

УДК 331.101.1:629.735(042.3)

О.М. РЕВА¹, С.І. КОРЖ², П.Ш. МУХТАРОВ³, С.В. НЕДБАЙ⁴¹ Кіровоградський національний технічний університет² Навчально-сертифікаційного центру ДП ОПР України³ Головний центр єдиної системи управління повітряним рухом Азербайджанської Республіки⁴ Головний навчальний та сертифікаційний центр цивільної авіації України

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУРИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАВЛЕННЯ АВІАЦІЙНОГО ОПЕРАТОРА ДО РИЗИКУ

Розглядаючи діяльність авіаційних операторів як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в умовах ризику, запропоновано досліджувати відповідні процеси за допомогою оціночної функції корисності-безпеки, яка може бути побудована на множині умов вирішення професійних задач за обмеженим числом точок і визначає основну доміную діяльність, а саме схильність, несхильність, байдужість до ризику. Подані алгоритми формалізації відповідних процесів як для випадку незмінності, так і змінності ставлення до ризику на континуумі характеристик проблемної ситуації.

Ключові слова: авіаційні оператори, оціночні функції корисності, ставлення до ризику (схильність, несхильність, байдужість)

Вступ

Актуальність проблеми. Статистикою встановлено, що вже протягом три-валого часу авіаційні оператори "переднього краю" (А/Д, пілоти) суттєво впливають на безпеку польотів (БП) і є першопричиною щонайменше 2/3 – 3/4 авіаційних пригод (АП) [1 – 4]. І оскільки їх професійна діяльність може розглядатись як безперервний ланцюг рішень, що розробляються та реалізуються у явних та неявних формах [2 – 6], то дослідження того, як людина-оператор (Л-О) здійснює вибір в складній поліергатиційній системі керування "пілот (екіпаж) – повітряне судно (ПС) орган обслуговування повітряного руху (ОПР)" та ставиться до умов вибору та його наслідків, особливо в умовах ризику стохастичного або нестохастичного характеру і дефіциту часу є надзвичайно і перманентно важливими. Тим більше, що впровадження нових технологій і процедур, різноманітних систем штучного інтелекту підтримки процесів прийняття рішень (ПР) в авіаційних системах відбувається, як правило, без урахування ставлення до них самих операторів, яке є обов'язковою складовою цих процесів [7, 8].

Аналіз досліджень і публікацій. В наукових джерелах з ПР характеристика людини, яка ПР (ЛПР) в умовах стохастичного ризику, визначається через оціночну функцію корисності відповідною доміную діяльністю, суттю якою є схильність, несхильність та байдужість до ризику [9-12]. Попередні дослідження з побудови такого

роду функцій для авіаційних операторів були проведені під керівництвом одного зі співавторів, проф. О.М. Реви, і дозволили виявити парадокс цієї доміную: особи, схильні до ризику з точки зору нестохастичного ризику, є несхильними до ризику з точки зору забезпечення (БП) і навпаки [6, 13 – 16]. Саме тому ці функції були названі *функціями корисності-безпеки*.

Постановка завдання дослідження. Теоретичне забезпечення моделювання процесів виявлення основної доміную діяльності авіаційних операторів вже проведено [17], однак залишилися нерозв'язаними питання розробки алгоритмів побудови відповідних функцій. Саме тому **метою статті** є розробка цих алгоритмів.

Розробка алгоритмів побудови оціночних функцій корисності-безпеки

Відповідні процедури здійснено, спираючись на праці [6, 11, 12]. При цьому будемо уявляти, що йдеться про такі можливі значення характеристик у результаті діяльності Л-О, які відповідають незмінному типу його відношення до ризику. Загальний *Алгоритм 1* побудови оціночної функції ЛПР поданий на рис. 1. При цьому слід мати на увазі, що якщо ставлення ЛПР до ризику все ж змінюється на континуумі показників u , то необхідно проаналізувати одержані результати з метою виявлення таких інтервалів $[u_{i-1}, u_{i+1}]$, що містять точки перетину оціночної функції (рис. 2).

