

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ
ТА ІНФОРМАЦІЇ

О. М. Рева, С. П. Борсук, В. В. Камишин,
В. А. Шульгін, В. Д. Пархоменко, В. О. Липчанський

**СИСТЕМНО-ІНФОРМАЦІЙНА МЕТОДОЛОГІЯ
ПРОАКТИВНОЇ КВАЛІМЕТРІЇ ВПЛИВУ
ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
В АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

МОНОГРАФІЯ

Київ

2019

Монографія друкується відповідно до рішення Вченої ради ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (УкрІНТЕІ), протокол № 5 від 22.05.2019 р.

Рецензенти:

Азарсков Валерій Миколайович – завідувач кафедри Аерокосмічних систем управління Національного авіаційного університету, д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки та Премії імені М.К Янгеля НАН України

Буров Юрій Олександрович – провідний науковий співробітник Інституту інформаційних технологій та засобів навчання НАПН України, д-р техн. наук, професор

Машков Олег Альбертович – проректор з наукової роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти, д-р техн. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, Почесний працівник космічної галузі України

Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах : монографія / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, В. Д. Пархоменко, В. О. Липчанський ; за наук. ред. О. М. Реви. – Київ : УкрІНТЕІ, 2019. – 166 с.

ISBN 978-966-479-101-1

Обґрунтовано провідну роль ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов у взаємодії інших складників поточної парадигми безпеки польотів ІСАО. Зазначене «ставлення» характеризується такими показниками прийняття рішень, як основні доміанти, рівні домагань та нечіткі оцінки ризику. Розроблено проактивну методологію визначення перелічених показників через ставлення студентів і професійних авіадиспетчерів до небезпек порушень спектру норм ешелонування повітряних суден, встановлених ІСАО для горизонтальної площини виконання польотів. Обґрунтовані реперні точки, які найкращим чином характеризують кожний показник прийняття рішень, та мультиплікативний підхід до їх агрегації у інтегративний (цілісний) показник ставлення до ризику. Здійснено формалізацію ризику та на 60% розширено відому модель проблемної ситуації, уявлену спеціальним кортежем. Вдосконалено метод визначення так званої надбавки за ризик в процесі аналізу оціночних функцій корисності, що на 17,8% покращило ефективність встановлення основних доміант прийняття рішень. Запропоновано технологію рішення «трикутника ризиків» ІСАО по показнику небезпек подій, які визначаються у добре фізично вимірюваних і уявлюваних відстанях між повітряними судами. Враховуючи особливості ставлення до небезпек професійних авіадиспетчерів, розроблено алгоритм особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів, реалізація якого сприятиме появі синергетичного ефекту через зміну основних доміант прийняття рішень на більш ризиковану та збільшення рівнів домагань. Вдосконалено алгоритм самооцінки ризику Дженіса–Манна.

Монографія адресується науковцям та фахівцям, які займаються проблемами впливу людського чинника на безпеку польотів. Може бути корисною у навчально-виховному процесі авіаційних операторів «переднього краю» (диспетчерів управління повітряним рухом та членів льотного екіпажу).
Рисунків – 95, таблиць – 55, Список використаних джерел – 540 найменувань.

УДК 658.7.084.17(08)

ISBN 978-966-479-101-1

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4	3.4.3. Алгоритми і методика виявлення типу ставлення до ризику як основної домінанти прийняття рішень	73
ВСТУП	5	3.5. Розробка методу встановлення рівня домагань диспетчерів на континуумі норми ешелонування повітряних суден	74
Розділ 1		3.6. Метод побудови й аналізу нечітких кваліметричних моделей прийняття рішень авіадиспетчером під час загроз безпеці польотів	77
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ	7	3.7. Висновки до розділу 3	81
1.1. Фундаментальні концепції ІСАО в галузі людського чинника	7	Розділ 4	
1.2. Модель SHELL як засіб системного виявлення помилкових рішень і небезпек в авіаційних системах	15	КВАЛІМЕТРИЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СТАВЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРІВ ДО РИЗИКУ В УМОВАХ ПОРУШЕННЯ НОРМ ЕШЕЛОНУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН	83
1.3. Моделі ризиків людського чинника	17	4.1. Вдосконалення технології аналізу оціночних функцій корисності, побудованих для закритих задач прийняття рішень	83
1.4. «Трикутник ризиків» ІСАО в управлінні безпекою польотів та шляхи його рішення	23	4.2. Закономірностей прояву основної домінанти прийняття рішень в диспетчерів	91
1.5. Висновки до розділу 1	30	4.3. Визначення закономірностей прояву рівнів домагань на континуумі норм ешелонування	107
Розділ 2		4.4. Виявлення закономірностей нечіткого ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпеки порушення норм ешелонування	114
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ КВАЛІМЕТРИЇ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА В ПРОЦЕСАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	31	4.5. Ентропійні показники ступеня уявлення небезпеки порушень норм ешелонування повітряних суден	117
2.1. Принципи системності у дослідженні авіаційних систем	31	4.6. Висновки до розділу 4	122
2.2. Критерії цілеспрямованості в професійній діяльності та підготовці авіаційних операторів «переднього краю»	35	Розділ 5	
2.3. Класифікаційні ознаки проблемних ситуацій і задач прийняття рішень в діяльності авіаційних операторів	37	РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПОЛЬОТІВ ЗА КВАЛІМЕТРИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА	125
2.4. Системологія невизначеності в процесах функціонування авіаційних систем	41	5.1. Інтегральна оцінка ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпеки порушення норм ешелонування	125
2.5. Обґрунтування системно-інформаційної кваліметриї людського чинника в процесах прийняття рішень	47	5.2. Розробка рекомендацій щодо комплексного вирішення «трикутника ризиків» ІСАО по показниках небезпечності подій	128
2.6. Висновки до розділу 2	57	5.3. Розробка рекомендацій щодо організації особистісно-орієнтованої за людським чинником тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів	129
Розділ 3		5.4. Алгоритмізація процедури самооцінки студентами-авіадиспетчерами ризику прийняття рішень під час порушень норм ешелонування	135
ОБґРУНТУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ КВАЛІМЕТРИЇ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА ПІД ЧАС ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВАДИСПЕТЧЕРОМ В УМОВАХ РИЗИКУ	58	5.5. Висновки до розділу 5	139
3.1. Особливості робочого середовища диспетчера управління повітряним рухом	58	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	141
3.2. Ієрархічна модель прийняття рішень авіадиспетчером	61	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	143
3.3. Формалізація ризику і проблемних ситуацій в аеронавігаційних системах	65		
3.4. Розробка методу виявлення основної домінанти прийняття рішень авіадиспетчером в умовах ризику	69		
3.4.1. Формування задачі прийняття рішень в умовах ризику	69		
3.4.2. Розробка методики побудови і аналізу оціночних функцій корисності з позицій основної домінанти прийняття рішень	70		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АГ	– авіагоризонт	РЛС	– радіолокаційна станція
АНС	– аеронавігаційна система	РМ	– робоче місце
АО	– авіаційний оператор	РН	– рівень небезпеки
АП	– авіаційна подія	РТЗ	– радіотехнічний засіб
АС	– автоматизована система	РЧ	– рівень частоти (небажаної події)
АТ	– авіаційна техніка	СА	– системний аналіз
АТС	– авіаційна транспортна система	САД	– студент-авіадиспетчер
БКР	– бажаний кінцевий результат	СІ	– серйозний інцидент
БП	– безпека польотів	СЛТС	– система «людина – техніка – середовище»
ВУ	– важіль управління	СО	– самооцінка
ВПС	– військово-повітряні сили	СП	– система переваг
ГОФК	– групова оціночна функція корисності	СППР	– система підтримки прийняття рішень
ДЕЛ	– детермінований еквівалент лотереї	СПЦОАСУ	– складна полієргатична цілеспрямована, організаційна і активна система управління
ДОПР	– диспетчер обслуговування повітряного руху	СУБП	– система управління безпекою польотів
ДЗ	– диспетчерська зміна	США	– Сполучені Штати Америки
ДП	– диспетчерський пункт	ТЗ	– технічний засіб
ЕОМ	– електронна обчислювальна машина	ТЗН	– технічний засіб навчання
ЕП	– експертна процедура	ТМ	– терм-множина
ЗВІ	– засоби відображення інформації	ТОіР	– технічне обслуговування і ремонт
ЗП	– захід на посадку	ТП	– тренажерна підготовка
ЗПР	– задача прийняття рішень	УБП	– управління безпекою польотів
ЗПС	– злітно-посадочна смуга	УПР	– управління повітряним рухом
ЗУПН	– знання, уміння, професійні навички	ФБХ	– функція бажаності Харрінгтона
ЮФК	– індивідуальна оціночна функція корисності	ФС	– функціональна система
КБ	– коефіцієнт бажаності	ЦА	– цивільна авіація
КЛЕ	– Керівництво з льотної експлуатації	ЧЛЕ	– член льотного екіпажу
КП	– керівник польотів	ШБХ	– шкала бажаності Харрінгтона
КУБП	– Керівництво з управління безпекою польотів	ШІ	– штучний інтелект
ЛА НАУ	– Льотна академія Національного авіаційного університету	ACC	– Area Control Center
ЛЕ	– льотна експлуатація	AIP	– Aeronautical Information Publication
ЛЕПС	– льотна експлуатація повітряних суден	AIS	– Aeronautical Information Service
ЛЗ	– лінгвістична змінна	APP	– Approach Control
Л-О	– людина-оператор	СТА	– Control Area
ЛПР	– людина, яка приймає рішення	СТР	– Control Zone
ЛТХ	– льотно-технічна характеристика	CRM	– Crew Resources Management
ЛЧ	– людський чинник	EATCHIPE	– European Air Traffic Control Harmonization Implementation Project
МЛН	– методика льотного навчання	ERAU	– Embry-Riddle Aeronautical University
МР	– матриця ризиків	FAA	– Federal Aviation Administration
МРП	– метод розстановки пріоритетів	FSF	– Flight Safety Foundation (Всесвітній фонд безпеки польотів)
МСА	– методи системного аналізу	GHMI	– Ground Human Machine Interface
МТБ	– матеріально-технічна база	IATA	– International Air Transport Association
НАУ	– Національний авіаційний університет	ICAO	– International Civil Aviation Organization
НВП	– навчально-виховний процес	JEPPESEN	– американська компанія – світовий лідер на ринку надання аеронавігаційної інформації, а також послуги з планування польотів і освітніх послуг у сфері авіації
НД	– небезпечна дія	LOFT	– Line Oriented Flight Training
НЕПС	– норма ешелонування повітряних суден	MRM	– Maintenance Resource Management
НМ	– нечітка множина	NOTAM	– Notice for Air Man
НР	– надбавка за ризик	NASA	– National Aeronautics and Space Administration
НТП	– науково-технічний прогрес	NTSB	– National Transportation Safety Board
НЧ	– небезпечний чинник	RVSM	– скорочений мінімум вертикального ешелонування
ОВП	– особливий випадок польоту	SHEL	– Software – Hardware – Environment – Liveware
ОДПР	– основна домінанта прийняття рішень	SOP's	– Standart Operational Procedures
ОПР	– обслуговування повітряного руху	TCAS	– Traffic alert and Collision Avoidance System
ОФК	– оціночна функція корисності	TMA	– Terminal Control Area
ПЕОМ	– персональна електронно-обчислювальна машина	TRM	– Team Resours Managemen
ПКС	– потенційно-конфліктна ситуація		
ПП	– професійна підготовка		
ППВ	– професійно-психологічний відбір		
ПР	– прийняття рішення		
ПС	– повітряне судно		
ПСА	– принцип системного аналізу		
РД	– рівень домагань		

ВСТУП

Порівняльна статистика показує, що цивільна авіація (ЦА) є найбезпечнішим видом транспорту, що є наслідком послідовної політики ICAO (International Civil Aviation Organization), авіаційних адміністрацій та провідних авіакомпаній світу в напрямку практичної реалізації відповідної концепції забезпечення належного рівня безпеки польотів (БП). Разом з тим, в статистиці авіаційних подій (АП) і серйозних інцидентів (СІ) вже тривалий час основною їх першопрчиною визначається людський чинник (ЛЧ). І хоча на теперішній час рівень БП у світовій ЦА незрівнянно вище, ніж він був, скажімо, кілька десятків років тому, роль ЛЧ не змінилася і складає абсолютну більшість АП і СІ, що відбулись. Таким чином, дослідження проблем ЛЧ у ЦА є незвичайно актуальною науковою і практичною проблемою, що вимагає нагального вирішення.

Людський чинник, в свою чергу, здебільшого проявляється під час взаємодії елементів складної поліергатичної цілеспрямованої, організаційної і активної системи управління (СПЦОАСУ) «льотний екіпаж – повітряне судно (ПС) – середовище – орган обслуговування повітряного руху (ОПР)». Причому зазначена система є ще й гуманістичною, оскільки за визначенням одного з фундаторів нечіткої математики Лотфі Заде (Lotfi Askar Zadeh), «гуманістичні – це такі системи, на поведінку яких великий вплив здійснюють судження, сприйняття або емоції людини: економічні системи, правові системи, загальноосвітні системи тощо. Сама людина (індивід) та процеси її мислення також можуть розглядатись як гуманістичні системи». Отже, гуманістичні системи – це будь-які системи, у складі яких є людина. Залежно від цілей, яких прагне досягти людина в гуманістичній системі, може бути виділена деяка множина класів гуманістичних систем. Зокрема, авіаційна гуманістична ерготична система – це така, де мета діяльності, насамперед, авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (членів льотного екіпажу (ЧЛЕ), диспетчерів ОПР (ДОПР)), колективу / групи операторів (диспетчерська зміна (ДЗ), льотний екіпаж) є одержання нового продукту праці, тобто авіаційних перевезень.

У такій системі одночасно взаємодіють щонайменше дві особи – АО «переднього краю» (ЧЛЕ, ДОПР), які знаходяться у двох різних робочих середовищах. Окрім того кожен АО

взаємодіє із власною технікою. Причому інформаційні потоки у такій системі складні та вимагають ретельного вивчення.

Враховуючи вплив ЛЧ на БП, ICAO узагальнила практику діяльності провідних авіакомпаній світу в цьому напрямку і видала десятки циркулярів, в яких даються загальні рекомендації з питань вивчення і попередження проблем, пов'язаних з проявом ЛЧ в ЦА, у тому числі під час ОПР. Вкажемо на суттєвий внесок Джерома Берліна (J. Berlin), О. Ю. Булова, Ерла Л. Вінера (Earl L. 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, Джеймса Різона (J. T. Reason), А. В. Скрипця, В. П. Харченка, Роберта Хелмриха (Robert L. Helmreich), Франка Хокінса (F. H. Hawkins), Елвіна Едвардса (Elvin Edvards), Т. Ф. Шмельової та ін. у дослідження і практичний розвиток теорій ЛЧ в ЦА. Однак, ICAO рекомендує здійснювати управління БП (УБП) «по показниках», а перелічені науковці явно недостатньо уваги приділяли проблемам кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ, особливо під час прийняття рішень (ПР) авіаційним персоналом. Проблеми ЛЧ вирішуються, як правило, шляхом застосування різноманітних психологічних методик, не завжди адаптованих для проблем авіації.

Намагання ICAO зосередити увагу на потенційних проблемах, пов'язаних з ЛЧ, знайшли відображення в документі ЄВРОКОНТРОЛЮ «Human Factors Module – A Business Case for Human Factors Investment», де визначені три підходи до проблем ЛЧ: «ніяких дій», «ретроактивний», «проактивний». Важливішим з цих підходів слід вважати «проактивний підхід», коли проблеми заздалегідь передбачуються і вирішуються до їх виникнення. Що, до речі, відповідає реалізації такого принципу системного аналізу, як «зняття невизначеності. Йдеться про необхідність прогнозування найгіршого розвитку проблемної ситуації, а потім повернення до початкової ситуації задля попередження небажаних подій.

Вкажемо, що у спектрі складників, що утворюють концепцію ICAO в сфері БП, важливішим з точки зору впливу ЛЧ є «ставлення співробітників авіаційних організацій до небезпечних дій або умов», оскільки саме це «ставлення» сприяє позитивній і саме проактивній реалізації

інших положень концепції. За суттю, йдеться про взаємодію блоків «людина – процедури» ергатичної моделі SHELL, пропонуваної ICAO для вирішення проблем ЛЧ.

Особлива значущість проблеми прояву ЛЧ під час ПР полягає у тому, що професійна діяльність АО «переднього краю» (ЧЛЕ, ДОПР) зазвичай розглядається як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються у явних і неявних формах під впливом різноманітних чинників специфічного характеру і природи. З іншого боку, за даними американського вченого С. Н. Роскоу (S. N. Roscoe) абсолютна більшість АП є наслідком саме помилкових рішень. Причому фахівцями Національної Ради з Безпеки на Транспорті США (NTSB) було статистично доведено, що все більш важливою причиною прийняття хибних рішень є недооцінювання

ризиків АО «переднього краю», а також недостатньо розвинутими в них навичками ментального «передбачування» розвитку небезпечних ситуацій.

