Получены данные по оценке эффективности комплекса технических средств радиотехнического обеспечения полетов на основе которых проведен анализ существующего состава технических средств радиотехнического обеспечения на аэродромах постоянного базирования государственной авиации.

Ключевые слова: эффективность функционирования системы, радиотехническое обеспечение полетов, управление полетами, государственная авиация.

EFFICIENCY EVALUATION OF THE TECHNICAL MEANS COMPLEX STANDING OF THE STATE AVIATION FLOWING ON THE ARMAMENT OF COMMUNICATION AND RADIO-TECHNICAL SUPPORT PARTS

*V.A. VOROB'EV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
S.V. SAHAROV, Candidate of Technical Sciences
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
S.V. MITROFANOVA
MESCAF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The article deals with the issues of obtaining integrated performance indicators for a set of radio technical support technical means for flights using automated methods. Data are received on the effectiveness evaluation of a flights radio technical support technical means set on the basis of which an analysis of the radio engineering support technical means existing composition at airfields of the permanent stationing of state aviation has been carried out.

Keywords: system operation efficiency, flights radio technical support, flight control, state aviation.

Введение. Эффективность применения государственной авиации (Гос.А) зависит от целого ряда различных видов обеспечения применения Гос.А. В свою очередь при применении Гос.А значительную роль играет эффективность радиотехнического обеспечения (РТО) как вида боевого обеспечения. Эффективность применения РТО должна обеспечиваться при организации и осуществления формирования достоверной и безопасной навигационной информации и своевременной ее выдачи на борт воздушного судна (ВС) и пункты управления (ПУ), необхо-



димой экипажу ВС, группе руководства полетами (ГРП) и боевому расчету ПУ для определения местоположения ВС на всех этапах полета в заданной области воздушного пространства.

Под навигационной информацией понимаются сведения о местоположении ВС, а также о других навигационных элементах, характеризующих траекторию полета ВС и его положение в пространстве.

Задачами радиотехнического обеспечения являются [1]:

- обеспечение взлета и посадки ВС в простых и сложных метеорологических условиях, днем и ночью;
- обеспечение выхода на заданный рубеж (в заданный район), в район аэродрома посадки, захода и расчета на посадку;
- обеспечение контроля и регулирования полетов в районе аэродромов;
- обеспечение управления ВС при движении по летному полю;
- маркирование отдельных объектов на аэродроме и на маршруте полета.

Основным содержанием РТО является оборудование аэродромов, ПУ, радионавигационных пунктов (РНП) техникой РТО, организация и обеспечение ее боевого применения.

В соответствии с задачами техника РТО включает: наземные средства обеспечения радионавигации; наземные средства обеспечения взлета-посадки; средства обеспечения управления воздушным движением в районе аэродрома.

По сути дела, средства РТО решают две «глобальные» задачи:

- обеспечение самолетовождения;
- обеспечение посадки ВС.

Решение этих задач возможно только при эффективном комплексном взаимодействии технических средств РТО – комплекса технических средств (КТС) и эксплуатации их высококвалифицированными специалистами.

Актуальность. Современный уровень системы РТО полетов государственной авиации определяется совершенствованием, разработкой новых сложных образцов технических средств (ТС) и КТС в целом. Объединение ТС в комплекс и применение КТС в виде системы РТО требует изменения подходов к оценке эффективности. Оценка эффективности в современных условиях должна быть количественной и автоматизированной. На данный момент известны вероятностные подходы оценки эффективности с использованием математического аппарата статистической теории вероятности и на основе математического аппарата нечеткой логики. В данной статье рассмотрена методика применения совокупности этих подходов для получения интегральной оценки эффективности КТС системы РТО полетов Гос.А.

Интегральная оценка эффективности КТС системы РТО дает возможность определить и сопоставить уровень эффективности с безопасностью полетов Гос.А.

Отсутствие автоматизированной методики интегральной оценки эффективности КТС системы РТО полетов Гос.А обусловило актуальность решения этой проблемы. Сложность разработки методики интегральной оценки заключается в необходимости решения задачи значительной размерности. Размерность определяется сложностью структуры системы РТО полетов Гос.А, решаемых задач и используемого для этого КТС. Применимость разрабатываемой методики может быть достигнута на основе создания программного комплекса автоматизации оперативной оценки эффективности КТС системы РТО полетов Гос.А.

Проблема оценки эффективности КТС системы РТО полетов Гос.А решается комплексным исследованием состава, схемы построения, выполняемых задач и тактико-технических возможностей элементов системы.

