

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

БОРСУК СЕРГІЙ ПАВЛОВИЧ

УДК 005.961:005.336.1]:656.7.05:351.814.2(043.3)

**ЕРГОНОМІЧНІ ОСНОВИ ПРОАКТИВНОЇ КВАЛІМЕТРІЇ
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЯВУ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА В
АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

05.01.04 – ергономіка

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Рева Олексій Миколайович,
Національний авіаційний університет,
завідувач кафедри організації авіаційних
робіт і послуг.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук
Буров Олександр Юрійович,
Інститут інформаційних технологій і засобів
навчання, провідний науковий співробітник;

доктор технічних наук, професор
Пузир Володимир Григорович,
Український державний університет залізничного
транспорту, завідувач кафедри експлуатації та
ремонту рухомого складу;

доктор технічних наук, доцент
Гюльєв Нізамі Уруджевич,
Харківський національний університет міського
господарства імені О. М. Бекетова, доцент кафедри
транспортних систем і логістики.

Захист відбудеться 3 травня 2019 р. об 11:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.089.03 у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова за адресою: 61002, м. Харків, вул. Маршала Бажанова, 17.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова за адресою: 61002, м. Харків, вул. Маршала Бажанова, 17.

Автореферат розіслано 1 квітня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Д. П. Понкратов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Узагальнена статистика авіаційних подій вказує на людський чинник, як на їх основну першопричину. Дослідження людського чинника в цивільній авіації є актуальною проблемою. Людський чинник, здебільшого проявляється під час взаємодії між елементами складної поліергатичної цілеспрямованої, організаційної й активної системи управління «льотний екіпаж – повітряне судно – середовище – орган обслуговування повітряного руху».

Ураховуючи вплив людського чинника на безпеку польотів, ІКАО видала десятки циркулярів, у яких даються загальні рекомендації з питань вивчення і попередження проблем, пов'язаних з проявом людського чинника в цивільній авіації, у тому числі під час обслуговування повітряного руху. Слід також вказати на суттєвий внесок Д. Берліна (J. Berlin), О. Ю. Булова, Е. Вінера (E. Wiener), Р. М. Джафар-заде, Р. С. Дженсена (R. S. Jensen), А. О. Комарова, Є. О. Кукльова, С. Д. Лейченка, А. В. Малишевського, Б. М. Мірзоева, М. Ф. Михайліка, В. В. Павлова, О. М. Реви, Д. Різона (J. Reason), А. В. Скрипця, В. П. Харченка, Р. Хелмриха (R. Helmreich), Ф. Хокінса (F. Hawkins), Е. Едвардса (E. Edwards), Т. Ф. Шмельової в дослідження і розвиток теорій людського чинника в цивільній авіації. Однак ними недостатньо уваги приділяється проблемам кваліметрії закономірностей прояву людського чинника, особливо під час прийняття рішень авіаційним персоналом. Проблеми людського чинника вирішуються, як правило, шляхом застосування різноманітних психологічних методик, не завжди адаптованих для проблем авіації.

Зазначимо особливу значущість проблеми прояву людського чинника під час прийняття рішень, оскільки професійна діяльність авіаційних операторів «переднього краю» (членів льотного екіпажу, диспетчерів обслуговування повітряного руху) зазвичай розглядається як безперервний ланцюг рішень, що виробляються та реалізуються у явних і неявних формах під впливом різноманітних чинників специфічного характеру та джерел. З іншого боку, за даними американського вченого С. Н. Роскоу (S. N. Roscoe), абсолютна більшість авіаційних подій є наслідком саме помилкових рішень. Причому фахівцями Національної Ради з Безпеки на Транспорті США було статистично доведено, що дедалі важливішою причиною прийняття хибних рішень є недооцінювання ризиків авіаційними операторами «переднього краю», а також недостатньо розвинуті в них навички ментального «передбачення» розвитку небезпечних ситуацій. Тому особливо важливими є дослідження і кваліметрія закономірностей ставлення авіаційних операторів до небезпечних дій або умов під час прийняття рішень. При цьому слід звернути увагу на необхідність саме проактивного виявлення закономірностей прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами під час початкової професійної підготовки, оскільки саме на

цьому етапі їх операторського життєвого циклу й закладається фундамент майбутньої професійної майстерності та надійності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано згідно з «Транспортною стратегією України на період до 2020 року», схваленою Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р; Галузевою програмою з безпеки польотів на 2014 - 2016 рр., затверджено наказом Мінінфраструктури від 15 січня 2014 року № 18; науково-дослідними профілями кафедри безпеки інформаційних технологій у межах наукових тем: «Організація систем захисту інформації від кібератак», № ДР 0111U000171, «Розроблення методів підвищення оперативності передачі та захисту інформації у телекомунікаційних системах», № ДР 0113U003086; кафедри аеронавігаційних систем у межах наукової теми «Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі», № ДР 0115U002462; кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів під час виконання кафедральної науково дослідної роботи «Розробка автоматизованої системи обрахування особистісних властивостей оператора керування повітряним рухом у середовищі EXCEL», № 82/14.01.06 у Національному авіаційному університеті.

Мета і завдання дослідження. *Метою дослідження є розроблення ергономічних основ і практичних методів проактивної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника під час прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами в аеронавігаційних системах в умовах ризику.*

Для досягнення поставленої мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- виконати дослідження сучасного стану проблеми впливу людського чинника на безпеку авіаційних систем;
- обґрунтувати провідну роль ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов під час прийняття рішень у взаємодії складових концепції безпеки польотів ІСАО;
- обґрунтувати ергономічні основи кваліметрії людського чинника з урахуванням особливостей професійної діяльності диспетчерів обслуговування повітряного руху і робочого середовища під час прийняття ними рішень в аеронавігаційних системах;
- виявити особливості робочого середовища та специфічні умови професійної діяльності під час прийняття рішень диспетчерами обслуговування повітряного руху;
- обґрунтувати та розробити теоретичні стохастичну й нестохастичну кваліметричну методології виявлення закономірностей прояву людського чинника в процесі прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами в умовах порушення норм ешелонування під час управління повітряним рухом;

- удосконалити процедури аналізу оціночних функцій корисності/безпеки умов і характеристик професійної діяльності авіадиспетчерів;
- експериментально виявити закономірності прояву основних домінант під час розв’язання студентами-авіадиспетчерами закритих задач прийняття рішень під час порушень норм ешелонування повітряних суден;
- експериментально виявити закономірності прояву рівнів домагань під час розв’язання студентами-авіадиспетчерами відкритих задач прийняття рішень в умовах порушень норм ешелонування повітряних суден;
- виявити закономірності взаємного впливу основних домінант прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами та їх рівнів домагань під час порушень норм ешелонування повітряних суден;
- експериментально та кваліметрично визначити закономірності нечіткого ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпек порушень норм ешелонування повітряних суден;
- обґрунтувати й експериментально перевірити ентропійний ступінь уявлення студентами-авіадиспетчерами безпеки порушень норм ешелонування повітряних суден;
- обґрунтувати мультиплікативний підхід до розв’язання багатокритеріальної задачі прийняття рішень і експериментально встановити інтегральну (цілісну) оцінку ставлення студентів-авіадиспетчерів до ризику порушень норм ешелонування повітряних суден;
- розробити методологію комплексного розв’язання «трикутника ризиків» ІКАО за показниками небезпечності подій, спираючись на фізично вимірювані показники і характеристики ставлення студентів-авіадиспетчерів до рівнів небезпек порушень норм ешелонування повітряних суден;
- розробити рекомендації щодо алгоритмізації тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів, орієнтованої на людський чинник;
- розробити рекомендації щодо алгоритмізації самоконтролю ризиків студентами-авіадиспетчерами під час порушень норм ешелонування.

Об’єкт дослідження – професійна діяльність диспетчерів обслуговування повітряного руху в аеронавігаційній системі в умовах ризику.

Предмет дослідження – моделі, методи та процедури ергономічної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника у студентів-авіадиспетчерів під час прийняття рішень в умовах ризику порушення норм ешелонування повітряних суден.

Методи дослідження. У проведених дослідженнях використовувались методи теорії систем й системного аналізу – для загального опису задач прийняття рішень в аеронавігаційних системах і виявлення їх класифікаційних ознак, вибору відповідних принципів для застосування в процесі досліджень та побудови моделей проблемних ситуацій під час прийняття рішень; теорії корисності – для наукового обґрунтування методів і процедур побудови

оціночних функцій корисності на показниках і характеристиках професійної діяльності диспетчерів обслуговування повітряного руху; теорії прийняття рішень – для виявлення основних домінант прийняття рішень у процесі розв’язання закритих задач прийняття рішень і рівнів домагань студентів-авіадиспетчерів під час розв’язання відкритих задач прийняття рішень на показниках і характеристиках професійної діяльності диспетчерів обслуговування повітряного руху; розв’язання задачі прийняття рішень із векторним показником ефективності – для отримання інтегративної оцінки ставлення студентів-авіадиспетчерів до ризику; теорії кваліметрії – для визначення показників якості професійної діяльності диспетчерів обслуговування повітряного руху та їх кваліметричного наповнення; нечіткої математики – для формування терм-множини лінгвістичної змінної «рівень небезпеки», побудови й аналізу відповідних функцій належності як нечітких кваліметричних моделей ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпек порушень норм ешелонування повітряних суден; теорії ймовірностей – для загального статистичного оброблення експериментальних даних, встановлення закономірностей та перевірки статистичних гіпотез щодо достовірності результатів обчислень; експертних процедур – для забезпечення коректного збору інформації, формування репрезентативних і представницьких груп випробуваних, належного оброблення результатів опитувань.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

– доведено ключову роль «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов» у взаємодії складових поточної парадигми безпеки польотів ІСАО;

– обґрунтовано та реалізовано методологію проактивної кваліметрії закономірностей прояву та взаємного впливу основних домінант прийняття рішень, рівнів домагань і нечітких оцінок ризиків порушень норм ешелонування повітряних суден у горизонтальній площині;

– обґрунтовано і реалізовано мультиплікативний підхід до розв’язання векторної задачі прийняття рішень, пов’язаної з визначенням інтегральної (агрегованої, цілісної) оцінки ставлення студентів-авіадиспетчерів до ризику в умовах порушень норм ешелонування повітряних суден;

– розроблено метод визначення ступеня розрізнення студентами-авіадиспетчерами рівнів небезпек на континуумах норм ешелонування повітряних суден на основі ентропії, який урахує нечіткість, притаманну процесам з участю людського чинника.

Набули подальшого розвитку:

– способи управління особистісно-орієнтованою тренажерною підготовкою студентів-авіаційних диспетчерів і самоаналізу помилкових дій (І. Дженіса та Л. Манна), які відрізняються від існуючих аналогів урахуванням

кваліметричних показників ставлення до ризику в разі порушення норм ешелонування;

– методи алгоритмічного аналізу професійної діяльності людини-оператора за показниками стереотипності й логічної складності, які відрізняються від існуючих можливістю оцінки ступеня прийнятності для інструктора пропонованих рекомендацій щодо проведення орієнтованої на людський чинник тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів.

Удосконалено:

– метод аналізу оціночних функцій корисності континууму норм ешелонування повітряних суден, який відрізняється від існуючого тим, що встановлює так звану «надбавку за ризик», потрібну для визначення основної домінанти прийняття рішень в умовах ризику, орієнтуючись не на одну характерну точку – детермінований еквівалент лотереї з корисністю 0,5, а комплексно ураховує всі характерні точки оціночної функції корисності. В результаті було досягнуто підвищення ефективності визначення основних домінант прийняття рішень на 17,8 %.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження мають безпосереднє значення для підвищення безпеки польотів щодо розглянутих умов ешелонування повітряних суден.

Отримане вирішення «трикутника ризиків» ІКАО за показниками рівнів небезпек порушень норм ешелонування повітряних суден рекомендується використовувати під час процесу навчання та підвищення кваліфікації операторами обслуговування повітряного руху.

Розроблені алгоритм організації початкової професійної підготовки студентів-авіадиспетчерів та процедура самооцінювання рекомендовано до використання під час навчання диспетчерів обслуговування повітряного руху.

Результати досліджень і наукові розробки були використані у навчальному та навчально-науковому процесі: Національного авіаційного університету; структурних підрозділів ДП ОПР України «Украерорух» (Відокремлений структурний підрозділ «Центр авіаційної підготовки та сертифікації», Дніпропетровський регіональний структурний підрозділ); Державної наукової установи «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»; Харківського національного університету Повітряних сил імені Івана Кожедуба; Кіровоградського національного технічного університету; Державного університету телекомунікацій; Кременчуцького льотного коледжу; ПАТ «Авіакомпанія «Українські вертольоти»; ТОВ «Білоцерківський аероклуб «ПЛЮТ»»; ТОВ «Льотна школа «Кондор»».

Особистий внесок здобувача. За результатами проведених досліджень опубліковано 71 наукову працю, з них одна одноосібна монографія, 20 статей у виданнях, що включені до міжнародних науково-метричних баз, 7 статей у

іноземних періодичних виданнях, одна стаття у фаховому виданні, 37 тез доповідей на конференціях, 5 праць, що додатково відображають результати роботи.

Автору належать усі наукові результати, що виносяться на захист. У публікаціях зі співавторами особистий внесок автора полягає в такому: [6, 27, 34] – адаптовано шкалу Купера-Харпера для збору експертної інформації щодо небезпек порушень норм ешелонування повітряних суден у вигляді точки на її континуумі, що дало змогу застосувати «матрицю підказок» для побудови функцій належності з гладкими спадаючими фронтами. Встановлені відповідності між лінгвістичними та кількісними оцінками рівнів небезпеки; у працях [10, 28, 36–39, 59, 60] – побудовано нечітку модель кваліметрії закономірностей ставлення студента-авіадиспетчера до ризику порушення норм ешелонування та вирішено «трикутник ризику» ІСАО, спираючись на ординати точок перетину сусідніх термів; у працях [12, 45] – проаналізовано континууми норм ешелонування повітряних суден та виявлено закономірності, пов'язані з проявом рівнів домагань, насамперед, локальні та глобальні пікові точки, однакові для всіх отриманих діапазонів даних; у праці [14] – проаналізовано отримані закономірності ставлення студентів-авіадиспетчерів до ризику порушення норм ешелонування; у праці [16] – запропоновано встановлювати інтегральний показник ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпек порушень норм ешелонування із застосуванням нормованих значень: детермінованих еквівалентів лотереї з корисністю 0,75, незалежно від встановленої основної домінанти прийняття рішень, рівнів домагань та оцінок ризику, що встановлюються з нечітких моделей прийняття рішення через ординату точки перехрестя функцій належності термів «суттєвий рівень небезпеки» і «незначний рівень небезпеки»; у працях [17, 51, 53, 66] – реалізовано новий метод визначення надбавки за ризик, потрібної для встановлення основної домінанти прийняття рішень, застосовуючи не координати однієї точки – детермінованого еквівалента лотереї з корисністю 0,5, а площі складної фігури, що утворюється усіма характерними точками оціночних функцій корисності, що будується для закритих задач прийняття рішень. Доведено, що ефективність методу складає 17,8 %; у праці [18] – запропоновано алгоритм відокремлення безпілотного літального апарата від групи та керування таким апаратом; у праці [19] – побудований алгоритм особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки та обчислені нормовані коефіцієнти логічної складності і стереотипності дій інструктора з його реалізації; у праці [20] – в алгоритм самоаналізу небезпек І. Дженіса і Л. Мана введено критерії рівнів небезпек ІСАО; у працях [21; 58] виявлено особливості прояву основної домінанти прийняття рішень в залежності від досвіду управління повітряним рухом; у праці [22] – за допомогою сплайн-функції здійснено формальний опис таких стадій формування професійних знань, умінь