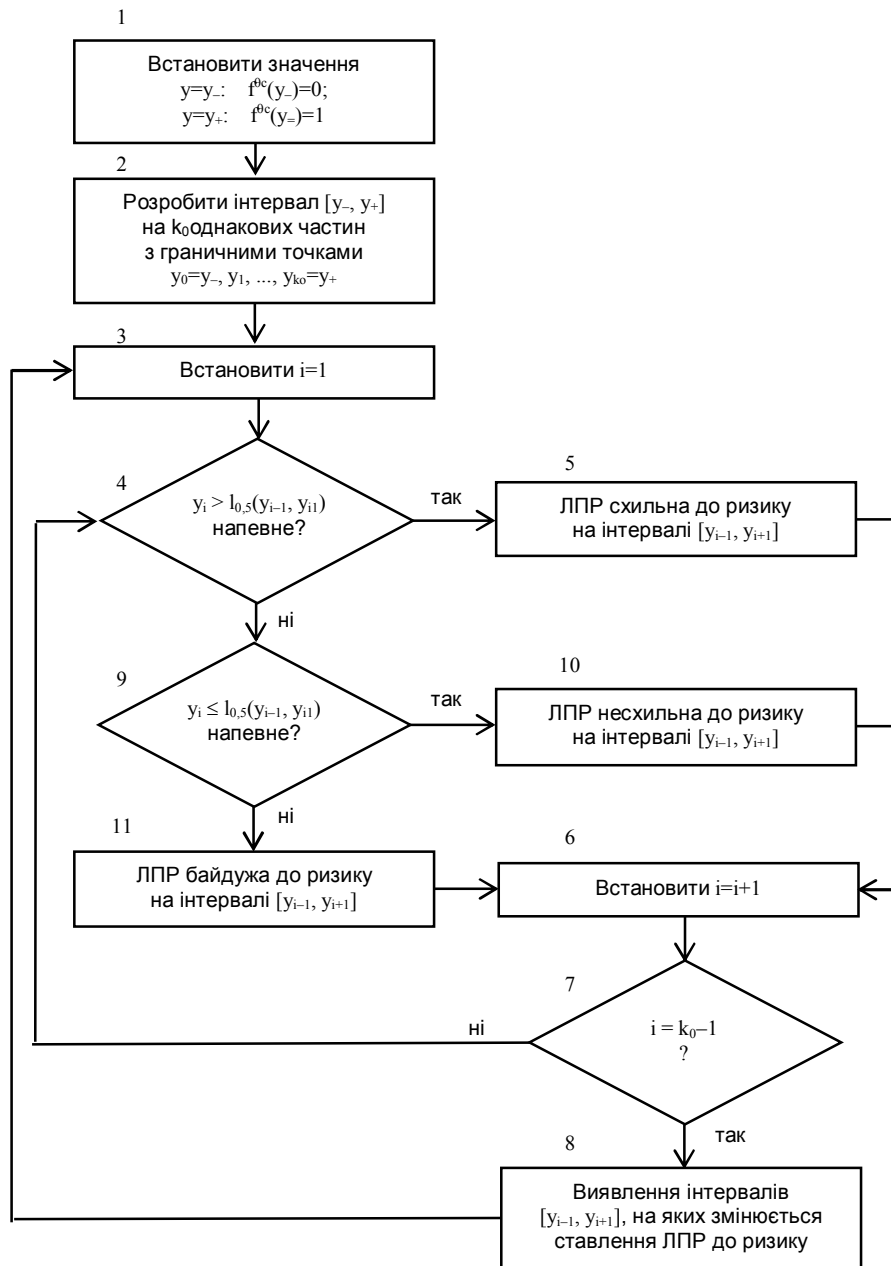


Рис. 1. Алгоритм 1 побудови оціночної функції корисності людини, яка приймає рішення