Тому особливо важливими є дослідження і кваліметрія закономірностей ставлення АО до небезпечних дій або умов під час ПР. При цьому слід привернути увагу до необхідності саме проактивного виявлення закономірностей ПР студентами-авіадиспетчерами (САД) під час початкової професійної підготовки (ПП), оскільки саме на цьому етапі їх операторського життєвого циклу й закладається фундамент майбутньої професійної майстерності та надійності.

Виходячи з наведеного й була сформульована тематика цієї монографії, сформульовані відповідні цілі і задачі досліджень, а також обрані методи їх реалізації.

Розділ 1

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ¹

1.1. Фундаментальні концепції ICAO в галузі людського чинника

Отже, за статистикою ЛЧ впродовж кількох десятиліть є першопричиною більшості АП [268], що наочно ілюструє структурна модель БП, запропонована М. І. Плотніковим (рис. 1.1) [288].

За даними академіка В. О. Пономаренка в останні 50 років пропорція кількості відмов авіаційної техніки (АТ) і часу безвідмовної роботи в повітрі покращилася в 10-15 разів [296]. Тому все більш актуальною для ЦА стає профілактика негативного впливу ЛЧ на безпеку функціонування СПЦОАСУ «льотний екіпаж –

ПС – середовище – орган ОПР» [138; 337; 398; 434 та ін.].

Зазначимо, що неправильні або помилкові дії, яких припустилася людина в авіаційній транспортній системі (АТС), лишаються все ж недостатньо вивченими, оскільки, як ми вважаємо, національні авіаційні адміністрації та керівництво авіакомпаній, навіть самих провідних, плануючи діяльність авіаційного персоналу, орієнтуються на ідеальне виконання ним відповідних професійних обов'язків. Хоча з даних Європейської організації з безпеки аеронавігації EURO-CONTROL витікає, що лише з вини ЧЛЕ, не враховуючи «внесок» інших авіаторів, відбувається 70-90% АП [482].

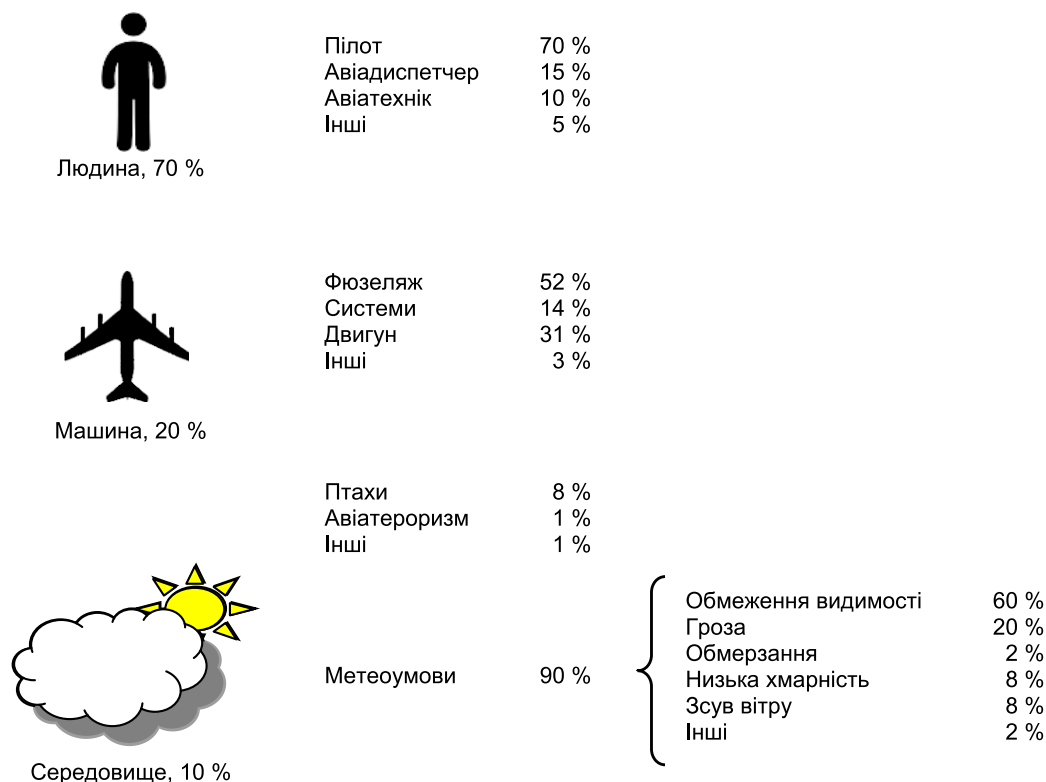


Рис. 1.1. Складові безпеки комплексу авіаційної індустрії (за М.І. Плотніковим)

¹ Основний зміст цього розділу був детально розглянутий авторами у праці [10] Списку використаних джерел. Однак, враховуючи, з одного боку, що її результати є базовими для всієї монографії, а, з іншого боку, обмеженість тиражу зазначеної праці, ми дійшли висновку щодо можливості певного дублювання відповідних матеріалів.

Факт АП зазвичай чітко визначається під час їх розслідування, але пояснення її причини та умов або відсутні, або мають переважно декларативний характер.

Наведене неминуче призводить до уявної, майже нульової ефективності результатів

розслідування, оскільки самооцінка (СО) кожного авіатора містить як певну упередженість (нехай навіть не завжди обґрунтовану і виправдану), так і несприйняття демагогії [318]. Тому оптимізація діяльності АО має орієнтуватися на [268; 318; 381]:

- 1) ПР і інші когнітивні процеси;
- 2) компоновку кабін ПС;
- 3) конструювання дисплеїв і важелів управління (ВУ);
- 4) зв'язки і програмне забезпечення;
- 5) карти, схеми, і різноманітну документацію (Керівництво з льотної експлуатації (КЛЕ), стандартні експлуатаційні процедури (SOP's) та контрольні переліки операцій тощо).

Навіть якщо ЛЧ включено в описи СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОНР», зазвичай виявляється їх невизначеність, що пояснюється певними «білими плями» у дослідженні проблем кваліметрії ЛЧ [287; 318; 381]. Провідний ергономіст Д. Мейстер (D. Meister) вважає, що «наука про людський чинник – це

єдина наука про поведінку людини, яка орієнтована в область техніки» [458, с. 13]. Тому знання у сфері ЛЧ мають широкий спектр застосування у ЦА: ПП, перевірка її результатів, розслідування АП, реалізації заходів з профілактики АП тощо [93; 103; 174; 258; 268; 270; 401; 403; 437; 445; 460 та ін.].

Оптимізація УБП полягає у зборі, систематизації, аналізі інформації про АП, зіставлення дій авіаційного персоналу зі SOP's і класифікаціями, що ґрунтуються на узагальненому досвіді льотної і технічної експлуатації ПС. Встановлені відхилення від SOP's співвідносяться зі статистикою накопичених і ідентифікованих причин попередніх АП [288].

Тоді очікуваним результатом будуть встановлені особистісні характеристики (психофізіологічні, психологічні, соціальні, демографічні тощо) АО «переднього краю» і причини їх помилкових дій [287]. Отримана у такий спосіб інформація імплементується у так звані «цикли безпеки» ICAO (рис. 1.2) [403].

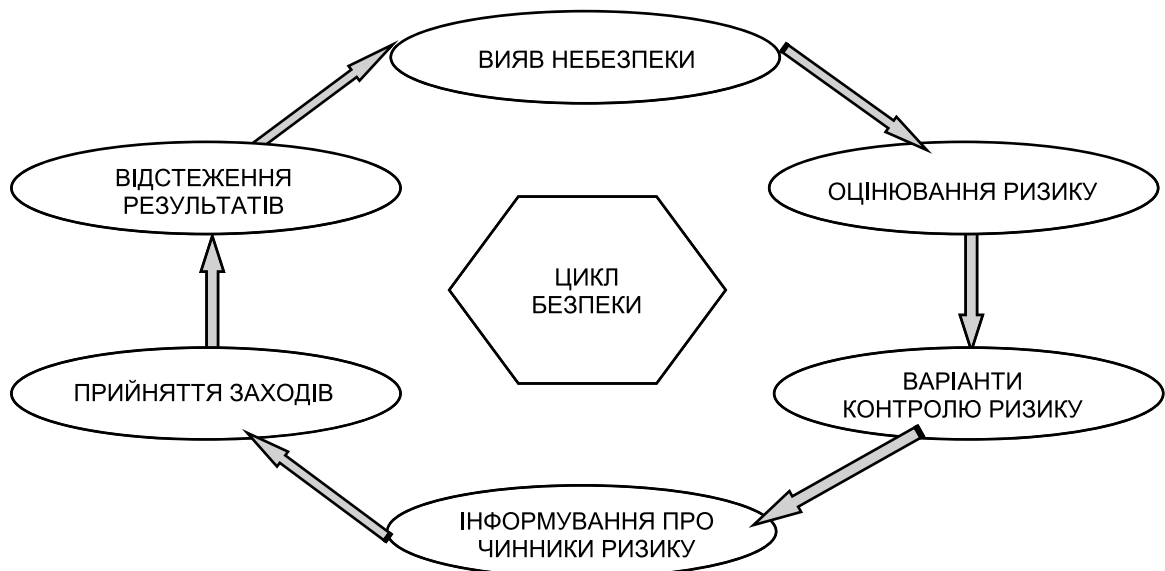


Рис. 1.2. Пропонований ICAO «цикл безпеки»

Важливішим кроком в системі УБП (СУБП) є виявлення джерела небезпеки (рис. 1.3 та подальший підрозділ 2.4), що вимагає кваліметричної оцінки кожного з них і надання цьому джерелу певного ступеня пріоритетності.

Для здійснення цієї оцінки необхідно опрацювати значну кількість наявної інформації. Отримані результати визначають взаємовідносини небезпеки аналізованого небезпечного чинника (НЧ) із оточуючим середовищем: ізолюваність або системність.

Якщо недоліки в СУБП виявлені, то визначають оптимальні заходи для уникнення / усунення / зменшення небезпеки (ризик), враховуючи, що немає панацеї для усієї сукупності ситуацій,

особливо нештатних. Постає також необхідність у прийнятті і реалізації ефективних проактивних запобіжних заходів з уникнення появи нових джерел небезпеки. Поряд із реалізацією відповідних заходів безпеки, слід проводити моніторинг для переконання в досягненні бажаного кінцевого результату (БКР). Для цього встановлюється, що:

- 1) НЧ ліквідований (або принаймні відповідна загроза зменшена по показниках рівнів частоти (РЧ) чи рівнів небезпеки (РН);
- 2) забезпечена можливість задовільно контролювати конкретний НЧ;
- 3) у систему не було внесено нових джерел небезпеки.

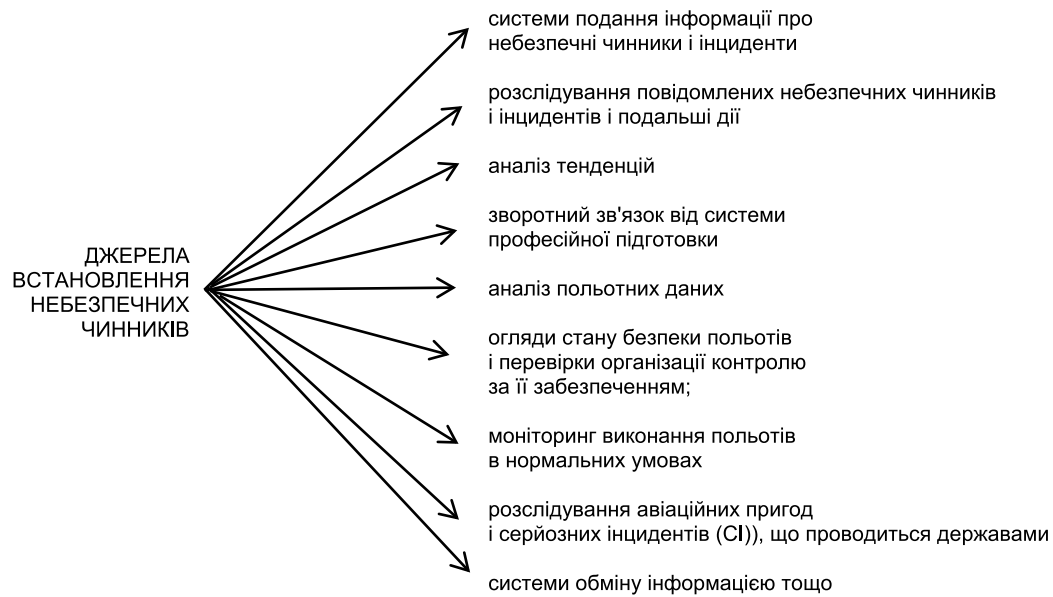


Рис. 1.3. Спектр інформаційних джерел встановлення небезпечних чинників

Якщо було отримано незадовільні результати, весь «цикл безпеки» має бути повторений.

Для ЧЛЕ «цикл безпеки» пропонується реалізувати у вигляді так званих «золотих правил»

(рис. 1.4) [215], які мають універсальну природу, тому вважаємо доцільним розповсюдити їх і на професійну діяльність інших категорій АО, зокрема ДОПР.



Рис. 1.4. «Золоті правила», рекомендовані членам льотних екіпажів для подолання наслідків нештатних і аварійних ситуацій

Вважаємо також можливим розповсюдити на діяльність АО «переднього краю» і так звану «брудну дюжину» чинників (рис. 1.5), що заважають фахівцям з технічного обслуговування і ремонту (ТОiP) ПС виконувати свої професійні обов'язки безпечно і ефективно [268].

Прогнозуючи розвиток повітряних перевезень [314], ICAO вимагає від авіаційних адміністрацій та авіакомпаній забезпечення комплексу безпеки, захищеності, ефективності і екологічного балансу умов польоту на глобальному, регіональному і національному рівнях [103].



Рис. 1.5. «Брудна дюжина» чинників, що перешкоджає авіаційному персоналу безпечно і ефективно виконувати професійні обов'язки (ICAO)

Причому допускається декілька інтерпретацій концепції БП, залежно від передбачуваного аспекту [135; 403].

Вказана концепція утворюється такими складовими [135; 381; 403; 422]:

- а) нульовий рівень АП або СІ – закономірна і надзвичайно популярна думка користувачів повітряного транспорту;
- б) відсутність чинників небезпеки або ризику, тобто таких чинників, що заподіють або можуть заподіяти збиток;
- с) уникнення помилок внаслідок виявлення джерел небезпеки і контролю чинників ризику;
- д) ступінь небезпеки, до якого ризик, властивий ЦА, є «прийнятним»;
- е) ставлення співробітників авіаційних організацій до небезпечних дій або умов (відображає також «небезпечну» корпоративну культуру);
- ф) дотримання нормативних положень;
- г) недопущення втрат в результаті АП (людські жертви, а також шкода майну і навколишньому середовищу).

Детальний аналіз перелічених складників концепції безпеки ICAO показує [349; 381; 422 та ін.], що головним з них слід вважати «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій (НД) або умов (відображає «безпечну» корпоративну культуру)», показники якого в контексті ПР АО «переднього краю» були вибрані, виходячи з наступних міркувань (рис. 1.6). 1. Через основні доміанти ПР (ОДПР), що характеризують схильність, несхильність, байдужість до ризику і, як наслідок, мотивацію на досягнення успіху/запобігання невдач [113; 238; 328; 337; 374; 381; 423; 532 та ін.].

Вважаючи ризиком можливість настання небажаної ситуації, яка має різні шанси на реалізацію [150; 157; 239; 241; 337; 381 та ін.], введення блоку « і » на рис. 1.6 є справедливим, оскільки професійна діяльність АО «переднього краю» дійсно відбувається як безперервний ланцюг ПР в умовах ризику. Зазначені ОДПР визначаються шляхом застосування спеціальних штучних лотерей в процесі побудови за обмеженою кількістю точок оціночної функції корисності (ОФК) показників та характеристик професійної діяльності АО під час вирішення ними закритої задачі ПР (ЗПР) [113; 238; 328; 337; 374; 381; 423; 532 та ін.].

Ще раз зазначимо, що схильність до ризику характеризує мотивацію на досягнення успіху, а несхильність до ризику – мотивацію на запобігання невдач. Водночас байдужість до ризику вказує на лінійність мислення випробуваних, яких умовно прийнято вважати «об'єктивними». При цьому виявлено, що досвід професійної діяльності суттєвим чином впливає на прояв ОДПР: серед професійних ДОПР превалюють особи, які демонструють схильність до ризику, тобто мотивацію на досягнення успіху [113; 129; 238; 310; 337; 381; 423 та ін.]. Що й має бути врахованим при організації ПП САД.