та професійних навичок: слідування, слідування з компенсацією, передбачення, режим синхронного генератора; у праці [23] – застосовано метод розстановки пріоритетів для встановлення коефіцієнтів бажаності лінгвістичних оцінок рівнів небезпек і рівнів частоти несприятливих подій, пропонованих ІКАО; у праці [24] – доведено ефективність застосування мультиплікативного підходу для встановлення інтегральної оцінки рівня професійної підготовки авіаційного оператора «переднього краю» і запобігання помилок I-II роду; у праці [25] – у типову модель проблемної ситуації, що описується відповідним кортежем, введено додаткові складові, що пов'язані із закономірностями прояву людського чинника, що дозволило підвищити якість і всебічність відповідного аналізу; у праці [31] – запропоновано алгебру таблиць належності для урахування навчальних складових; у праці [33] – проведено порівняльний аналіз сучасних тренажерних систем і визначено можливість їх застосування для підготовки вітчизняних диспетчерів; у праці [35] – удосконалено запроповану стохастичну модель визначення моменту досягнення рівня навченості; у праці [40] – виявлено співвідношення основних домінант прийняття рішень (схильність, несхильність, байдужість до ризику) у студентів-авіадиспетчерів залежно від специфіки застосування норми ешелонування повітряних суден 20 км; у працях [42, 48] – запропоновано процедури нормування показників характерних точок оціночних функцій, що визначають ставлення авіадиспетчерів до порушень норм ешелонування, для подальшої мультиплікації в агрегований показник; у праці [43] – запропоновано компоненти та спосіб розрахунку агрегованої оцінки ставлення диспетчерів обслуговування повітряного руху до ризику; у праці [47] – здійснено початкове, у півтори рази, розширення загальновідомого кортежу проблемної ситуації. Встановлені етапи когнітивного аналізу авіадиспетчером відхилень повітряного судна від норм ешелонування; у праці [49] – визначено особливості прояву основної домінанти прийняття рішень у студентів-авіадиспетчерів для різних норм ешелонування; у праці [50] – обґрунтовано взаємний вплив складових поточної парадигми безпеки польотів ІКАО з позицій прояву людського чинника, що дало змогу поставити у голову кута «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», що своєю чергою допомогло визначати це «ставлення» через показники прийняття рішень; у праці [52] – запропоновано векторний показник ефективності операцій під час формування інформаційного простору ознак системи «пілот (льотний екіпаж) – повітряне судно – середовище»; у працях [54, 55] – запропоновано алгоритм особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів; у праці [56] – обґрунтовано процедуру нормування характерних точок і формулу їх мультиплікації. Отримано узагальнені по 11 нормам ешелонування оціночні функції корисності для осіб, схильних і несхильних до ризику. Здійснено відповідний аналітичний опис функцій; у праці [57] – розроблено алгоритм

системно-інформаційної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника в процесі прийняття рішень авіадиспетчерами та обґрунтовано його наповнення показниками основної домінанти прийняття рішень, рівня домагань і нечітких оцінок небезпек порушення норм ешелонування повітряних суден; у працях [62, 63] – запропоновано та обґрунтовано використання способу визначення рівня домагань; у праці [64] – удосконалено метод визначення надбавки за ризик під час аналізу оціночної функції корисності континууму норми ешелонування повітряних суден, побудованої за обмеженою кількістю точок для закритої задачі прийняття рішень. Запропоновано використовувати не одну точку - детермінований еквівалент лотереї з корисністю 0,5, а проекції всіх характерних точок на континуумі норми. Отримання в наведений спосіб агрегованої оцінки надбавки за ризик на 20% підвищило ефективність визначення основної домінанти прийняття рішень; у праці [65] – обґрунтовано необхідність розв’язання «трикутника ризику» ІСАО за показниками небезпеки подій, спираючись на характерні точки стохастичних і нестохастичних моделей, побудованих для закритих і відкритих завдач прийняття рішень на континуумі норм ешелонування; у праці [67] – запропоновано принцип розподілу функцій серверного та клієнтського компонентів програмного забезпечення; у праці [69] – запропоновано застосування нечіткої операції «об’єднання» для редукції використаної шкали до норм ІСАО; у праці [70] – запропоновані зміни в алгоритмі розрахунку успішності опитуваного залежно від бажаної гнучкості системи тестування; у праці [71] – здобувачеві належать: глава 1 «Фундаментальні концепції ІСАО в галузі людського чинника», глава 3 «Моделі ризиків людського чинника» та глава 9 «Практикум кваліметрії людського чинника».

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дослідження доповідалися й обговорювалися на:

– міжнародних наукових конференціях «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту» (м. Євпаторія, 27–30 травня 2012; 20–24 травня 2013; 28–31 травня 2014; с.м.т. Залізний Порт, 25–28 травня 2015);

– XVII-XXIII Міжнародних конгресах двигунобудівників (с.м.т. Рибаче, 14–19 вересня 2012; с.м.т. Коблеве, 14–19 вересня 2013; 14–19 вересня 2014; 5–10 вересня 2015; 4–9 вересня 2017; 4–9 вересня 2018);

– II Міжнародній конференції «Methods and Systems of Navigation and Motion Control» (Київ, 9–12 жовтня 2012);

– IV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» (Херсон, 9–11 жовтня 2013);

– V-IX Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2013, MINTT-

2014, MINTT-2015, MINTT-2016, MINTT-2017) (Херсон, 28–30 травня 2013; 27–29 травня 2014; 26–28 травня 2015; 24–26 травня 2016; 23–25 травня 2017);

– міжнародній конференції Industrial Electronics and Engineering (ICIEE 2014) (Hong Kong, 1–2 травня 2014);

– V-VII Міжнародних конференціях Applied Human Factors and Ergonomics (АНФЕ 2014, АНФЕ 2015, АНФЕ 2016) (Kraków, Poland, 19–23 липня 2014; Las Vegas, Nevada, USA, 26–30 липня 2015; Florida, USA, 27–31 липня 2016);

– VI Світовому конгресі «Aviation in the XXI-st century: Safety in Aviation and Space Technologies» (Київ, 23–25 вересня 2014);

– V-VIII Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» (Херсон, 1–3 жовтня, 2014; 24–25 вересня 2015; 22–23 вересня 2016; 28–29 вересня 2017);

– всеукраїнській науково-практичній конференції «Безпека праці: освіта, наука, практика» (Харків, 20 листопада 2014);

– міжнародній конференції «Industrial Technology and Management Science» (ITMS 2015) (Tianjin, China, 27–28 березня 2015);

– II-IV Міжнародних науково-практичних конференціях «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві - освіта, наука, практика» (SLA-2015, SLA-2016, SLA-2017) (Херсон, 17–18 вересня 2015; 13–15 вересня 2016; 14–16 вересня 2017);

– міжнародній науково-практичній конференції «Міські і регіональні транспортні проблеми» (Харків, 17–19 листопада 2015).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 507 найменувань на 55 сторінках та 2 додатків на 25 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 378 сторінок, із них: 265 – сторінок основного тексту, 87 рисунків та 46 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету й завдання дослідження, визначено новизну та практичну значущість отриманих результатів, зазначено особистий внесок автора, наведено дані щодо апробації результатів роботи.

У розділі 1 «Виявлення сучасних проблем впливу людського чинника на безпеку польотів» встановлено, що в рамках поточної парадигми безпеки польотів ІКАО (рис. 1) важливою її складовою є «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», яке з позицій прояву людського чинника пояснює взаємний вплив усіх інших складових парадигми.

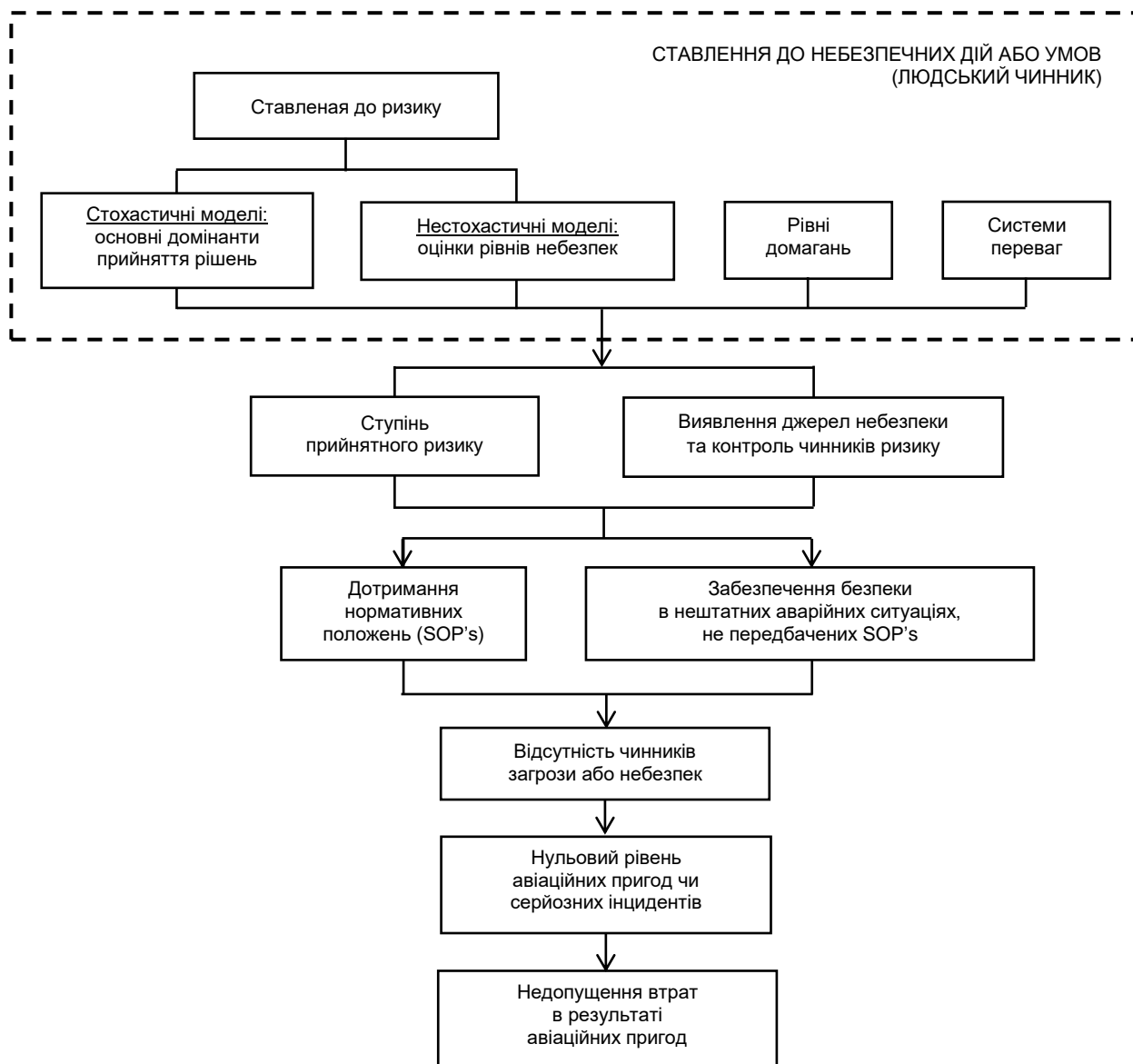


Рис. 1. Схема взаємодії складових концепцій безпеки ІСАО з позицій прояву людського чинника

Проаналізовано фундаментальні концепції ІСАО та праці провідних вчених щодо впливу людського чинника на безпеку польотів. Визначено, що людський чинник в аеронавігаційній системі – це комплекс знань про диспетчера обслуговування повітряного руху (ДОПР), його взаємодію з радіотехнічними засобами й автоматизованими системами управління повітряним рухом, правилами, а також з іншими людьми в спільній діяльності.

Обґрунтовано проведення спеціальних проактивних кваліметричних досліджень зазначеного «ставлення» за показниками прийняття рішень (ПР). Встановлено специфіку сучасних моделей ризику людського чинника. Виявлені недоліки пропонованого ІСАО методу рішення «трикутника ризиків».

Результати теоретично-аналітичних досліджень дали змогу виявити певні

«білі плями» в безперервному ланцюгу досліджень впливу людського чинника на безпеку авіаційної транспортної системи й обґрунтувати можливість кваліметричного виявлення відповідних закономірностей за показником рівня небезпеки, застосовуючи нечіткі моделі ПР, а також моделі вирішення закритих і відкритих задач ПР. Це дало змогу отримати відповідні показники в добре вимірюваних і зрозумілих фізичних показниках.

Наприклад, для показників рівня небезпеки:

$$T^M(PH) = \tilde{R}_K + \tilde{R}_{NB} + \tilde{R}_C + \tilde{R}_{H3} + \tilde{R}_M, \quad (1)$$

де «+» – операція логічного об'єднання термів; \tilde{R}_i – i -й терм шкали ризику (K – критичний, NB – небезпечний, C – середній, $H3$ – незначний, M – мізерний).

Розглянуто альтернативні методи вирішення «трикутника ризиків» шляхом надання показникам рівнів небезпеки і рівнів частоти відповідних нормованих коефіцієнтів бажаності та застосування функції бажаності Харрінгтона для встановлення інтегративного показника, якій надає цілісне уявлення про небезпечність події (рис. 2).

У розділі 2 «Розроблення теоретичних основ ергатичної системно-інформаційної кваліметрії людського чинника і процесів прийняття рішень у професійній діяльності та підготовці авіаційних операторів» системну діяльність ДОПР визначено, з одного боку, як завершене ціле, а з іншого – як складне утворення багатьох складових. Тому їх дослідження має здійснюватися відповідно до 13-ти основних і 5-ти додаткових принципів системного аналізу.

Встановлено, що невідповідність процесів професійної підготовки ДОПР будь-якому з зазначених принципів призводить до формування певних хибних ланок, що суттєво знижують ефективність обслуговування повітряного руху. Однак багаторазове використання принципів системного аналізу сприяє формуванню особливого типу мислення, названого системним. Для нього характерним є вміння більш адекватно виявляти та розв'язувати складні проблеми впливу людського чинника на безпеку обслуговування повітряного руху.

Встановлено, що процеси професійної підготовки та діяльності ДОПР є цілеспрямованими і раціональними, оскільки відповідають спеціальним критеріям цілеспрямованості (ієрархія підцілей, вибір засобів досягнення мети, уникання повторів, фільтр якості інструментарію, повернення, споживання) і раціональності (придатності, оптимальності, адаптивності) в прийнятті рішень

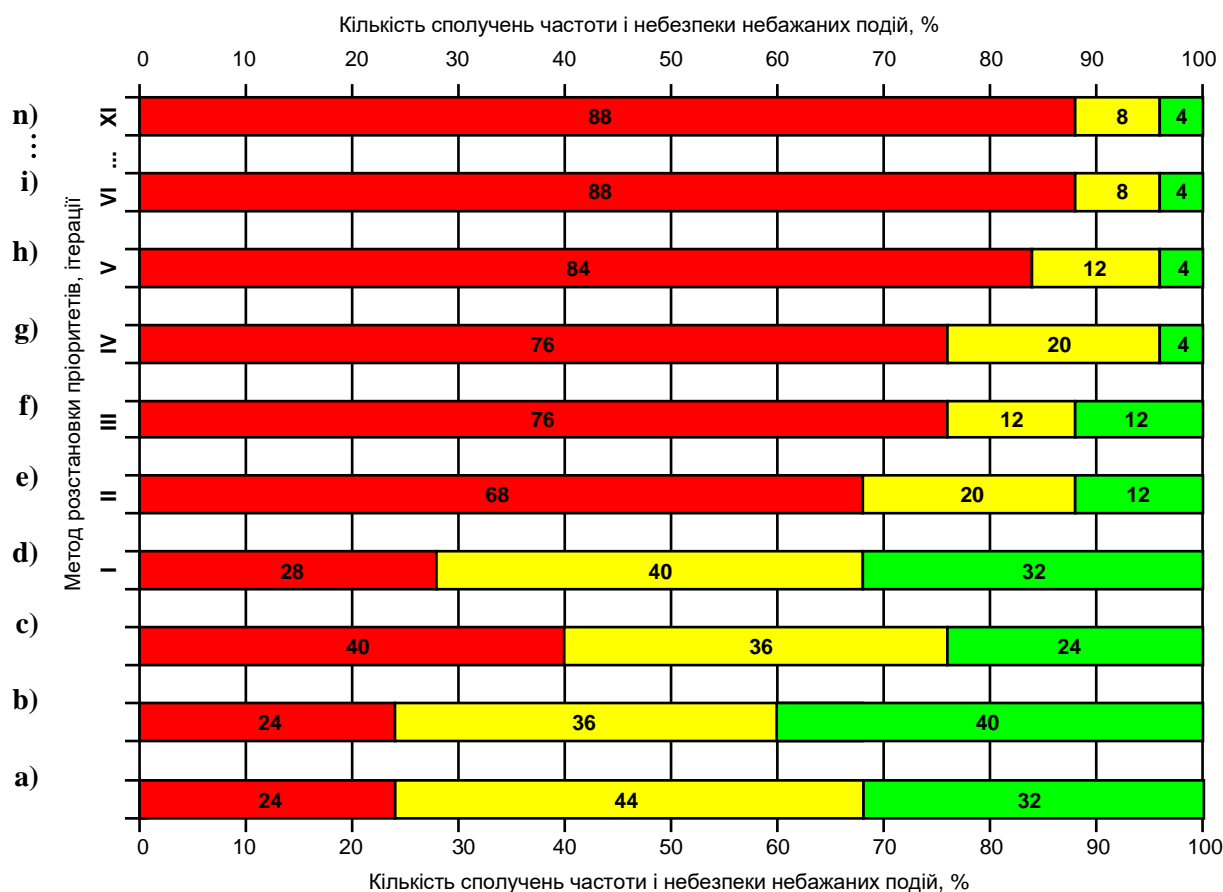


Рис. 2. Рішення «трикутника ризиків» різними аналітичними методами встановлення коефіцієнтів бажаності частоти і серйозності загрози:
■ – неприйнятний; ■ – допустимий; ■ – прийнятний ризик;
 а) – підхід ICAO; б) – підхід FAA; с) – застосування коефіцієнтів і функції бажаності Харрінгтона; д-п) – результати застосування 11-ти ітерацій методу розстановки пріоритетів.

