

УДК 629.7.017; 656.7.085

© Есев А.А., Ткачук А.В., Зыкин А.П.
Esev A., Tkachuk A., Zykin A.**МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ
ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ****METHODICAL PROVISION OF TECHNICAL LEVEL STUDIES OF WEAPONS AND
MILITARY EQUIPMENT**

Аннотация. Изложено методическое обеспечение, позволяющее выполнить сопоставление технического уровня различных образцов (модификаций) вооружения и военной техники для определения их готовности к испытаниям. Расчет оценки технического уровня основан на квалиметрическом подходе: коэффициенты качества простых, сложных и комплексных свойств определяются расчётным путём, а коэффициенты весомости свойств и индивидуальные коэффициенты качества простых (качественных) технических свойств – экспертным. Оценка коэффициента технического уровня рекурсивно вычисляется по дереву технических свойств. Полученные решения обеспечивают обоснование предложений по улучшению технических свойств образцов вооружения и военной техники.

Работа поддержана РФФИ, грант № 13-01-00176.

Annotation. Methodical software that allows you to map the technical level of the different samples (models) of weapons and military equipment to determine their willingness to be tested. Obtain an estimate of the technical level based on their qualitative approach: quality factors of simple, complex, and complex properties are determined by calculation, and the coefficients of the weight of individual properties and the quality factors of simple (qualitative) Technical characteristics - expert. An estimate of the technical level of the tree recursively technical properties. The resulting solutions provide the rationale for the proposals to improve the technical properties of weapons and military equipment.

This work was supported by RFBR grant number 13-01-00176.

Ключевые слова. Испытание, вооружение, военная техника, технический уровень, дерево, эргономическое свойство, квалиметрия.

Key words. Test, weapons, military equipment, technical level, wood, ergonomics, qualimetry.

Необходимость обеспечения эффективной профессиональной деятельности операторов вооружения и военной техники (ВВТ) значительно повышает требования к их техническому уровню [1–8]. В связи с модернизацией выпускаемых серийно и созданием новых образцов ВВТ имеется необходимость проведения их испытаний, важное значение для которых имеет использование адекватного методического обеспечения [1 – 6, 9 – 13].

Для сопоставления оценок технического уровня различных образцов ВВТ и анализа их готовности к испытаниям создана методика расчета оценки технического уровня образцов ВВТ, с помощью которой можно рассчитать количественную оценку их любого технического свойства.

**Квалиметрический метод расчета оценки
технического уровня ОНВ**

Для расчета оценки технического уровня используется квалиметрический метод, при котором коэффициенты качества простых, сложных и комплексных свойств определяются расчётным путём, а коэффициенты весомости свойств и индивидуальные коэффициенты качества простых (качественных) технических свойств – экспертным (метод экспертного опроса). Последовательность расчета оценки технических свойств ВВТ экспертами из экспертной группы включала в себя:

- построение дерева технических свойств образца ВВТ (пример такого дерева для вертолетных очков ночного видения (ОНВ) представлен на рисунке);

Есев Андрей Александрович – кандидат технических наук, начальник отделения, Государственный лётно-испытательный центр имени В.П.Чкалова, тел.+7(495)612-24-48;