2. Ризики нестохастичного характеру (невизначеність) в АТС ілюструє шкала РН, запропонована ICAO [403], яку, спираючись на методологію нечіткої математики [64; 129; 157; 179; 236; 250; 251; 340; 366; 463; 466 та ін.], можна уявити як терм-множину (ТМ) відповідної лінгвістичної змінної (ЛЗ):

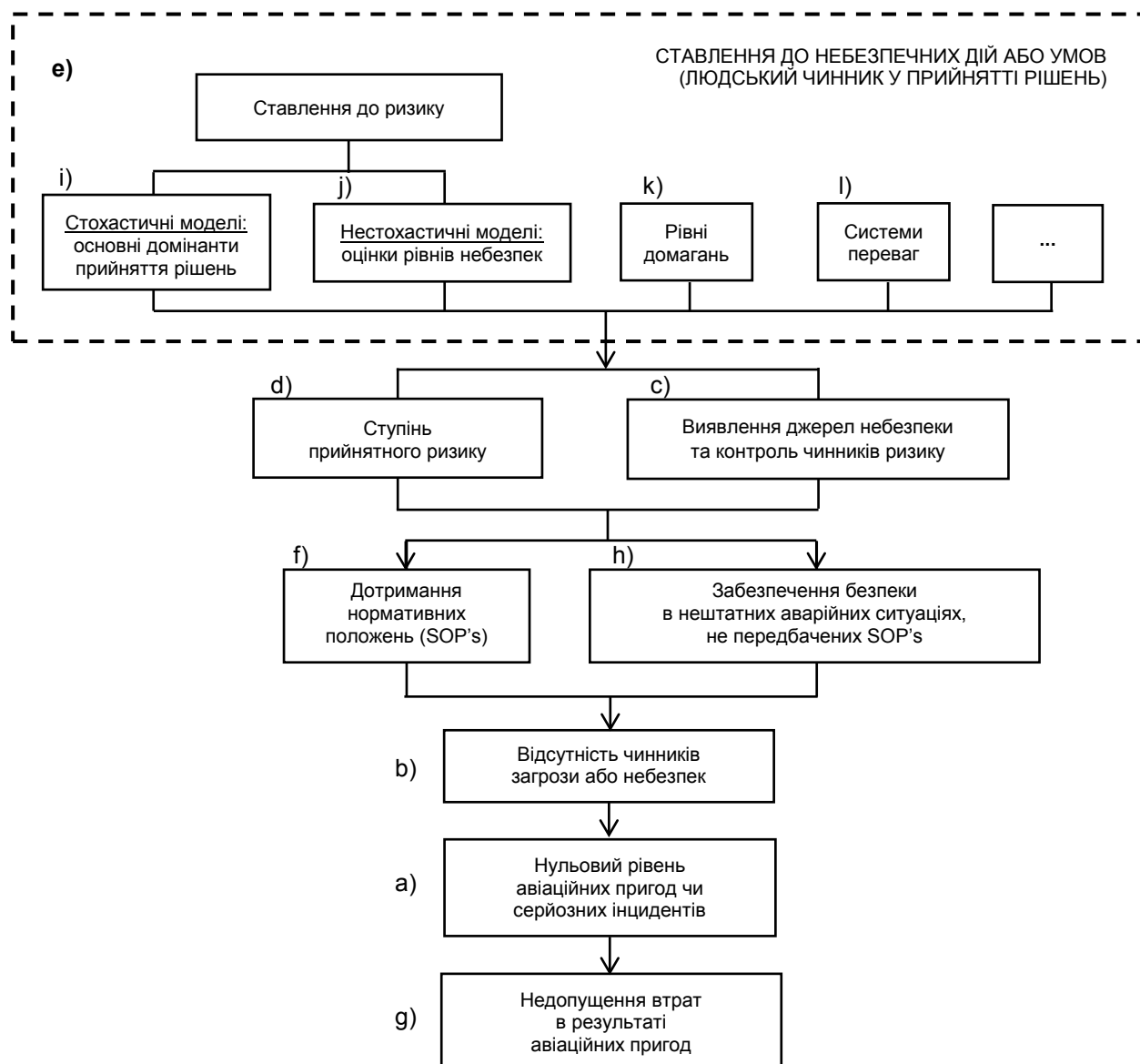


Рис. 1.6. Уявлення взаємодії складових концепцій безпеки ICAO з позицій прояву людського чинника

$$T^M (PH) = \begin{matrix} \tilde{R}_K & \tilde{R}_{НБ} \\ \text{катастрофічний} + \text{небезпечний} + \\ \tilde{R}_C & \tilde{R}_{НЗ} & \tilde{R}_M \\ \text{суттєвий} + \text{незначний} + \text{мізерний}, \end{matrix} \quad (1.1)$$

де « + » – позначка логічного об'єднання термів (лінгвістичних назв PH) у відповідну шкалу.

Наведене відкрило перспективи для побудови нечітких кваліметричних моделей ставлення АО (САД і професійних ДОПР) до порушень норм ешелонування ПС (НЕПС) [236; 250; 340; 366; 422 та ін.]. Таким чином, обґрунтовано наявність на рис. 1.6 блоку « j », який, безумовно, також ілюструє « ставлення до небезпечних дій або умов ».

3. Рівні домагань (РД) є основним системоутворюючим чинником особистості АО, «лакмусовим папірцем» адекватності їх СО і завжди виявляються у винуватців АП [299]. В контексті наших досліджень

під РД розумітимемо таку умовну точку на шкалі вимірювання об'єктивних успіхів професійної діяльності АО, що відповідає максимальному стрибку в їх уяві корисності (прийнятності, привабливості, комфортності тощо) умов та характеристик діяльності з позицій забезпечення належного рівня БП [169; 337]. Встановлюються РД шляхом вирішення АО відкритої ЗПР і побудови ОФК показників і характеристик професійної діяльності за формально необмеженою кількістю точок [235; 337; 342; 381; 389 та ін.].

4. Під СП АО у загальному випадку розуміють уявлення людини, яка ПР (ЛПР), про найкращу і найгіршу альтернативу з їх сукупності [241]. А отже в контексті наших досліджень під СП розумітимемо упорядкований (ранжируваний) ряд показників і характеристик професійної діяльності ДОПР [241; 243; 337; 360; 381; 478]. Побудова такого роду ранжирувань позитивно впливає на

рівень ПП ДОПР і, як наслідок – на рівень БП, тобто має яскраво виражений проактивний характер. Наприклад, встановлено, що здійснення відповідних процедур з впорядкування характерних помилок формує в випробуваних ДОПР стійкі навички з їх розпізнавання, а отже запам'ятовування і запобігання під час безпосереднього виконання професійної діяльності. Тому ті ДОПР, які за спеціальною методикою заздалегідь висловили свої думки щодо небезпек помилок, під час безпосередньої тренажерної підготовки (ТП), припустилися на третину менше помилок, ніж ті з них, які не були охоплені відповідним опитуванням [243; 360; 422; 478 та ін.]. Отже, слід вважати доречним введення блоку « l » на рис. 1.6.

Вводячи додатковий блок « h » на рис. 1.6, наявність якого не передбачається концепцією БП ICAO, ми виходили з того, що SOP's – це передбачені нормативними документами процедури для нормальних і штатних аварійних ситуацій. Однак, може існувати (і реально існує) статистично невизначена кількість нештатних аварійних ситуацій, не передбачених нормативними документами [337]. Скажімо, КЛЕ ПС не містять рекомендацій з дій ЧЛЕ під час виникнення комплексних відмов АТ, хоча саме на це вказує статистика АП. Адже дійсно, звертаючись до відносної статистики АП у військово-повітряних силах (ВПС) США, яка формувалася в залежності від кількості чинників, що їх викликала, можна упорядкувати її наступним чином [126]:

- 1 чинник – 28 %;
- 2 чинники – 28 %;
- 3 чинники – 24 %;
- 4 чинники – 11 %;
- 5-7 чинників – 9 %.

Тому в загальному випадку долати зазначені ситуації АО «переднього краю» мають виключно евристичним шляхом [18], включаючи вищий ступінь операторської діяльності, званий «режимом синхронного генератора» [469], коли, спираючись на попередній досвід і накопичений потенціал знань, умінь, професійних навичок (ЗУПН), в режимі on-line продукуються нові здібності долати небезпеку [378].

Сьогодні проблема визначення і дослідження ЛЧ в ЦА відіграє провідну роль, оскільки під його прояв можна підвести всю діяльність АО (табл. 1.1). І слід особливо зауважити, що ЛЧ є найбільш важливим, гнучким, здібним до адаптації, однак і одночасно найбільш уразливим елементом АТС [445]. Спочатку вважалося, що знання щодо ролі ЛЧ в АТС є однією зі сфер медицини. Далі більше уваги стало приділятися прикладним аспектам льотної експлуатації (ЛЕ) і ОПР. І оскільки навіть найдосконаліші ТЗ та зусилля фахівців і повноважних органів ЦА не здатні компенсувати помилки АО, то ICAO, узагальнивши відповідну світову практику і видала понад 20 циркулярів, де проблема

ЛЧ була належно висвітлена. Особливу увагу при цьому було привернуто до оптимізації роботи екіпажу в кабіні – Crew Resources Management (CRM), проведення ПП в умовах, близьких до реальних – Line Oriented Flight Training (LOFT), скориговані інші програми ПП з питань ЛЧ та з формування відповідального ставлення до БП [93; 103; 174; 181; 258; 268-270; 289; 313; 395; 401; 403; 406; 437; 445; 459-461; 477; 479 та ін.].

Досвід ПП CRM було розповсюджено на сферу оптимізації роботи ДОПР у команді – ДЗ: Team Resource Management (TRM) і TOiP (оптимізація роботи персоналу технічного обслуговування – Maintenance Resource Management (MRM)), що сприяло підвищенню ефективності взаємодії і моніторингу помилок авіаторів. Однак, вкажемо, що в зазначених програмах виявленню потенційних проблем ЛЧ, тим більше кваліметричній оцінці їх закономірностей, особливо під час ПР, приділяється явно недостатньо уваги.

На думку американського професора Е. Едвардса «людський чинник стосується оптимізації взаємин між людьми і їх діяльністю шляхом систематичного застосування наук про людину, інтегрованих в структурну основу проектування систем». Під терміном «люди» тут розуміється авіаційний персонал, а «діяльність» указує на інтерес до комунікації між окремими людьми і до поведінки окремих людей і груп. Розширення поданого визначення відбулося шляхом включення організацій, до яких належать люди, взаємодій між людьми та організаціями, а також взаємодій між організаціями, складовими АТС [268; 269].

Журнал Сполученого Королівства «Health and Safety Executive» пропонує простіше і більш наближене до реальних умов визначення ЛЧ: «Аспекти людського чинника пов'язані з екологічними, організаційними і виробничими чинниками і тими характеристиками людини і індивідуума, які впливають на її поведінку на роботі таким чином, що це може зачіпати здоров'я і безпеку».

Отже, ЛЧ скоріш є джерелом постановки завдань, ніж їх рішень. Його інтеграція у різноманітні науки про людину викликає поштовхи до вирішення відповідних проблем. Одночасно вдосконалюються методи досліджень ЛЧ, що застосовуються під час:

- 1) розслідування АП;
- 2) оптимізації програми ПП АО;
- 3) проведення профілактичних заходів з забезпечення БП тощо.

Але при цьому слід враховувати нелінійну і навіть мультиплікативну природу взаємодії усієї сукупності факторів ЛЧ, хоча деякі з них і мають лінійні залежності. Наведена багатобічність ЛЧ значно ускладнює розробку єдиного поняття «ЛЧ» як наукового феномену. Тому його дослідження вимагає застосування методології системного аналізу (СА).

**Традиційне бачення ІСАО спектру наукових дисциплін,
що мають відношення до прояву людського чинника**

Наукова дисципліна	Визначення	Конкретна сфера застосування	Специфічна область застосування
1	2	3	4
Психологія	Наука про мислення і поведінку	Сенсорні характеристики, закони сприйняття, принципи пізнання, обробка інформації емоції, спонукання, методи досліджень, психомоторні навички, людські помилки	Вимоги до засобів відображення інформації (ЗВІ), їх конструкція, проектування систем керування, розподіл функцій, вимоги до систем ПП і методики професійно-психологічного відбору (ППВ), вплив емоційного та екзогенного стресу на функціональні характеристики, вимоги до технічних засобів (ТЗ)
Проектування і конструювання машин і приладів	Використання природних джерел енергії і властивостей матерії для блага людини	Проектування в областях гідравліки, механіки, конструкцій, електротехніки, електроніки і аеродинаміки, системний аналіз, моделювання, оптика	Проектування ЗВІ, важелів управління, систем управління (ВУ), складних систем, оптичних систем, ТЗ.
Фізіологія людини	Має зв'язок з процесами, діяльністю і явищами, характерними для живої матерії, особливо стосовно здорового або нормального функціонування	Фізико-хімічна структура кліток і органів, взаємодія різноманітних частин організму для забезпечення його здорового функціонування, функції і вимоги до систем організму	Системи навколишніх умов, дієта і харчування, вплив чинників навколишнього середовища (тепло, холод, недостатність кисню), формування вимог до навколишніх умов
Медицина	Профілактика та лікування хвороб і поранень	Вплив різноманітних сил і прискорень, радіації, хімічних і хворобливих речовин, відповідні профілактичні методи, що забезпечують охорону здоров'я	Токсикологія диму, хімічних речовин, захист від ударів, служба техніки безпеки і охорона праці.
Соціологія	Дослідження у сфері розвитку структури і функцій невеликих груп людей	Невеликі і великі групи або «команди», склад льотного екіпажу, ДЗ, поведінка пасажирів в аварійних умовах	Відбір ЧЛЕ і ДОПР, безпека пасажирів
Антропометрія	Дослідження у сфері розмірів тіла і мускульної сили людини	Анатомія, біодинаміка, кинестізіологія	Наземне допоміжне устаткування, розміри експлуатаційних люків, компоновки робочого місця (РМ): відстань досягнення, діапазон регуляції крісел і тощо

ПРИМІТКА: Інші дисципліни, що охоплюють людський чинник, включають педагогіку, фізику, біохімію, математику, біологію, промислове проектування і дослідження в області експлуатації повітряних судів.

У рамках Проекту гармонізації УПР європейських країн (European Air Traffic Control Harmonization Implementation Project – EATCHIP) EUROCONTROL вже близько 20 років проводить відповідні дослідження, в яких з усього різноманіття питань ЛЧ в системах УПР фактично були відпрацьовані лише проблеми оптимізації взаємодії з ТЗ, головним чином, з автоматизованими системами (АС) управління повітряним рухом (УПР), що відображено у програмі GHMI (Ground Human Machine Interface) [522]. Але близько 10 років тому була розгорнута більш широка програма досліджень, що містить шість напрямів вивчення впливу ЛЧ на БП при ОПР (табл. 1.2) [537].

EUROCONTROL, вдосконалюючи управління АНС за ЛЧ, навів три стратегії підходу до аспектів ЛЧ (рис. 1.7) [513], які вказують на ефективність передбачення проблем ЛЧ на ранніх етапах експлуатації АТС.

Саме тому американський професор Ерл Л. Вінер, відомий у світі фахівець з ЛЧ у так

званому «залізному законі» наголосив таке: «Якщо вся робота, пов'язана з людським чинником, проведена належним чином на стадії проектування, то ціна буде великою, проте вона платиться лише раз. У протилежному випадку недоліки проектування мають компенсуватися тренуваннями, і ціну слід платити щодня».

Для відходу від традиційного виявлення активних недоліків в діяльності АО «переднього краю» все більша перевага під час досліджень проявів ЛЧ в АТС віддається виявленню прихованих недоліків, взаємодія яких створює «вікно можливостей (безпеки)» [288; 536], яке провокує АО на активну помилку, руйнуючи всі існуючі захисні засоби АТС, що і призводить до АП [32].

Рисунок 1.8 ілюструє прояв «вікна можливостей» в процесі функціонування АТС [403]. Підвищення вимог до продуктивності АТС, зумовлених практичною реалізацією прогнозу розвитку ЦА [314], умовно «активізує» і НЧ, оскільки суттєво підвищується ступінь впливу ризику.

EUROCONTROL: Напрями досліджень людського чинника

№ з.п.	Область людського чинника	Напрями досліджень
1	Взаємодія людини з машиною.	Засоби вводу та відображення даних, вимоги до інформації, вимоги користувачів, вплив на здоров'я, втомленість, відволікання та концентрація, подача сигналу тривоги, шум, освітлення, температура / вологість / якість повітря, консоль (пульт управління повітряним рухом), розміщення робочого місця та його впорядкування.
2	Організація та штати	Вимоги до штату, наявність персоналу, кваліфікаційні вимоги до авіаційних диспетчерів та критерії відбору, привабливість роботи, старіння, організація змін.
3	Тренування	Потреба в тренуваннях, стандарти представлення та відповідності, зміст тренувань, засоби та методи тренувань, негативний вплив тренувань, роль та відповідальність/компетенція інструктора, перехід з аудиторії до тренувань на робочому місці, тренування аварійних/особливих ситуацій, перевірка ефективності тренувань.
4	Процедури, роль і відповідальність	Розподілення функцій, ступінь участі, робоче навантаження, довіра, зниження робочих навичок, формат та розміщення процедур, їх структура, реалізм та зміст процедур.
5	Робота в групі та спілкування	Структура / динаміка групи, відносини в групі та між групами, процес позиціонування в групі, труднощі в спілкуванні, зміни в методах спілкування, фразеологія, відмінності національних мов, ефекти взаємодії, зміст інформації.
6	Захист від помилок	Потенційні помилки людини, запобігання / вияв / захист від помилок, вияв і захист від системних збоїв.