Виявлено особливу роль критерію споживання, керуючись яким і спираючись на методологію теорії якості (ефективності), корисності, задоволення, будуються оціночні функції корисності та нечіткі моделі ставлення ДОПР до небезпечних дій або умов професійної діяльності.

Відповідно до класифікаційних ознак задач ПР (невизначеність, динаміка, складність), обґрунтовано системологію ризику та невизначеності в процесі функціонування авіаційних систем. Особливу увагу приділено розгляду джерел невизначеностей, що пов'язані з людським чинником.

Обґрунтовано дефініцію «системна кваліметрія», яку визначено як системно організований збір якісно-кількісної інформації про особливості та закономірності прояву людського чинника під час ПР ДОПР. Системний аспект кваліметрії було встановлено згідно з ознаками системи, які їй властиві

(структурність, динамічність, визначеність, впорядкованість тощо). Це дійсно дає змогу застосувати методологію системного аналізу до процесів вимірювання, оцінки, аналізу й управління професійною діяльністю ДОПР. Оскільки ПР відбувається з урахуванням особливостей функціонування всіх складових складної, полієргатичної, цілеспрямованої, організаційної та активної системи управління «льотний екіпаж – повітряне судно – середовище – орган обслуговування повітряного руху», то зазначено ергономічний аспект системно-інформаційної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника.

Побудовано структурну модель ергономічної системно-інформаційної кваліметрії професійної діяльності ДОПР (рис. 3), що спрямована на виявлення закономірностей прояву людського чинника в процесі ПР. Особливістю вимірюваних показників є їхня проактивність, що позитивно впливає на уявлення авіадиспетчерів щодо правильного ставлення до небезпечних дій або умов професійної діяльності.

У розділі 3 «Обґрунтування методології кваліметрії людського чинника під час прийняття рішень авіадиспетчером в умовах ризику» встановлено особливості робочого середовища та професійної діяльності ДОПР, які формуються відповідно до специфіки отримуваної аеронавігаційної інформації (загальної, постійної, загальновідомої, оперативної, тактичної, поточної), полієргатичності, монофункціональності та дистанційності керівних впливів, динамічності об'єктів керування й параметрів зовнішнього середовища. Це зумовлює прогностичність його праці та високий рівень емоційної напруженості. Обґрунтовано, що головним професійним завданням ДОПР є дотримання норм ешелонування повітряних суден (НЕПС) у зоні відповідальності, порушення яких із позицій прояву людського чинника має стати об'єктом кваліметричних досліджень.

Розроблено ієрархічну модель діяльності авіадиспетчера, яка полегшує процес вибору показників і критеріїв ефективності прийняття рішень в умовах ризику та сприяє формалізованому опису проблемних ситуацій під час управління повітряним рухом.

Теоретично-імовірнісними методами проведено формальний кількісний опис задач управління під час ризику:

$$Y_i(B_{i1} \cup B_{i2} \cup \dots \cup B_{ik_i}) = Y_i(B_{i1}) + Y_i(B_{i1} / B_{i2}) + Y_i(B_{i3} / B_{i1} \cup B_{i2}) + \dots + Y_i(B_{ik_i} / B_{i1} \cup B_{i2} \cup \dots \cup B_{ik_{i-1}}). \quad (2)$$

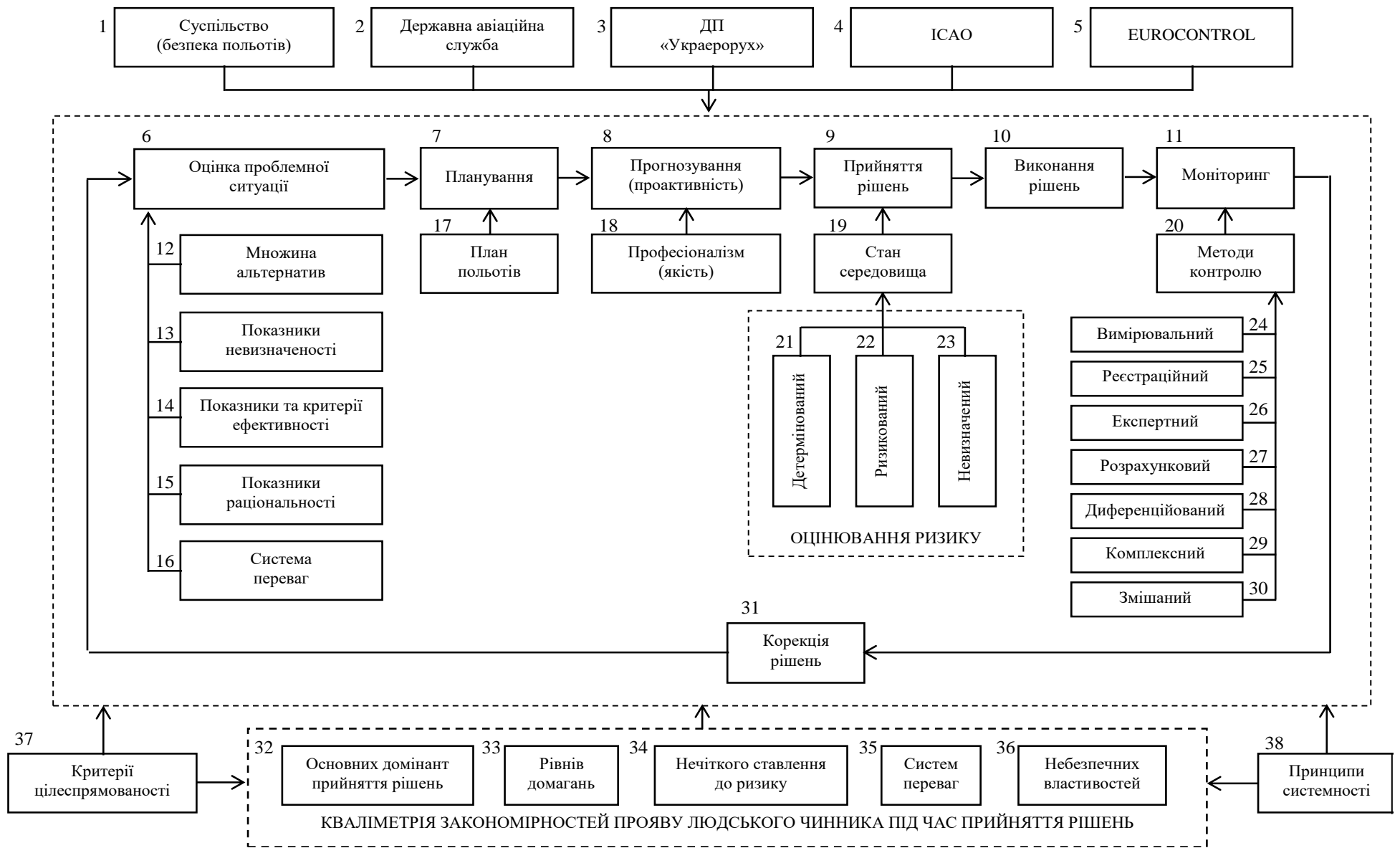


Рис. 3. Структурна модель системно-інформаційної кваліметрії професійної діяльності авіадиспетчерів

де B – булеан S ; S – множина S усіх можливих несприятливих подій у діяльності авіадиспетчера, Y – кількісний наслідок (результат).

Модель проблемної ситуації постає кортежем, який розширений відносно відомої моделі та дає змогу більш повно і всебічно розглядати професійну діяльність ДОПР:

$$S_0 = \langle A, S^*, M^*, \Lambda, T, H, G, L, \Psi, W, K, f_{UF}^*(L), P, \theta, R^*, O^* \rangle, \quad (3)$$

де $*$ – позначка доданих до моделі елементів; A – множина стратегій ДОПР під час управління повітряним рухом; S^* – множина альтернативних ситуацій, що потрібна для додаткового опису проблеми; M^* – множина цілей, які досягаються в процесі розв’язання проблемної ситуації; Λ – множина визначених/невизначених чинників (погода на маршруті, запас авіаційного палива, віддаленість повітряного судна від запасних аеродромів, їх відповідність льотно-технічним характеристикам повітряного судна, система повітряних трас, план польотів тощо); T – час, що має у своєму розпорядженні авіаційний оператор для ПР; H – модель (відображення), що ставить у відповідність множинам стратегій A і чинників Λ множину результатів $Y(G)$; G – множина результатів діяльності; L – вектор кількісних ознак результату $g \in G$ (кількість обслугованих повітряних суден, відстані між ними тощо); Ψ – оператор відповідності «результат – показник»; W – показник ефективності; K – критерій ефективності; $f_{UF}^*(L)$ – оціночна функція корисності, яка визначає основну домінанту ПР (ОДПР), а саме ставлення до ризику; P – модель системи переваг – тобто формалізоване уявлення ДОПР як особи, яка приймає рішення про «найкращий» і «найгірший» елементи певної множини D ; θ – уся інша інформація про повітряне судно, повітряну обстановку в зоні відповідальності, стан членів льотної екіпажу, повітряну обстановку в зоні відповідальності; R^* – ресурси, потрібні для ПР (економічні, технічні, нормативні, психофізіологічні, рівень професійної підготовки тощо); O^* – множина обмежень на ПР.

$$D = \langle A, \Lambda, G, Y, W, K \rangle. \quad (4)$$

Обґрунтовано, що найменш досліджуваними складовими кортежу (3) є ті, які визначають ставлення ДОПР до ризику, а також їх системи переваг на показниках та характеристиках професійної діяльності.

За допомогою моделі (5) вирішуються важливі окремі задачі, пов’язані з:
– отриманням результатів:

$$\Psi: \{L/H: A \times \Lambda \xrightarrow{\theta} L(G)\} \xrightarrow{\theta} W; \quad (5)$$

– аналізом результатів:

$$P \xrightarrow{K} K: A \xrightarrow{W} A^*; \quad (6)$$

де A^* – підмножина «найкращих» з точки зору ДОПР стратегій, з яких далі остаточно вибираються рішення $a^* \in A^*$, що надалі буде реалізовано;

– структуризацією початкової інформації, коли здійснюється проблемний аналіз як інформаційна ланка між проблемою і проблемною ситуацією:

$$\langle \theta; \theta_{M_0}, \theta_A, \theta_\Lambda, \theta_P \rangle = \{ \theta_{P_G}, \theta_{P_{Y_0}}, \theta_{P_{A_0}}, \theta_{P_{\Lambda_0}}, \theta_{P_K} \}, \quad (7)$$

де θ – загальна інформація; $\theta_{M_0}, \theta_A, \theta_\Lambda, \theta_P$ – частини загальної інформації, що стосуються M_0, A, Λ, P ; M_0 – загальна мета діяльності; P – формалізовані уявлення щодо: P_{P_G} – множини результатів діяльності P_{Y_0} – множини кількісних наслідків діяльності; P_{A_0} – множини стратегій; P_{Λ_0} – множини чинників; P_K – множини критеріїв ефективності;

– аналізом невизначеності:

$$\langle \theta_{M_0}; \Lambda, \theta_\Lambda \rangle; \quad (8)$$

– формуванням початкової множини стратегій:

$$\langle \theta_{M_0}; \theta_A, \theta_\Lambda, \theta_{P_A}, \Lambda, A \rangle; \quad (9)$$

– моделюванням мети операції:

$$\langle \theta_{M_0}, \Lambda, A, L^{nomp}, L(G), P_W, P_K, W, K \rangle, \quad (10)$$

де L^{nomp} – бажаний кінцевий результат управління повітряним рухом, який в контексті наших досліджень має бути не меншим НЕПС.

ДОПР під час ПР враховує пріоритет цілей в оцінці наслідків вибору, знаходячи чисельне значення такого суб'єктивного феномену як «міра корисності». І оскільки ДОПР приймає рішення в умовах ризику, то кожній стратегії $a \in A$ ставиться у відповідність імовірнісний розподіл на множині

векторів кількісних характеристик $(L_1, L_2, \dots, L_m)^T$ наслідків $g \in G$ (рис. 4). Міра корисності тут спирається на постулати формальної теорії корисності Дж. Фон Неймана та О. Моргенштерна, що було адаптовано для досліджень людського чинника в цивільній авіації.

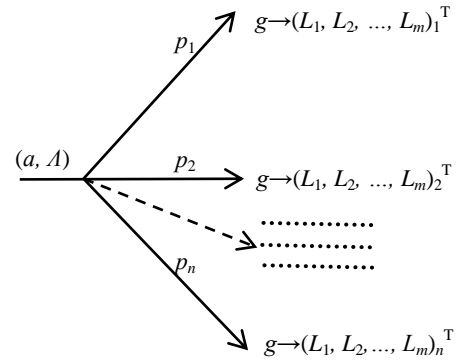


Рис. 4. Відповідність стратегій і наслідків в умовах ризику

Ієрархічний підхід до аналізу процесу ПР ДОПР дає змогу системно визначити поетапні стратегії a раціонального рішення виниклої ситуації за допомогою показників ефективності $W(u)$ як міри ступеня відповідності реального результату операції бажаному кінцевому результату. Вони мають урахувати психологічні відмінності людини, яка приймає рішення, що відображають його ставлення до ризику (схильність, несхильність, байдужість). Формально зазначені відмінності враховуються за допомогою оціночної функції корисності $f_{UF}(L)$, яка й виявить ставлення особи, яка приймає рішення до ризику. Тому показник ефективності W є математичним сподіванням оціночної функції корисності:

$$W(u) = M[f_{UF}(p(L(u), L^{nomp.}))], \quad (11)$$

де M – оператор математичного сподівання; u, v – корисність кінцевого результату; L – результат діяльності (відстань між повітряними суднами); $\rho(L(u), L^{nomp.})$ – функція відповідності.

Для виявлення пріоритетів ДОПР на множині стратегій модель цілі операції (показник ефективності) має враховувати ймовірнісний характер наслідків:

$$u \geq v \Leftrightarrow W_e^\lambda(u) \geq W_e^\lambda(v), \quad (12)$$

де $W_e^\lambda(u)$ – функція ефективності, яка визначається відповідно до формули (11) з урахуванням чинників ризику; λ – чинник ризику.