Целью оценки эффективности КТС системы РТО полетов Гос.А выступает получение оптимального вектора развития системы РТО полетов государственной авиации в интересах осуществления заданного уровня безопасности полетов Гос.А. в районе аэродрома.



Система РТО полетов Гос.А имеет иерархическую структуру, представленную совокупностью связанных между собой уровней от самых «мелких» показателей тактико-технических характеристик до самых «крупных». Оценка эффективности такой иерархической структуры осуществляется на основе решения элементарной задачи оценки эффективности.

Расчет интегрального показателя эффективности КТС РТО полетов на типовом аэродроме государственной авиации, проводился для структуры, показанной на рисунке 1 [1].

Эффективности технических средств оцениваются через частные показатели тактико-технических характеристик на основе расчета интегральных показателей эффективности ТС являющихся элементами КТС системы РТО полетов.

Эффективность решения задач КТС системы РТО полетов выполнение которых обеспечивается КТС РТО на типовом аэродроме государственной авиации. Оценивается на основе расчета интегральных показателей эффективности этого уровня иерархии.

На самом верхнем уровне иерархии структуры осуществляется расчет интегрального показателя эффективности системы РТО полетов Гос.А, в строгой постановке задаче осуществляется расчет интегрального показателя эффективности КТС системы РТО полетов Гос.А.

Получение результатов осуществлено на основе разработанной автоматизированной методики оценки эффективности КТС РТО полетов [3]. Интегральный показатель эффективности КТС ε представляет собой показатели трех оценок: ε^* , $\underline{\varepsilon}$, ε_* , называемых оптимистичной, средней и пессимистичной оценкой эффективности.

Средняя оценка учитывает значения частных показателей характеристик ТС превышающих требования и не достигающих требуемых значений. Эффективность при этом будет зависеть от компенсации частных показателей характеристик ТС превышающих требования и не достигающих требуемых значений с учетом сопоставимости учтенной весовыми коэффициентами важности этих частных показателей. Оптимистичная оценка позволяет учесть влияние частных показателей характеристик ТС превышающих требования, а пессимистичная оценка учитывает влияние частных показателей характеристик ТС не достигающих требуемых значений.