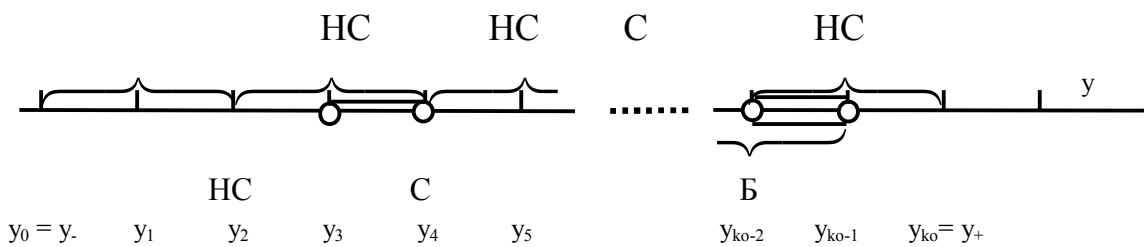


Рис. 2. Схема розбивки можливих значень характеристик наслідків на інтервали з постійним типом ставлення до ризику: С – схильний до ризику; НС – не схильний до ризику; Б – байдужий до ризику

Виявлення інтервалів з відомими типами ставлення до ризику дозволяє побудувати оціночну функцію по обмеженому числу точок.

Розглянемо процедуру побудови оціночної функції на інтервалі $[y_n, y_n]$ по п'яти точкам, причому права границя інтервалу y_n – більш бажаний результат, ніж y_n .

Алгоритм 2.

1. Припустимо, що $f^{0c}(y_n) = 0$; $f^{0c}(y_n) = 1$, $a = y_n$, $b = y_n$, $i = 1$.
2. Визначимо достовірний еквівалент y_F лотереї $I(a, b)$. При цьому під цим еквівалентом розуміють такий наслідок, коли ЛПР байдуже, чи отримати його напевно, чи прийняти участь у лотереї, де рівною імовірністю (50% – 50%) вона може отримати результат, який її абсолютно влаштовує, або навпаки.
3. Визначити:

$$y_i = y_F \text{ та } f^{0c}(y_i) = \begin{cases} 0,5, \text{ якщо } i = 1, \\ 0,25, \text{ якщо } i = 2, \\ 0,75, \text{ якщо } i = 3. \end{cases} \quad (1)$$

4. Прийняти $i=i+1$ та перевірити умову $i \leq 3$: «так» – перейти до п.5, «ні» – до п.6.
5. Визначити $a = y_1$, якщо $i = 3$,

$$b = \begin{cases} y_1, \text{ якщо } i = 2, \\ y_n, \text{ якщо } i = 3. \end{cases} \quad (2)$$

та перейти до п. 2.

6. Перевірити погодженість оцінок, що одержані по п.п. 2-5. Для цього виконати наступні дії:

- 6.1. Визначити за допомогою ЛПР достовірний еквівалент y_F лотереї $I_{0,5}(y_2, y_3)$.
- 6.2. Порівняти величини y_F та y_1 . Якщо вони відрізняються несуттєво, то перейти до п.7. В протилежному випадку – вказати ЛПР на виявлене протиріччя та перейти до п.7.
7. Нанести одержані точки на графік та провести по ним плавну криву, що відповідає типу раніш виявленого відношення ЛПР до ризику.
8. Апроксимувати одержану криву однієї з аналітичних залежностей, що наведені в табл. 1, або поліномом степені не вище п'ятої.

Визначення достовірного еквіваленту y_F лотереї $I_{0,5}(a, b)$ згідно п.2 алгоритму 2 здійснюється за допомогою такої ітераційної процедури.

Алгоритм 3.