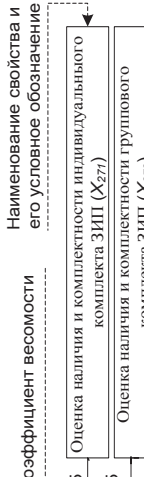
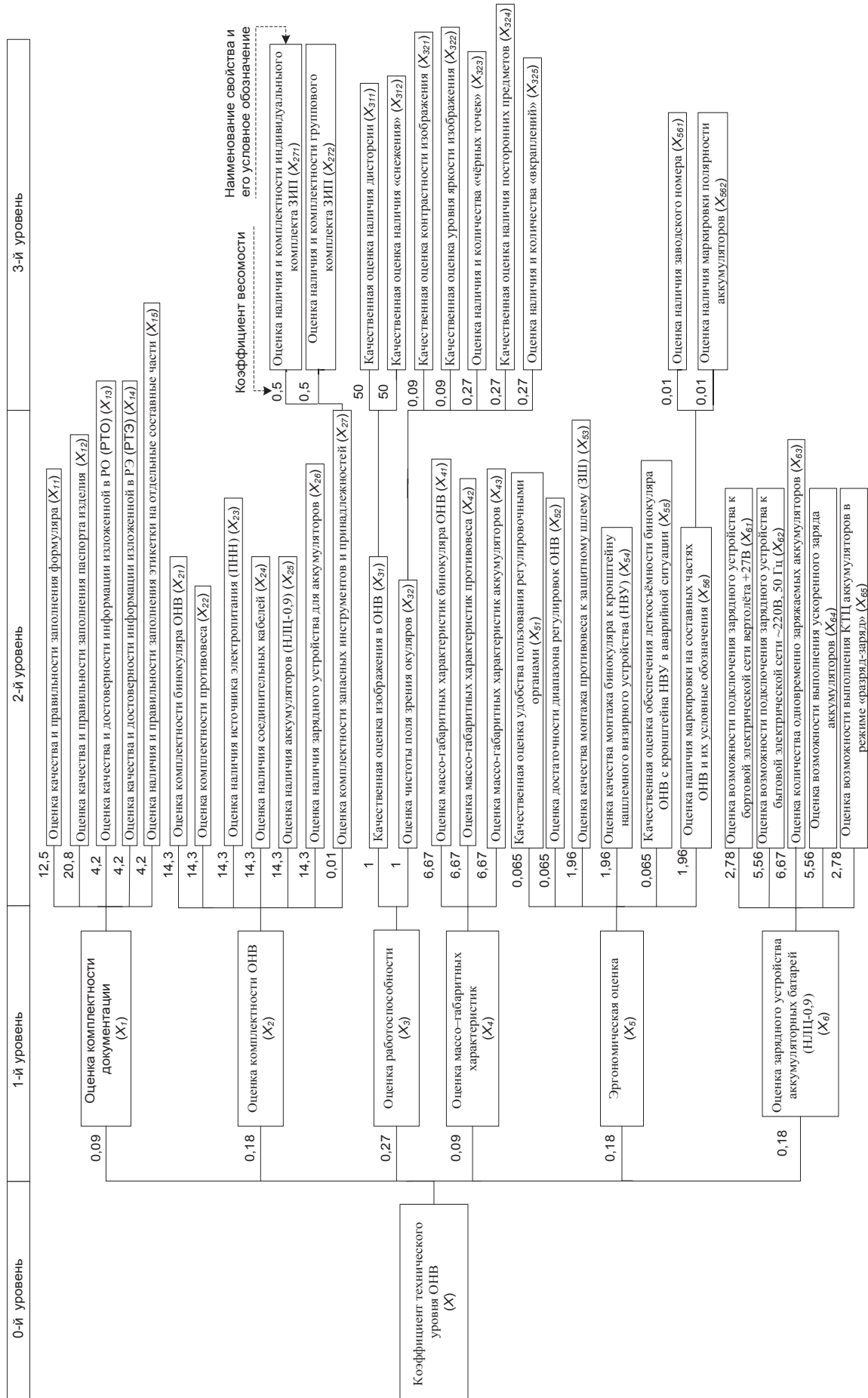
Ткачук Артём Викторович – летчик-испытатель, Государственный лётно-испытательный центр имени В.П.Чкалова;

Зыкин Андрей Павлович – заместитель начальника лётно-испытательной станции, ОАО «Роствертол».

Esev Andrey – Ph.D., head of the department, State flight test center Chkalov, tel. +7(495)612-24-48;

Tkachuk Artem – test pilot, State flight test center Chkalov;

Zykin Andrey – deputy chief of flight test station, OSA «Rostvertol».



Дерево технических свойств вертолётных ОНВ

- определение коэффициентов весомости технических свойств образца ВВТ;
- определение базовых, экстремальных и реальных технических показателей;
- определение технических показателей (коэффициентов качества) простых, сложных, комплексных свойств и показателей образца ВВТ в целом.

Оцениваемым показателем является коэффициент технического уровня (КТ), который вычисляется как

$$K_T = \frac{x_j^{\max}}{\sum_{j=1}^n v_j} \sum_{j=1}^n \left(v_j \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}} \right), \quad (1)$$

где n – число компонентов j -го уровня, связанных с оценкой x_i ;

v_j – вес компонента j -го уровня, отражающий его важность для i -го уровня;

x_{ij} – оценка компонента j -го уровня;

x_i^{\max} – максимальное значение компонента i -го уровня;

x_{ij}^{\max} – максимальное значение компонента j -го уровня;

x_{ij}^{\min} – минимальное значение компонента j -го уровня.

Дерево технических свойств образца ВВТ строится слева направо. Крайние правые окончания ветвей (листья) представляют собой простые (квазипростые) технические свойства, остальные – сложные и комплексные свойства.

При оценке технического уровня образца ВВТ в целом дерево должно быть полным, т.е. разделённым на все составляющие технические свойства. В случае выполнения оценки отдельного технического свойства дерево может быть неполным, т.е. разделённым на составляющие только оцениваемого свойства.