Ситуацію ПР в умовах ризику зручно описувати за допомогою «лотереї», якою зазвичай називається пара результатів (L, P) , де $L = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$ – множина характеристик наслідків, $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – ймовірнісний розподіл на ній. На основі виявленого відношення переваг l на множині лотерей $\{l(a)/a \in A\}$ будується відношення переваг вже на множині стратегій A :

$$\begin{aligned} u \geq v &\Leftrightarrow l(u) \geq l(v) \Leftrightarrow W_e^\lambda(l(u)) \geq W_e^\lambda(l(v)) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow [f_{UF}(L(u))] \geq [f_{UF}(L(v))] \end{aligned} \quad (13)$$

Наведене сприяло побудові за формально обмеженою кількістю точок оціночної функції корисності показників діяльності ДОПР для вирішення закритих задач ПР, а саме: на континуумі показника професійної діяльності (у нашому випадку – НЕПС) встановлюються п'ять характерних точок $L_0 = 0$ км, $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$, $L_1 = L_{\text{НЕПС}}$ ($L_{\text{НЕПС}}$ дорівнює відстані НЕПС), яким відповідають такі значення оціночної функції корисності: $f_{UF}(L_0 = 0 \text{ км}) = 0$, $f_{UF}(L_{0,25}) = 0$, $f_{UF}(L_{0,5}) = 0$, $f_{UF}(L_{0,75}) = 0$, $f_{UF}(L_1 = L_{\text{НЕПС}}) = 1$, де L – відстань між повітряними суднами; $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$ – детермінований еквівалент лотереї з відповідною корисністю. У ролі детермінованого еквівалента лотереї розумітимемо такий наслідок L_F , коли ДОПР як людині, яка приймає рішення, буде байдуже, чи отримати його напевно, чи взяти участь у лотереї, де з рівними шансами 50 на 50 можна отримати абсолютно задовільний/незадовільний «виграш». Аналіз побудованих оціночних функцій корисності та встановлення ОДПР як показника ставлення до ризику здійснено відповідно до табл. 1. За допомогою M_L позначено оператор математичного очікування детермінованого еквівалента лотереї.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика опису оціночних функцій корисності осіб, схильних, несхильних і байдужих до ризику

Ставлення до ризику	Детермінований еквівалент лотереї	Характеристика оціночної функції
Несхильність	$L_F < M_L[L]$	Строго увігнута: $f_{UF}(L_F) = M_L[f_{UF}(L)] < f_{UF}(M_L[L])$
Схильність	$L_F > M_L[L]$	Строго опукла: $f_{UF}(L_F) = M_L[f_{UF}(L)] > f_{UF}(M_L[L])$
Байдужість	$L_F = M_L[L]$	Лінійна: $f_{UF}(L_F) = M_L[f_{UF}(L)] = f_{UF}(M_L[L])$

Розроблено спосіб встановлення рівня домагань ДОПР як основного системоутворювального показника їх особистості й адекватності самооцінювання. Спосіб реалізується під час побудови оціночних функцій корисності за формально необмеженою кількістю точок для відкритої задачі ПР (рис. 5).

У ролі рівня домагань $L_{PD} = L^*$ розуміємо такий результат діяльності ДОПР, що відповідає максимальному стрибку корисності в його уяві щодо можливості забезпечення належного рівня безпеки польотів. Оскільки рівень домагань є відносно стійким показником спрямованості особистості, то $L = L^*$ тоді й лише тоді, коли:

$$\begin{cases} \Delta f_{UF}(L) = f_{UF}(L_r) - f_{UF}(L_{r-1}) > f_{UF}(L_i) - f_{UF}(L_{i-1}); \\ i = \overline{2, (r-1)}, \end{cases} \quad (14)$$

або коли

$$\begin{cases} \Delta f_{UF}(L) = f_{UF}(L_r) - f_{UF}(L_{r-1}) \Rightarrow \max; \\ f_{UF}(L_r) > 0, \end{cases} \quad (15)$$

де r – відстані від 0 км до НЕПС, узяті по черзі.

Доведено можливість застосування нечітких моделей ПР для кваліметрії загроз безпеці польотів за умов порушення НЕПС. Обґрунтовано необхідність застосування адаптованої для збору потрібної інформації шкали Купера–Харпера, а також «матриці підказок» для побудови функцій належності лінгвістичної змінної «рівень небезпеки» із гладкими спадаючими фронтами.

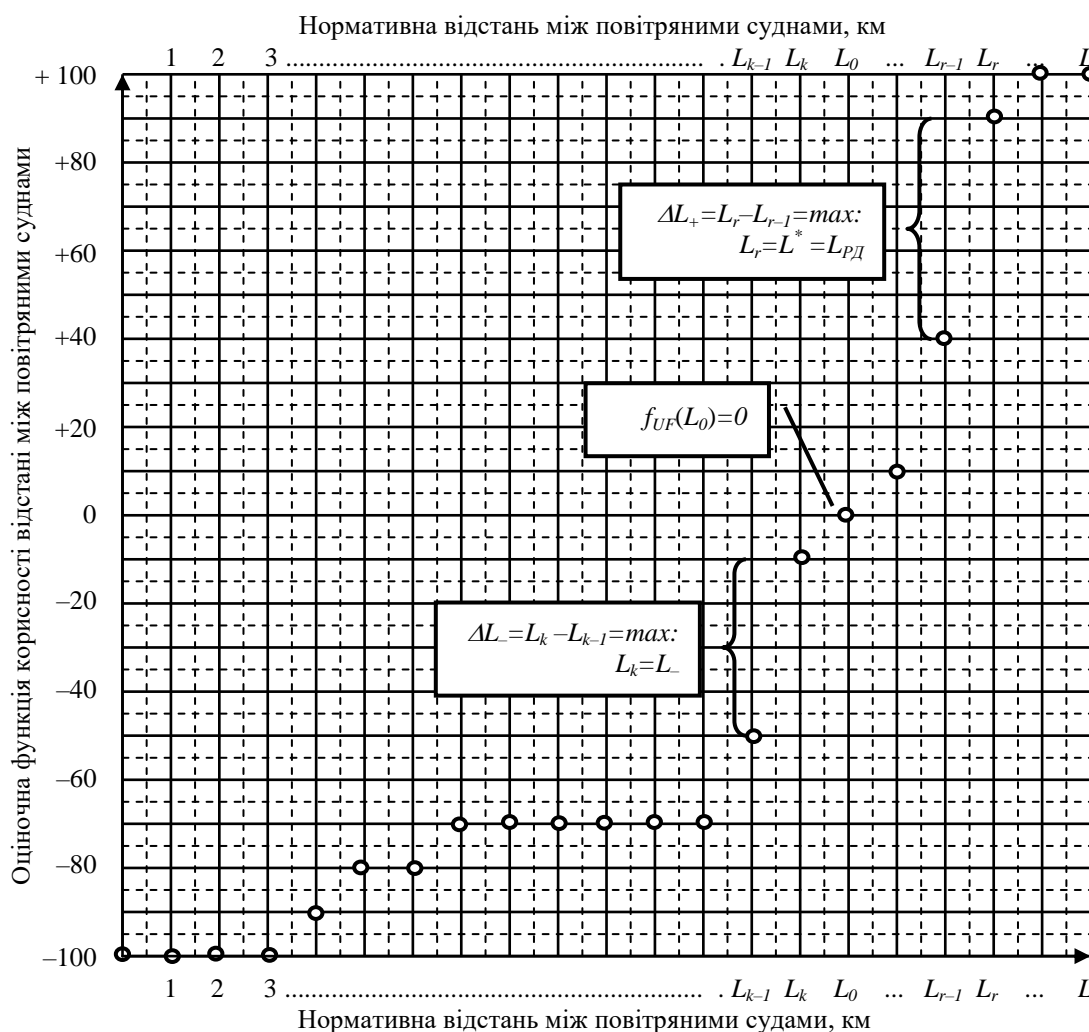


Рис. 5. Парадигма побудови оціночної функції корисності відстані між повітряними суднами

Виявлено специфічні особливості застосування модифікатора «дуже» для побудови нечіткої шкали оцінювання ризику, а також показано можливість застосування нечіткої операції «об'єднання» для її редукції до розмірності,

пропонованої ICAO:

$$\mu_{\tilde{R}_i \cup \tilde{R}_j}(L) = \max(\mu_{\tilde{R}_i}(L), \mu_{\tilde{R}_j}(L)), \quad (16)$$

де $\mu_{\tilde{R}_i}(L)$, $\mu_{\tilde{R}_j}(L)$ – функція належності i -го та j -го термів шкали рівня небезпеки, що об'єднуються.

У розділі 4 «Виявлення закономірностей ставлення студентів-авіадиспетчерів до ризику в умовах порушення норм ешелонування повітряних суден» введено уточнений показник надбавки за ризик:

$$NR^* = L_{НЕПС} - \frac{1}{4} [7L_{НЕПС} - 2(L_{0,25} + L_{0,5} + L_{0,75})] = \begin{cases} > 0 \text{ схильність до ризику;} \\ < 0 \text{ несхильність до ризику;} \\ = 0 \text{ байдужість до ризику.} \end{cases} \quad (17)$$

Це сприяє інтегративному встановленню ОДПР, спираючись на всю сукупність характерних точок оціночної функції корисності. Ефективність методу підтверджується тим, що 17,8 % від спочатку встановлених ОДПР були змінені після їх уточнення за допомогою наших рекомендацій. Запропоновано 27 додаткових рекомендацій для більш детального аналізу оціночних функцій корисності.

Уперше комплексно досліджені ОДПР студентів-авіадиспетчерів на всьому спектрі НЕПС, встановлених ICAO для горизонтальної площини польоту (11 норм). Проаналізовано індивідуальні оціночні функції корисності, узагальнені у групі (рис. 6, табл. 2). Функції корисності для студентів несхильних та схильних до ризику позначені як $f_{UF}^{несх.}$ та $f_{UF}^{сх.}$ відповідно.

Встановлено, що абсолютна більшість (86,3 %) студентів-авіадиспетчерів є несхильними до ризику, що характеризує їхню мотивацію на запобігання невдачі, абсолютну меншість (3,9 %) становлять особи, схильні до ризику, для яких характерною є мотивація на досягнення успіху. Також незначним є прошарок студентів-авіадиспетчерів, байдужих до ризику (9,8 %).

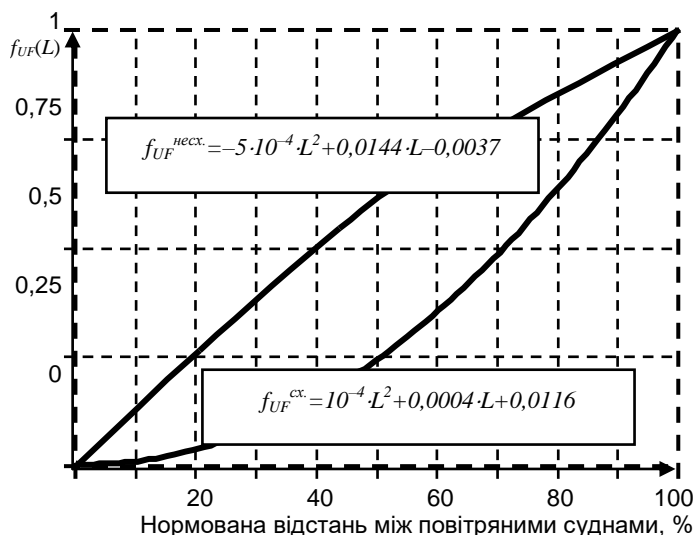


Рис. 6. Узагальнені оціночні функції корисності для приведеної норми ешелонування повітряних суден

Таблиця 2

**Статистика ставлення студентів-авіадиспетчерів до корисності
норм ешелонування повітряних суден**

Відстань між літаками, км	Співвідношення осіб з різною домінантою прийняття рішень
8	С : Б : НС \Leftrightarrow 1 : 5 : 57 \Leftrightarrow 1,6 % : 7,9 % : 90,5 %
10	С : Б : НС \Leftrightarrow 1 : 1,7 : 25,4 \Leftrightarrow 3,5 % : 6,2 % : 90,3 %
12	С : Б : НС \Leftrightarrow 1 : 1,5 : 18,3 \Leftrightarrow 4,8 % : 7,2 % : 88 %
20	С : Б : НС \Leftrightarrow 1 : 3,8 : 22 \Leftrightarrow 6,6 % : 11,8 % : 81,6 %
30	С : Б : НС \Leftrightarrow 1 : 1,3 : 10,3 \Leftrightarrow 7,9 % : 10,3 % : 81,8 %
по сукупності НЕПС	С : Б : НС \Leftrightarrow 1 : 2,5 : 21,9 \Leftrightarrow 3,9 % : 9,8 % : 86,3 %
ПРИМІТКА: Б – байдужий до ризику, С – схильний до ризику, НС – несхильний до ризику	

Окрім того, студенти-авіадиспетчери незалежно від умов організації обслуговування повітряного руху статистично вірогідно не розрізняють особливості відстаней між повітряними суднами $L=10$ км (4 норми) і $L=20$ км (4 норми), що й знайшло відображення у табл. 2. По мірі ускладнення НЕПС (зменшення відстані між повітряними суднами) відсоток осіб, схильних до ризику зменшується, а несхильних до ризику, навпаки, збільшується (табл. 3).

Таблиця 3

**Динаміки основної домінанти прийняття рішень за умов
ускладнення норм ешелонування повітряних суден**

НЕПС		20 км	12 км	10 км	8 км
$L=30$ км	С=7,9 %	6,6 %	4,8 %	3,5 %	1,6 %
	Б=10,3 %	11,8 %	7,2 %	6,2 %	7,9 %
	НС=81,8 %	81,6 %	88 %	90,3 %	90,5 %

Виявлено закономірності прояву рівня домагань студентів-авіадиспетчерів на спектрі континуумів тих самих НЕПС: 1) на полігонах частот рівня домагань було виявлено локальний (53,3–62,5 % від норми) і глобальний (100 % норми) максимуми (рис. 7). Причому перші мають обернений зв'язок з довжиною НЕПС: коефіцієнт кореляції Спірмена становить величину $R_S=-0,95$). Усі локальні та глобальні пікові точки

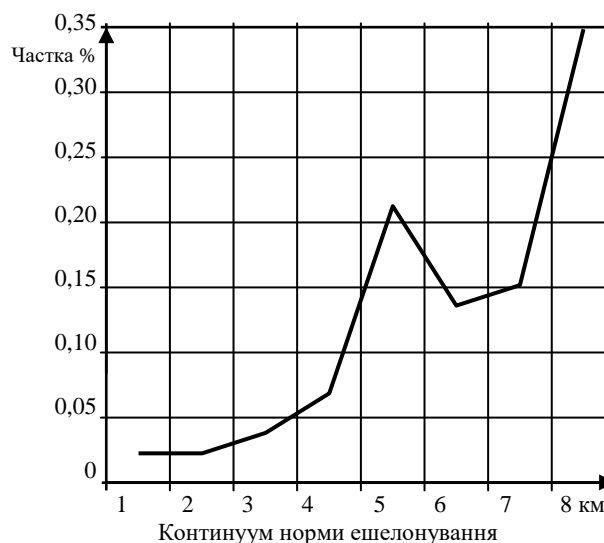


Рис. 7. Полігон частот рівнів домагань студентів-авіадиспетчерів

збігаються на полігонах частот для НЕПС $L = 10$ км і $L = 20$ км, незалежно від особливості організації обслуговування повітряного руху. Це дає змогу стверджувати про нерозрізнення молодими студентами-авіадиспетчерами складності дотримання зазначених норм, сформульований в результаті дослідження ОДПР; 2) введений показник відносного рівня домагань не менше 70 % від усіх досліджуваних НЕПС. Приблизно $\frac{3}{4}$ від норми цей показник складає для найменших відстаней серед досліджуваних норм ($L=8$ км і $L=10$ км). Виявлено обернену тенденцію щодо збільшення відносного показника рівня домагань по мірі зменшення відстані між повітряними суднами; 3) обґрунтовано взаємний вплив показників ОДПР і рівня домагань: детермінований еквівалент лотереї з корисністю 0,75 незалежно від характеру виявленої ОДПР на рівні значущості $\alpha = 1\%$ статистично-вірогідно збігається з рівнем домагань. Виявлено обернений вплив ОДПР на рівень домагань: чим більш ризиковану поведінку демонструють випробувані студенти-авіадиспетчери, тим вища їхня самооцінка і, відповідно, нижчий рівень домагань.