1. Визначити $j = 1$, $y_n = a$, $y_n = b$.
2. Вибрати значення $y^{(j)}$, близьке до лівої границі інтервалу $[y_n, y_n]$ так, щоб можна було б чекати відповіді ЛПР про те, що $I_{0,5}(a, b) > y^{(j)}$.
3. Перевірити умови:

$$I_{0,5}(a, b) \begin{cases} \succ \\ \approx \\ \prec \end{cases} y^{(j)} : \quad (3)$$

Таблиця 1

Типові аналітичні залежності, що апроксимують оціночну функцію

Несхильність до ризику	
$f^{0c}(y)$	Обмеження
1	2
$-ay^2 + by + c$	$a > 0, b \geq 0, y < b/2a$
$y + a \ln(y + b)$	$y > -b, a > 0$
$-ae^{-by} - ce^{-dy} + f$	$a \geq 0, b \geq 0, c > 0, d > 0$
$\ln(y + b)$	$y > -b$
$(y + a)^b$	$0 < b < 1, y \geq -b$
$c - (y + a)^{-b}$	$b > 0, c > 0, y > -a$
Схильність до ризику	
$f^{0c}(y)$	Обмеження
3	4
$a^2y^2 - by + c$	$a > 0, b \geq 0, y > b/2a$
$ae^{by} + ce^{dy} + f$	$a \geq 0, b \geq 0, c > 0, d > 0$
$(y + a)^b$	$b > 1, y > -a$
$c - (y + a)^{-b}$	$b > 0, c > 0, y < -a$

- якщо $I_{0,5}(a, b) > y^{(j)}$ – перейти до п. 5;
 - якщо $I_{0,5}(a, b) < y^{(j)}$ – перейти до п. 4;
 - якщо $I_{0,5}(a, b) \sim y^{(j)}$ – перейти до п. 11.
 4. Присвоїти $y_n = y^{(j)}$, $y^{(j)} = (y_n + y^{(j)}) / 2$, та перейти до п. 3.
 5. Визначити $j=j+1$.
 6. Вибрати значення $y^{(j)}$, яке близьке до правої границі інтервалу $[y_n, y_n]$ так, щоб можна було б чекати відповіді ЛПР про те, що $y^{(j)} > I_{0,5}(a, b)$.
 7. Перевірити умови:
- $$y^{(j)} \begin{cases} \succ \\ \approx \\ \prec \end{cases} I_{0,5}(a, b) : \quad (4)$$
- якщо $y^{(j)} > I_{0,5}(a, b)$ – перейти до п. 9;
 - якщо $y^{(j)} < I_{0,5}(a, b)$ – перейти до п. 8;
 - якщо $y^{(j)} \sim I_{0,5}(a, b)$ – перейти до п. 11.
 8. Присвоїти $y_n = y^{(j)}$, $y^{(j)} = (y_n + y^{(j)})/2$ та перейти до п. 7.
 9. Присвоїти $y_n = y^{(j-1)}$, $y_n = y^{(j)}$.
 10. Визначити $j = j + 1$ та перейти до п. 2.
 11. Визначити $y_F = y^{(j)}$ та закінчити розрахунки.
- Робота алгоритмів 2 та 3 ілюструється відповідно на рис. 3.
- Використовуючи алгоритми 1-3, можна