Группировки свойств делятся на уровни, которые нумеруются слева направо, начиная с нулевого уровня (корня) – технических свойств образца ВВТ – и заканчивая правым уровнем (листьями) – простыми (квазипростыми) техническими свойствами. Свойства одного уровня размещаются на одной вертикали.

Определение коэффициентов весомости (важности) технических свойств образца ВВТ производилось в следующей последовательности:

- составление индивидуальных анкет и их заполнение экспертами (назначение индивидуальных ненормированных коэффициентов весомости);
- согласование мнений экспертов;
- нормирование коэффициентов весомости.

Анкета для определения ненормированных коэф-

фициентов весомости разрабатывалась для каждого сложного (комплексного) свойства согласно дереву технических свойств образца ВВТ. Комплект индивидуальных анкет (число анкет в комплекте равно числу сложных и комплексных свойств дерева технических свойств образца ВВТ) заполнялся каждым экспертом, куда заносились значения ненормированных коэффициентов весомости.

Экспертная оценка весомости свойств осуществлялась в баллах (от 0 до 100 баллов) в зависимости от значимости (весомости, важности) технического свойства.

Согласование мнений экспертов осуществлялось статистическими методами [14 - 17]. Нормирование коэффициентов весомости производилось в следующей последовательности [14, 15, 17]:

- определение среднего значения ненормированного коэффициента весомости технического свойства (среднего балла) M_j по формуле

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n M_{ij}}{n}, \quad (2)$$

где j – порядковый номер свойства (по дереву технических свойств образца ВВТ);

i – номер эксперта;

n – число оценок экспертов для j -го свойства;

M_{ij} – оценка (в баллах) j -го свойства i -м экспертом;

- определение группового (обобщённого по всем экспертам) нормированного коэффициента весомости технического свойства μ_j по формуле

$$\mu_j = \frac{M_j}{\sum_j M_j}, \quad (3)$$

где $\sum_j M_j$ – сумма средних оценок (в баллах) ненормированных коэффициентов весомости технических свойств.

Базовые $P_{баз}$ и экстремальные $P_{экс}$ технические показатели могут быть вычислены по одному из четырёх вариантов, в зависимости от варианта задания требований:

$$1. \quad P_{баз} = \frac{b_1 + b_2}{2},$$

где b_1 и b_2 – крайние значения показателей свойства;

$P_{экс} = 0,85b_1$, если $P_{пл} < P_{баз}$ или $P_{экс} = 1,15b_2$, если $P_{пл} > P_{баз}$.

2. $P_{баз} = 0$, если технические требования заданы в виде предельно допустимых значений; $P_{экс} = 1,15b$, где b – предельно допустимое значение технического показателя.

3. Технические требования заданы в виде «не менее» или «не более». Тогда при задании значения показателя в виде «не менее»: $P_{баз} = 2b$ и $P_{экс} = 0,85b$, где b – заданное значение показателя. При задании значения показателя в виде «не более»: $P_{баз} = 0,5b$ и $P_{экс} = 1,15b$.

4. Технические требования заданы в качественном

виде (отсутствует единица измерения). Тогда $P_{баз} = 100$ и $P_{экс} = 0$.

Показатель технического уровня образца ВВТ K_T , в целом и комплексных (сложных) свойств рассчитывается по формуле (1).

Показатель технического уровня образца ВВТ сложного свойства K_f , разделяющегося на простые (квази-простые), может быть определён по формуле

$$K_f = \sum_j^m \omega_j \mu_j, \quad (4)$$

где f – номер оцениваемого сложного свойства (по дереву технических свойств образца ВВТ);

j – номер простого (квазипростого) свойства, составляющего f -е сложное свойство (по дереву технических свойств ОНВ);

m – число простых (квазипростых) свойств, составляющих f -е сложное свойство;

ω_j – коэффициент качества j -го простого свойства;

μ_j – групповой нормированный коэффициент весомости j -го простого свойства.

Коэффициент качества простого технического свойства ω_j определяется из выражения

$$\omega_j = \frac{P_{пл} - P_{экс}}{P_{баз} - P_{экс}}, \quad (5)$$

где $P_{пл}$ – реальное значение показателя технического свойства;

$P_{экс}$ – экстремальное значение показателя технического свойства;

$P_{баз}$ – базовое значение показателя технического свойства.

Расчёты по определению технических показателей образца ВВТ в целом должны проводиться последовательно для всех сложных и комплексных свойств, начиная с последнего уровня (по дереву технических свойств ОНВ) и заканчивая нулевым уровнем – оценкой технических свойств образца ВВТ.