Уперше комплексно досліджено нечіткі кваліметричні моделі ставлення студентів-авіадиспетчерів до порушень НЕПС, що встановлені для горизонтальної площини. Відповідно до модифікованої шкали Купера–Харпера реалізовано методику збору експертної інформації у вигляді точки на континуумі НЕПС, що дало змогу застосувати «матрицю підказок» і отримати функції належності лінгвістичної змінної «рівень небезпеки» з гладкими спадаючими фронтами для всього спектра норм (рис. 8). Визначено співвідношення якісних оцінок пропонованої шкали вимірів рівня небезпеки з кількісними показниками континуумів усіх досліджуваних НЕПС. Кількісна оцінка рівня небезпеки встановлюється на континуумі НЕПС як відстань між проекціями точок перетину функцій належності сусідніх термів.

Перехід від пропонованої шкали рівня небезпеки до розмірності шкали ІСАО здійснено за допомогою нечіткої операції «об'єднання». Цей підхід є прийнятним, оскільки під час формування експериментальної шкали «рівня небезпеки» ми застосовували модифікатор «дуже», а отже, і нечіткі операції концентрації та розтягання, що дало змогу здійснити більш детальний аналіз проактивної оцінки студентами-авіадиспетчерами рівня небезпеки порушень НЕПС незалежно від її протяжності.

Уведено відносний показник рівня небезпеки порушення НЕПС

$$\dot{R}_{PH} = \frac{|L - L_{\text{НЕПС}}|}{L_{\text{НЕПС}}}. \quad (18)$$

Для встановлення міри розрізнення студентами-авіадиспетчерами континуумів НЕПС адаптовано чітку та нечітку ентропії.

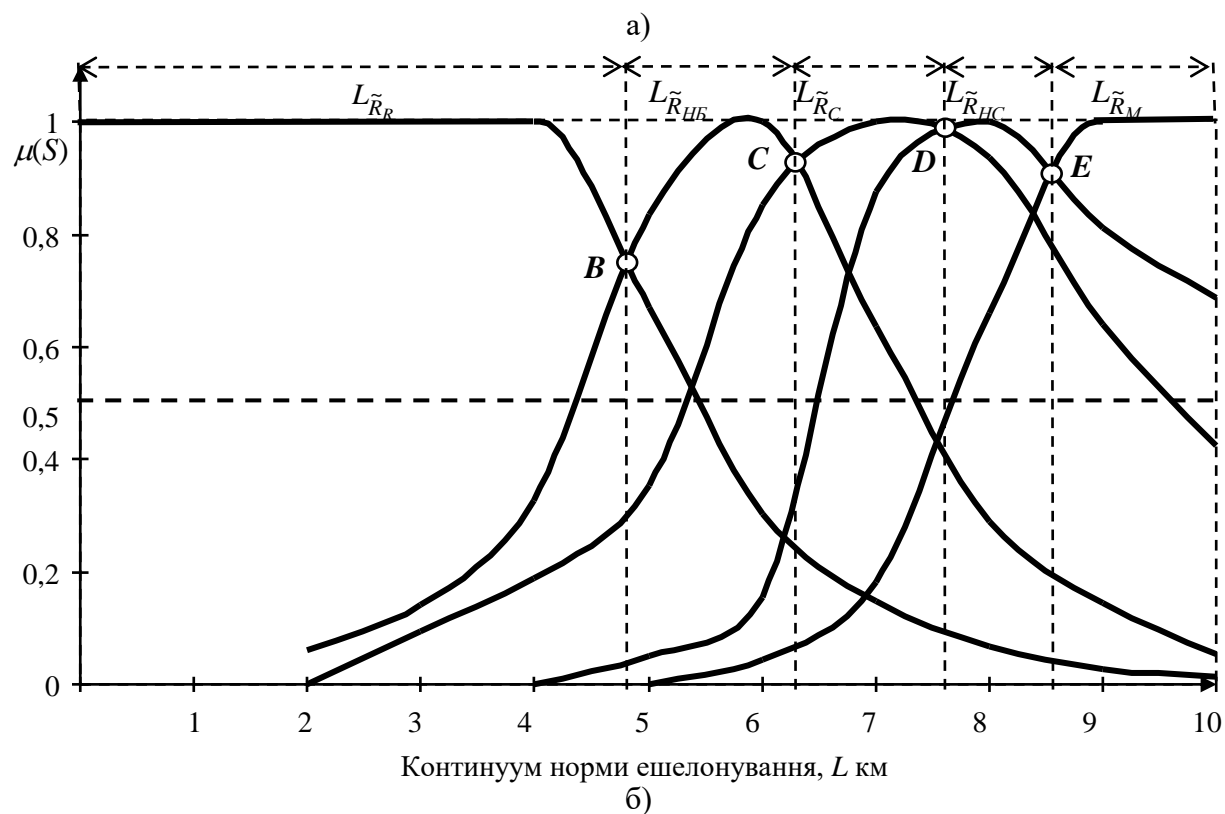
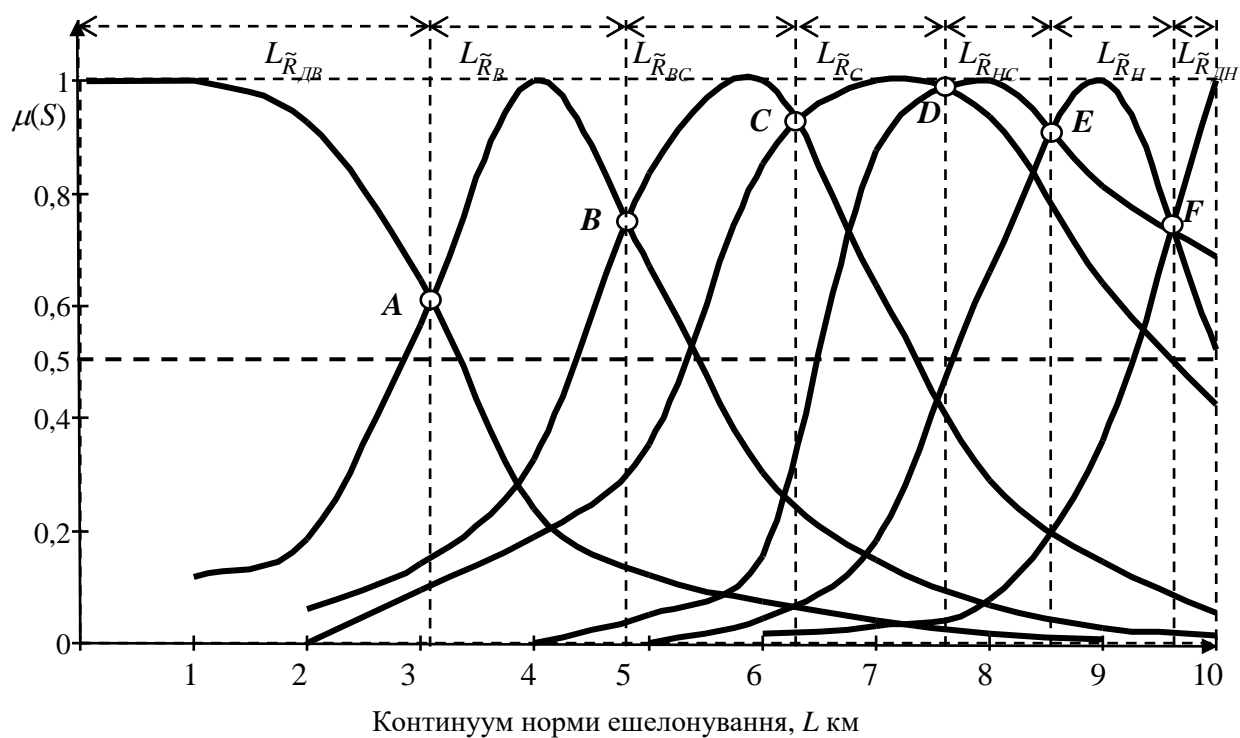


Рис. 8. Нечіткі моделі кваліметрії ставлення студентів-авіадиспетчерів до порушень НЕПС $L=10$ км: відповідно до шкали «рівень небезпеки» ІСАО.
а) запропонована шкала; б) шкала ІСАО

У результаті отримано показники ентропії характерних точок оціночних функцій корисності, що будуються для закритих і відкритих задач ПР (табл. 4).

**Показники ентропії характерних точок оціночних функцій корисності,
що будуються для закритих і відкритих задач прийняття рішень**

Характер задачі прийняття рішень	Характерні точки оціночних функцій	Показники ентропії
Закрита, для встановлення основної домінанти прийняття рішень в умовах ризику	$L_{0,25}$	0,35
	$L_{0,5}$	0,32
	$L_{0,75}$	0,28
Середнє значення $\bar{H}(L_i)$		0,32
Середнє геометричне значення $\tilde{H}(L_i)$		0,32
Відкрита, для встановлення рівнів домагань під час прийняття рішень	L_-	0,38
	L_0	0,34
	L^*	0,30
Середнє значення $\bar{H}(L_i)$		0,34
Середнє геометричне значення $\tilde{H}(L_i)$		0,34

Встановлено тенденцію: невизначеність думок зменшується як по мірі збільшення привабливості детермінованого еквівалента лотереї, які випробувані знаходять під час побудови оціночних функцій корисності в закритих задачах ПР, так і по мірі збільшення привабливості характерних точок оціночних функцій корисності, що виявляються в процесі розв'язання відкритих задач ПР.

Найменші показники ентропії виявлено для детермінованих еквівалентів лотереї з корисністю 0,75: $H(L_{0,75})=0,28$ і рівня домагань: $H(L^*=L_{PД5})=0,30$. Побудова нечітких моделей сприяла застосуванню та реалізації в дослідженнях нечіткої ентропії за таким показником:

$$\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) = \frac{\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)}{\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)}, \quad (19)$$

де $\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)$ – значення функції належності j -го терму лінгвістичної змінної «рівень небезпеки» для i -го інтервалу НЕПС; N_j – кількість (частота) спостережень значень функції належності j -го терму.

Тоді загальну формулу для ентропії кожної нечіткої (лінгвістичної)

оцінки шкали рівня небезпеки можна подати таким чином:

$$\begin{aligned}
 H\left(\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_1), \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_2), \dots, \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_{N_j})\right) &= -\frac{1}{\ln N} \sum_{i=1}^{N_j} \left[\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \right] = \\
 &= \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \right) \cdot \left(\ln \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \right) - \sum_{i=1}^{N_j} \left(\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \ln \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \right) \right]}{\ln N_j \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)} \quad (20)
 \end{aligned}$$

Виявлено, що нечіткі оцінки ризику порушень НЕПС супроводжуються в середньому в 2,5 раза більшою невизначеністю, ніж у процедурах дослідження ОДПР і рівня домагань. Причому нечітка ентропія для найгіршої (з точки зору забезпечення належного рівня безпеки польотів) лінгвістичної оцінки рівня небезпеки у 1,9 раза більша за усереднені показники $L_{0,25}$ і L_{-} , а для найкращої лінгвістичної оцінки – у 2,3 раза стосовно усереднених показників $L_{0,75}$ і L^{*} . Оцінка, що відповідає «середньому (звичайному ризику)» має найбільш нечітку ентропію.

Із результатів статистичного аналізу варто зауважити, що випробувані САД не відчувають різниці між НЕПС у горизонтальній площині, встановлених для відстаней між повітряними суднами $L=10$ км і $L=20$ км. Це стосується як відстаней повздожнього так і поперечного ешелонування.

У розділі 5 «Розроблення рекомендацій щодо управління безпекою польотів за кваліметричними показниками людського чинника» реалізовано мультиплікативний підхід для отримання інтегративного (цілісного) показника ставлення студентів-авіадиспетчерів до ризику порушень НЕПС, якому притаманна системна властивість емерджентності:

$$\begin{aligned}
 R(L_i \text{ НЕПС}) &= \sqrt[3]{R_{\text{ОДПР}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot R_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot R_{\text{НЗ}}(L_i \text{ НЕПС})} = \quad (21) \\
 &= \frac{\sqrt[3]{\left(\sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{cx.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})} \cdot L_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{\text{НЗ}}(L_i \text{ НЕПС}) \right)}}{L_i \text{ НЕПС}},
 \end{aligned}$$

$$R = \sqrt[n=11]{\prod_{i=1}^{n=11} R(L_i \text{ НЕПС})} = \quad (22)$$

$$= \frac{\sqrt[n=11]{\prod_{i=1}^{n=11} \sqrt[3]{\left(\sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{cx.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})} \cdot L_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{\text{НЗ}}(L_i \text{ НЕПС}) \right)}}}{L_i \text{ НЕПС}},$$

де R – інтегративні показники ставлення до ризику для i -тої НЕПС і для усієї їх сукупності, R_D – рівень домагань, R_{H3} – нечіткі змінні, $L_{0,75}^{cx.}$, $L_{0,75}^{несх.}$, $L_{0,75}^{байд.}$ – еквівалент лотереї 0,75 для осіб, схильних, несхильних, байдужих до ризику.

Уперше запропоновано в ролі частинних показників ризику застосовувати приведені значення характеристик ОДПР, рівня домагань та показника «незначного рівня небезпеки», встановленого з нечітких моделей ПР. Виявлено (табл. 5), що інтегративний показник становить величину $R=0,72$ для всієї сукупності досліджуваних норм.

Таблиця 5

Інтегративні показники проактивного ставлення студентів-авіадиспетчерів до порушень НЕПС

Норма ешелонування	Показники ставлення до ризику			Інтегративний показник $R^{(i)}$
	$R_{ОДПР}^{(i)}$	$R_{РД}^{(i)}$	$R_{H3}^{(i)}$	
$L = 8$ км	0,74	0,72	0,74	0,73
$S = 10$ км	0,79	0,75	0,68	0,74
$S = 12$ км	0,75	0,72	0,76	0,74
$S = 20$ км	0,69	0,71	0,66	0,69
$S = 30$ км	0,68	0,73	0,71	0,71
За сукупністю норм	0,73	0,73	0,69	0,72
ПРИМІТКА: $R^{(i)}$ – інтегративний показник				

Отримані частинні показники для окремих норм також мають критеріальний зміст. Уперше обґрунтовано критеріальні моделі вирішення «трикутника ризиків» ІСАО за показниками рівня небезпеки (табл. 6, 7), де відображені кваліметричні результати досліджень ОДПР, рівня домагань і нечітких моделей ПР студентами-авіадиспетчерами. Мультиплікативне узагальнення моделей дало змогу отримати остаточні критерії рішення «трикутника ризиків», що відрізняється від пропонованих ІСАО добре зрозумілими і фізично вимірюваними показниками відстані між повітряними суднами. Запропоновано застосовувати отримані результати під час розроблення та реалізації заходів із профілактичного забезпечення безпеки польотів, а також особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки.

З урахуванням статистики прояву ОДПР у досвідчених ДОПР, в яких переважає прояв «схильності до ризику», розроблено відповідний алгоритм, що спрямований на розвиток у студентів-авіадиспетчерів саме мотивації на досягнення успіху.

Таблиця 6

**Критеріальні моделі розв'язання «трикутника ризиків» ІСАО
при порушеннях норм ешелонування повітряних суден**

Рівні ризиків		Критерії рівнів небезпек, встановлені з емпіричних моделей прийняття рішень		
		Основні домінанти	Рівні домагань	Нечітке ставлення до ризику
Неприпустимий	R_K	$L_K < L_{0,25} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow \dot{L}_K < 0,31$	$L_K < L_- \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow \dot{L}_K < 0,46$	$0 < L_K < L_B \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0 < \dot{L}_K < 0,42$
	R_H	$L_{0,25} < L_{HB} < L_{0,5} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,31 < \dot{L}_K < 0,53$	$L_- < L_{HB} < L_0 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,46 < \dot{L}_{HB} < 0,65$	$L_B < L_{HB} < L_{BC} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,42 < \dot{L}_{EB} < 0,56$
	R_C	$L_{0,5} < L_C < L_{0,75} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,53 < \dot{L}_C < 0,74$	$L_0 < L_C < L^* \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,65 < \dot{L}_C < 0,85$	$L_{BC} < L_C < L_C \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,56 < \dot{L}_C < 0,72$
Припустимий	R_H	$L_{0,75} \leq L_{H3} < L_{HEPC} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,74 < \dot{L}_{H3} < L_{HEPC}$	$L^* < L_{H3} < L_{HEPC} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,85 < \dot{L}_{H3} < L_{HEPC}$	$L_C < L_{H3} < L_H \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 0,72 < \dot{L}_{H3} < 0,83$
	R_M	$\dot{L}_M \geq L_1 = L_{HEPC}$	$\dot{L}_M \geq L_{HEPC}$	$L_M \geq 0,83$
<p>ПРИМІТКА: R – інтегративний показник; L – відстань між повітряними суднами; \dot{L} – нормоване значення для усіх відстаней; L^* – точка що відповідає максимальному позитивному приросту корисності; L_0 – точка переходу негативної корисності в позитивну; L_- – точка, що визначає стрибок негативної корисності. Рівні ризиків визначено згідно з (1): K – критичний, HB – небезпечний, C – середній, $H3$ – незначний, M – мізерний</p>				

Таблиця 7

**Остаточні критерії вирішення «трикутника ризиків» ІСАО
за показниками безпеки подій**

Рівні ризиків		Критеріальні оцінки
Неприпустимий	Катастрофічний	$\dot{L}_K < 0,39$
	Небезпечний	$0,39 \leq \dot{L}_{HB} < 0,58$
	Суттєвий	$0,58 \leq \dot{L}_C < 0,77$
Припустимий	Незначний (прийнятний)	$0,77 \leq \dot{L}_{H3} < 0,94$
	Мізерний	$\dot{L}_M \geq 0,94$

Алгоритмізація процесу організації тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів (рис. 9) обґрунтована з огляду на орієнтацію на людський чинник. Вона відповідає інформативним критеріям до такого роду моделей.