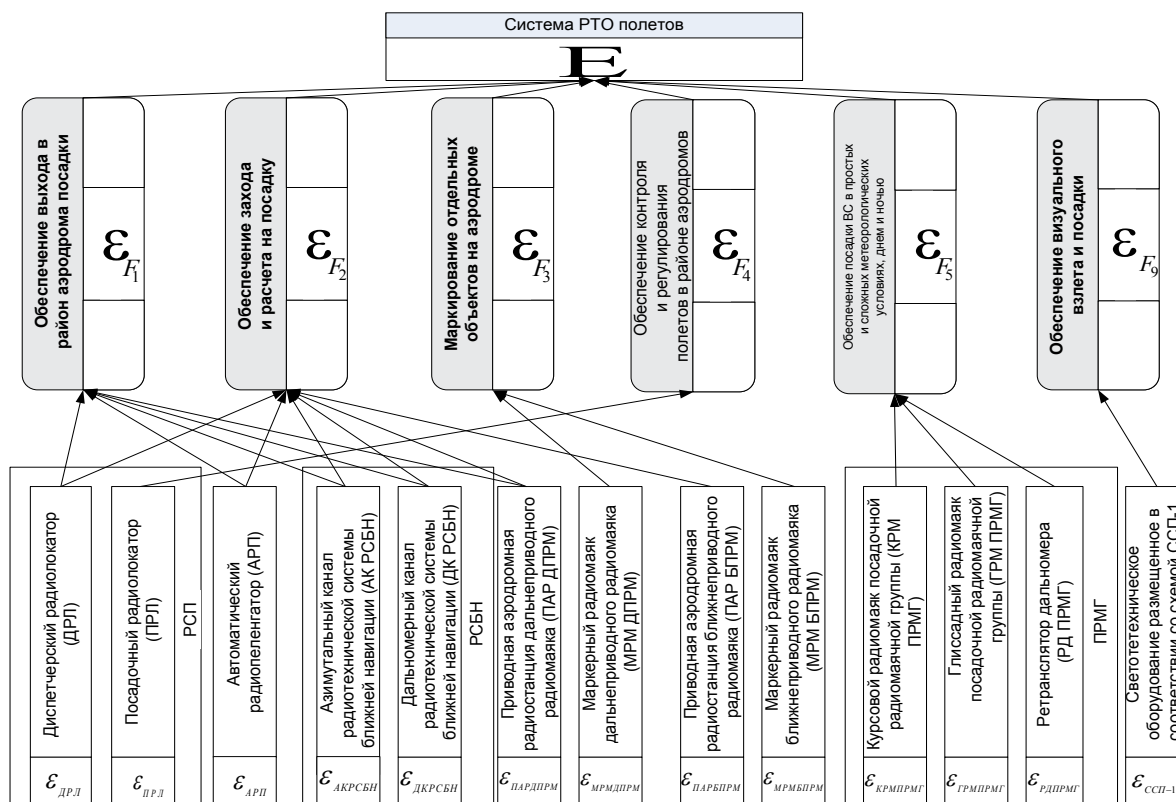


Рисунок 1 - Структура интегрального показателя эффективности системы РТО полетов

Примечание к рисунку 1:

1. Индексы решаемых задач КТС РТО полетов ($F_j, j = 1, \dots, 9$) приведены в соответствии с нумерацией решаемых задач КТС РТО полетов, сведенных в таблицу 1;
2. ϵ - символ интегрального показателя эффективности.

Таблица 1 – Задачи решаемые КТС РТО полетов

Индекс	Решаемые задачи:
1	Обеспечение выхода район аэродрома посадки
2	Обеспечение захода и расчета на посадку
3	Маркирование отдельных объектов на аэродроме
4	Обеспечение контроля и регулирования полетов в районе аэродромов
5	Обеспечение посадки ВС в простых и сложных метеорологических условиях, днем и ночью
6	Обеспечение посадки по любой криволинейной пространственно-временной линии
7	Обеспечение взлета и ухода на второй круг
8	Обеспечение контроля за движением на летном поле аэродрома
9	Обеспечение визуального взлета и посадки

Анализ вариантов принятия решения на основе оптимистичной оценки показывает о выборе варианта, имеющего максимальную эффективность по всему набору частных показателей эффективности. Пессимистичная оценка позволяет выбрать вариант с наименьшим количеством недостатков. Промежуточным вариантом является вариант на основе средней оценки эффективности, но он имеет одно существенное ограничение, выражающееся в требовании независимости частных показателей.

Рассмотрение системы РТО полетов Гос.А в ракурсе выполнения требований к применению выполняется как сравнение 2-х вариантов [3, 4].



Значения интегральных показателей эффективности ТС, являющихся элементами КТС РТО полетов на типовом аэродроме Гос.А представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Интегральные показатели эффективности ТС, как элементов КТС системы РТО полетов

№ п/п	Наименование ТС	Оптимистичная оценка ε^*	Средняя оценка ε	Пессимистичная оценка ε^*
1	ДРЛ РСП - 6М2	1	0,62	0,33
2	ДРЛ РСП - 10МН	1	0,57	0,33
3	ПРЛ РСП - 6М2	1,16	0,86	0,58
4	ПРЛ РСП - 10МН	1,13	0,86	0,64
5	Азимутальный канал РСБН-4Н	1,9	1,09	0,58
6	Дальномерный канал РСБН-4Н	1,11	0,98	0,58
7	ПАР-10С	1,1	1,02	1
8	МРМ - 70	1	1	1
9	ПРМГ-76У	1	0,87	0,7
10	АРП-11	1,89	1,03	0,77
11	ССП-1	1	0,58	0,39

Для оценки эффективности решения задач КТС системы РТО полетов с учетом влияния тактико-технических и возможностей решения задач КТС РТО полетов, обеспечивающих решение задач КТС системы РТО полетов, принимается понятие интегрального показателя эффективности решения задач КТС системы РТО полетов ε_{F_j} , где $j \in F_j$.

