

УДК 004.415.25

ББК 39.5

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В РАЗРАБОТКЕ
ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
КОМПЕТЕНТНОСТИ***

Людмила Геннадьевна Большедворская

доктор технических наук, доцент

Московский государственный технический университет

гражданской авиации

Москва, Россия

l.bolshedvorskaya@mstuca.aero

Николай Дмитриевич Корягин

кандидат технических наук, профессор

Московский государственный технический университет

гражданской авиации

Москва, Россия

n.koryagin@mstuca.aero

Данная статья продолжает серию публикаций, направленных на разработку концепции построения архитектуры и состава алгоритмов экспертной системы повышения эффективности подготовки инспекторов по надзору за безопасностью полетов воздушных судов гражданской авиации. Актуальность этого исследования и постановка задачи были опубликованы в работе «Анализ применения экспертных систем для диагностирования проблемных зон в системе подготовки летных кадров для гражданской авиации», где были выявлены факторы, влияющие на формирование профессиональной компетентности авиационных кадров. Причем отмечено, что

значительная часть этих факторов может быть скорректирована в процессе обучения. Продолжением данного исследования стали результаты, представленные в работе «Построение архитектуры экспертной системы для диагностирования проблемных зон в подготовке авиаперсонала». Базовой основой для разработки и построения архитектуры экспертной системы явились количество и качество информации о результатах расследования авиационных происшествий, а также результаты научно-технического прогресса в области информационных технологий. В работе подчеркнута, что процесс разработки и внедрения экспертной системы диагностики должен включать несколько этапов, самым ответственным из которых является этап оценки знаний. Этим обусловлена актуальность представленной работы, направленной на разработку эффективного инструментария оценки знаний и профессиональных компетенций авиационных кадров.

Ключевые слова: компетентность, гражданская авиация, нечеткая логика, экспертные системы.

*Публикация подготовлена в рамках поддержанного грантом Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) проекта № 19-08-00028 «Разработка концепции построения архитектуры и состава алгоритмов экспертной системы повышения качества подготовки инспекторов по надзору за безопасностью полетов воздушных судов гражданской авиации», выполняемого в Московском государственном техническом университете гражданской авиации (МГТУ ГА). Руководитель проекта – кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой экономики и управления на воздушном транспорте МГТУ ГА Корягин Н. Д.

APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN THE DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS FOR THE ASSESSMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCE*

Ljudmila Gennad''evna Bolshedvorskaya
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow State Technical University
of Civil aviation

Moscow, Russian Federation
l.bolshedvorskaya@mstuca.aero

Nikolaj Dmitrievich Koryagin
Candidate of Technical Sciences, Professor
Moscow State Technical University
of Civil aviation

Moscow, Russian Federation
n.koryagin@mstuca.aero

*Publication was prepared within the framework of project No. 19-08-00028, supported by a grant from the Russian Foundation for Fundamental Research (RFFI).

The paper continues the series of publications aimed at developing the concept of architecture and composition of algorithms for an expert system intended to increase the efficiency of flight safety inspectors' training. The research relevance and problem statement were published in "Analysis of applying the expert systems for diagnosis of troublesome areas in the system of training pilots for civil aviation" which revealed the factors affecting the formation of air staff's professional competence. It was also noted that the most of the factors could be corrected during training. The research results presented in "Development of the architecture of an expert system for diagnosis of troublesome areas in air personnel's training" are a follow-up for the study. The development of architecture for an expert system was based on amount and quality of the information about the results of air accidents

investigations as well as the results of IT technological advances. The article points out that developing and implementing an expert diagnosis system should include several stages, the stage of knowledge evaluation being the most important. This determines the relevance of the presented paper aimed to develop an efficient tool set for evaluating air staff's knowledge and professional competence.

Key words: competence, civil aviation, fuzzy logics, expert systems.

Введение

Результаты анализа авиационных происшествий (АП) и катастроф (К) из года в год подтверждают наибольшее влияние двух факторов (рис. 1) – человеческого фактора (ЧФ) и недостатков авиационной техники (АТ).