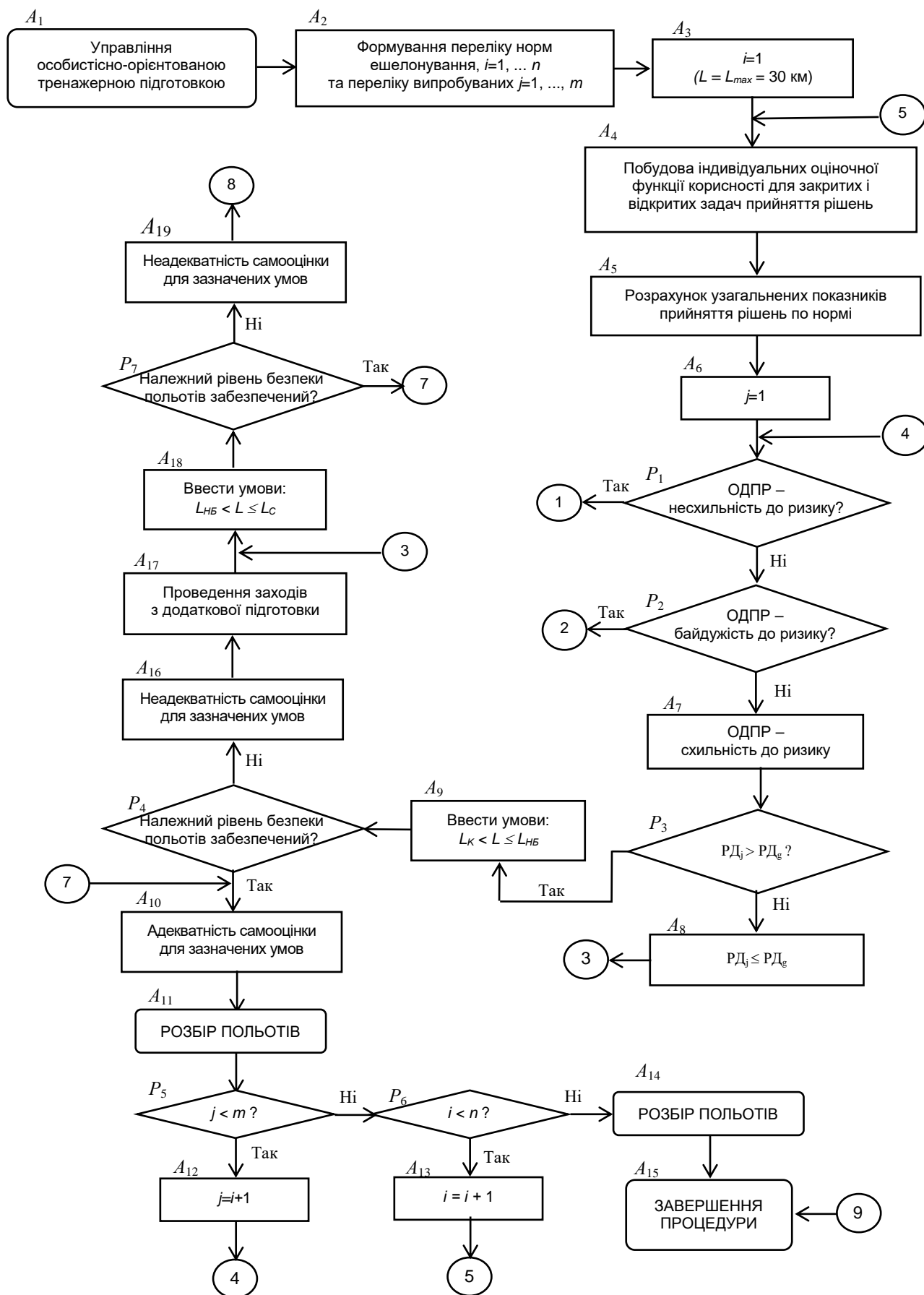


Рис. 9. Алгоритмізація організації орієнтованої на людський чинник тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів (фрагмент)

Алгоритм на рис. 9 базується на введенні в тренувальну вправу експериментально встановлених відстаней між повітряними суднами, що відповідають уявленням студентів-авіадиспетчерів щодо небезпеки порушення НЕПС згідно зі шкалою ІСАО.

Алгоритм також реалізує як основний принцип методики льотного навчання «від простого до складного», так і запропоновану методику об'єктивізації самооцінки в студентів-авіадиспетчерів. Вплив на ефективність його праці додаткових операторських функцій, виконуваних інструктором у процесі реалізації алгоритму на рис. 9, перевірено ергономічними методами алгоритмічного аналізу професійної діяльності осіб операторського профілю.

Встановлено, що нормований показник стереотипності дій «середнього» інструктора тренажера дорівнює величині:

$$Z_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{n_0} \frac{m_{0i}^2}{m_i} = 0,77,$$

де $N=42$ – загальна кількість членів алгоритму, поданого на рис. 9; n_0 – кількість підгруп що починаються з елементарного оператора; m_{0i} – кількість елементарних операторів у i -тій групі, яка починає формуватися саме з елементарного оператора; m_i – загальна кількість операторів і логічних умов в i -тій підгрупі.

Критеріальна вимога становить $0,25 \leq Z_n \leq 0,85$. Таким чином, отримане значення показника стереотипності задовольняє їй, що робить алгоритм на рис. 9 прийнятним. Водночас нормований показник логічної складності дій дорівнює величині:

$$L_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{n_{log}} \frac{m_{log j}^2}{m_j} = 0,35,$$

де n_{log} – загальна кількість підгруп алгоритму на рис. 9, що починаються з логічної умови; $m_{log j}$ – кількість логічних умов в j -тій підгрупі, m_j – загальна кількість операторів і логічних умов алгоритму у j -тій підгрупі.

Критеріальна вимога становить $L_i \leq 0,20$. Отже, отримане значення $L_n=0,35$ в 1,75 раза перевищує нормативні, встановлені для «звичайної» людини-оператора: $L_n \leq 0,2$, що обґрунтовує нагальну потребу, з одного боку, розроблення інтелектуального модуля системи підтримки ПР інструктором, що має значно полегшити його працю, а, з іншого – залучення на поточному етапі тренажерної підготовки ДОПР до реалізації алгоритму на рис. 9 лише досвідчених інструкторів.

Для потреб формування в студентів-авіадиспетчерів професійних знань, умінь і навичок щодо безпосереднього управління повітряним рухом під час порушень НЕПС, знайшов подальший розвиток алгоритм ПР (рис. 10), який розробили І. Дженіс і Л. Ман для врахування в самоаналізі ризику безконфліктної інертності та зміни, захисного уникання та надзвичайної тривожності.

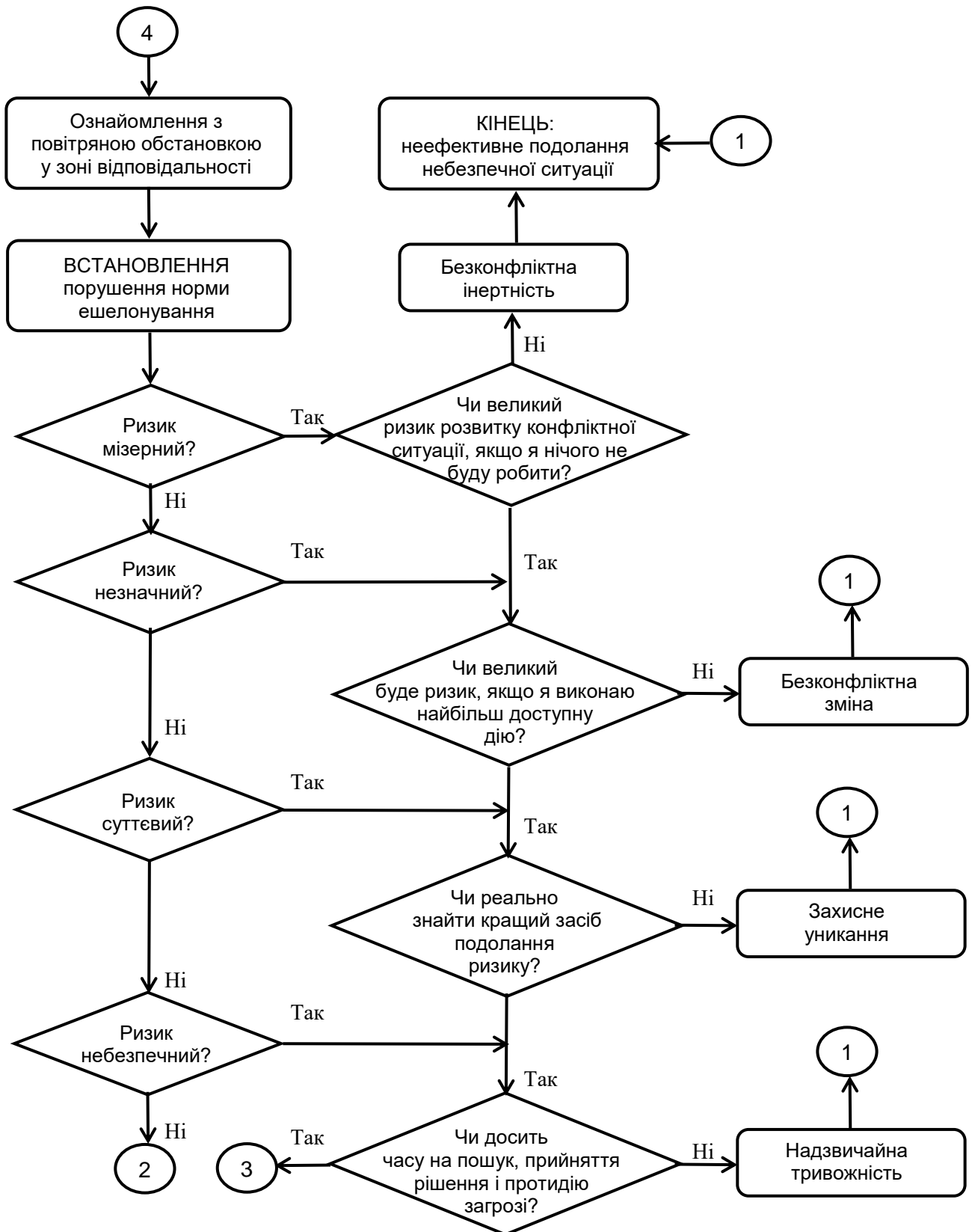


Рис. 10. Покрокова схема прийняття рішень і самоаналізу студентів-авіадиспетчерів (фрагмент)

З огляду на уявлення професійної діяльності ДОПР як безперервний ланцюг рішень, розглянуто схему кроків і питань, що дають їм змогу

здійснювати безперервний самоаналіз власних дій у процесі ПР.

Варто зазначити, що студенти-авіадиспетчери, здійснюючи вибір, мають виявити всі свої здібності, знання, уміння та професійні навички, збираючи й оцінюючи інформацію щодо порушення НЕПС у зоні відповідальності. Вважаємо, що рішення буде ефективним, якщо воно відповідає всім критеріям якості, спеціально розробленим для оцінювання ефективності операторської діяльності, які адаптовані для потреб професійної підготовки студентів-авіадиспетчерів.

ВИСНОВКИ

1. З проведених теоретично-аналітичних досліджень прояву людського чинника в авіаційних системах впливає, з одного боку, його сталий упродовж десятиліть вплив на безпеку польотів, що формулює завдання нагальної системної оптимізації діяльності авіаційних операторів «переднього краю», зокрема диспетчерів обслуговування повітряного руху, особливо під час прийняття рішень, які зараховані ІКАО до кваліфікаційних вимог для зазначеної категорії авіаційних фахівців. З іншого боку, йдеться про розбіжності між сучасним станом літакобудування, готовністю користувачів повітряних перевезень оплачувати належний рівень безпеки польотів і сучасними цивілізаційними уявленнями суспільства щодо цінності людського життя. Відповідні рекомендації ІКАО мають загальні упущення: авіаційних операторів зазвичай вважають ідеальними виконавцями професійних обов'язків; рекомендації з вирішення «трикутника ризиків» є абстрактними та незрозумілими у фізичному сенсі; питання проактивної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника є недостатньо висвітленими, що певним чином обмежує ефективність профілактичних заходів з управління безпекою польотів.

2. З урахуванням притаманного авіаційним операторам «переднього краю» розуміння небезпеки, визначено провідну роль показників ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов під час прийняття рішень і впливу цього ставлення на взаємодію інших складових концепції безпеки польотів ІКАО. Встановлено, що до зазначених показників потрібно зарахувати такі характеристики прояву людського чинника під час прийняття рішень в аеронавігаційних системах, як основні домінанти прийняття рішень, рівні домагань і нечіткі оцінки ризику, що й визначило напрям подальших досліджень.

3. З огляду на принципи системного аналізу, критерії цілеспрямованості та раціональності систем вироблення рішень, класифікаційні ознаки задач прийняття рішень, здійснено обґрунтування ергономічних основ системно-інформаційної кваліметрії людського чинника з урахуванням особливостей професійної діяльності диспетчерів обслуговування повітряного руху і робочого середовища прийняття ними рішень в аеронавігаційній системі.

4. Здійснено теоретично-методологічне забезпечення кваліметрії

людського чинника під час прийняття рішень диспетчером обслуговування повітряного руху в умовах ризику порушення норм ешелонування.

5. Обґрунтовано стохастичну кваліметричну методологію виявлення закономірностей прояву людського чинника в процесі вирішення студентами-авіадиспетчерами закритих (виявлення основних домінант) і відкритих (виявлення рівнів домагань) задач прийняття рішень за умов порушення норм ешелонування повітряних суден під час обслуговування повітряного руху.

6. З урахуванням пропозиції ІКАО щодо лінгвістичних показників рівнів небезпек, здійснено обґрунтування та розроблення нестохастичних моделей прийняття рішень для кваліметрії загроз безпеці польотів за умов порушення норм ешелонування повітряних суден.

7. Удосконалено процедуру аналізу оціночних функцій корисності-безпеки умов і характеристик професійної діяльності авіадиспетчерів шляхом застосування інтегрального підходу, що охоплює всі характерні точки, за якими будується оціночна функція.

8. Експериментально виявлено закономірності прояву основної домінанти прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами під час розв'язання закритих задач прийняття рішень в умовах порушень норм ешелонування повітряних суден, установлених для горизонтальної площини організації повітряного простору. Встановлено провідну роль домінанти «несхильність до ризику», яка має обернений характер відповідно до результатів, отриманих для професійних авіадиспетчерів. Виявлено, що незалежно від умов організації обслуговування повітряного руху, випробувані однаково ставляться до небезпек порушень повздовжніх і бічних інтервалів ешелонування.

9. Виявлено закономірності прояву рівнів домагань під час розв'язання студентами-авіадиспетчерами відкритих задач прийняття рішень в умовах порушень норм ешелонування повітряних суден. На полігонах частот рівнів домагань визначені локальний і глобальний максимуми. Нормований усереднений показник рівня домагань становить величину 0,85 від норми ешелонування, показник, що характеризує перехід від негативного сприйняття відстані між літаками до позитивного – становить величину 0,65 від норми, а показник вкрай негативного ставлення до відстані між повітряними судами – 0,46 від норми. Спостерігається обернена тенденція, що полягає в збільшенні відносного показника рівня домагань по мірі зменшення відстані між повітряними судами.