Для удобства, значения ε_{F_j} , из таблиц 1, 2 сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Исходные данные для расчета интегральных показателей эффективности ε_{F_j} решения задач F КТС системы РТО полетов типового стационарного аэродрома государственной авиации

Код ф-и	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ДРЛ	АРП	ПРЛ	АРМ	ДРМ	ПАР (ДПРМ / БПРМ)	МРМ (ДПРМ / БПРМ)	РМСП ПРМГ	ССО
	РСП-6М2	АРП-11	РСП-6М2	РСБН-4Н	РСБН-4Н	ПАР-10С	МРМ-70	ПРМГ-76У	ССП-1
F ₁	(1;0,62; 0,33)	(1,89;1,03; 0,77)	-	(1,9;1,09; 0,58)	(1,11;0,98; 0,58)	(1,1;1;1)	-	-	-
F ₂	(1;0,62; 0,33)	(1,89;1,03; 0,77)	-	(1,9;1,09; 0,58)	(1,11;0,98; 0,58)	(1,1;1;1)	-	-	-
F ₃	-	-	-	-	-	-	(1;1;1)	-	-
F ₄	-	-	(1,13;0,85; 0,78)	-	-	-	-	-	-
F ₅	-	-	-	-	-	-	-	(1;0,87; 0,7)	-
F ₉	-	-	-	-	-	-	-	-	(1;0,58; 0,39)

В общем случае структура построения S интегрального показателя ε_{F_j} решения задач F_j системы РТО полетов представляется следующим образом:

$$\varepsilon_{F_j} = S(\{\varepsilon_k\}), k \in K_{F_j}, \quad (1)$$

где K_{F_j} - множество ТС, непосредственно участвующих в обеспечении решения задач F_j КТС системы РТО полетов.



Для разработки критериев интегрального показателя эффективности ϵ_{F_j} аналогично, как и для отдельных ТС КТС системы РТО полетов применены методы определения трех оценок эффективности (обозначаемых ϵ_* , $\underline{\epsilon}$, ϵ^*) решения задач F КТС системы РТО полетов.

Для этого экспертным путем, были определены весовые коэффициенты (веса) w_{kj} , ТС применяющихся для обеспечения решения задач F КТС системы РТО полетов.

Из таблицы 3 можно определить состав ТС применяющейся для решения задач F_1 и F_2 , для этих решаемых задач были определены веса w_{kj} , $k \in K_{F_j}$, причем $k \in \{1,2,4,5,6\}$, $j \in \{1,2,3,4,5,9\}$ соответственно номеров ТС и индексов кода решаемых задач в таблице 2. В таблице 4, 5 приведены необходимые данные для расчета ϵ_{F_j} при решении задач F_1 и F_2 . Весовые коэффициенты \underline{w}_{kj} являются нормированными значениями по отношению к весам w_{kj} .

Таблица 4 – Данные для расчета ϵ_{F_j} при решении задачи F_1

Номер технического средства k	Сокращенное наименование технического средства	Весовые коэффициенты w_{k1}	Нормированные весовые коэффициенты \underline{w}_{k2}	ϵ_k^*	$\underline{\epsilon}_k$	ϵ_{*k}
1	ДРЛ	0,7	0,175	1	0,62	0,33
2	АРП	0,5	0,125	1,89	1,03	0,77
4	АРМ	1,0	0,25	1,9	1,09	0,58
5	ДРМ	1,0	0,25	1,11	0,98	0,58
6	ПАР	0,8	0,2	1,1	1,02	1

Таблица 5 – Данные для расчета ϵ_{F_j} при решении задачи F_2

Номер технического средства k	Сокращенное наименование технического средства	Весовые коэффициенты w_{k1}	Нормированные весовые коэффициенты \underline{w}_{k2}	ϵ_k^*	$\underline{\epsilon}_k$	ϵ_{*k}
1	ДРЛ	0,9	0,18	1	0,62	0,33
2	АРП	0,1	0,02	1,89	1,03	0,77
4	АРМ	1,0	0,2	1,9	1,09	0,58
5	ДРМ	1,0	0,2	1,11	0,98	0,58
6	ПАР	1,0	0,2	1,1	1,02	1
6	ПАР	1,0	0,2	1,1	1,02	1

Результаты расчетов ϵ_{F_j} решения задач F_j КТС системы РТО полетов типового аэродрома Гос.А приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчетов ϵ_{F_j} решения задач F_j

Код функции	Вариант системы РТО полетов	Вес w_j	Вес норм. \underline{w}_j	$\epsilon_{F_j}^*$	$\underline{\epsilon}_{F_j}$	ϵ_{*F_j}
F_1	Типовой аэродром	0,5	0,11	1,9	0,96	0,55
F_2	Типовой аэродром	0,9	0,19	1,9	0,95	0,37
F_3	Типовой аэродром	0,5	0,11	1	1	1
F_4	Типовой аэродром	0,7	0,15	1,16	0,86	0,58
F_5	Типовой аэродром	1,0	0,22	1	0,87	0,7
F_9	Типовой аэродром	1,0	0,22	1	0,58	0,39

Для расчета интегрального показателя эффективности системы РТО полетов типового аэродрома (обозначено как $E = \{E^*, \underline{E}, E_*\}$) были использованы данные таблицы 6.