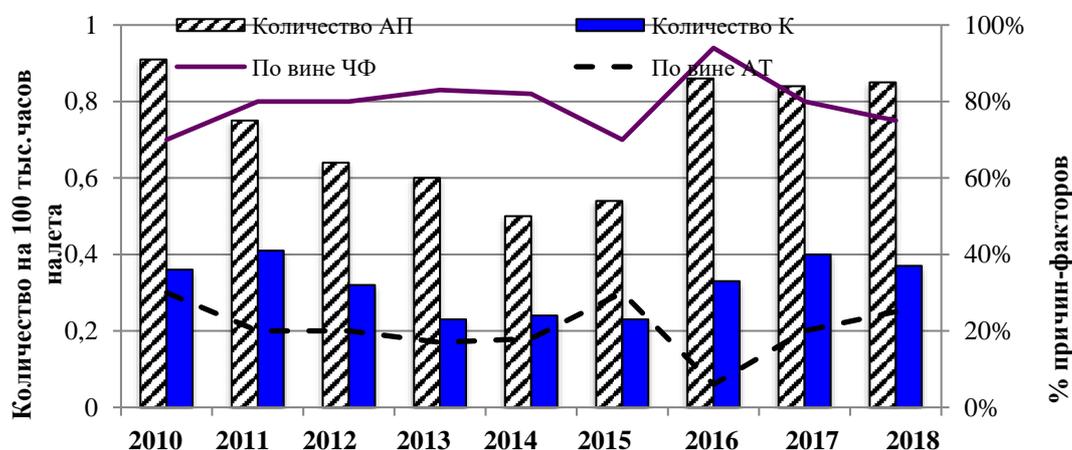


Рисунок 1 – Количество авиационных происшествий и катастроф на 100 тысяч часов полета за период 2010-2018 годы

Динамические процессы, происходящие в отрасли, изменение структуры и состава парка воздушных судов, входящих в реестр гражданской авиации, а также высокая степень автоматизации процессов на борту снижают качество пилотирования самолетов в ручном режиме. Решение проблемы может быть достигнуто посредством совершенствования системы подготовки кадров.

Отличительными характеристиками подготовки кадров для гражданской авиации являются: уровень потенциальной готовности; развитие

профессиональных качеств; особенности мотивационной сферы; состояние профессиональной работоспособности и др.

Состояние профессиональной работоспособности зависит от факторов личностного, адаптационного и мотивационного характера и отражает способность специалиста выполнять профессиональную деятельность в предлагаемых обстоятельствах.

Поэтому оценку профессиональной работоспособности необходимо рассматривать в формате резервных возможностей организма, эффективности работы и проявления признаков утомляемости. Еще в конце прошлого века немецким психиатром Эмилем Крепелином был проведен анализ работоспособности человека в зависимости от стадий ее проявления [Общая психодиагностика, 1987] (рис. 2).



Рисунок 2 – Изменение работоспособности кадров на разных стадиях ее проявления

Автором подчеркивается, что возникновение повышенной утомляемости может проявляться в зависимости от характера деятельности, уровня профессиональной подготовленности, состояния здоровья специалистов, режима их труда и отдыха. Поэтому решение проблемы оценки подготовленности кадров на основе учета лишь одного из параметров,

влияющих на формирование профессионального профиля специалиста, не может обеспечить существенного эффекта. Для гражданской авиации проблема усугубляется тем, что уровень профессиональной подготовки авиационных кадров должен соответствовать требованиям снижения риска безопасности полетов по вине человеческого фактора [Куклев, 2007].

В настоящее время для разработки систем, создаваемых в области оценки профессиональной компетентности специалистов, обеспечивающих безопасность полетов в гражданской авиации, используются различные математические модели, основу которых составляют, преимущественно, статистические данные. Отсутствие возможности получить количественные значения отдельных параметров личностного, мотивационного или адаптационного характера снижают эффективность применения этих моделей в эксплуатационных условиях (рис. 3).