10. Визначено, що незалежно від специфіки організації повітряного руху, є нерозрізненними кількісні показники основних домінант прийняття рішень і рівнів домагань для норм ешелонування однакової довжини.

11. Встановлено, що на відміну від професійних авіадиспетчерів, рівні домагань студентів еквівалентні показникам детермінованих еквівалентів лотерей із корисністю 0,75. Виявлено обернений вплив основної домінанти прийняття рішень на рівень домагань: чим більш ризиковану поведінку демонструють студенти-авіадиспетчери, тим вища їх самооцінка і, відповідно, нижчий кількісний показник рівня домагань, тобто відстані між повітряними судами, яку вони вважають достатньою для розв'язання потенційно-

конфліктної ситуації.

12. Проведено кваліметрию закономірностей нечіткого ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпек порушень норм ешелонування. Виявлено високий рівень збігу показників нормованого критерію катастрофічної небезпеки з показником найгіршої характерної точки оціночної функції корисності, побудованої для відкритої задачі прийняття рішень.

13. Встановлено чітку та нечітку ентропійну міру уявлення студентами-авіадиспетчерами небезпеки порушень норм ешелонування повітряних суден. Виявлено тенденцію до зменшення ентропії (більш чіткого уявлення рівнів небезпек порушень норм ешелонування) по мірі збільшення привабливості характерних точок відповідних оціночних функцій корисності.

14. Обґрунтовано мультиплікативний підхід до розв'язання багатокритеріальної задачі прийняття рішень і експериментально визначено інтегральну (цілісну) оцінку ставлення студентів-авіадиспетчерів до ризику порушень норм ешелонування повітряних суден, у якій ураховуються нормовані показники характеристик основних домінант прийняття рішень, рівнів домагань та характерні точки переходу суттєвого рівня небезпеки в незначний, встановленої з нечітких моделей прийняття рішень. Значення нормованого показника для всього спектра досліджуваних норм ешелонування дорівнює величині 0,72.

15. Розроблено методологію застосування результатів досліджень для розв'язання «трикутника ризиків» ІСАО за показниками небезпечності подій, спираючись на фізично вимірювані показники та характеристики ставлення студентів-авіадиспетчерів до рівнів небезпек порушень норм ешелонування.

16. Розроблено рекомендації щодо алгоритмізації орієнтованої на людський чинник тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів, прийнятність яких для інструктора тренажера перевірена за показниками стереотипності та логічної складності дій. Встановлено, що логічна складність дій в 1,75 раза перевищує нормативне значення.

17. Показники п'яти рівнів ризику застосовано для вдосконалення алгоритму самоаналізу ризиків, запропонованого американськими вченими І. Дженісом і Л. Манном.

18. Достовірність поданих наукових результатів забезпечено: обсягом вибірки випробуваних, наближеної до генеральної сукупності; відповідністю застосовуваних методів задачам досліджень; строгістю застосованого математичного апарату та його адекватністю завданням досліджень; близькістю результатів експериментів, отриманих за допомогою різних методів; можливістю відтворення експерименту на іншій вибірці студентів-авіадиспетчерів і підтвердження відповідних тенденцій прояву людського чинника; результатами застосування статистичних процедур перевірки гіпотез.

19. Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний та навчально-науковий процеси Національного авіаційного університету; структурних підрозділів ДП ОПР України «Украерорух»; ДДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»; Харківського національного університету Повітряних сил імені Івана Кожедуба;

Кіровоградського національного технічного університету; Державного університету телекомунікацій; Кременчуцького льотного коледжу; Товариства «Авіакомпанія “Українські вертольоти”»; «ТОВ Білоцерківський аероклуб «ПЛЛОТ»»; Льотної школи «Кондор».

20. Подальші дослідження закономірностей прояву людського чинника в аеронавігаційних системах доцільно здійснювати за такими напрямками:

- застосування методів нечіткої математики, зокрема нечітких лотерей, для виявлення ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до ризику, а також нечітких оцінок рівнів домагань;
- побудова інтелектуального модуля системи підтримки прийняття рішень інструктором тренажера.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Монографії:

1. Borsuk S. P. Adaptation of trainers: Monograph / S. P. Borsuk. – Kyiv: NAU, 2012. – 128 p.

Статті у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

2. Борсук С. П. Многомерные таблицы для регистрации успеваемости на тренажёрах / С. П. Борсук // Електроніка та системи управління. – Київ: «Освіта Україні», 2012. – № 1 (31). – С. 155–159.

3. Борсук С. П. Регистрация «плавающей» успеваемости операторов при помощи таблиц принадлежности / С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 10 (97). – С.187–191 (EIBRARY.RU; CiteFactor; Academic Keys; Infobase Index; WordCat; Google Scholar).

4. Борсук С. П. Свойства модификаторов составных термов лингвистических переменных / С. П. Борсук // Електроніка та системи управління. – Київ: «Освіта Україні», 2012. – № 3 (33). – С. 152–157.

5. Борсук С. П. Випадкова складова показника нестационарного стохастичного процесу професійної підготовки авіаційного оператора / С. П. Борсук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: ХДМА, 2013. – № 2 (9). – С. 249–257. (eLibrary.ru)

6. Борсук С. П. Нечітка модель ставлення авіадиспетчера до ризику настання потенційно-конфліктної ситуації / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – № 10 (107). – С. 214–221 (eLibrary.ru; Index Copernicus; Google Shcolar).

7. Борсук С. П. Складові стохастичних показників навченості для

чотирьох режимів роботи авіаційного оператора / С. П. Борсук // Штучний інтелектур. – Донецьк: ППШІ «Наука і освіта», 2013. – № 2 (60). – С. 100–108. (Google Scholar)

8. Борсук С. П. Стохастична модель виявлення моменту припинення тренувань авіаційних операторів / С. П. Борсук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: ХДМА, 2013. – № 1 (8). – С. 208–215 (eLibrary.ru).

9. Borsuk S. P. Simulator as teaching system / S. P. Borsuk // Електроніка та системи управління. – Київ: «Освіта Україні», 2013. – № 1 (35). – С. 136–141.

10. Борсук С. П. Визначення граничних рівнів ризику під час порушення норми ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – № 9 (116). – С. 151–156 (eLibrary.ru; Index Copernicus; Google Scholar).

11. Борсук С. П. Визначення основної домінанти поведінки студентів диспетчерів в умовах порушення норм ешелонування / С. П. Борсук // Наукоємні технології: науковий журнал. – Київ: НАУ, 2015. – № 3 (27). – С. 261–265. (IndexCopernicus, Ulrich's Periodicals Directory, eLibrary.ru)

12. Борсук С. П. Вплив специфіки застосування норми ешелонування на особливості прояву рівнів домагань авіадиспетчерів / О. М. Рева, С. П. Борсук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: ХДМА, 2015. – № 1 (12). – С. 281–289 (eLibrary.ru).

13. Борсук С. П. Інформаційне забезпечення інтелектуального модуля підтримки рішень інструктора диспетчерського тренажера за людським чинником / С. П. Борсук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Київ: «Техніка», 2015. – № 17(93). – С. 55–62 (Index Copernicus International; Ulrich's Periodicals Directory; Electronic Journals Library; eLibrary.ru).

14. Борсук С. П. Пілотний аналіз рівнів домагань авіадиспетчерів на спектрі горизонтальних норм ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – № 9 (126). – С. 153–160 (eLIBRARY.RU (РФ); Index Copernicus; Google Scholar).

15. Борсук С. П. Аналіз прийнятності мір центральної тенденції для оцінювання успішності авіаційного оператора / С. П. Борсук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков: ЧП «Технологический центр», 2015. – № 1/3 (73). – С. 49–52. (CrossRef, IndexCopernicus, American Chemical Society, РИНЦ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, BASE,ResearchBib, CiteFactor).

16. Борсук С. П. Інтегративна оцінка ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпеки порушення норм ешелонування / О. М. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мірзоев // Наукоємні технології: науковий журнал. – Київ: НАУ,

2016. – № 1 (29). – С. 96–101. (IndexCopernicus, Ulrich's Periodicals Directory, eLibrary.ru).

17. Borsuk S. P. Appliance of area under air traffic controller estimate function for main decision taking dominant determination / O. M. Reva, S. P. Borsuk // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2016. – № 7 (134). – С. 157–163 (EIBRARY.RU; CiteFactor; Academic Keys; Infobase Index; WordCat; Google Scholar).

18. Borsuk S. P. Control system algorithms for groups of UAVs / S. P. Borsuk, I. O. Tretyakov // *Електроніка та системи управління*. – Київ : «Освіта Україні», 2016. – № 2 (48). – С. 58–62.

19. Рева О. М. Ергономічне оцінювання ступеня прийнятності для користувача-інструктора алгоритму особистісно-орієнтованої підготовки студентів-авіадиспетчерів / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. О. Липчанський // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Харків : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2017. – № 9 (144). – С. 119–130 (EIBRARY.RU; CiteFactor; Academic Keys; Infobase Index; WordCat; Google Scholar).

20. Рева О. М. Системно-інформативна алгоритмізація процедури аналізу і оцінювання авіадиспетчерами небезпек порушень норм ешелонування / О.М. Рева, С.П. Борсук // *Наукоємні технології: науковий журнал*. – Київ: НАУ, 2017. – №3 (35). – С. 226–232.

21. Борсук С. П. Проактивне визначення впливу досвіду управління повітряним рухом на ставлення до ризику / О. М. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, П. Ш. Мухтаров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2018. – № 5 (149). – С. 80–87.

Статті у виданнях іноземних держав:

22. Борсук С. П. Сплайн-модель формирования профессиональных навыков у авиационных операторов / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, В. В. Камышин // *Elmi məsələlər : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*. – Bakı, yanvar–mart 2013. – № 1 (15). – С. 89–97. (Фахове видання ВАК Азербайджана)

23. Borsuk S. Multiplication of Air Accidents Frequency and Hazard Desirability Coefficients for ICAO Safety Risk Tolerability Matrix Solution / O. Reva, S. Borsuk, V. Kharchenko // *Logistics and Transport*. – Wroclaw: IULT, 2015. – No 1 (25). – PP. 63–69 (Baz Tech; Index Copernicus).

24. Борсук С. П. Мультипликативный подход к интегральной оценке уровня профессиональной подготовки авиационных операторов / А. Н. Рева, В. А. Шульгин, С. П. Борсук [и др.] // *Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*. – Bakı, iyul-sentyabr 2014. – № 3 (16). – С. 42–53 (Фахове видання ВАК Азербайджана).

25. Борсук С. П. Уточненная аналитическая модель описания проблемной ситуации в аэронавигационных системах / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, П. Ш. Мухтаров // *Elmi məcmuələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasının*. – Bakı, iyul-sentyabr 2015. – № 3 (17). – С. 24–31 (Фахове видання ВАК Азербайджана).

26. Борсук С. П. Оценка уровня притязаний студентов авиадиспетчеров при нарушении норм эшелонирования в 12 километров / С. П. Борсук // *Международный научный институт «Educatio»*. Ежемесячный научный журнал. – Новосибирск: «Educatio», 2015. – № 3 (10). – С. 168–171 (РИНЦ).

27. Borsuk S. P. Measurement of Air Traffic Control Students Proportion Depending on Their Attitude to Risk at 10-km Flight Norms Violation / S. P. Borsuk // *Mechanical Engineering, Industrial Materials and Industrial Technologies. Applied Mechanics and Materials*. – London: Trans Tech Publications, 2015. – Vol. 763. – PP. 146–149.

28. Borsuk S. New methods for air traffic controller main solution taking dominant determination concerning their attitude to risk / S. Borsuk // *Logistics and Transport*. – Wrocław: IULT, 2017. – № 1 (33). – PP. 25–29 (Baz Tech; Index Copernicus).

Статті у фахових виданнях:

29. Борсук С. П. Системно-організаційні характеристики процесів тренажерної підготовки авіадиспетчерів / С. П. Борсук // *Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. Сер. Технічні науки та архітектура*. – Харків: ХНАМГ, 2013. – Вип. 107. – С. 467–484.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

Міжнародні наукові заходи:

30. Borsuk S. P. Simulator as teaching system / S. P. Borsuk // *2-nd International Conference «Methods and Systems of Navigation and Motion Control»*. Proceedings – Kyiv, 9–12 October 2012, – К. : Освіта України, 2012. – С. 49–52. (очна)

31. Borsuk S. P. The pertinent tables in the automated training system / S. P. Borsuk, V. O. Paslay // *Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту : м-ли Міжнар. наук. конф.* – Євпаторія, 27–30 травня 2012 г., – Херсон : ХНТУ, 2012. – С. 7. (заочна)

32. Борсук С. П. Регистрация «плавающей» успеваемости операторов при помощи таблиц принадлежности / С. П. Борсук // *XVII Міжнародний конгрес двигунобудівників: тези допов.*, – Рыбачье, АР Крым, 14–19 сентября 2012 г. – Харків: Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – С. 124. (заочна)

33. Борсук С. П. Навчальні властивості сучасних тренажерних комплексів для підготовки авіаційних диспетчерів / С. П. Борсук, С. І. Корж // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013)* :

зб. м-лів V Міжнар. наук.-практ. конф. у 2-х т. – Херсон, 28–30 травня 2013 р. – Херсон. Херсонська державна морська академія, 2013. – Т. 2., С. 6–10. (заочна)

34. Борсук С. П. Нечеткая модель отношения авиадиспетчера к риску наступления потенциально-конфликтной ситуации / О. М. Рева, С. П. Борсук // XVIII Міжнар. конгрес двігунобудівників : тези допов. – с. м. т. Рибаче, АР Крим, 14–19 вересня 2013 р. – Харків : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – С. 130. (заочна)

35. Борсук С. П. Стохастична модель виявлення моменту припинення тренувань / О. М. Рева, С. П. Борсук // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: м-ли Міжнар. наук. конф. – Євпаторія, 20–24 травня 2013 г., – Херсон : ХНТУ, 2013. – С. 262–264. (заочна)

36. Борсук С. П. Урахування людського чинника у проактивному розв'язанні «трикутника ризиків» ІКАО / О. М. Рева, С. П. Борсук // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2014) : зб. м-лів VI Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 27–29 травня 2014 р., – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2014. – С. 82–85. (заочна)

37. Борсук С. П. Нечеткая оценка риска нестыковки блоков «человек - процедуры» модели SHELL ИКАО / О. М. Рева, С. П. Борсук // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта : м-ли Междунар. наук. конф., Посвященной памяти профессора Рогальского Ф.Б. – с. Железный Порт Херсонской обл., 28–31 мая 2014 р. – Херсон : ХНТУ, 2014. – С. 153–155. (заочна)

38. Борсук С. П. Визначення граничних рівнів ризику під час порушення норми ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін // XIX міжнародний конгрес двігунобудівників : тези допов. – с.м.т. Коблеве, 14–19 вересня 2014 р. – Харків: Національний аерокосмічний ун-тет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – С. 92. (заочна)

39. Borsuk S. P. ATC risk level estimation of distances between aircraft during flight level rules violations / О. М. Reva, S. P. Borsuk // Proceedings the sixth world congress «Aviation in the XXI-st century» «Safety in Aviation and Space Technologies». – Kyiv. – September 23–25, 2014. – vol 3, P. 9.11–9.13. (очна)

40. Визначення питомої ваги диспетчерів управління повітряним рухом з позицій їх ставлення до ризику / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін, Ш. Ш. Насіров // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : м-ли 5-ї Міжнародної науково-практична конференції – 1–3 жовтня 2014 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія. – С. 411–413. (заочна)

41. Борсук С. П. Рівні домагань студентів-диспетчерів на базі горизонтальної повздовжньої норми ешелонування 30 кілометрів / С. П. Борсук // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. Матеріали 6-ї міжнародної науково-практичної конференції

– 24–25 вересня 2015 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія. – С. 258–259. (заочна)