Интегральный показатель эффективности E носит характер функциональной зависимости от интегральных показателей эффективности ε_{F_j} , где $F_j = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_9\}$.

Весовые коэффициенты w_{F_j} решения задач F_j КТС системы РТО полетов были определены экспертами. Веса w_{F_j} представляют собой нормированные значения относительно весов w_{F_j} .

Допустим, что решение задач $F_1 - F_5, F_9$ можно осуществить независимо (хотя данное допущение не действует для F_1 и F_2 при определении интегральных показателей), тогда применимо правило в виде:

$$E(\varepsilon_{F_j}) = \sum_j \varepsilon_{F_j} \cdot w_{F_j}, j \in \{1, \dots, 5, 9\}. \quad (2)$$

При условии, когда решение задач КТС системы РТО полетов $F_1 - F_5, F_9$ недопустимо считать независимыми, сформированы фокусирующие множества и определены базовые вероятности.

Выводы. Итоговые значения показателей оценки эффективности с учетом всех допущений для КТС системы РТО полетов типового стационарного Гос.А. $E = \{1,81; 0,845; 0,721\}$.

Результаты оценки эффективности КТС системы РТО полетов типового стационарного аэродрома позволяют определить основные направления совершенствования системы. Из таблицы 2 анализ показывает, что большее количество недостатков по пессимистичной оценке ε_* эффективности КТС системы РТО полетов имеют РСП-6М2, РСБН-4Н, ПРМГ-76У, АРП-11 и ССО развернутого по схеме ССП-1 что связано, с несоответствием ТТХ этих ТС современным требованиям к ТТХ и схемам размещения ССО.

Из анализа средней оценки эффективности E следует, что система РТО полетов типового стационарного аэродрома удовлетворяет требованиям к эффективности системы РТО полетов для современного этапа на 85%, обеспечивает 96% приемлемого уровня безопасности воздушного движения.

Анализ на основе пессимистичной оценки эффективности E_* показал, что эффективность КТС системы РТО полетов не превосходит 73% от заданного уровня ($E=1$). Структура интегрального показателя эффективности E_* образованной низкими значениями, обусловлена низкой эффективностью всех ТС за исключением ПАР-10М и МРМ.

Анализ данных на основе пессимистичных оценок эффективности отдельных ТС системы РТО типового стационарного аэродрома, предопределил необходимость замену ТС имеющих ТТХ не удовлетворяющих современным требованиям, например, ССП-1 имеющего сокращенный состав огней. Повышение эффективности КТС системы РТО полетов можно обеспечить заменой ТС на более совершенные, что должно быть подвержено минимальным значениям E_* . Так из таблицы 3 следует, что для ССП-1 $E_* = 0,33$. Вектор развития КТС системы РТО виден на основе весовых коэффициентов функций, соответствующих ТС. Из таблиц 5 и 6 видно, что наивысшим весом ($w_j = 1,0$) обладает решение задачи F_9 «Обеспечение визуального взлета и посадки», которая осуществляется ССП-1, исходя из этого, после замены устаревших РСП, должна быть осуществлена модернизация светотехнического оборудования по новейшей схеме категории метеоминимума – КММ-2. Требуется решение вопроса по совершенствованию аппаратуры типа ПРМГ, а далее для выполнения решения задачи F_2 ввиду равенства коэффициента важности 1,0 РСБН. В последнюю очередь, должен быть модернизирован АРП. ПАР и МРМ полностью удовлетворяют требованиям к этим ТС и их замена может быть обусловлена израсходованным ресурсом. Под понятием «модернизация» понимают, как полную замену оборудования новыми образцами, так и частичную модернизацию с заменой устаревшей элементной базы, но сохранением функционального назначения и характеристик.



Важным замечанием проведенного исследования является рассмотрение эффективности КТС системы РТО обеспечения полетов на основе требований к решению задач системой РТО в Гос.А. Если провести исследование в русле полных требований к решению задач системой РТО, то значения показателей эффективности в ряде случаев окажутся равными 0, что значительно понизит значение интегрального показателя эффективности и поставит вопрос состоятельности существующей системы РТО полетов Гос.А. Для решения этого вопроса необходимо применение новых ТС в составе КТС системы РТО полетов. Такими средствами являются радиолокатор обзора летного поля, микроволновая система посадки и моноимпульсный посадочный радиолокатор.