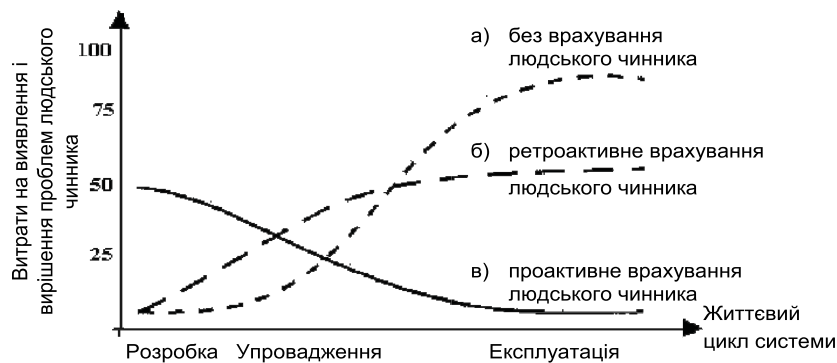


Рис. 1.7. Стратегії врахування людського чинника (EUROCONTROL)

Підвищення вимог до продуктивності АТС, зумовлених практичною реалізацією прогнозу розвитку ЦА [314], умовно «активізує» і НЧ, оскільки суттєво підвищується ступінь впливу ризику. З рис. 1.8 можна побачити, що найменший ризик для БП властивий мінімальній продуктивності АТС, а максимальна продуктивність системи – відповідає найбільшому ризику. Природно, що діяльність з високим ступенем ризику є небажаною як з погляду забезпечення належного рівня БП, так і з фінансової точки зору. Тобто в АТС слід гармонізувати (здійснити належне балансування) співвідношення бажаної продуктивності з допустимим рівнем отриманого ризику для БП.

Особливо важливим є вплив ЛЧ під час ПР АО «переднього краю», оскільки:

- 1) це найбільш повторюваний вид інтелектуальної діяльності [453; 476];
- 2) за даними американського вченого С. Н. Роскоу (S. N. Roscoe), переважна більшість АП є наслідком саме помилкових рішень [272; 274];
- 3) професійна діяльність АО є безперервним ланцюгом рішень, що виробляються і реалізують-

ся в явних і неявних формах під впливом широкого спектру різноманітних чинників [337];

4) увага акцентується не на тому, що АО нібито не ПР, а на тому, що ці рішення недосконалі, несвоєчасні, помилкові.

Враховуючи зазначене, вміння ПР правильно було включене ICAO у спектр кваліфікаційних вимог до АО (табл. 1.3) [93]. Вкажемо, що методи, методи, технології і процедури дослідження ЛЧ постійно вдосконалюються, поповнюються і застосовуються при розслідуванні АП, удосконаленні SOP's і програм ПП. Але розробка всеохоплюючого поняття «ЛЧ» ускладнена багатобічністю ЛЧ, його інтеграцією у суміжні науки.

В контексті наших досліджень вважатимемо, що ЛЧ – це сукупність систематизованих знань про ДОПР у робочому середовищі; про його взаємодію з радіотехнічними засобами (РТЗ) і АС УПР, SOP's, середовищем, а також з іншими людьми в спільній діяльності. Під ЛЧ розумітимемо також сукупність особистісних, соціальних, медичних і біологічних факторів, що визначають оптимальні умови УПР.

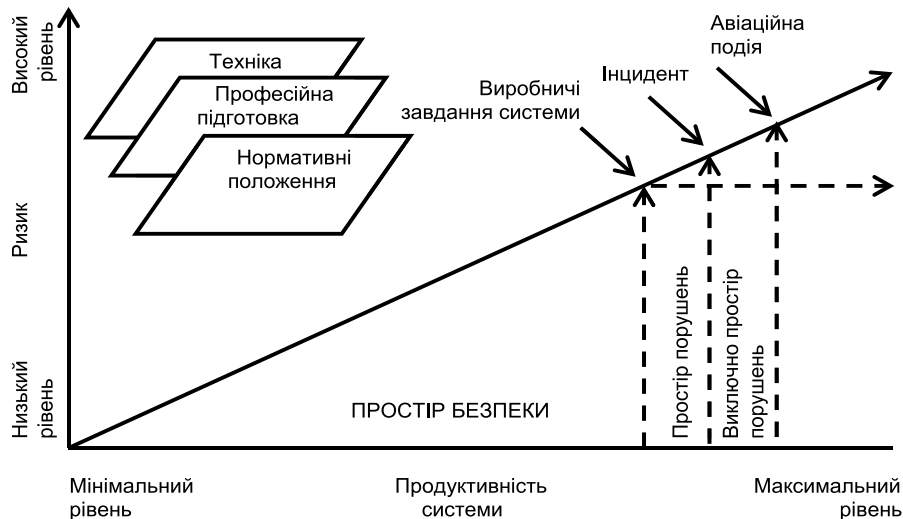


Рис. 1.8. «Вікно можливостей» як інтерпретація порушень у авіаційній транспортній системі

Таблиця 1.3

Кваліфікаційні вимоги ICAO щодо прийняття рішень певними категоріями авіаційного персоналу

Категорія авіаційного персоналу		Кваліфікаційні вимоги до вмінь приймати рішення
Члени льотного екіпажу		
1		2
Пілот	пілот-аматор	Приймати правильні рішення і кваліфіковано здійснювати контроль і спостереження в польоті
	пілот комерційної авіації	Приймати правильні рішення і кваліфіковано здійснювати контроль і спостереження в польоті
	лінійний пілот авіакомпанії	Приймати правильні рішення і кваліфіковано їх здійснювати, включаючи процес прийняття рішень і обізнаність про повітряну обстановку
Штурман		Приймати правильні рішення і кваліфіковано здійснювати спостереження в польоті
Бортовий інженер		Приймати правильні рішення і кваліфіковано здійснювати спостереження в польоті
Диспетчер управління повітряним рухом		Здатність приймати рішення і виконувати обов'язки, потрібні для забезпечення необхідних для забезпечення безпечного, упорядкованого і оперативного диспетчерського обслуговування на рівні, відповідному наданими правами, включаючи розпізнавання і контроль чинників погрози і помилок.

1.2. Модель SHEL як засіб системного виявлення помилкових рішень і небезпек в авіаційних системах

Враховуючи недоліки в профілактиці АП за ЛЧ [172; 318], особливу значущість набуває проактивне моделювання небезпечних подій (НП). Актуальність такого моделювання підтверджують вагомі до цих пір результати досліджень Генерального конструктора О. К. Антонова, яким було встановлено, що лише ергономічне моделювання при проектуванні сучасних ПС різних класів дає можливість [24]:

- 1) зменшити завантаженість льотних екіпажів на 20-40%;
- 2) збільшити час пілотування для ЧЛЕ, при одночасному поліпшенні умов роботи на 30-60%;
- 3) зменшити імовірність помилкових дій ЧЛЕ і збільшити надійність їх роботи в особливих випадках польоту;

4) підвищити оперативну готовність ПС до польоту на 15-20%;

5) оптимізувати процеси ПП ЧЛЕ тощо.

Розглянемо модель SHELL ICAO як інструментарій системного розуміння проблем ЛЧ (рис. 1.9) [445].

Модель сприяє оцінці окремих елементів складної СПЦОАСУ «ЧЛЕ – ПС – середовище – орган ОНР» і всебічному уявленню різноманітних процесів і взаємодії, що характеризують її в цілому. Усі блоки моделі SHELL, а особливо їх стикання / нестикання зазвичай розглядаються як фундаментальні засади дослідження ЛЧ.

Центральний компонент моделі SHELL – людина – найбільш важливий і гнучкий елемент, якому властиві певні переваги і недоліки [337], які в більшості випадків неможливо завчасно передбачити. Границі цього блоку – складні і аморфні, тому сусідні блоки мають бути ретельно підігнані до нього для запобігання небажаної напруги і зриву.

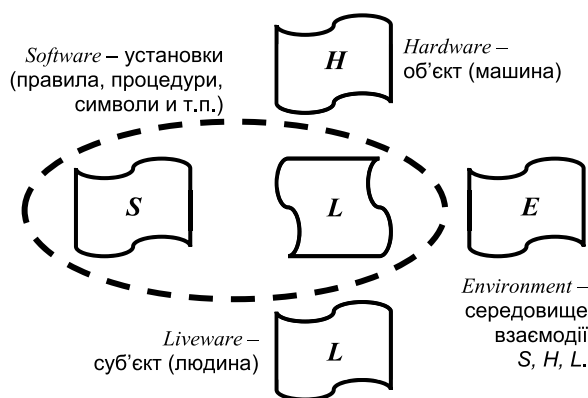


Рис. 1.9. Схема моделі SHELL, запропонованої ICAO для досліджень людського чинника (E. Edwards & F. H. Hawkins)

Уявляючи причини АП саме як нестиковки між блоками моделі, необхідно провести їх системне вивчення, що відбувається шляхом збору експериментальних і статистичних даних [138; 194; 269; 270; 337; 338; 355; 364; 423; 438; 445; 449; 460; 461 та ін.]. А саме.

1. Блок (інтерфейс) «суб'єкт» (L). Професійна діяльність самого суб'єкта – АО визначається чинниками, властивими людині (фізика, фізіологія, психологія тощо). Вони, незважаючи на значні досягнення в цій сфері, вимагають моніторингу і впровадження змін. Значно менше результатів стосується області виявлення елементів мотивації АО: задоволеності роботою, самодисципліни і СО, рівня самозаспокоєності і сприйняття ризику.

У працях [49; 77; 161; 177; 186; 283; 286; 316; 324; 331; 337; 338; 348; 369; 371; 394; 446; 490; 517 та ін.] обґрунтована наявність так званих «аварійників», схильних до постійних помилок і порушень. Це зумовлює виявлення негативних психологічних особливостей АО і їх психологічній сумісності в сформованому льотному екіпажі або ДЗ, як головний напрям психологічних досліджень під час розслідування АП. Результати цих досліджень привернули суттєву увагу до таких психічних функцій і характерологічних особливостей винуватців АП [299]:

- а) спрямованість особистості (РД, адекватність СО);
- б) інтелектуальні характеристики АО (швидкість протікання розумових процесів, кмітливість, здатність оперувати просторовими уявленнями);
- с) увага (уміння концентрувати її за наявності перешкод, розподіляти і перемкнуть увагу);
- д) емоційні риси (стійкість і збудливість);
- е) оперативна пам'ять.

При цьому констатуватимемо, що існуючі методики встановлення РД і СО (Горбачевського, Дембо-Рубінштейн, Хоппе, Шварцландера [149; 73; 304 та ін.]) не орієнтовані на уявлення і оцінку

випробуваними АО показників і характеристик професійної діяльності, тому у загальному випадку не можуть вважатися прогностичними.

2. Стиковка блоків «суб'єкт – суб'єкт» (L–L) розкриває взаємодію АО з іншими людьми в робочому середовищі: ЧЛЕ одного ПС, льотних екіпажів різних ПС, колегами з ДЗ та суміжних секторів (пунктів) УПР, фахівцями інших служб, а також з керівником польотів (КП) та іншими керівниками, які безпосередньо відповідають за належну роботу підлеглих підрозділів.

За наведених умов модель SHELL модифікується відповідно до рис. 1.10.

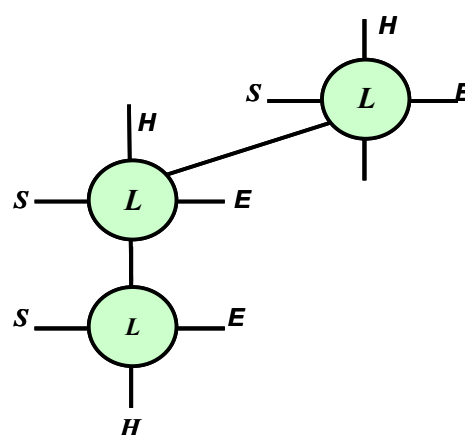


Рис. 1.10. Модифікація моделі SHELL для опису взаємодії авіаційного персоналу (В. А. Машин)

Досліджуючи стиковку «L–L», приділяють увагу і мікроклімату в колективі, де джерело напруженості може виникнути, коли СО базується на порівнянні досягнутих рівнів професійних показників. Відповідний психологічний тиск може позитивно вплинути на АО із необхідною кваліфікацією і високим рівнем самодисципліни. У зв'язку з цим було введено поняття transcockpit authority gradient, що означає дотримання субординації і оптимальної взаємодії ЧЛЕ і КП.

Встановлено, що для осіб із недостатнім рівнем майстерності, знань і інтелектуального розвитку психологічний тиск може бути небезпечним. Це враховується в рекомендаціях ICAO для укладачів національних програм запобігання АП, які вимагають чітких вказівок небезпечного характеру зазначеного явища [401].

3. Стиковка блоків «суб'єкт – машина» («L–H») ілюструє взаємодію ЧЛЕ з ВУ ПС та з бортовими АС. Для ДОПР «машиною» є радіотехнічні засоби (РТЗ) і АС УПР. Проблема нестиковки цих блоків історично вивчалася в ергономії РМ АО, в процедурах їх роботи з АС. Проте, слід зазначити існування проблем з раннім попередженням відмов РТЗ, коли, наприклад, наявність дефектів в стиковці блоків «L–H» лишається невідомою для ДОПР (навіть якщо це в кінцевому результаті загрожує виникненням АП),

оскільки він адаптувався до дефектів машини. Ця здатність являє собою потенційну небезпеку.

4. Стиковка блоків «суб'єкт – правила (процедури, установки)» («L–S») досліджує аспекти регламенту структури повітряного простору, правил польотів і SOP's, дії у особливих випадках польоту (ОВП) тощо. Їх вплив на АО виражений неявно, а тому складніший для аналізу та вирішення (наприклад, неадекватність сприйняття правил або схем). Особливо враховуючи те, що усі складові концепції БП ICAO (рис. 1.6) замикаються саме на ЛЧ. Наприклад, інтенсивна автоматизація польотних процедур і процедур ОНР дійсно проводиться без з'ясування ставлення до них АО і психофізіологічних можливостей по їх виконанню, оскільки АО зазвичай розглядаються розробниками як ідеальні виконавці, що може привести до парадоксальних результатів [238]. Наведене, по суті, і визначає стикування / нестикування інтерфейсів «L–S».

Корпоративна культура як елемент проактивного УБП, вимагає дослідження складних паттернів поведінки, що впливають на забезпечення належного рівня БП всередині авіаційних організацій (рис. 1.11) [171].

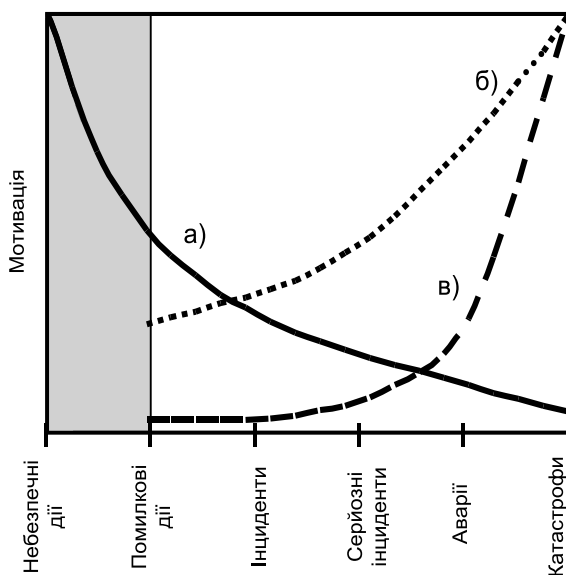


Рис. 1.11. Ставлення авіаційних організацій до небажаних подій (В. В. Козлов): а) – реалізація заходів з управління безпекою польотів; б) – реалізація заходів із забезпечення безпеки польотів; в) – інші заходи

В основу діяльності таких організацій мають бути покладені як мікропоказники наслідків неналежного виконання SOP's з УПР, так і макропоказники небажаних наслідків НП, що можуть в них відбутися чи вже відбулися [171].

Наведене органічно вписується в концепцію ICAO щодо УБП в частині визначення ставлення авіаторів та авіаційних організацій до проблем

виявлення НЧ, їх запобігання та формування «безпечної» корпоративної культури [403].

Актуальність виявлення ставлення АО чи авіаційних організацій в цілому до впроваджуваних норм і процедур структурно-організаційної і професійної діяльності АО обґрунтована нами у підрозділі 1.1. Тому поєднання блоків «L–S» моделі SHELL спеціально виділене на рис. 1.9 штриховим овалом.

5. Стиковка блоків «суб'єкт – середовище» («L–E») визначає взаємодію між АО і внутрішнім і зовнішнім навколишнім середовищем.

Внутрішнє навколишнє середовище – це безпосереднє робоче оточення АО, включаючи санітарні умови праці. У загальному випадку зовнішнє навколишнє середовище – це різні чинники: від метеорологічних умов і інших активних явищ в зоні відповідальності ДОПР (наприклад, перельоти птахів), і до політичних і економічних впливів, з урахуванням яких й функціонує АТС. Відповідна інформація включає погодні умови, характер земної поверхні і фізичних об'єктів, інфраструктуру і економічну ситуацію тощо. В моделі SHELL нестикування границь блоків вважається потенційним джерелом помилок. Це штучна блок-діаграма, тому вона має розглядатися лише як допоміжний спосіб для уявлення поняття ЛЧ. Водночас, використовуючи модель SHELL як засіб аналізу схеми взаємодії складових досліджуваної СПЦОАСУ [6; 106], уявляється можливим здійснити їх опис із детальним визначенням процесів та відповідної математичної моделі.