42. Борсук С. П. Комплексне визначення рівнів домагань студентів-диспетчерів на континуумі норми ешелонування 10 кілометрів / О. М. Рева, С. П. Борсук // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2015): зб. м-лів VII Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 26–28 травня 2015 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2015. – С. 68–71. (заочна)

43. Борсук С. П. Розроблення метода агрегованої оцінки ставлення диспетчерів обслуговування повітряного руху до ризику / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2015) : зб. м-лів VII міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 26–28 травня 2014 р., – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2015. – С. 72–75. (заочна)

44. Борсук С. П. Способи аналізу максимумів оціночної функції корисності при визначенні рівнів домагань студентів-авіадиспетчерів на показниках норми ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, С. П. Борсук // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту : м-ли міжнар. наук. конф., с.м.т. Залізний Порт, 25–28 травня 2015 р., – Херсон : ХНТУ, 2015. – С. 138–140. (заочна)

45. Борсук С. П. Пілотний аналіз рівнів домагань авіадиспетчерів на спектрі горизонтальних норм ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, С. П. Борсук // XX Міжнародний конгрес двигунобудівників : тези допов. – с.м.т. Коблеве, 5–10 вересня 2015 р. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – С. 80. (заочна)

46. Борсук С. П. Рівні домагань студентів – авіаційних диспетчерів при порушенні норми горизонтального ешелонування у 8 кілометрів / С. П. Борсук // Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві - освіта, наука, практика (SLA-2015) : збірка матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції. – м. Херсон, 17–18 вересня 2015 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2015. – С. 70–72. (заочна)

47. Вдосконалення моделі проблемної ситуації у аеронавігаційних системах / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев // Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві - освіта, наука, практика (SLA-2015) : збірка матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції. – м. Херсон, 17–18 вересня 2015 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2015. – С. 155–162. (заочна)

48. Борсук С. П. Вдосконалення процедури аналізу оціночних функцій, побудованих для закритих задач прийняття рішень авіаційними операторами «переднього краю» / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 24–25

вересня 2015 р. – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 291–294. (заочна)

49. Борсук С. П. Порівняння основної домінанти прийняття рішень студентів авіадиспетчерів для різних норм ешелонування повітряних суден / О. М. Рева, С. П. Борсук // Міські і регіональні транспортні проблеми: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 17 - 19 листопада 2015 року – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – С. 37. (заочна)

50. Борсук С. П. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін та ін. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2016) : зб. м-лів VIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 24–26 травня 2016 р., – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2016. – С. 90–97. (заочна)

51. Борсук С. П. Приспособленность площади под оценочной функцией авиационного диспетчера для выявления основной доминанты принятия решений / О. М. Рева, С. П. Борсук // XXI Міжнародний конгрес двигунобудівників : тези допов., – с.м.т. Коблеве, 5–10 вересня 2016 р., – Харків: Національний аерокосмічний ун-тет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2016. – С. 69. (заочна)

52. Борсук С. П. Формування інформаційного простору ознак системи «Пілот (льотний екіпаж)- повітряне судно - середовище» / О. М. Рева, В. А. Шульгін, С. П. Борсук // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : м-ли 7-ї Міжнародної науково-практичної конференції – Херсон, 22–23 вересня 2016 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія. – С. 136–139. (заочна)

53. Борсук С. П. Стандартні графіки основної домінанти поведінки студентів диспетчерів визначені за методом подвійної лотереї / О. М. Рева, С. П. Борсук // Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві - освіта, наука, практика (SLA-2016) : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., – Херсон, 13–15 вересня 2016 року – Херсон: ХДМА, 2016. – С. 144–148. (заочна)

54. Борсук С. П. Апробація ергономічного підходу до оцінювання ефективності алгоритму особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів / О. М. Рева, С. П. Борсук // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2017) : зб. м-лів IX Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 23–25 травня 2017 р., – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2015. – С. 62–65. (заочна)

55. Борсук С. П. Ергономічне оцінювання ступеня прийнятності для користувача-інструктора алгоритму особистісно-орієнтованої підготовки студентів-авіадиспетчерів / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. О. Липчанський // XXII Міжнародний конгрес двигунобудівників : тези допов., – с.м.т. Коблеве, 4–9 вересня 2017 р. – Харків : Національний аерокосмічний ун-тет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2017. – С. 60. (заочна)

56. Борсук С. П. Методика побудови інтегративної оціночної функції корисності норм ешелонування повітряних суден / О. М. Рева, С. П. Борсук, В.А. Шульгін Ш.Ш. Насіров // Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві: освіта, наука, практика (SLA-2017) : збірка матеріалів IV Міжнародної наук.-практ. конф. – Херсон, 14–16 вересня 2017 р. – Херсон : ХДМА, 2017. – С. 284–288. (заочна)

57. Борсук С. П. Теоретичне обґрунтування системно-інформаційної кваліметрії людського чинника в аеронавігаційних системах / О. М. Рева, С. П. Борсук, Г.М. Селезньов Ш.Ш. Насіров // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 28–29 вересня 2017 р. – Херсон : ХДМА, 2017. – С. 127–132. (заочна)

58. Борсук С. П. Сравнительный анализ основных доминант принятия решений у студентов и профессиональных авиадиспетчеров / А.Н. Рева, С.П. Борсук, Б.М. Мирзоев, П.Ш. Мухтаров // XXIII-й міжнародний конгрес двигунобудівників: Тези доповідей. – с.м.т. Коблево, 4–9 вересня 2018 р. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2018. – С. 73. (заочна)

Закордонні наукові заходи:

59. Borsuk S. P. Fuzzy model of air traffic controller attitude to the risk during decision making / О. М. Reva, S. P. Borsuk // Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014, Kraków, Poland 19–23 July 2014 – PP. 6229 – 6238. (заочна)

60. Borsuk S. P. Air traffic controllers attitude to the aircraft flight level norms violation / О. М. Reva, S. P. Borsuk // 2014 International Conference on Industrial Electronics and Engineering (ICIEE 2014), Hong Kong, 1–2 may 2014. – WIT Transactions on Engineering Sciences, Vol. 93., 2015. – PP. 575–582. (очна)

61. Borsuk S. P. Measurement of air traffic control students proportion depending on their attitude to risk at 10-km flight norms violation / S. P. Borsuk // 2nd International Conference on Intelligent Materials and Measuremen, December 30–31, Koh Samui, Thailand. – 2015. – P. 3. (заочна)

62. Borsuk S. P. Air traffic control students tendencies of desirability levels during flight norms violations / О. М. Reva, S. P. Borsuk // 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015, 26–30 July, Las Vegas, Nevada, USA, Procedia Manufacturing, Vol. 3, 2015, P. 3049–3053. (заочна)

63. Borsuk S. P. Research of air traffic control students proportion concerning their attitude to risk / О. М. Reva, S. P. Borsuk // International Conference on Industrial Technology and Management Science (ITMS 2015) – March 27–28, 2015 Tianjin, China. – Atlantis Press, Computer Science Research. – volume 34. – PP. 1631–1634. (заочна)

64. Borsuk S. P. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation / О. М.

Reva, S. P. Borsuk, M. M. Bala, M. S. Peyman // *Advances in Human Aspects of Transportation Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27–31, 2016, Walt Disney World, Florida, USA.* – P. 137–147. (заочна)

Вітчизняні наукові заходи:

65. Борсук С. П. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО / А. Н. Рева, С. П. Борсук, В. И. Вдовиченко [и др.] // *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : Матеріали 4-ї всеукр. наук.-практ. конф.* – Херсон, 9–11 жовтня 2013 р. – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 334–338. (заочна)

66. Борсук С. П. Комплексний підхід у визначенні особистісних властивостей диспетчерів керування повітряним рухом / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Безпека праці: освіта, наука, практика : збірник м-лів Всеукраїнської науково-практичної конференції* – Харків, 20 листопада 2014 р. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2014. – С. 70. (заочна)

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

67. Борсук С. П. Комп'ютерна програма «Програмне забезпечення для системи контролю знань з віддаленим завантаженням контрольних завдань» / С. П. Борсук, О. Г. Яременко: Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 43525 від 28.04.2012.

68. Борсук С. П. Нечітка ентропія розрізнення студентами авіаційними диспетчерами рівня ризику під час порушення норм горизонтального ешелонування / С. П. Борсук // *Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр.* – Київ: НАУ, 2015. – Вип. 3 (51). – С. 14–18.

69. Рева А. Н. Решение треугольника риска ИКАО для нормы воздушного эшелонирования в 12 км / А. Н. Рева, С. П. Борсук // *Сборник трудов общества независимых исследователей авиационных происшествий.* – Вып. 27. – Москва, 2015. – С. 367–370.

70. Borsuk S. P. Corrected algorithms for pilots testing system based on education process limitations / S. P. Borsuk, A. V. Kusyk // *Електроніка та системи управління.* – Київ : «Освіта Україні», 2016. – № 2 (48). – с. 58–62.

71. Рева О. М. Сучасні проблеми людського чинника в авіації : навчальний посібник / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін. – Київ. : УкрІНТЕІ, 2018. – 124 с.

АНОТАЦІЯ

Борсук С.П. Ергономічні основи проактивної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника в аеронавігаційних системах. – Рукопис.

Дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.04 – ергономіка. – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, 2019.

Дисертаційна робота присвячена розробленню теоретичних основ і практичних методів ергономічної проактивної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника під час прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами в аеронавігаційних системах.

Обґрунтована взаємодія складових концепції безпеки польотів ІСАО з позицій ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов. Розглядаючи професійну діяльність авіадиспетчерів як безперервний ланцюг рішень, визначені показники, які найкращим чином характеризують ці рішення з позицій прояву людського чинника: основні домінанти прийняття рішень, рівні домагань, як системоутворюючі чинники особистості авіадиспетчерів, що найкращим чином характеризують адекватність їх самооцінки та нечіткі оцінки ризику, що мають проактивний характер. Розроблено теоретичне обґрунтування і емпірично досліджено закономірності прояву зазначених показників прийняття рішень в студентів-авіадиспетчерів під час гіпотетичних порушень норм ешелонування повітряних суден. Розроблені рекомендації щодо отримання інтегративної мультиплікативної оцінки ставлення до небезпек, а також вирішення «трикутника ризиків» ІСАО, спираючись на фізично вимірювані показники професійної діяльності авіадиспетчерів. Запропоновані алгоритми орієнтованої на людський чинник тренажерної підготовки, а також поглибленого самоаналізу небезпек, що можуть виникнути в професійній діяльності авіадиспетчерів.

Ключові слова: аеронавігаційні системи, безпека польотів, людський чинник, студенти-авіадиспетчери, ставлення до небезпек, порушення норм ешелонування повітряних суден, кваліметрія, основні домінанти прийняття рішень, рівні домагань, нечіткі оцінки ризику.

АННОТАЦИЯ

Борсук С.П. Эргономические основы проактивной квалиметрии закономерностей проявления человеческого фактора в аэронавигационных системах. – Рукопись.

Диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.01.04 – эргономика. – Харьковский национальный университет городского хозяйства имени О. М. Бекетова, Харьков, 2019.

Диссертационная работа посвящена разработке теоретических основ и

практических методов эргономичной проактивной квалиметрии закономерностей проявления человеческого фактора во время принятия решений студентами-авиадиспетчерами в аэронавигационных системах.

Обосновано взаимодействие составляющих концепции безопасности полетов ИКАО с позиций отношения авиационного персонала к опасным действиям или условиям. Рассматривая профессиональную деятельность авиадиспетчеров как непрерывную цепь решений, определены показатели, наилучшим образом характеризующие эти решения с позиций проявления человеческого фактора: основные доминанты принятия решений, уровни притязаний, как системообразующие факторы личности авиадиспетчеров, наилучшим образом характеризующие адекватность их самооценки и нечеткие оценки риска, которые имеют проактивный характер. Разработано теоретическое обоснование и эмпирически исследованы закономерности проявления указанных показателей принятия решений у студентов-авиадиспетчеров во время гипотетических нарушений норм эшелонирования воздушных судов. Разработаны рекомендации по получению интегративной мультипликативной оценки отношения к опасности, а также решению «треугольника рисков» ИКАО, опираясь на физически измеряемые показатели профессиональной деятельности авиадиспетчеров. Предложены алгоритмы ориентированной на человеческий фактор тренажерной подготовки, а также углубленного самоанализа опасностей, которые могут возникнуть в профессиональной деятельности авиадиспетчеров.

Ключевые слова: аэронавигационные системы, безопасность полетов, человеческий фактор, студенты-авиадиспетчеры, отношение к опасности, нарушение норм эшелонирования воздушных судов, квалиметрия, основные доминанты принятия решений, уровни притязаний, нечеткие оценки риска.

ABSTRACT

Borsuk S.P. Ergonomic basics of human factor expressing pattern proactive qualimetry in aeronautical systems. – The manuscript.

Doctor of technical engineering thesis in ergonomics 05.01.04. – O. M. Beketov national university of urban economy in Kharkiv, 2019.

The thesis is devoted to the solution of an urgent scientific problem — the development of theoretical foundations and practical methods of proactive ergonomic qualimetry of the human factor expression during the decision-making process by students-air traffic controllers in aeronautical systems.

Modern problems of the human factor influence on flight safety are determined. Taking into account the understanding of hazard by air traffic controllers, the major part of indexes of their attitude to hazardous actions or circumstances during decision-making was determined. The interaction of such an attitude with the components of the ICAO flight safety concept was also examined.

Based on the principles of system analysis, criteria for determination and rationality of decision-making systems and their classification signs, the theoretical foundation and structure of ergatic systematic-information qualimetry of the human factor when adopting any decisions by air traffic control personnel in air navigation systems were developed.

The methodology of the human factor qualimetry during the decision-making process by air traffic controllers at risky circumstances of flight norms violation was rationalized. Taking into account that the desirability level is a principal defining factor of a personality and its self-assessment adequacy, the method of its determination was improved. It was performed for the continuum of flight level norms by solving the task of open decision-making and constructing the functions of usefulness estimation with an unlimited number of key points.

The empiric models of the human factor patterns qualimetry were received. It was performed within the determination of the air traffic control students attitude to flight level norms set by ICAO in case of horizontal plane violation. For the first time, the main dominants of decision-making by the air traffic control students were found with the following ratio of tending, indifferent and non-tending to risk: 3,9 %, 9,8 %, 86,3 %, correspondingly.

The Cooper-Harper scale was adapted with the implementation of “support matrix” to construct the membership function of a linguistic variable “risk level” with smooth slope. The fuzzy union operation was applied to reduce the scale down to the size proposed by ICAO.

The interaction of the ICAO flight safety concept constituent parts with the aviation personnel attitude towards dangerous actions or conditions is grounded. The proactive indexes that characterize the human factor include the principal decision-making dominant factors and desirability levels as principal defining factors of air traffic controllers personality that best describe their self-assessment and fuzzy risk estimates. The mentioned decision-making indexes for air traffic control students during the hypothetical flight norms violation were theoretically grounded, and their patterns were empirically investigated. The recommendations for obtaining an integrative multiplicative assessment of attitudes towards danger, as well as for solving ICAO's “Tolerability matrix” were developed. The algorithms of the human factor-oriented simulator training were proposed as well.

The fuzzy qualimetry models about the attitude of air traffic control students to risk during flight level norms violation in the horizontal plane were constructed and researched for the first time. The results received are proposed to apply during the development and implementation of flight safety maintenance procedures and personally-oriented training education process.

Key words: aeronautical systems, flight safety, human factor, air traffic control students, risk attitude, flight norms violation, qualimetry, main solution taking dominants, desirability levels, fuzzy risk estimates.

БОРСУК Сергій Павлович

**ЕРГОНОМІЧНІ ОСНОВИ ПРОАКТИВНОЇ КВАЛІМЕТРІЇ
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЯВУ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА В
АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

Спеціальність 05.01.04 – ергономіка

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

доктора технічних наук

Відповідальний за випуск Д. П. Понкратов

Підписано до друку 29.03.2019 р.

Формат 60×84^{1/16}. Папір офсетний. Гарнітура Times new Roman.

Друк ксерографічний. Ум. друк. арк. 2,0.

Наклад 120 прим. Зам. № 04-01

Надруковано ТОВ «Видавництво «Форт»

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців

ДК № 333 від 09.02.2001 р.

61023, м. Харків, а/с 10325. Тел. (057)714-09-08