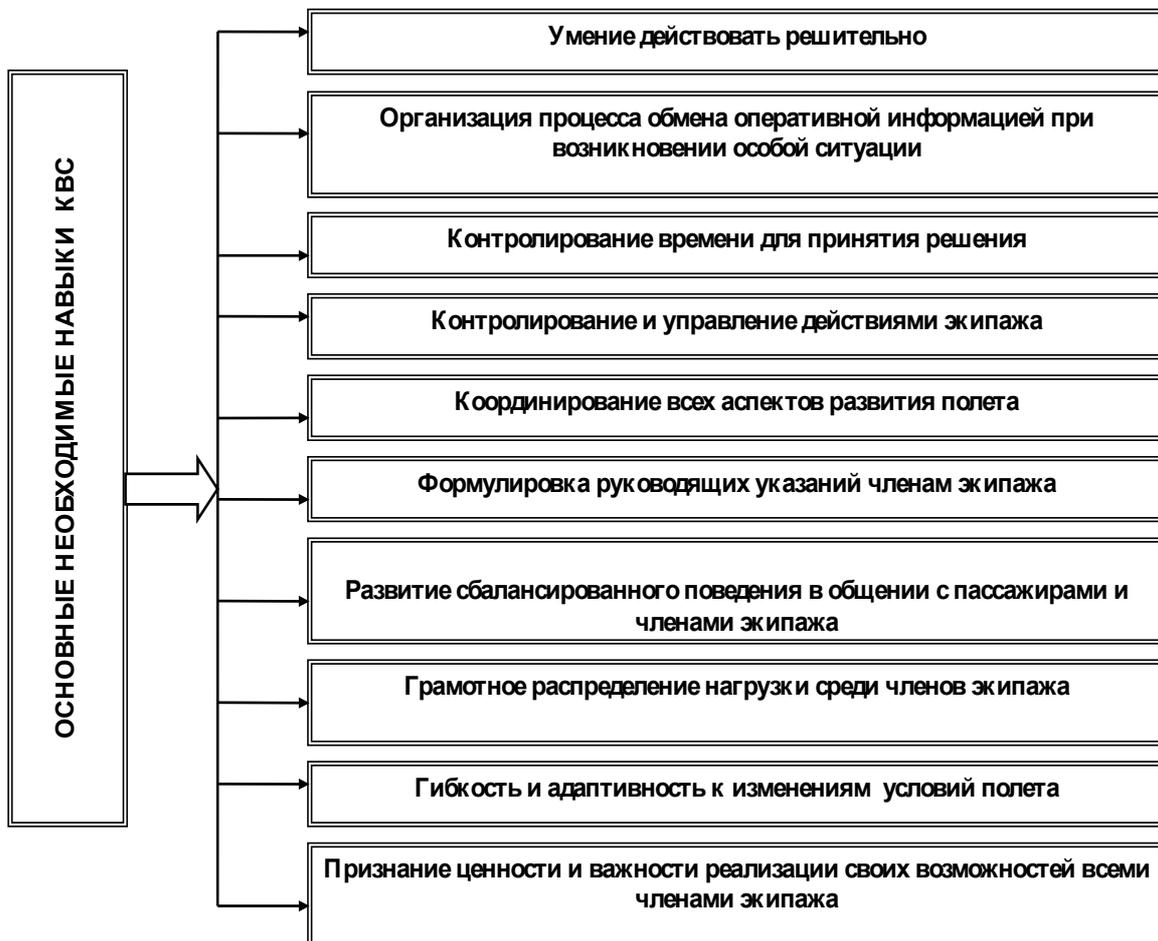


Рисунок 3 – Структура необходимых компетенций межличностного поведения командиров воздушных судов

В представленной структуре можно выделить несколько компетенций, уровень освоения которых не может быть оценен количественно и должен базироваться на теории нечеткой логики [Кузнецов, 2003]. В связи с этим, одной из актуальных задач является задача разработки модели для оценки профессиональной компетентности кадров, позволяющей описывать профессиональные знания.

Применение теории нечеткой логики в обучении

Сложность моделирования процесса подготовки авиационных кадров обусловлена тем, что результат должен отражать не только освоение теоретических и практических профессиональных компетенций, но и уровень развития у обучаемых способности их реализации при возникновении экстремальных ситуаций [Пападимитрицу, Стайглиц, 1985; Рухлинский, 2008].

Поскольку оценить психофизиологическое состояние или проявление личностных качеств на основании только статистических данных об ошибках по вине человека практически невозможно. Поэтому для ситуаций, в которых по тем или иным причинам отсутствует возможность получить объективные результаты, практикуется применение теории вероятности. В гражданской авиации широко известны методики оценки уровня безопасности полетов с использованием теории вероятности [Прасолов, 2000; Сачков, 1978]. Одним из таких методов, основанных на применении теории вероятности при оценке отдельных параметров, является теория нечетких множеств [Трухаев, 1981; Зубков, 2011].