Анализ результатов оценки эффективности КТС системы РТО полетов типового стационарного аэродрома количественно подтверждает необходимость и порядок модернизации ТС являющихся элементами сложной технической системы РТО полетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машков В.Г. Техническая эксплуатация радиотехнических средств обеспечения полетов авиации: Учебник. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА им.проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2014. 450 с.

2. Воробьев В.А., Чистилин Д.А. Структура показателей оценки эффективности системы радиотехнического обеспечения полетов // Актуальные проблемы радиолокации, радионавигации, радиоэлектронных контрольных и измерительных систем на современном этапе развития ВВС / Сб. науч. ст. по материалам VI Международной науч.-техн. конф., посвященной Дню образования войск связи, «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией» (8–9 ноября 2017 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. С. 48–50.

3. Воробьев В.А., Сахаров С.В., Чистилин Д.А. Автоматизированная методика оценки эффективности комплекса средств радиотехнического обеспечения полетов // Сборник научных статей по материалам Международной военно-научной конференции «Актуальные проблемы вооруженной борьбы в воздушно-космической сфере» (13– 44 апреля 2017 г.) в 2 ч. Ч 2. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. С. 207–213.

4. Черняков М.В., Петрушин А.С. Методика оценки эффективности аэродромного диспетчерского центра. / В сб. «Научный вестник МГТУ ГА», серия «Радиофизика и радиотехника», №24. 2000. С. 35–48.

5. Черняков М.В., Петрушин А.С. Оценка эффективности комплекса технических средств радиосветотехнического обеспечения аэродрома // Научный вестник МГТУ ГА, серия «Радиофизика и радиотехника», № 36. 2001. 231 с.

REFERENCES

1. Mashkov V.G. Tekhnicheskaya ehkspluatatsiya radiotekhnicheskikh sredstv obespecheniya poletov aviatsii: Uchebnik. Voronezh: VUNTS VVS «VVA im.prof. N.E. Zhukovskogo i YU.A. Gagarina», 2014. 450 p. (in Russian).

2. Vorob'ev V.A., Chistilin D.A. Struktura pokazateley otsenki ehffektivnosti sistemy radiotekhnicheskogo obespecheniya poletov // Aktual'nye problemy radiolokatsii, radionavigatsii, radioehlektronnykh kontrol'nykh i izmeritel'nykh sistem na sovremennom ehtape razvitiya VVS / Sb. nauch. st. po materialam VI Mezhdunarodnoy nauch.-tekhn. konf., posvyashhennoy Dnyu obrazovaniya voysk svyazi, «Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya sistem svyazi i radiotekhnicheskogo obespecheniya v upravlenii aviatsiey» (8–9 noyabrya 2017 g.). Voronezh: VUNTS VVS «VVA», 2017. P. 48–50. (in Russian).



3. Vorob'ev V.A., Saharov S.V., CHistilin D.A. Avtomatizirovannaya metodika otsenki ehffektivnosti kompleksa sredstv radiotekhnicheskogo obespecheniya poletov // Sbornik nauchnyh statey po materialam Mezhdunarodnoy voenno-nauchnoy konferentsii «Aktual'nye problemy vooruzhennoy bor'by v vozdushno-kosmicheskoy sfere» (13-44 aprelya 2017 g.) v 2 ch. CH 2. Voronezh: VUNTS VVS «VVA», 2017. P. 207–213. (in Russian).

4. CHernyakov M.V., Petrushin A.S. Metodika otsenki ehffektivnosti aehrodromnogo dispatcher'skogo tsentra. / V sb. «Nauchnyy vestnik MGTU GA», seriya «Radiofizika i radiotekhnika», №24. 2000. P. 35–48. (in Russian).

5. CHernyakov M.V., Petrushin A.S. Otsenka ehffektivnosti kompleksa tekhnicheskikh sredstv radiosvetotekhnicheskogo obespecheniya aehrodroma // Nauchnyy vestnik MGTU GA, seriya «Radiofizika i radiotekhnika», № 36. 2001. 231 p. (in Russian).

© Воробьев В.А., Сахаров С.В., Митрофанова С.В., 2018

Воробьев Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела научно-исследовательского, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mgwobjev@ya.ru.

Сахаров Сергей Васильевич, кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Митрофанова Светлана Викторовна, младший научный сотрудник 34 отдела научно-исследовательского, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mitrofanovas85@mail.ru.