1.3. Моделі ризиків людського чинника

Існують більш спеціалізовані і більш детальні порівняно з SHELL, моделі дослідження ЛЧ в АТС. У 80-х роках ХХ ст. було встановлено, що ЛЧ є першопричиною не менше 90% нещасних випадків і визнано, що достеменно вивчивши спочатку чинники впливу, а потім послідовність подій (рис. 1.12), можна з'ясувати, «як», «коли» і «чому» ЛЧ вплинув на виникнення загроз та розробити ефективні заходи з профілактики відповідних помилок [76; 381; 414; 434 та ін.]. Враховуючи широкий спектр напрямів, який охоплює поняття ЛЧ в ЦА, неможливо розробити єдину універсальну модель його врахування. Тому розглянемо відоміші моделі ЛЧ, адаптувавши їх для потреб досліджень в АТС.

1. *Модель Й. Расмуссена (J. Rasmussen)*. У 1980-х р. ним була запропонована трьохрівнева модель (Rasmussen's model of human behavior in laparoscopy training) діяльності Л-О, що базується на *навичках, правилах і знаннях* [22; 523; 524].

Вважається, що *поведінка, яка базується на правилах*, – це низка дій, які відбуваються у ме-

жах встановленої формальної системи правил (SOP's), що визначають послідовність дій в умовах, що склалися. Формально-концептуальна система поведінки формується та вдосконалюється під час ПП, а також в процесі набуття професійного досвіду. А ось поведінка, що базується на

знаннях, спирається на абстрактні знання чи евристичні методи ПР і потребує від АО переходу в стресогенних ситуаціях до «режиму синхронного генератора». Це викликає напруженість під час пошуку знань, потрібних у проблемній ситуації, їх обробці та ПР із його реалізацією.

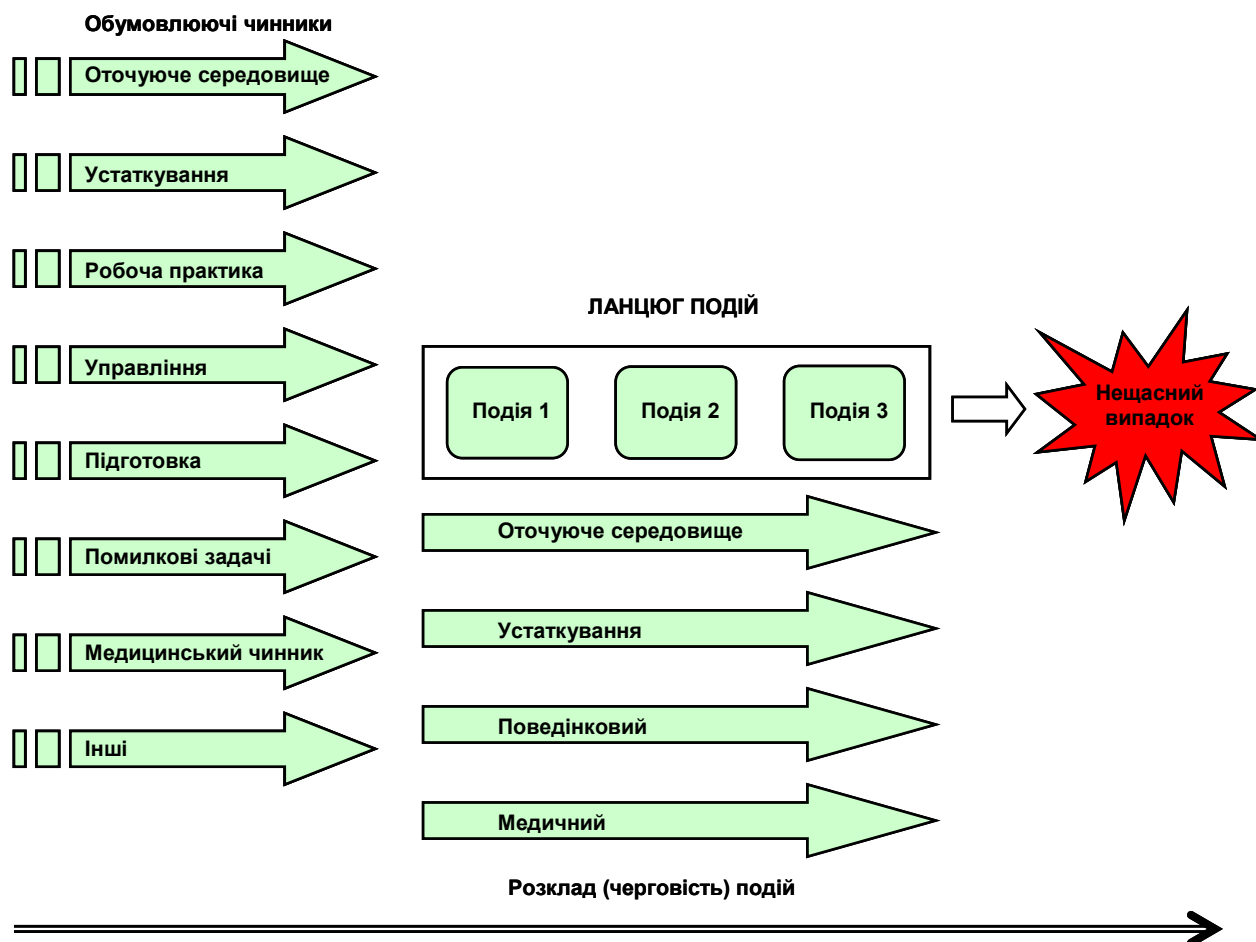


Рис. 1.12. Модель етіології причин нещасного випадку

За оцінками Расмуссена, в такому випадку людина-оператор (Л-О) припускається помилок з максимальною імовірністю $p_{\text{знань}}=0,1$. В той же час, в процесі дій, залежних від правил і навичок, імовірність помилок складає відповідно $p_{\text{SOP's}}=0,01$ і $p_{\text{навички}}=0,001$. Наведене відповідає певним рівням формування помилок (табл. 1.4).

Модель Расмуссена також включає *типи когнітивних помилок*, що розрізняють за походженням і часом виникнення. Стадії виникнення помилок визначаються *плануванням* (помилкові думки – mistakes), *зберіганням* (недогляди – lapses) і *виконанням* (промахи – slips). Кожна з перелічених типів помилок має спеціальні визначення й сенс у АТС. Модель є ретроактивною, тому попередження помилок відбувається на основі статистики і передбачає:

або шлях вдосконалення ЗУПН;

або доповнення і уточнення інструкцій і правил (SOP's);

або поповнення і поглиблення спеціальних ЗУПН Л-О.

З наведеного можна зробити такі висновки:
1) загалом модель Расмуссена узгоджується з прийнятою у ЦА тріадою «знання – вміння – навички», хоча й уникає розгляду інтелектуальних навичок;

2) поведінка, що базується на правилах суттєво відрізняє її від рівня вміння тим, що це звична «професійна» діяльність АО в межах визначеної і добре формалізованої предметної сфери;

3) модель припускає можливість переходу між рівнями поведінки під час ЛЕ ПС (ЛЕПС) чи ОПР, що робить її «сходовою».

2. «Теорія доміно» Г. Хайнріха (W.H. Heinrich) була сформульована ще у 1931 році і вка-

зує, що зазвичай людські помилки утворюють хибний ланцюг послідовностей, де перша помилка неминуче призводить до виникнення другої, друга – призводить до виникнення третьої і т.д. Г. Хайнріх вважав, що значення мають

не лише помилкові дії, але увесь спектр умов, що супроводжують діяльність людини. Він ввів правило «80 : 20». Тобто, 80% причин аварійних ситуацій залежать від небезпечних дій (НД) персоналу, а 20% – від небезпечних умов праці.

Таблиця 1.4

Рівні виникнення людських помилок (по Расмуссену)

Рівень 1	Опис 2	Приклад 3
Вміння, навички	Кількість накопичених образів і запрограмованих команд, що подані відповідними аналоговими структурами в просторово-часовому континуумі. Помилки викликаються спонтанною мінливістю взаємодії аналогових структур, що виявляється як в змінній інтенсивності взаємодії, так і у вигляді порушенні просторової чи часової координації.	Маючи намір вбити в стіну цвях, людина неправильно розрахувала силу і напрям удару молотком, внаслідок чого цвях погнувся. Тут позначилася відсутність навички, інтенсивність взаємодії елементів системи «стіна – цвях – молоток» виявилася надмірно високою.
Застосування правил (інструкцій)	Більш-менш знайомі проблеми, вирішення яких керується набором накопичених інструкцій. До найбільш поширених правил належать інструкції типу «якщо (розглядається характеристика стану)», «то (формулюється діагноз)» або «якщо (розглядається характеристика стану)», «то (визначається дія з усунення дефекту)». Помилки цього рівня зазвичай пов'язані з неправильною ідентифікацією ситуації, що веде до застосування не того правила, яке потрібне насправді. Слід також враховувати: незнання правил, ігнорування правил під виглядом доцільності тощо.	Працюючи на комп'ютері і бажаючи записати на дискету набраний на жорсткому диску текст, людина помилково вибрала команду «зберегти» замість «зберегти як...». В результаті заплановане завдання виявилось невиконаним.
Застосування знань	Нові для людини ситуації. Необхідні дії в подібних випадках плануються «з ходу» (on-line), при цьому протікають усвідомлені процеси аналізу і використовується наявний запас знань. Помилки, що здійснюються на цьому рівні, зв'язані, по-перше, з обмеженістю цього запасу і, по-друге, з неповними або некоректними знаннями.	Неправильне виключення комп'ютера початкуючим користувачем. Відомо, що до відключення комп'ютера від електромережі потрібно спочатку виконати декілька попередніх операцій. Не знаючи цього, людина здійснює помилку на рівні, залежному від знання.

Теорія «доміно» сприяла певним досягненням у аналізі причин і моделюванні виробничих аварій у різних галузях діяльності людини. Зокрема, в ЦА було введено поняття «ланцюга помилкових рішень». І під час його зростання шанси благополучного завершення польоту прямують до нуля [105; 288; 386; 484; 516; 526].

«Кожна неправильна оцінка, – стверджує керівник розробки так званого «Керівництва ERAU» Джером Берлін (J. Berlin), – пілот, який займається дослідженнями у сфері авіаційної

психології, – зменшує можливості вибору, що знаходяться у розпорядженні пілота.

Останньою ланкою в ланцюзі подій є те, що у пілота взагалі не залишається ніякого вибору».

Наведене добре ілюструє підхід ІКАО стосовно впливу аварійних чинників на БП (рис. 1.13) [401].

В практиці УБП відома ще одна наукова спадщина В. Хайнріха, яку називають «правилом 1 : 600», яке є результатом проведеного у 1969 році дослідження стану БП в АТС (рис. 1.14).

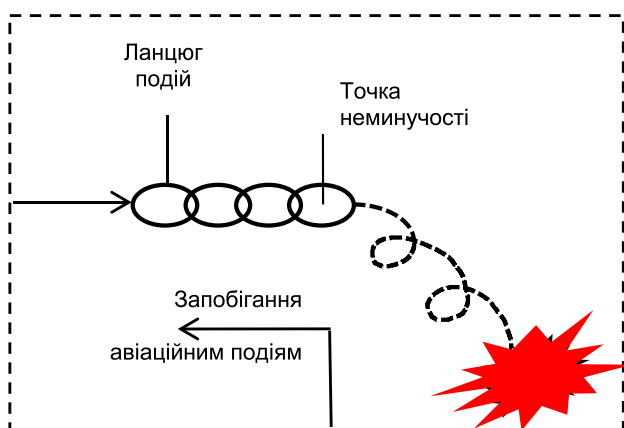


Рис. 1.13. Вплив ланцюга несприятливих подій на безпеку польотів (ІКАО)



Рис. 1.14. Піраміда ризиків (небезпеки) ІКАО

Співвідношення 1 : 10 : 30 : 600 на рис. 1.14 як раз і вказує на втрачені можливості, якщо розслідування АП проводяться в тих випадках, коли мають місце серйозне тілесне ушкодження або суттєвий матеріальний збиток. Причому чинники, що сприяють таким подіям, можуть мати місце в сотнях інцидентах, і їх можна виявити – перш ніж будуть спричинені серйозне тілесне ушкодження або серйозний матеріальний збиток.

Для забезпечення ефективного УБП ІСАО вважає необхідним, щоби персонал і керівництво авіакомпаній своєчасно виявляли і аналізували джерела небезпеки. Причому, до того, як вони приведуть до АП. Що й є фактичною реалізацією проактивної і прогностичної політики в СУБП, рекомендованої цією організацією.

В теорії «доміно» розвиток нештатної ситуації проходить послідовно такі стадії:

I стадія – охоплює досвід та соціальне середовище, в якому людиною здійснюється необхідні виробничі дії;

II стадія – визначає фізіологічні та психологічні недоліки працюючої людини та характерні саме для неї помилки (погана пам'ять або сповільнена реакція тощо);

III стадія – містить НД людини;

IV стадія – представляє саму аварійну ситуацію;

V стадія – ілюструє негативні наслідки аварії.

Серед вчених, які розвивали теорію «доміно», слід відзначити Е. Адамса, Ф. Берда та Р. Лофтаса.

3. Концепція «доміно» Е. Адамса припускає, що на перших трьох стадіях «доміно» спадковість індивідуума та його особистісні властивості не завжди грають провідну роль в скоєнні помилок, оскільки на цих стадіях головне значення мають специфічні організаційні помилки:

I стадія – висвітлює хибні зв'язки в структурі управління, коли помилок припускаються на його вищих (стратегічних) ланках;

II стадія – відбиває помилки власне управління, що провокуються на I стадії невдалим вибором цілей і завдань, плануванням і організацією виробничого процесу, а також виконання окремих операцій;

III стадія – включає так звані тактичні помилки, коли вже безпосередньо кояться НД чи створюються умови, що сприяють виникненню аварії.

Заслуга Адамса полягає в тому, що він вперше виявив причинно-наслідковий зв'язок стратегічних і тактичних помилок, тобто між діями менеджерів вищої ланки і виконавців нижчого рівня керування.

4. Модель Берда і Лофтаса базується на теорії Хайнріха, проте акцент зміщено на вплив менеджменту на процес формування причин промислових аварій. Ця модель також містить п'ять стадій, але перші три з них розглядаються з дещо інших засад (табл. 1.5), оскільки вважається, що:

I стадія відображає недоліки в управлінні;

II стадія – пов'язана з основними причинами аварії;

III стадія – з безпосередніми причинами.

Таблиця 1.5

Варіанти теорії «доміно»

Теорія	Ланки ланцюга				
	I	II	III	IV	V
Хайнріха	Спадковість і соціальне середовище	Особисті недоліки і помилки	Небезпечні дії	Аварія	Збиток, нещасні випадки
Адамса	Структура управління	Помилки управління	Тактичні помилки		
Берда і Лофтаса	Недоліки в управлінні: невідповідність стандартам	Основні причини: низька кваліфікація персоналу, дефекти устаткування	Безпосередні причини: Небезпечні дії людей або небезпечні умови праці		

До основних причин аварій відносяться недостатня кваліфікація персоналу і дефекти у використуваному устаткуванні, а безпосередні причини охоплюють НД людей і небезпечні умови їх праці.

5. Модель соціально-психологічного «доміно» пояснює появу ризиків в діяльності авіаційного персоналу базовою суперечністю, що породжує нестабільність соціально-психологічної системи. Йдеться про суперечність між встановленням цілей і реальним станом. Дійсно, керівництво державного підприємства «Украерорух» може ПР щодо покращення соціального захисту співробітників

або направити прибуток в розвиток матеріально-технічної бази (МТБ), залишивши рядових співробітників з надією на великі дивіденди у майбутньому. Або невиконання обов'язкових (SOP's) / бажаних вчинків та дій викликає різну реакцію. Прогул або вчинення ДОПР погроз для БП безпідставним порушенням НЕПС призведе до догани або звільнення з посади, а використання ненормативної лексики призведе лише до загального осудження з боку керівництва. Доведено також, що теорія «доміно» застосовна і для вивчення кадрових ризиків [414].

6. *Модель організаційних «патогенів» Дж. Різона* на відміну від теорії «доміно» встановлює, як саме взаємодія окремих елементів АТС призводить до аварії. Цей підхід ігнорувався під час розслідувань АП, оскільки у якості результату прагнули знайти «винуватців» подій.

Питання про умови, у яких були ПР, вважалися другорядними. І саме ця хибна тенденція була пошунута Дж. Різонам [526].

Його модель застосовує концепцію імунної системи людини, як джерело для проведення аналогії (рис. 1.15).