Традиционные формы подготовки кадров предполагают формирование профессиональных компетенций, которые могут находиться в промежутке двух состояний развития: от полного незнания (0) до полного знания (1). Как получить оценку уровня подготовленности, если на однотипные вопросы или ситуационные задачи обучаемые дают ответы, используя личное мнение,

рассуждения? В связи с этим, заслуживают внимания результаты исследований, в которых рассматриваются возможности разработки и внедрение экспертных систем для мониторинга качества полученных теоретических знаний на основе теории нечетких множеств [Нечеткие множества в моделях, 1986; Орловский, 1981; Нейлор, 1991].

Понятие «нечеткие множества» и теория их применения были впервые озвучены в 1965 году в работах профессора Калифорнийского университета Лофти Заде. Результаты многочисленных научных исследований свидетельствуют о широкомасштабном применении теории нечетких множеств все последующие годы в различных областях научных исследований.

В рамках рассматриваемой задачи применение этой теории позволит получить количественную оценку личностных, психофизиологических качеств, мотивационных и адаптационных способностей и тем самым обеспечить объективность оценки результатов обучения [Петрунин, 2012].

Предлагается использовать интегральный показатель, который имеет вид линейной многофакторной функции:

$$v = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times G_i \quad (1)$$

где n – интегральная оценка профессиональной подготовки;

α_i – влияние личностных качеств на принятие решения по i – той программе в $\left(\alpha_i = \frac{1}{n}\right)$ зависимости от количества программ n ;

G_i – количество правильных ответов по i -ой программе.

Уровень профессиональной подготовки конкретного специалиста v_x будет рассчитываться следующим образом:

$$v_x = \sum_{j=1}^m \beta_j = G_{ij}, \quad (2)$$

где β_j – уровень сложности задачи m в программе подготовки;

G_{ij} – оценка подготовленности i -й программе по j -ой задаче.

Эффективность применения такого метода обусловлена несколькими факторами. Одним из них является сложность разработки и обоснования математических моделей, которые не могут гарантировать высокую точность результатов. Другим фактором, не менее значимым, является получение достоверной первичной информации об исследуемом объекте. Кроме этого существенное влияние на конечный результат могут оказать профессионализм и объективность оценки эксперта [Аткинсон, 1969; Большедворская, 2011; Лачинов, 2003].

В связи с этим, оценивая уровень профессионализма, задача сводится к определению показателя, уровень принадлежности которого находится в интервале от нуля до единицы:

$$A = \{X, \mu_{A(X)}\} x \in X \quad (3)$$

где $\mu_{A(x)} \in [0; 1]$

Степень принадлежности $\mu_{A(x)}$ определяется оценкой инструктора-эксперта. Достоинством и особенностью теории нечетких множеств является то, что она дает возможность рассчитать пороговые значения для оценки разного уровня освоения профессиональных компетенций, который может быть описан моделью [Борисов, 1989; Воробьев, 2000].

$$\sup m_{A_i} = \max \min [m_{A_i}(x, z) m_{A_j}(x, z) > b, \quad (4)$$

где $\sup m_{A_i}$ – пороговые значения освоения профессиональных компетенций;

$m_{A_i}(x, z)$ – оценка актуализации программ подготовки.

Такой подход позволит не только проводить оценку профессиональной компетентности авиационных специалистов для гражданской авиации, а также осуществлять оперативную актуализацию программ с учетом динамических процессов, происходящих в авиатранспортной отрасли. Поскольку число признаков z , характеризующих состояние обучающих программ, должно соответствовать уровню профессиональной подготовки конкретного кандидата с учетом требований стандартов и международной практики.

Отличительной особенностью предлагаемой методики является возможность оценки фактического уровня профессиональных компетенций в сочетании с оценкой влияния личностных качеств на достижение уровня профессиональной пригодности.

Кроме этого, внедрение такого подхода в практику функционирования авиационных учебных центров позволит осуществлять разработку оптимальной схемы подготовки кадров. А также моделировать процесс подготовки с учетом планируемой численности, себестоимости обучения и общего бюджета на подготовку.

Реализация метода нечетких множеств для оценки профессиональной компетенции будет включать несколько этапов. В зависимости от квалификационных требований к обучаемым рассчитываются пограничные значения требуемого уровня подготовки. Далее, используя анкетные данные, тестирование, собеседование и другие методы идентификации личностных качеств обучающихся, и выбираются наиболее важные качества, развитие которых в процессе обучения будет иметь наиважнейшее значение. Например, решительность, профессиональные качества, ответственность, практический опыт и др.