Обработка и анализ результатов

После выполнения расчётов проводится обработка, анализ и оценка результатов. Разработку предложений по улучшению технических свойств образца ВВТ целесообразно проводить в следующей последовательности:

- определить свойства (характеристики), которые требуют улучшения. Это прежде всего простые свойства с низким коэффициентом качества;
- разработать мероприятия (компоновочные, конструктивные и т.д.) по улучшению этих свойств.

Формулы для расчёта технического уровня различных моделей вертолётных ОНВ, применительно к де-

реву их свойств, изображённому на рисунке, имеют вид:

$$X = \frac{X_1 + 2X_2 + 3X_3 + X_4 + 2X_5 + 2X_6}{11}, \quad (6)$$

$$X_1 = 100 \frac{3X_{11} + 5X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15}}{33}, \quad (7)$$

$$X_2 = 100 \frac{X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27}}{7}; \quad (8)$$

$$X_{27} = \frac{X_{271} + X_{272}}{2}, \quad (9)$$

$$X_3 = \frac{X_{31} + X_{32}}{2}, \quad (10)$$

$$X_{32} = \frac{X_{321} + X_{322} + 3X_{323} + 3X_{324} + 3X_{325}}{11}, \quad (11)$$

$$X_{31} = 100 \frac{X_{311} + X_{312}}{2}, \quad (12)$$

$$X_4 = 100 \frac{X_{41} + X_{42} + X_{43}}{15}, \quad (13)$$

$$X_5 = \frac{X_{51} + X_{52} + X_{55}}{5,1} + 100 \frac{X_{53} + X_{54}}{25,5} + 100 \frac{0,1X_{56}}{5,1}; \quad (14)$$

$$X_{56} = \frac{X_{561} + X_{562}}{2}, \quad (15)$$

$$X_6 = 100 \frac{X_{61} + 2X_{62} + 2X_{64} + X_{65}}{9} + 100 \frac{3X_{63}}{45}. \quad (16)$$

Методика расчета оценки технического уровня вертолётных ОНВ и дерево технических свойств ОНВ, изображённое на рисунке, позволяют выполнить сравнительную оценку технического уровня различных ОНВ и определить их готовность к испытаниям в составе боевого вертолётного. Использование дерева свойств при оценке готовности ОНВ к испытаниям позволяет сократить сроки наземных испытаний боевых вертолетов, оборудованных ОНВ, и повысить их качество.

Рекомендации по совершенствованию вертолётных ОНВ

В результате анализа более 288 наземных испытаний и 150 испытательных полетов боевых вертолетов типа Ми-24, Ми-8, Ми-28Н и Ка-52, оборудованных ОНВ, оценок 22 комплектов моделей ОНВ, принятых на снабжение в Минобороны России, с помощью изложенной методики обоснован ряд рекомендаций для промышленности по улучшению технических и эргономических характеристик как самих ОНВ, так и боевых вертолетов, оборудованных ими.

1. К основным рекомендациям по совершенствованию ОНВ следует отнести:

- обеспечение легкосъемности бинокля ОНВ с кронштейна на шлемного визирного устройства защитного шлема в аварийной ситуации;

- устранение (минимизирование) «подушкообразной» дисторсии оптической системы ОНВ;
- рассмотрение возможности разработки низкопрофильных ОНВ, уменьшение их массы и габаритов;
- рассмотрение возможности разработки и применения новых поколений электронно-оптических преобразователей;
- обеспечение применения и нанесения антибликового покрытия «минус блю» на внутреннюю поверхность монокуляра;
- создание возможности применения в каждом монокуляре патрона осушки, обеспечивающего поглощение влаги в случае ее попадания во внутреннюю полость монокуляра;
- обеспечение возможности одновременного заряда двух комплектов аккумуляторов НЛЦ-0,9 из комплекта ОНВ;
- обеспечение возможности ускоренного заряда аккумуляторов НЛЦ-0,9;
- обеспечение возможности прямого подключения зарядного устройства аккумуляторов НЛЦ-0,9 к бортовой сети боевого вертолета или автомобиля с помощью вилки 48КВ.

2. К основным рекомендациям по объекту испытаний (боевому вертолету, оборудованному ОНВ), следует отнести:

- включение в состав оборудования вертолета индикатора информации, характеризующей освещенность закабинного пространства, с целью обеспечения летчика необходимой информацией о предельном значении уровня естественной ночной освещенности при выполнении полетов с использованием ОНВ;
- использование управляемых вертолетных посадочно-поисковых фар ВППФ-1А с возможностью работы их как в оптическом, так и в «скрытом» диапазонах на вертолетах типа Ми-24 и Ми-8 вместо фар ФПП-7М, адаптированных с помощью насадки инфракрасного фильтра, что расширяет боевые возможности вертолета при применении его экипажем ОНВ.