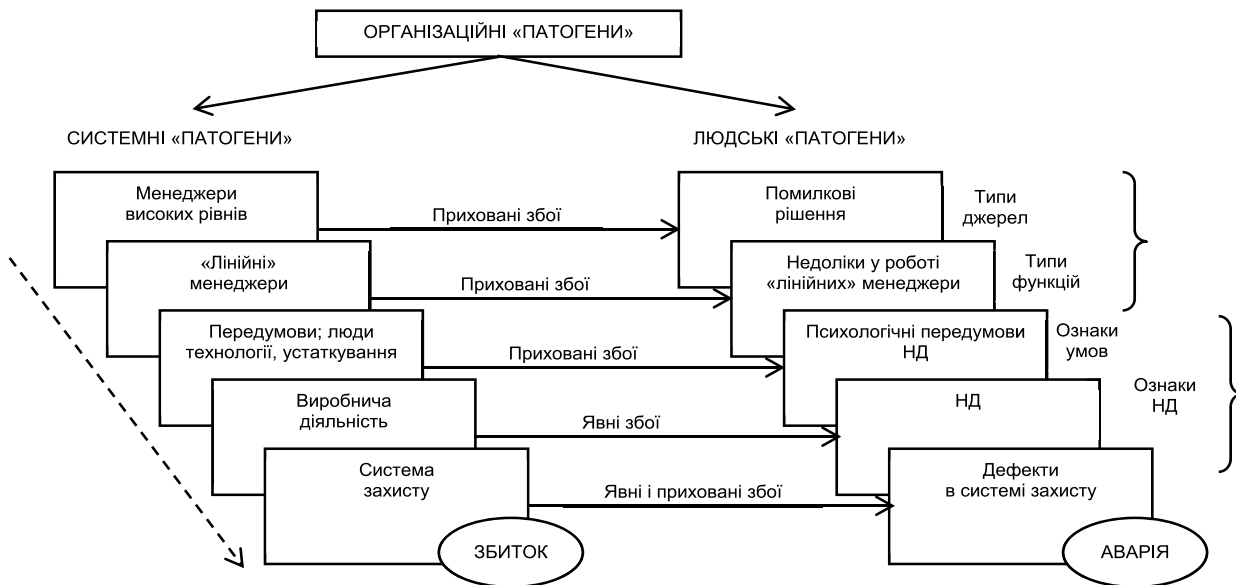


Рис. 1.15. Модель організаційних «патогенів» Дж. Різона (1993)

У зазначеній моделі кожен з компонентів системи несе в собі причини аварій у вигляді якихось аналогів патогенів, що порушують нормальні функції систем.

Наприклад, організаційні «патогени» викликають латентні помилки, приховані від спостереження. А ось латентні помилки накопичуються із часом і вступають у взаємодію. В результаті така ситуація призводить вже не до прихованих помилок, а до явних збоїв (тобто активних помилок) в роботі системи.

Модель Різона урахує два шляхи розповсюдження системного і людського «патогенів». Шлях системних патогенів включає п'ять важливих компонентів:

- 1) ПР на високих рівнях;
- 2) управління діями безпосередньо на РМ (праця так званих «лінійних» менеджерів);
- 3) передумови нештатних ситуацій у вигляді поведінки людей, технологій і устаткування;
- 4) виробнича діяльність, що вимагає синхронізації вчинків персоналу, роботи устаткування і постачання матеріалів;
- 5) система захисних заходів зводить до мінімуму можливість виникнення та реалізації потенційно небезпечних подій.

За Різонам важливість «патогенів» пропорційна рівню керівництва, де ПР стратегічного характеру. Йдеться, *по-перше*, про рішення, що приймалися самими творцями даної системи;

по-друге, про стратегічні рішення керівництва підприємств.

На зазначених рівнях визначаються фінальні цілі СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган УПР» і виконується розподіл ресурсів.

Стратегічні рішення мають забезпечити ефективність польотів із максимальним рівнем безпеки АТС. Зазвичай, ці цілі суперечливі, тому складності у пошуку компромісу ведуть до виникнення помилок.

Результат помилок породжує інші помилки на нижчих ієрархічних рівнях управління і завдяки недоробкам в стратегії викликають вже тактичні помилки. Помилки на нижчих рівнях, в свою чергу, виступають у ролі якогось «спускового гачка», який активізує прояв прихованих (латентних) помилок.

Другий компонент системних «патогенів» виникає під час дій лінійних менеджерів, які втілюють рішення, прийняті на вищих рівнях стратегічного керування АТС. Кожен з них виконує обмежену кількість функцій і має «зону відповідальності». Саме тут помилки, закладені в стратегічних рішеннях, дуже часто перетворюються на тактичні помилки.

Третій компонент системних «патогенів» знаходиться між лінійним управлінням і безпосередньою виробничою діяльністю. Лінійні менеджери взаємодіють з виробничим процесом,

що має характерну сукупність певних якостей, властивих устаткуванню, технологічним процесам і персоналу. Для устаткування це, в першу чергу, його відповідність технічним вимогам і параметри надійності, для технологічних процесів – ефективність і безпека, у співробітників – кваліфікація, зацікавленість в роботі і ставлення до неї, режим праці, дотримання правил безпеки і т.д. Все це Різона називає «передумовами».

Четвертий компонент системних «патогенів» охоплює виробничу діяльність людей і машин, що утворюють СПЦОАСУ. Центральним аспектом тут є синхронізація людських і машинних дій, яка забезпечує видачу готової продукції (здійснення авіаційного перевезення пасажирів і вантажу) в запланований час.

Останній, п'ятий компонент системних «патогенів» є системою заходів запобігання травмування людей і руйнування устаткування від тих небезпек і ризиків, з якими зв'язаний процес виробництва. Він важливий для передбачення усіх можливих варіантів розвитку нештатних (аварійних, техногенних) ситуацій, загрозливих здоров'ю людей або цілісності устаткування.

Людські патогени. Вважається, що шляхи людських і системних «патогенів» є паралельними і вони також містять п'ять вищерозглянутих компонентів, причому пари компонентів з двох рядів пов'язані між собою. Ці зв'язки проявляються в людських помилках як наслідок

системних помилок. При цьому приховані помилки характерні для перших трьох компонентів шляхів системних і людських «патогенів», а виробнича діяльність, як четвертий компонент, супроводжується лише активними помилками (явними збоями). В той же час п'ятий компонент (система захисних заходів) може давати обидва типи збоїв.

Модель Різона містить також розподіл людських помилок («патогенів») на *типи* і *ознаки*. Типи характеризують недоліки в організації конкретної складної системи керування, а ознаки – недоліки безпосередніх виконавців. Джерела помилок пов'язані із стратегічними рішеннями на високих рівнях управління, а джерела функцій – з безпосередніми діями «лінійних» менеджерів, помилковість яких спричинена хибною стратегією. Ознаки, зумовлені психологічними чинниками НД, пов'язані із мотивацією, ставленням до праці, увагою, і є ознаками умов. А ознаки, викликані виробничою діяльністю, де особливе місце належить взаємодії людини з машиною або електронною обчислювальною машиною (ЕОМ) – із ознаками НД.

Для зручності аналізу Різона ввів класифікацію НД, як потенційних причин аварій або техногенних надзвичайних ситуацій. Класифікація розглядає три головні типи людських помилок: промахи, упущення і помилки, а також особливий тип помилок, званих порушеннями (рис. 1.16)

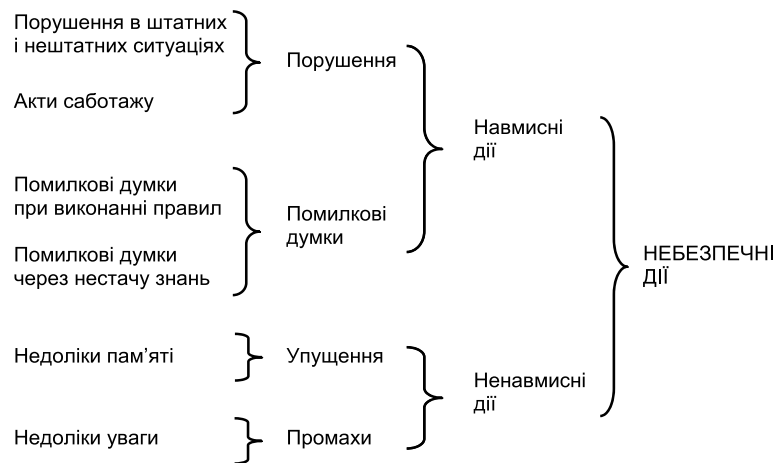


Рис. 1.16. Класифікація причин небезпечних дій персоналу, сприяючих аваріям і техногенним надзвичайним ситуаціям (за Дж. Різonom, 1990)

ІСАО розглядає кожну АП як НП, засади для виникнення якої могли накопичуватись впродовж тривалого часу. За умов досягнення певної «критичної маси», вже незалежно від природи засад, система безпеки досягає точки біфуркації, що призводить до її руйнації та втрати здатності до ліквідації будь-якої загрози [403].

У ситуації біфуркації будь-яка НД, що мала б усуватися СУБП, призводить до АП, що також бачимо у моделі Різона, де визначаються різні види

«внеску» людини в порушення цілісності СПЦОАСУ (рис. 1.17) [181; 268; 375; 403; 525; 526 та ін.].

Поведінка людини, що призводить до порушення цілісності, зазвичай властива системам, які, рухаючись у фазовому просторі, мають одну / декілька точок біфуркації. Наведене відповідає основним положенням теорії катастроф Р. Тома (René Thom) [117; 375; 538]. Цю теорію враховує підхід Різона, що дозволяє достатньо ефективно ілюструвати істинну природу АП.

На теперішній час методи теорії катастроф все частіше застосовуються для досліджень гуманістичних, за визначенням Лютфі А. Заде, систем [129]. Наприклад, катастрофічні моделі в дослідженнях американця С. Гастелло дозволяють також виділяти і описувати стійкі стани і шляхи зміни цих станів та наочно пояснити, чому зростання мотивації працівника або поліпшення виробничого клімату можуть не привести до очікуваного позитивного впливу на професійну успішність. Під теоретичну модель

збираються емпіричні дані, і методом нелінійної регресії оцінюється їх відповідність теоретичній моделі [506-508].

Життєвий цикл АТС та її підсистем безпосередньо залежить від розвитку суспільства, науково-технічного прогресу (НТП), властивостей авіаційного персоналу і навколишнього середовища. Тому необхідно систематизувати небезпеки і ризики, пов'язані з проявом ЛЧ в АТС. Основні переваги і вади розглянутих теорій людських помилок подані на рис. 1.18.

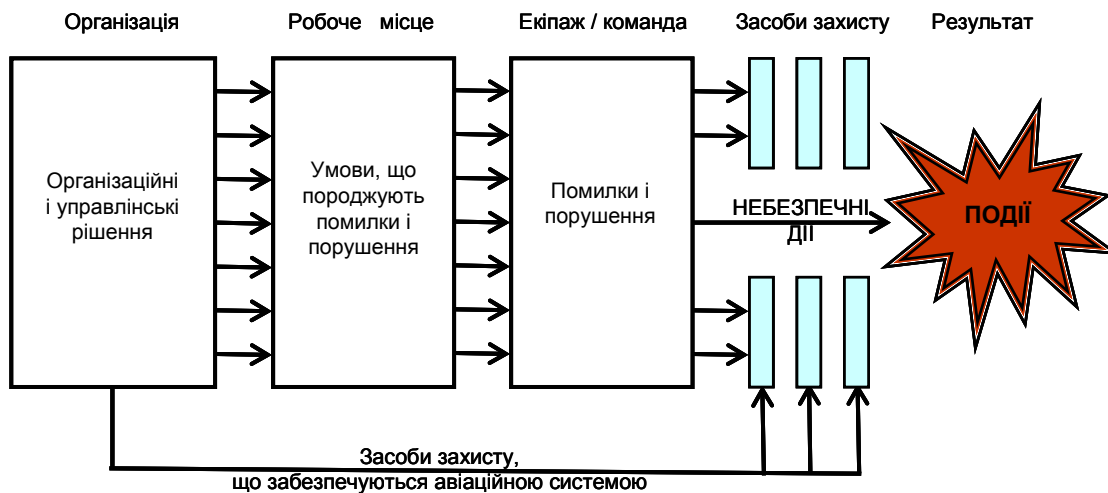


Рис. 1.17. Модель Дж. Різона встановлення причин авіаційних подій

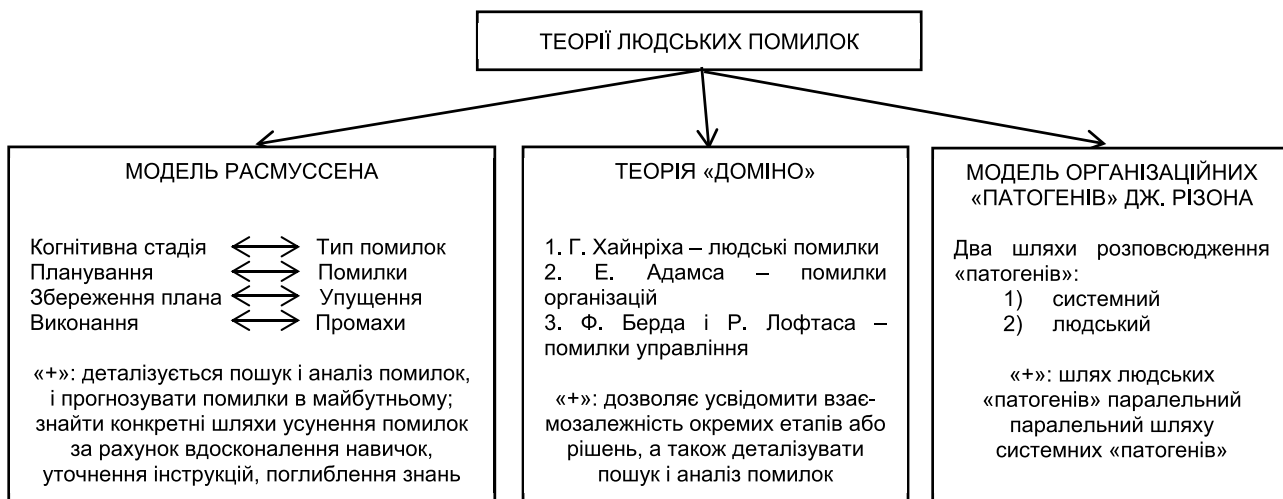


Рис. 1.18. Порівняння теорій виникнення людських помилок (С. Н. Тиц)

1.4. «Трикутник ризиків» ICAO в управлінні безпекою польотів та шляхи його рішення

Досвід системних досліджень процесів функціонування і розвитку АТС свідчить, що забезпечення належного рівня БП, неможливе без застосування ефективних проактивних за-

ходів управління ризиками, які є невід'ємною характеристикою систем і мають укладатися в концепцію так званого замкнутого «контур безпеки» (рис. 1.2). Це вимагає дієвого наповнення блоків №№ 3-5 рис. 1.19. І оскільки йдеться про УБП за ЛЧ, то у відповідних дослідженнях має бути врахована мікроструктура чинників ризику (табл. 1.6).

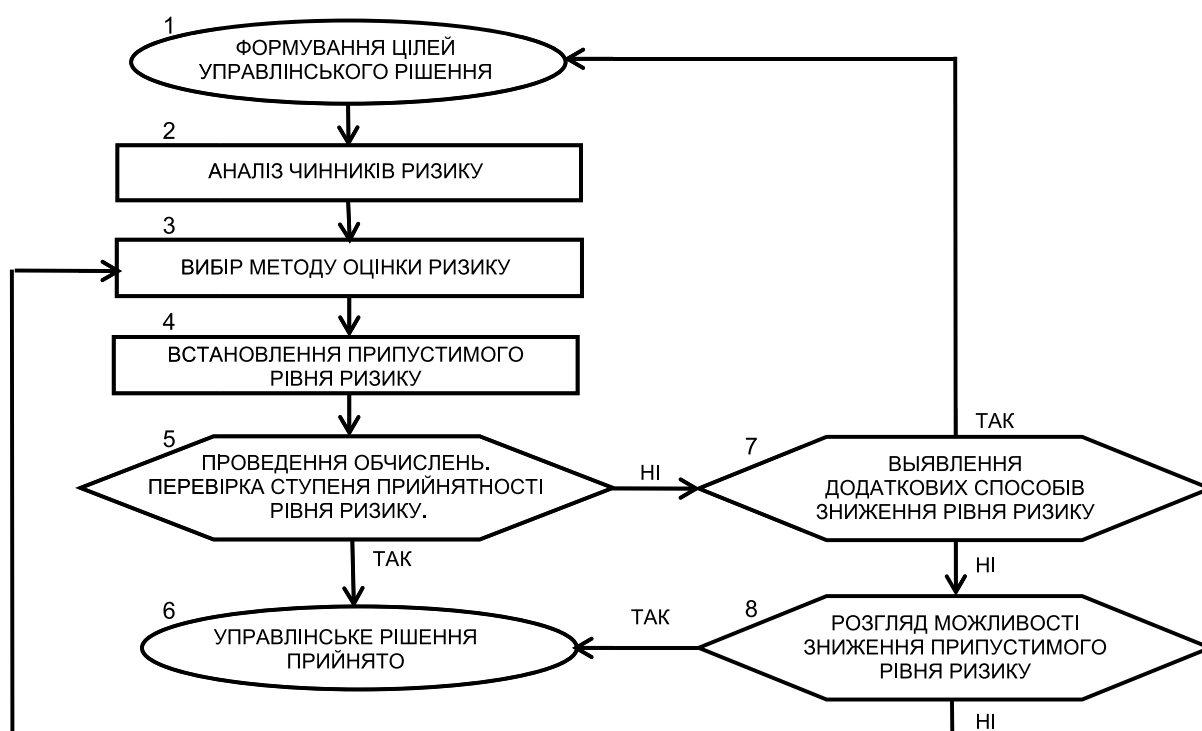


Рис. 1.19. Рекомендована ICAO блок-схема процесу управління ризиком

Таблиця 1.6

Мікроструктура чинників ризику

Рівень	Опис	Чинники ризику
1	2	3
Індивідний	Людина як біологічна істота	Вік Здоров'я Психофізіологічні особливості
Особистісний	Людина, як суб'єкт соціальних відносин	Міжособистісні конфлікти Неприйняття соціальних ролей Девмотивованість Акцентуації характеру
Професійний	Людина, як суб'єкт діяльності	Компетенції Кваліфікація
Морально-етичний	Людина, як носій цінностей і норм	Вірування Переконання Цінності Інтерналізація норм

ІСАО вважає, що БП – це також і «очікувана характеристика», яка має базуватися на оцінках ризиків, що виникають в АТС, стосується експлуатації ПС або безпосередньо забезпечує таку експлуатацію та впливає на УБП [17].