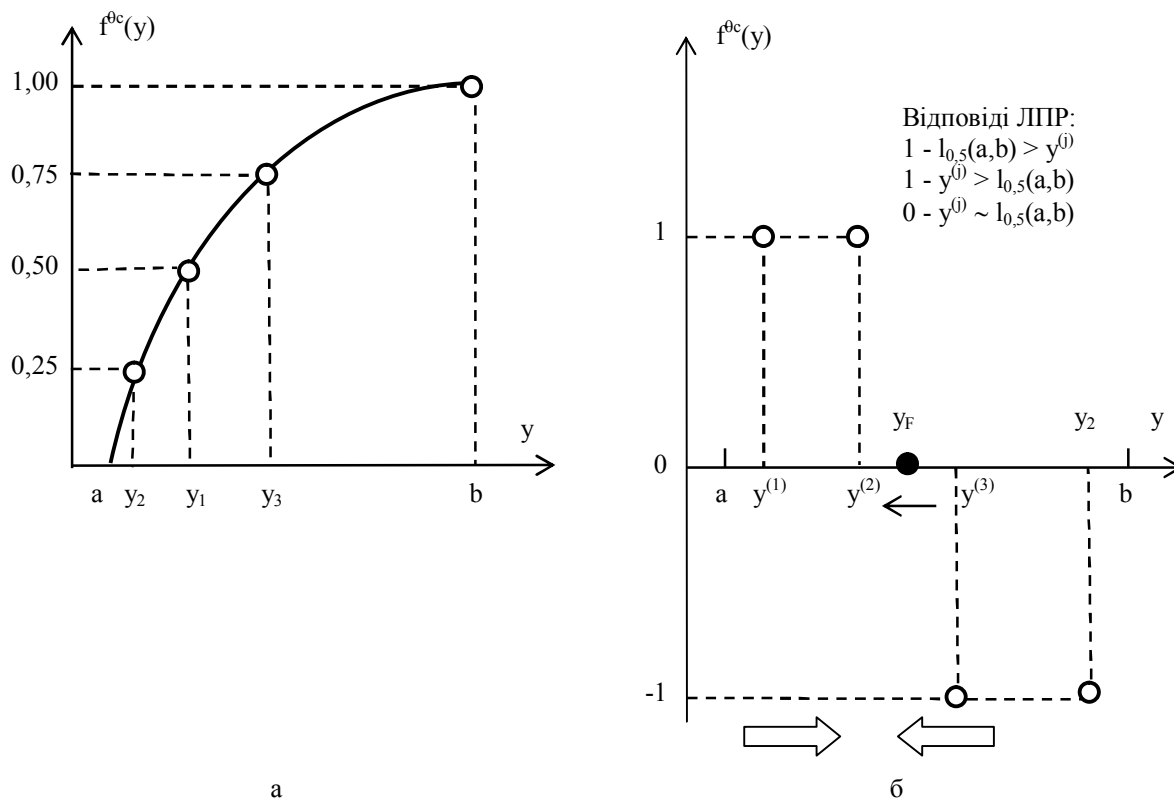


Рис. 3. Схема побудови оціночної функції для виявлення типу ставлення людини-оператора до ризику

побудувати оціночні функції $f_m^{0c}(y)$ для кожного m -го інтервалу ($m = 1, m_0$) з виявленим ставленням ЛПР до ризику, потім шкалувати одержані оціночні функції в такий спосіб:

$$f^{0c}(y) = \begin{cases} f_1^{0c}(y), & \text{якщо } y_- \leq y \leq y^{(1)}, \\ f_2^{0c}(y), & \text{якщо } y^{(1)} \leq y \leq y^{(2)}, \\ \dots \\ f_{m_0}^{0c}(y), & \text{якщо } y^{(m_0-1)} \leq y \leq y_+, \end{cases} \quad (5)$$

а при необхідності перенормувати $f^{0c}(y)$ таким чином, щоб вона змінювалася в межах $[0,1]$.

Побудувавши оціночні функції $f^{0c}(y)$, визначають значення функції ефективності для кожної стратегії $a \in A$ по такій формулі:

$$W_e^\lambda = M[f^{0c}(\rho(Y, Y^{порт.}))], \quad (6)$$

де $W_e^\lambda(u)$ – функція ефективності в умовах стохастичної невизначеності;

$M[\dots]$ – оператор математичного очікування;

$\rho(Y, Y^{порт.})$ – функція відповідності.

Отримані результати потім порівнюються так:

$$u \geq v \Leftrightarrow l(u) \geq l(v) \Leftrightarrow W_e^\lambda(l(u)) \geq W_e^\lambda(l(v)) \Leftrightarrow M[f^{0c}(y(u))] \geq M[f^{0c}(y(v))]. \quad (7)$$

Вираз (7) показує, що задача побудови оціночних функцій зводиться до одержання оцінок $f^{0c}(y_i(u))$,

$f^{0c}(y_i(v))$, $i=1,2,\dots,n$ та обчислення відповідних математичних очікувань.