На следующем этапе формируется оценка инструктора-эксперта и формируется функция принадлежности. Обобщив статистические данные, сформированные по результатам проверки теоретических знаний, навыков, умений, и экспертные оценки инструкторов, результаты сравниваются с пороговыми значениями требуемого уровня обученности. Таким образом, могут быть получены оценки освоения теоретических знаний и практических навыков. Успех практической реализации такой оценки будет зависеть от количества кандидатов на обучение и переподготовку, объективности выбора признаков, характеризующих эффект процесса обучения, актуализации программ для развития деловых и профессиональных качеств.

Заключение

Таким образом, в статье представлены результаты исследования в области применения метода нечетких множеств в разработке экспертных систем для оценки профессиональной компетентности. Получены следующие результаты.

1. Использование статистических и количественных значений не в полной мере отражает уровень профессиональной подготовки авиационных кадров. В связи с этим, предлагается применение теории вероятностей и теории нечетких множеств.

2. Разработанная методика на основе теории нечетких множеств позволит провести оценку влияния моральных, психологических, деловых и личностных качеств на достижение уровня профессиональных компетенций авиационных кадров в зависимости от изменения структуры и состава парка воздушных судов, входящих в реестр гражданской авиации.

Целесообразность проведения дальнейшего исследования продиктована новым взглядом на одну из малоизученных проблем – оценку развития профессиональных компетенций государственных инспекторов по надзору за безопасностью полетов.

Динамика изменения численности инспекторского состава из года в год возрастает. Но изменение количества инспекторов в зависимости от количества зарегистрированных авиапредприятий по регионам и загруженность одного инспектора в месяц находятся в противоречии.

В связи с этим, целью дальнейшего исследования является разработка новых подходов к моделированию процесса оценки уровня подготовки инспекторов по надзору за безопасностью полетов с целью создания условий эффективной реализации их профессиональных навыков.

Библиографический список

1. *Аткинсон Р.* Введение в математическую теорию обучения / Р. Аткинсон, Г. Бауэр, Э. Кротекс. М.: Мир, 1969. 488 с.

2. *Большедворская Л. Г.* Принципы управления ресурсами экипажа / Л. Г. Большедворская, Ву Данг Куанг Чунг // Научный вестник МГТУ ГА. 2011. № 167. С. 27–33.
3. *Борисов А. Н.* Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева и др. М.: Радио и связь. 1989. 304 с.
4. *Воробьев Ю. Л.* Управление риском и устойчивое развитие. Человеческое измерение / Ю. Л. Воробьев, Г. Г. Малинецкий, Н. А. Махутов // Общественные науки и современность. 2000. № 6. С. 150–163.
5. *Зубков Б. В.* Вероятностная оценка ошибки при техническом обслуживании воздушных судов / Б. В. Зубков, В. П. Макаров // Научный вестник МГТУ ГА. 2011. № 174. С. 12–17.
6. *Кузнецов В. Л.* Математическое моделирование: учебное пособие / В. Л. Кузнецов. М.: МГТУ ГА, 2003. 79 с.
7. *Куклев Е. А.* Автоматизированная система мониторинга и контроля полетов воздушных судов по критерию приемлемого риска на основе управления базами данных / Е. А. Куклев // Научный вестник МГТУ ГА. 2007. № 122 (12). С. 37–44.
8. *Лачинов О. Л.* Разработка автоматизированной системы обучения экипажа принятию решений по предотвращению авиационных происшествий / О. Л. Лачинов. Ульяновск: УВАУ, 2003. 234 с.
9. *Нейлор К.* Как построить свою экспертную систему / Пер. с англ. / К. Нейлор. М.: Энергоатомиздат. 1991. 286 с.
10. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука, 1986. 312 с.
11. Общая психодиагностика. Под. ред. А. А. Бодалева, В. В. Столина. М.: Изд-во Московского университета, 1987. 304 с.
12. *Орловский С. А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. М.: Наука. 1981. 208 с.
13. *Пападимитриу Х., Стайглиц К.* Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 512 с.
14. *Петрунин С. В.* Математическая модель организации курсов повышения квалификации / С. В. Петрунин, Л. Г. Большедворская // Научный вестник МГТУ ГА. 2012. № 178. С. 153–158.
15. *Прасолов В. В.* Задачи и теоремы линейной алгебры / В. В. Прасолов. М.: Физико-математическая литература, 2000. 368 с.
16. *Рухлинский В. М.* Факторы риска при производстве полетов самолетов

классической схемы и нового поколения / В. М. Рухлинский // Научный вестник МГТУ ГА. Серия: Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полетов. 2008. № 135. С. 88–97.