Під ризиком розумітимемо «можливість настання небажаної ситуації» [76; 150; 239; 241; 337; 381; 414; 449]. До дослідження цієї «можливості» мають бути застосовані різноманітні заходи, у тому числі кваліметричні, що має дозволити управлінській і операторській ланці АТС прогнозувати виникнення небезпечної ситуації та вжити дії для попередження небезпек і зниження рівня ризику [403].

Враховуючи, що відповідно до рекомендацій ІСАО УБП має відбуватися «по показниках»,

вирішення завдань управління ризиком вимагає відповідної кваліметрії, тобто визначення якісно-кількісних показників процесу управління, що є і актуальною, і складною проблемою ЦА, особливо в ракурсі врахування впливу ЛЧ на БП. Адже дійсно, наведені «характеристики» виявляються під час постійного моніторингу і кваліметрії ризиків в умовах функціонування АТС, що ускладнюється впливом об'єктивних і суб'єктивних чинників.

Узагальнюючи світовий досвід проактивних заходів з УБП, ІСАО видала спеціальне «Керівництво з управління безпекою польотів (КУБП)», де було запропоновано оцінювання загроз в ЦА за допомогою спеціального «трикутника ризиків» (рис. 1.20).

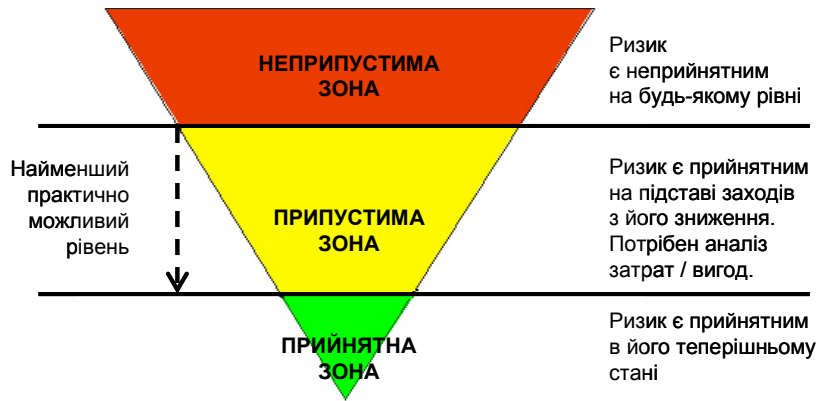


Рис. 1.20. «Трикутник ризиків» ІСАО в управлінні безпекою польотів

У КУБП було введено п'ять якісних показників диференціації РЧ і РН (серйозності) загроз, які методами нечіткої математики [129; 179; 241; 251; 466 та ін.] можна уявити як ТМ ЛЗ «РН» (див. вираз (1.1)) і ТМ ЛЗ «РЧ» [381; 422; 464 та ін.]:

$$T^M(PЧ) = \begin{matrix} \tilde{R}_Г(\tilde{R}_5) & \tilde{R}_I(\tilde{R}_4) & \tilde{R}_{ДР}(\tilde{R}_3) \\ \tilde{R}_{МІ}(\tilde{R}_2) & \tilde{R}_{УМ}(\tilde{R}_1) \end{matrix} \begin{matrix} \text{часто} + \text{іноді} + \text{дуже рідко} + \\ \text{малоімовірно} + \text{украї малоімовірно} \end{matrix} \quad (1.2)$$

де «+» – позначка операції логічного об'єднання термів у шкалу;

\tilde{R}_i – позначка терму (лінгвістичної оцінки) РЧ відповідної шкали.

Попарно сполучивши лінгвістичні характеристики РН і РЧ (граф 2 табл. 1.7), ІСАО було запропоновано матрицю ризиків (МР), за допомогою якої нібито вирішується в інтегрованому виді одна з проблем управління ризиками (табл. 1.7, 1.8), яка, до речі, має яскраво виражену невизначеність. Адже дійсно, 24% сполучень по-

казників РЧ і РН визнані однозначно неприйнятними, 44% – припустимими, 32% – прийнятними (рис. 1.21 а). При цьому критерії прийнятності / неприйнятності сполучень РН і РЧ небажаних подій не мають наукового обґрунтування, тому не є оптимальними.

Як бачимо з графі 2 табл. 1.7, 1.8, сполучення 1А «катастрофічної небезпеки», яка має відбуватися з частотою «украї малоімовірно», вважається «прийнятним», що відповідає здоровому глузду, оскільки будь-який політ ПС супроводжується певним ступенем ризику. Але при цьому вважається «припустимою» і фактично дзеркальна до розглянутої ситуація 5Е сполучення «мізерної небезпеки», яка може проявлятися «часто», що, на наш погляд, є неприйнятним. Оскільки це може призвести до акумулювання небезпеки і, як наслідок – до явища «факторного резонансу» [293], що, враховуючи сховані недоліки та небезпеки [174; 403] і може призвести до негативних наслідків, навіть за умов «здійснення заходів щодо зменшення ризику».

Таблиця 1.7

Запропоноване ІСАО рішення «трикутника ризиків» за допомогою матриці ризиків

Рівні «трикутника ризиків»	Якісний Індекс оцінки ризику	Пропоновані критерії (якісні висновки)
1	2	3
<p>НЕПРИПУСТИМА ЗОНА</p>	5А, 5В, 5С, 4А, 4В, 3С	Неприйнятний за існуючих умов
<p>ПРИПУСТИМА ЗОНА</p>	5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C	Прийнятний на основі заходів по зменшенню ризику. Може бути потрібним вирішення керівництва.
<p>ПРИЙНЯТНА ЗОНА</p>	3E, 2D, 2E, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E	Прийнятний

Запропоноване ICAO рішення «трикутника ризиків» за допомогою матриці ризиків (додаткова інтепретація)

Частота події	Небезпечність події				
	Катастрофічна, \tilde{R}_A	Небезпечна, \tilde{R}_B	Суттєва, \tilde{R}_C	Незначна, \tilde{R}_D	Мізерна, \tilde{R}_E
Часто, \tilde{R}_5	5 A	5 B	5 C	5 D	5 E
Іноді, \tilde{R}_4	4 A	4 B	4 C	4 D	4 E
Дуже рідко, \tilde{R}_3	3 C	3 B	3 C	3 D	3 E
Малоімовірно, \tilde{R}_2	2 A	2 B	2 C	2 D	2 E
Украй малоімовірно, \tilde{R}_1	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E

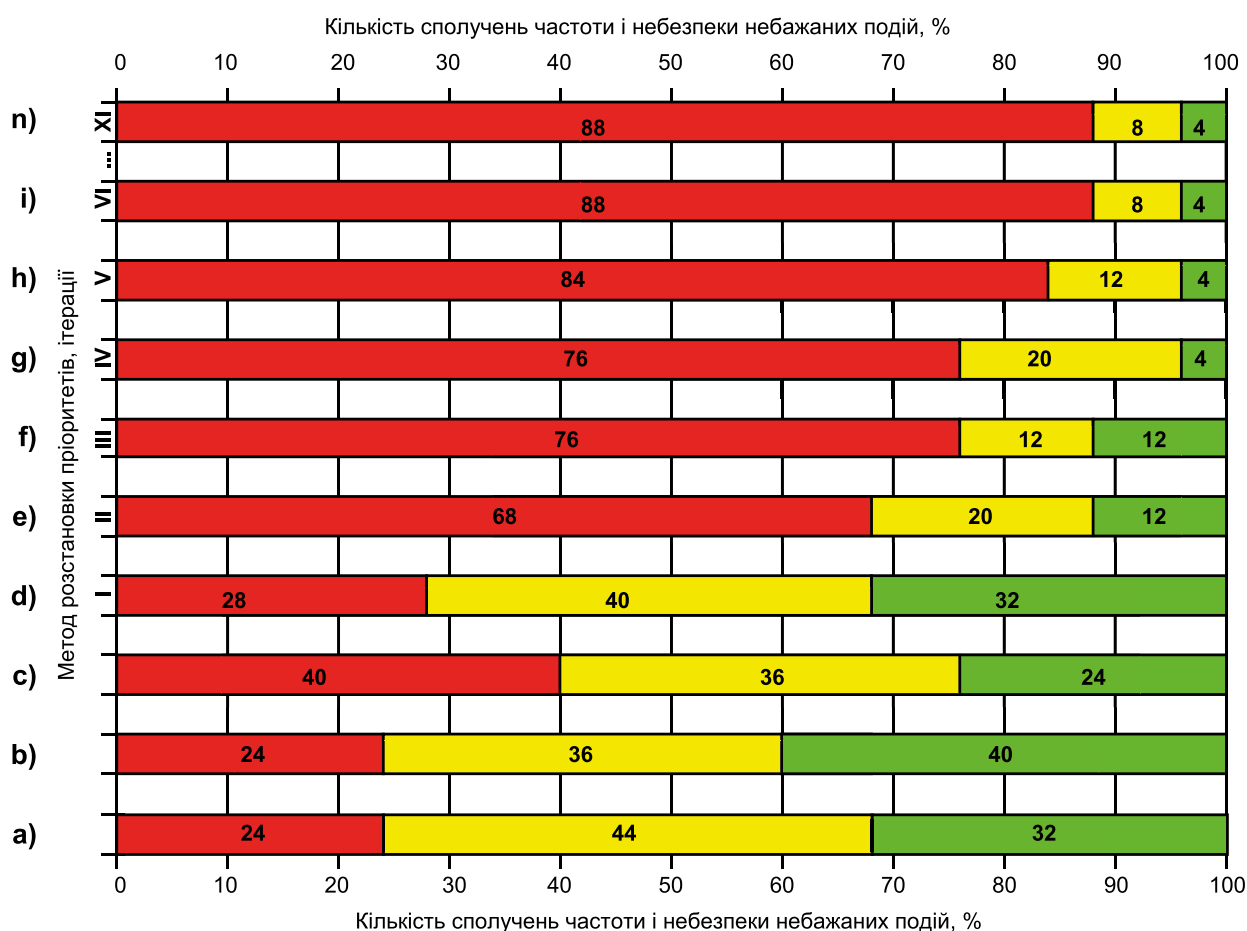


Рис. 1.21. Рішення «трикутника ризиків» різними аналітичними методами встановлення коефіцієнтів бажаності частоти і серйозності загрози:

■ – неприйнятний; ■ – припустимий; ■ – прийнятний ризик;
 а) – підхід ICAO; б) – підхід FAA; в) – застосування коефіцієнтів і функції бажаності Харрінгтона;
 д) - н) – результати застосування одинадцяти ітерацій методу розстановки пріоритетів

Упроваджуючи рекомендації ICAO щодо створення СУБП, FAA (Federal Aviation Administration) видала циркуляр, в якому у досліджуваній МР також 76% сполучень безпеки і

частоти небажаних подій вказані як загальноприйнятні (рис. 1.21 б) [514]. Проведений при цьому перерозподіл досліджуваних сполучень стосовно рекомендацій ICAO збільшив кількість

прийнятних сполучень з 32% до 40%, а ось припустимих, навпаки, зменшив з 44% до 36%.

Дослідження [120] показують, що при переході до оцінювання ризиків у просторі рідкісних подій, значення показників чинників небезпеки потрапляють в простір значень функцій розподілу щільності імовірності. Проте виходять при цьому за межі довірчих інтервалів, тобто в простір «розмитих хвостів». Тому простір застосування деяких аналітичних формул, що приймаються за вірогідні значення імовірності, можуть потрапляти в простір «розмитих хвостів», що є неприйнятним.

Ввівши позначки:

$f_{fz\text{tails}}$ – функція щільності розподілу імовірності з невизначеним («розмитим») «хвостом»;

$f(z)$ – чітка функція щільності розподілу імовірності, визначена на «гіперконусі істинності»;

\Leftrightarrow – еквівалентно;

or – оператор переваги вибору функції щільності розподілу імовірності,

отримуємо, що $f_{fz\text{tails}} \Leftrightarrow or \Leftrightarrow f(x)$.

У зв'язку з цим в нормативних документах ІСАО зазначена необхідність використання замість «probability» можливих нормованих деяким чином частот (шансів) настання подій з класу «likelihood» за умовчанням для усіх видів ризику що ідентифікується. Наведене, зокрема пов'язано з наступними обставинами. У класі розрахункових методів з нечіткістю множини початкових параметрів чи характеристик систем з нечіткими $f_{fz\text{tails}}$ розглядаються завдання:

1) встановлення відповідності $x(t)-f_k(t)$ для динамічних випадкових процесів $x(t)$ з безперервними функціями щільності розподілу імовірності;

2) встановлення відповідності $x(t)-f_k(t)$ для динамічних випадкових процесів $x(t)$ з дискретними розподілами.

Для зміни деяких дискретних станів $q_i \in Q$, $i = \overline{1, n}$, їх кількість вважається рахунковою і практично завжди кінцевою. При цьому кожен прогнозований процес зміни дискретних станів заздалегідь відомий по своїх властивостях, по кількості типу елементів, по розподілу щільності імовірності. Випадковість зазначених процесів полягає лише в невизначеності моментів часу виникнення станів.

Розмитість функції щільності розподілу імовірності $f_{fz\text{tails}}$ виникає унаслідок того, що будь-які розрахункові функції щільності розподілу імовірності завжди відображають результати експериментів, що містять як певні помилки обробки, так і невизначеність інформації про закон розподілу імовірності із-за недостатнього об'єму статистичних даних.

Таким чином, проблема дослідження рідкісних подій зв'язана з урахуванням чинника невизначеності щільності розподілу імовірності з розмитими «хвостами», а також чинника невизначеності призначення границь довірчих інтер-

валів. Через це проблема процесів «розмитості» вирішується спеціальним чином залежно від типу невизначеності і способу завдання функцій щільності розподілу імовірності $f_x(t)$ [167].

Зазвичай оцінка імовірності рідкісної події при інших значеннях процесу, що знаходиться в зоні «хвоста» щільності розподілу імовірності, неможлива за відсутності інформації.

Будь-яка гіпотетична і теоретична інформація про щільність розподілу імовірності невизначена і, отже, імовірнісний підхід стає не повністю коректним, що вимагає застосування іншого підходу. У праці [467] запропоновано визначати ступінь ризику R мультиплікацією показників PH і PC :

$$R = P \cdot S, \quad (1.3)$$

де P – показник частоти небезпечної події;

S – показник серйозності наслідків НП.

Логічно припускаючи, що практично неймовірним подіям і подіям з мізерними негативними наслідками відповідають значення $P=0$ та $S=0$, а цілком імовірним подіям та подіям з катастрофічним наслідком відповідають значення $P=1$ та $S=1$, справедливо визначити їх варіативний діапазон: $P=[0, 1]$, $S=[0, 1]$. Вказані діапазони ділять на п'ять рівних частин (табл. 1.9), що нібито відкриває перспективи для мультиплікації відповідних кількісних показників, які отримуються згідно формули (1.3).

Далі кожному сполученню MP присвоюється діапазон, відповідно до сполучення якісних характеристик PH та PC , що призводить, до певної невизначеності, оскільки ці діапазони перетинаються (табл. 1.9). Наприклад, значення $R=0.48$ одночасно відповідає, з одного боку, неприпустимому ризику (сполучення $5C$, $4B$, $3A$), а, з іншого боку, припустимому ризику (сполучення $4B$, $3C$). Що пояснюється суб'єктивністю введених оцінок P та S [467], оскільки лінійність зміни цих показників на введених діапазонах інтервалу $[0, 1]$ принципово неприйнятна.