Висновки

1. Оскільки професійна діяльність авіаційного оператора розглядається як безперервний ланцюг рішень, які формуються і реалізуються в умовах ризику стохастичного і нестохастичного характеру, то методами теоретико-імовірнісного підходу проведений формальний кількісний опис задач управління в умовах стохастичного ризику.

2. Система переваг авіаційних операторів як ЛПР відповідно до основних положень теорії ПР та теорії корисності повинна обов'язково включати основну домінанту ставлення до ризику в умовах стохастичної невизначеності (стохастичного ризику), а саме: схильність, несхильність, байдужність до ризику. Ця домінанта уявляється як оціночна функція $f^{0c}(y)$.

3. Розроблені та подані алгоритми проактивного виявлення ставлення авіаційних операторів до стохастичного ризику та побудови за обмеженим числом точок оціночної функції корисності наслідків дій та умов вирішення професійних задач.

4. Подальші дослідження професійної діяльності авіаційних операторів з ПР слід проводити в таких напрямках:

- формулювання спектру проблемних ситуацій, розв'язання яких вимагає виявлення ставлення до них авіаційного оператора;
- проактивна побудова оціночних функцій корисності-безпеки для сформульованого спектру проблемних ситуацій і виявлення основної домінанти діяльності;
- виявлення міри схильності / несхильності авіаційного оператора до стохастичного ризику;
- організація і проведення тренажерної підготовки авіаційних операторів з моделюванням проблемних ситуацій, умови яких відповідають характерним точкам функцій корисності-безпеки та ін.

Література

1. *Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах [Текст] // Человеческий фактор: сб. м-лов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Канада: Монреаль, 1993. – 76 с.*
2. *Шеридан, Т.Б. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором [Текст]: пер. с англ. / Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррел; под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.*
3. *Рева, О.М. Нова технологія навчання прийняттю рішень для бакалаврів по експлуатації повітряного транспорту [Текст] // О.М. Рева. – Проблеми багаторівневої вищої технічної освіти: тез. допов. Міжнар. наук.-практ. конф. – Київ, 13-15 жовтня 1993 р. – К., 1993. – С. 245.*
4. *Рева, О.М. Проблеми прийняття рішень у цивільній авіації (Вступ): конспект лекції з курсу Основи теорії прийняття рішень [Текст] / О.М. Рева. – Кіровоград: ДЛАУ, 1997. – 10 с.*
5. *Комаров, А.О. Формування професійних розумових здібностей – основа прийняття рішень курсантами в процесі льотної діяльності [Текст] / А.О. Комаров, О.М. Рева, В.Е. Стрижак // Научные труды академии. – Кировоград: ГЛАУ, 1997. – Вып. 2. – С. 132-141.*
6. *Рева, А.Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст]: моногр. / А.Н. Рева, К.М. Тумьшев, А.А. Бекмухамбетов; науч. ред. А.Н. Рева, К.М. Тумьшев. – Алматы, 2007. – 242 с.*
7. *Рева, О.М. Модель проблемної ситуації в системах управління повітряним рухом [Текст] /*
- О.М. Рева, Г.М. Селезньов // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2008. – № 6 (53). – С. 30-35.*
8. *Рева, О.М. Чинники прийняття рішень авіадиспетчером в процесі управління повітряним рухом [Текст] / О.М. Рева, С.О. Дмитрієв, Г.М. Селезньов // Вісник НАУ. – 2009. – Вып. 1. – С. 13-19.*
9. *Райфа, Х. Анализ решений (Введение в проблему выбора в условиях неопределенности) [Текст]: пер. с англ. / Х. Райфа. – М.: Наука, 1977. – 408 с.*
10. *Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений [Текст]: пер. с польск. Г.Е. Минца, В.Н. Поруса / Ю. Козелецкий; под ред. Б.В. Бирюкова. – М.: Мир, 1979. – 504 с.*
11. *Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения [Текст]: пер. с англ. / Р.Л. Кини, Х. Райфа; под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.*
12. *Надежность и эффективность в технике [Текст]: Справочник в 10 т. Т.3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.*
13. *Рева, О.М. Людський фактор: парадокс психологічної домінанти діяльності пілота в умовах стохастичного ризику [Текст] / О.М. Рева // Проблеми аеронавігації: тематич. зб. наук. праць Удосконалення процесів діяльності та професійної підготовки авіаційних операторів. – Кіровоград: ДЛАУ, 1997. – Вып. 3. – С. 40-49.*
14. *Рева, О.М. Парадокс психологічної домінанти діяльності авіадиспетчера в умовах стохастичного ризику [Текст] / О.М. Рева, Т.Ф. Шмельова // Проблеми розвитку систем аеронавігаційного обслуговування воздушних судов (Аэронавигация и авионика – 98): м-лы Междуна. науч.-техн. конф. – К.: КМУГА, 1998. – С. 135.*
15. *Рева, А.Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст]: моногр. / А.Н. Рева, К.М. Тумьшев, А.А. Бекмухамбетов; науч. ред. А.Н. Рева, К.М. Тумьшев. – Алматы, 2007. – 242 с.*
16. *Рева, О.М. Проактивне оцінювання становлення льотного персоналу до ризику та безпечної діяльності [Текст] / О.М. Рева // Вісник НАУ. – 2007. – № 2. – С. 36-42.*
17. *Рева, О.М. Теоретична модель виявлення основної домінанти діяльності авіаційного оператора в умовах ризику [Текст] / О.М. Рева, П.Ш. Мухтаров, С.В. Недабай, С.І. Корж // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2011. – №7. – С. 177-183.*