17. *Сачков В. Н.* Вероятностные методы и комбинаторный анализ. М.: Наука, 1978. 288 с.

18. *Трухаев Р. И.* Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981. 257 с.

References

1. *Atkinson R.* (1969) Introduction to Mathematical Theory of Learning/R. Atkinson, G. Bauer, E. Crotech. М.: Mir, 1969. 488 p. (In Russian)

2. *Bolshedvorskaya L. G.* (2011) Principles of Crew Resource Management / L. G. Bolshedvorskaya, Wu Dang Kuang Chung // Scientific Journal of MGTU GA. 2011. № 167. S. 27-33. (In Russian)

3. *Borisov A. N.* (1986) Processing of fuzzy information in decision-making systems / A. N. Borisov, A. V. Alekseyev, G. V. Merkuriev, etc. Moscow: Radio and Communications. 1989. 304 p. (In Russian)

4. Fuzzy sets in models of control and artificial intelligence / Under ed. D. A. Pospelova. Moscow: Science, 1986. 312 p. (In Russian)

5. General psychodiagnostics. Edition entrance. A. A. Bodaleva, V. V. Tolna. Moscow: University of Moscow, 1987. 304 p. (In Russian)

6. *Kuklev E. A.* (2007) Automated system of monitoring and control of aircraft flights on the criterion of acceptable risk on the basis of database management / E. A. Kuklev // Scientific bulletin of MGTU GA. 2007. № 122 (12). S. 37–44. (In Russian)

7. *Kuznetsov V. L.* (2003) Mathematical Modeling: Tutorial / V. L. Kuznetsov. Moscow: MGTU GA, 2003. 79 p. (In Russian)

8. *Lachinov O. L.* (2003) Development of automated system of crew training to make decisions on prevention of aviation accidents / O. L. Lachinov. Ulyanovsk: UVAU, 2003. 234 p. (In Russian)

9. *Naylor K.* (1991) How to build your expert system/Per. From English / K. Naylor. М.: Energoatomizdat. 1991. 286 p. (In Russian)

10. *Orlovsky S. A.* (1981) Problems of Decision-Making in Case of Fuzzy Initial Information / S. A. Orlovsky. Moscow: Science. 1981. 208 p. (In Russian)

11. *Papadimitritse H., Steiglitz K.* (1985) *Combinatorial Optimization. Algorithms and Complexity* / Per. Moscow: Mir, 1985. 512 p. (In Russian)
12. *Petrinin, S. V.* (2012) *Mathematical Model of Organization of Advanced Training Courses* /S. V. Petrinin, L. G. Veledvorskaya // *Scientific Journal of MGTU GA*. 2012. № 178. S. 153–158. (In Russian)
13. *Prasolov V. V.* (2000) *Problems and theorem of linear algebra* / V. V. Prasolov. Moscow: Physical and mathematical literature, 2000. 368 p. (In Russian)
14. *Ruhlinsk V. M.* (2008) *Risk factors in the production of classic and new generation aircraft flights* / V. M. Ruhlinsky // *Scientific Gazette of MGTU GA, series Operation of air transport and repair of aviation equipment. Flight safety*. 2008. № 135. S. 88–97. (In Russian)
15. *Sachkov V. N.* (1978) *Probabilistic Methods and Combinatorial Analysis* / V. N. Sachkov. Moscow: Science, 1978. 288 p. (In Russian)
16. *Trukhayev R. I.* (1981) *Models of decision-making in conditions of uncertainty* / P. I. Trukhayev. Moscow: Science, 1981. 257 p. (In Russian)
17. *Vorobyev Y. L.* (2000) *Risk Management and Sustainable Development. Human Dimension* / Y. L. Vorobyev, G. G. Malinetskiy, N. A. Mahutov // *Social Sciences and Modernity*. 2000. № 6. S. 150–163. (In Russian)
18. *Zubkov B. V.* (2011) *Probabilistic assessment of aircraft maintenance error* / B. V. Zubkov, V. P. Makarov // *Scientific Journal of MGTU GA*. 2011. № 174. S. 12–17. (In Russian)