Методика расчёта оценки технического уровня образца ВВТ позволяет априорно оценить его готовность к проведению испытаний, провести объективное сравнительное оценивание различных моделей образцов ВВТ и обосновывать замечания и рекомендации промышленности по доработке и их совершенствованию.

Литература

1. Маслов С.В. Анализ рисков безопасности полетов при использовании летным составом вертолетов очков ночного видения / С.В.Маслов, А.А.Есев // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций – № 1, 2011. – С. 52 – 57.
2. Кукушкин Ю.А. Математическое обеспечение рискометрии состояний человека в экстремальных и аварийных ситуациях, сопряженных с гипоксическим воздействием / Ю.А.Кукушкин [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 10. С. 25 – 33.
3. Кукушкин Ю.А. Особенности поддержки принятия решений по устранению особых событий и опасных состояний летчика в высотном полете / Кукушкин Ю.А. [и др.] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 6. С. 74-79.
4. Есев А.А. Методическое обеспечение определения максимальной дальности обнаружения объектов при выполнении поисково-спасательных работ с применением вертолетов, оборудованных очками ночного видения / А.А.Есев, С.А.Базаров, А.В.Русскин, Т.А.Солдатов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – № 4, 2011. – С. 45 – 52.
5. Федоров М.В. Метод расчета дальности действия низкоуровневых телевизионных систем визуализации изображения для летчиков вертолетов / М.В.Федоров, А.А.Есев, Е.М.Еремин // Информационно-измерительные и управляющие системы. – № 5, т.9, 2011. – С. 12 – 17.
6. Есев А.А. Методы экспериментальных исследований помехозащищенности вертолетных очков ночного видения / А.А.Есев, А.П.Головкин, А.А.Антошин, А.И.Атрошенко // Полет. - № 2, 2012. – С. 40 – 44.
7. Маслов С.В. Методика оценивания технических показателей очков ночного видения при проведении наземных испытаний авиационной техники / С.В.Маслов, А.А.Есев // Проблемы безопасности полетов - № 4, 2010. – С. 27 – 35.
8. Ушаков И.Б. Физиология труда и надежность деятельности человека / И.Б.Ушаков, Ю.А.Кукушкин, А.В.Богомолов – М.: Наука, 2008. – 318 с.
9. Кукушкин Ю.А. Метод расчёта риска потери работоспособности человека в условиях низкого барометрического давления / Ю.А. Кукушкин [и др.] // Полет. 2012. № 10.
10. Федоров М.В. Математическая модель автоматизированного контроля выполнения мероприятий в органах военного управления / М.В.Федоров, К.М.Калинин, А.В.Богомолов, А.Н.Стецюк // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т. 9. № 5. С. 46-54.
11. Медведев В.Р. Приоритетные направления развития технического оснащения военно-медицинской службы / В.Р.Медведев, А.В.Богомолов, Н.В.Мурашев // Двойные технологии. 2012. № 4. С. 43-47.
12. Аверьянов А.А. Методическое обеспечение и результаты физиолого-гигиенических исследований авиационного бронезилета / А.А.Аверьянов [и др.] // Проблемы безопасности полетов. 2010. № 10. С. 30-35.
13. Зинкин В.Н. Методология экспериментальных исследований акустической эффективности противошумных наушников в

области низких частот / В.Н.Зинкин [и др.] // Информатика и системы управления. 2011. № 1. С. 72-80.

14. Шибанов Г.П. Порядок формирования экспертных групп и проведения коллективной экспертизы / Г.П.Шибанов // Информационные технологии, № 12, 2003. – С. 26 – 29.

15. Богомолов А.В. Экспертно-аналитическое обоснование приоритетных направлений совершенствования системы предупреждения биологических террористических актов / А.В.Богомолов, Т.В.Зуева, С.С.Чикова, М.С.Голосовский // Информатика и системы управления. 2009. № 4. С. 134-136.

16. Богомолов А.В. Концепция математического обеспечения диагностики состояния человека / А.В.Богомолов // Информатика и системы управления. 2008. № 2 (16). С. 11-13.

17. Козлов В.Е. Математическое обеспечение обработки рейтинговой информации в задачах экспертного оценивания / В.Е.Козлов, А.В.Богомолов, С.В.Рудаков, В.Т.Оленченко // Мир измерений. 2012. № 9. С. 42-49.

Материал поступил в редакцию 19. 10. 2013 г.