Надійшла до редакції 25.11.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів С.В. Спіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

**АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ
АВИАЦИОННОГО ОПЕРАТОРА К РИСКУ***А.Н. Рева, С.И. Корж, П.Ш. Мухтаров, С.В. Недбай*

Учитывая, что деятельность авиационных операторов можно рассматривать как непрерывную цепь решений, которые вырабатываются и реализуются в условиях риска, предложено исследовать соответствующие процессы с помощью оценочной функции полезности-безопасности, которая может быть построена на множестве условий решения профессиональных задач по ограниченному числу точек и определяет основную доминанту деятельности, а именно склонность, несклонность, безразличие к риску. Представлены алгоритмы формализации соответствующих процессов как для случая постоянства, так и изменчивости отношения к риску на континууме характеристик проблемной ситуации.

Ключевые слова: авиационные операторы, оценочные функции полезности, отношение к риску (склонность, несклонность, безразличие)

**ALGORITHMS OF DEFINITION OF TYPE OF THE RELATION
OF THE AVIATION OPERATOR TO RISK***O.M. Reva, S.I. Korg, P.S. Mukhtarov, S.V. Nedbay*

Taking into account that activity of aviation operators can be considered as a continuous chain of decisions which are developed and realised in the conditions of risk, it is offered to investigate these processes by means of estimated functions of utility-safety, which can be constructed on an ensemble of conditions of the decision of professional problems basing on restricted number of points and define the basic dominant of activity, namely propensity, inpropensity, indifference to risk. Algorithms of formalisation of corresponding procedures as for a constancy case, and as for variability of the relation to risk on a continuum of characteristics of a problem situation are presented.

Key words: aviation operators, estimating functions of utility, attitude toward a risk (inclination, averseness, indifference)

Рева Олександр Миколайович – д-р техн. наук, проф., проф. кафедри автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, e-mail: ran54@meta.ua.

Корж Сергій Іванович – начальник тренажерного центру Навчально-сертифікаційного центру ДП ОПР України; e-mail: sekorz@mail.ru.

Мухтаров Пейман Ширінович – начальник Головного центру єдиної системи управління повітряним рухом Азербайджанської Республіки; e-mail: Peyman.Mukhtarov@gmail.com.

Недбай Сергій Валерійович – Генеральний директор державного підприємства "Головний навчальний та сертифікаційний центр цивільної авіації України"; e-mail: s.nedbay@rambler.ru.