Отримана невизначеність може бути і наслідком скалярного визначення ризику по формулі (1.3), тоді як відповідно до рекомендацій праці [239] мова має йти про векторний показник виду:

$$\vec{R} = \vec{P} \cdot \vec{S}. \quad (1.4)$$

Зауважимо також, що більш зручний аналіз показника R можна робити, якщо перейти від виразу (1.3) до наступного:

$$\dot{R} = \sqrt{P \cdot S}. \quad (1.5)$$

Неоднозначність і суперечність пропозицій щодо УБП в практичній діяльності вимагає розгляду питань про переваги і вади застосування MP . Її ґрунтовному дослідженню присвячена праця [492], де проаналізовані варіанти матриць від 2×2 і до 5×5 , використовувани в різних виробництвах,

транспорті, військовій справі. В зазначеній праці застосовується поняття «слабка спроможність» (weak consistency), яким як мінімум має володіти

МР. Це поняття можна стисло сформулювати так: неприйнятний ризик (у його кількісній інтерпретації) має бути завжди більше прийнятного.

Таблиця 1.9

Кількісна інтерпретація матриці ризиків ІСАО (В.Д. Шаров)

		РН _j				
		А	В	С	Д	Е
РЧ _i	Імовірність	0,81 – 1,00	0,61 – 0,80	0,41 – 0,60	0,21 – 0,40	0 – 0,20
5	0,81 – 1,00	0,6561 – 1,00	0,4941 – 0,80	0,3321 – 0,6	0,1701 – 0,4	0 – 0,2
4	0,61 – 0,80	0,4941 – 0,8	0,3721 – 0,64	0,2501 – 0,48	0,1281 – 0,32	0 – 0,16
3	0,41 – 0,60	0,3321 – 0,6	0,2501 – 0,48	0,1681 – 0,36	0,0861 – 0,24	0 – 0,12
2	0,21 – 0,40	0,1701 – 0,4	0,1281 – 0,32	0,0861 – 0,24	0,0441 – 0,16	0 – 0,08
1	0 – 0,20	0 – 0,20	0 – 0,16	0 – 0,12	0 – 0,08	0 – 0,04

Властивість «слабкої спроможності» є необхідною для МР. Тому доводяться дві важливі теореми:

1) сполучення РН і РЧ, що відповідають неприйнятному (червоні клітинки матриці) і прийнятному (зелені клітинки) ризику, не повинні мати загальних границь;

2) введення «проміжних градацій (кольорів)» клітинок (більше трьох в матриці 5×5) не збільшує корисність матриці.

Доведено, що МР не завжди є засадою для кращого ПР щодо розподілу ресурсів в порівнянні з випадковим рішенням, особливо при негативній кореляції показників *P* і *S*. Вона достовірно розрізняє неприйнятні і прийнятні ризики лише за умов задоволення властивості слабкої спроможності. Тому ризики лише 10% випадково вибраних пар чинників небезпеки (hazards) мають однозначне кількісне порівняння за допомогою стандартної МР [492].

МР вимагає обережного застосування і не може бути єдиним джерелом ефективного ПР для УБП, оскільки існує залежність від іншої кількісної інформації (вартість заходів, що коректують небезпеку, зниження ризику, що при цьому досягається, взаємний вплив дій і залишкових ризиків тощо). Тому, враховуючи вплив ЛЧ на БП, незвичайно важливими є пропозиції праці [192] щодо необхідності введення при оцінюванні, аналізі та управлінні ризиками додаткових параметрів, що мають враховувати його специфіку. Спираючись на працю [14], порушимо питання, з одного боку, про розв'язання «трикутника ризиків» ІСАО за допомогою коефіцієнтів бажаності (КБ) якісних показників РЧ і РН АП, агрегованих мультиплікативною функцією Харрінгтона (Е. С. Harrington) [2; 511], а з іншого боку, – про визначення нових методів та моделей рішення МР для потреб АО «переднього краю». При цьому слід зазначити, що КБ Харрінгтона (які були встановлені для якісної, лінгвістичної шкали з розмірністю, аналогічній розмірності досліджуваних шкал (1.1) та (1.2)) також сприяє досягненню сформульованої мети (рис. 1.22).

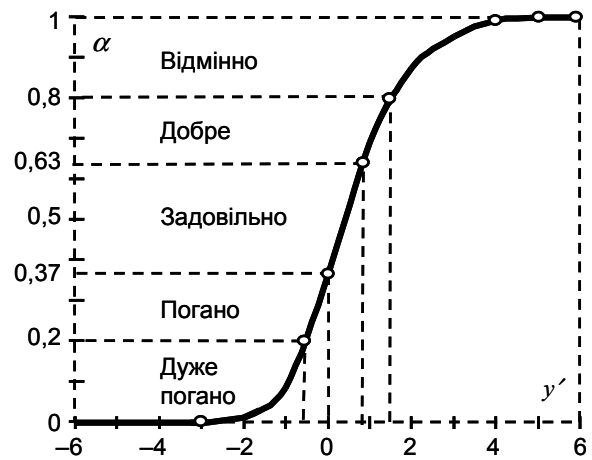


Рис. 1.22. Загальний вид функції бажаності Харрінгтона

Крива на рис. 1.22 має такі корисні властивості як безперервність, монотонність і гладкість. Вона добре ілюструє той факт, що у межах бажаності, наближених до 0 чи 1, «чутливість» її суттєво нижче, ніж в середній зоні. Інтегративний показник ризику визначається мультиплікативною за допомогою функції бажаності Харрінгтона (ФБХ) [2; 511], коли обчислення зводяться до знаходження звичайного середнього геометричного значень КБРЧ і КБРН небажаних подій:

$$\alpha_{\tilde{R}_i} = \sqrt{\alpha_j^{P \times} \cdot \alpha_k^{PH}} \quad (1.6)$$

де $\alpha_{\tilde{R}_i}$ – інтегрований (цілісний) кількісний показник *i*-го сполучення ($i = \overline{1, 25}$) КБРЧ $\alpha_j^{P \times}$, $j = \overline{1, 5}$, та КБРН α_k^{PH} , $k = \overline{1, 5}$.

На відміну від більш розповсюдженого адитивного підходу, який передбачає можливість компенсації великих значень маленькими і навпаки, формула (1.5) відкриває можливість лише відносної компенсації невеликих значень КБРЧ і КБРН НП великими. Вона є кількісним, однозначним, єдиним і універсальним інтегральним показником ризику. Оскільки цій функції також властиві адекватність, ефективність і статистична чутливість,

узагальнена функція бажаності (1.5) дійсно може бути застосовна як критерій оптимізації.

На рис. 1.21 с) показано, що в такому випадку кількість загальноприйнятих сполучень РН і РЧ порівняно з рекомендаціями ІСАО та FAA зменшується до 60%, що свідчить про дещо більшу суворість вимог до розв'язання «трикутника ризиків». Наведені міркування базуються на нелінійності КБ Харрінгтона, що логічно з точки зору нелінійності сприйняття якісних характеристик РН та РЧ і що однозначно відповідає перманентним вимогам ІСАО до забезпечення належного рівня БП.

З виразів (1.1) та (1.2) очевидне ранжування якісних характеристик РЧ та РН настання НП:

$$\begin{cases} \tilde{R}_E > \tilde{R}_D > \tilde{R}_C > \tilde{R}_B > \tilde{R}_A \\ \tilde{R}_1 > \tilde{R}_2 > \tilde{R}_3 > \tilde{R}_4 > \tilde{R}_5 \end{cases} \quad (1.7)$$

Наведене відкриває перспективи для дефазифікації якісних показників, враховуючи досвід досліджень [143; 317; 351; 356 та ін.] і за допо-

могою методу розстановки пріоритетів (МРП), відомого також як «задача про лідера» [37; 44]. Це дозволяє урахувати можливість побічних (непрямих, опосередкованих) переваг одного значення якісного показника перед іншим [143; 317; 351; 356]. Результати застосування МРП для обчислень КБ якісних показників РН і РЧ на одинадцяти перших ітераціях подані у табл. 1.10.

Динаміку диференціації (збільшення нелінійності) шуканих коефіцієнтів серйозності і частоти погроз ілюструє рис. 1.23.

Відповідно до даних табл. 1.10 та формули (1.6) нескладно знайти показники $\alpha_{\tilde{R}_i}$ для усіх сполучень якісних показників РН і РЧ. Далі, розбивши отриманий в наведений спосіб інтервал зміни інтегративного показника ризику на три частини, вирішуємо «трикутник ризиків» по показниках неприйнятності, припустимості та прийнятності його рівнів (рис. 1.21 d) – n)) [14; 232; 531].

I ітерація застосування МРП дає 72% загальної кількості прийнятних сполучень РН і РЧ, що максимально наближено до пропозицій ІСАО (76%).

Таблиця 1.10

Результати застосування методу розстановки пріоритетів для встановлення коефіцієнтів бажаності якісних показників частоти і небезпеки подій

Показник		Ітерація, на якій отримані відповідні КБ										
РН	РЧ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
E	1	0,36	0,4824	0,5733	0,6407	0,6914	0,7303	0,7610	0,7856	0,8057	0,8225	0,8367
D	2	0,28	0,2941	0,2800	0,2575	0,2345	0,2136	0,1953	0,1793	0,1656	0,1536	0,1431
C	3	0,20	0,1529	0,1111	0,0818	0,0619	0,0482	0,0384	0,0312	0,0259	0,0217	0,0185
B	4	0,12	0,0588	0,0311	0,0180	0,0112	0,0074	0,0051	0,0037	0,0027	0,0021	0,0016
A	5	0,04	0,0118	0,0044	0,0020	0,0010	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
Σ		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

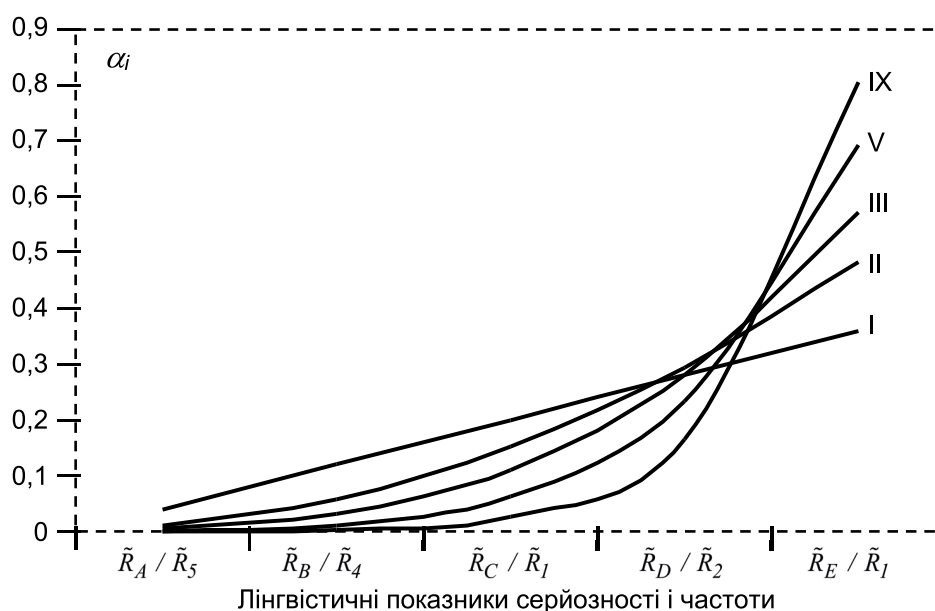


Рис. 1.23. Номограма динаміки нелінійності коефіцієнтів серйозності і частоти небезпек в залежності від ітерації застосування методу розстановки пріоритетів

За таких умов йдеться про лінійну залежність КБ (графа 3 табл. 1.10), що неприйнятно, адже нелінійність зазначених коефіцієнтів пояснюється:

- 1) здоровим глуздом;
- 2) вимогами забезпечення належного рівня БП;
- 3) нечіткими операціями, які звичайно застосовуються при побудові лінгвістичних шкал [129; 179; 241; 251; 466 та ін.].

Нелінійність шуканих КБ починається вже з II ітерації застосування МРП, однак більшість сполучень РН і РЧ (68%) вже не входить у межі прийнятності, хоча такі результати в цілому задовольняють суворим вимогам до забезпечення належного рівня БП.

Як бачимо з табл. 1.10 та рис. 1.21, кожна наступна ітерація застосування МРП призводить до суттєвого зменшення кількості прийнятних сполучень. Починаючи з VI ітерації усього два сполучення відповідатимуть критерію припустимого рівня ризику і одне – прийнятному. Тому порушується питання щодо пошуку інших методів, технологій, процедур рішення «трикутника ризиків», причому в добре вимірюваних і зрозумілих фізичних показниках і характеристиках професійної діяльності АО. Враховуючи специфіку такої діяльності відповідні дослідження мають стосуватися ПР ДОПР щодо порушень НЕПС. Закономірності небезпеки зазначених порушень оцінюються за допомогою:

- 1) нечітких моделей ПР [14; 53; 232; 236; 250; 326; 332; 337; 340; 366; 381; 383; 422; 464; 527-530; 531 та ін.];

- 2) ОФК, що визначають ОДПР в умовах ризику і будуються для закритих ЗПР по обмеженій кількості точок [14; 51; 88; 113; 238; 328; 337; 374; 381; 422; 423 та ін.];

- 2) ОФК, що визначають РД, і будуються для відкритих ЗПР по формально необмеженій кількості точок [14; 235; 337; 342; 372; 381; 389; 422 та ін.].

1.5. Висновки до розділу 1

Узагальнюючи результати аналітико-теоретичних досліджень проблеми впливу ЛЧ на безпеку АТС, слід привернути увагу до таких найбільш важливих положень.

1. Проведений детальний аналіз фундаментальних концепцій ІСАО та наукових праць щодо впливу ЛЧ на БП. Визначено, що ЛЧ в системі АНС – це сукупність знань про ДОПР у робочому та навколишньому середовищі; про його взаємодію з РТЗ і АС УПР, правилами, а також з іншими людьми в спільній діяльності.

2. Завдання оптимізації діяльності ДОПР вимагає застосування ЛЧ в рамках системного використання наукових знань про людину, особливо під час ПР, які віднесені ІСАО до кваліфікаційних вимог АО «переднього краю».

3. В рамках поточної парадигми БП ІСАО важливішою її складовою є «ставлення авіаційно-

го персоналу до небезпечних дій або умов», яке з позицій прояву ЛЧ пояснює і взаємний вплив усіх інших складників парадигми. Обґрунтовано проведення спеціальних проактивних кваліметричних досліджень зазначеного «ставлення».

4. Проведений аналіз стикання / нестикання блоків моделі SHELL як загального засобу виявлення помилкових рішень та небезпек в АТС. Важливішим визнано стикання / нестикання блоків «L-S» (суб'єкт – процедури), що відображає ставлення АО «переднього краю» до норм і процедур професійної діяльності, а також мотивацію на їх дотримання.

5. Сучасні моделі ризику ЛЧ мають таку специфіку:

- модель Расмуссена співставляє стадії діяльності і відповідні типи помилок, а також деталізує пошук і аналіз помилок, дозволяє прогнозувати помилки; знайти конкретні шляхи їх усунення за рахунок вдосконалення навичок, уточнення інструкцій, поглиблення знань;

- моделі «доміно» дозволяють: виявити людські помилки (Г. Хайнріх), помилки організації (Е. Адамс) та помилки управління (Ф. Берд і Р. Лофтас). Загальним для них є можливість усвідомлення взаємозалежності окремих етапів або рішень, а також деталізувати пошук і аналіз помилок;

- модель організаційних «патогенів» Дж. Різона є найбільш розповсюдженою у ЦА і охоплює системні і людські ланки авіаційної транспортної системи. При цьому шлях людських «патогенів» паралельний шляху системних. Модель дозволяє виявити латентні (сховані) недоліки в системі, обумовлені ЛЧ.

Загальним зауваженням до розглянутих моделей є їх ретроактивний характер, тому прогнозування здійснюється лише на підставі статистики подій, що вже відбулися.

6. Виявлені недоліки пропонуваного ІСАО методу рішення «трикутника ризиків», коли відповідні висновки щодо рівнів ризику небезпечних подій формуються лише на основі співвідношення лінгвістичних показників РН і РЧ цих подій. Спираючись на досвід особистісних досліджень і науково-педагогічної праці, досвід безпосереднього УПР і інструкторської праці співавторів цієї монографії, обґрунтовано можливість вирішення «трикутника ризиків» по показнику РН, застосовуючи нечіткі і чіткі моделі ПР в умовах ризику, що дає змогу отримати відповідні показники в добре вимірюваних фізичних показниках.

7. Наведені результати теоретично-аналітичних досліджень, дозволили виявити певні «білі плями» у безперервному ланцюгу досліджень впливу ЛЧ на безпеку АТС, зокрема такої її важливої підсистеми, як АНС, що дало змогу сформулювати мету і завдання досліджень, результати яких будуть подані нижче.

Розділ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМНО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ КВАЛІМЕТРІЇ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА В ПРОЦЕСАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

2.1 Принципи системності у дослідженні авіаційних систем

Діяльність ДОПР є складним процесом, утворюваним багатьма різнорідними елементами, частинними процесами та множиною їх співвідношень [109]. Згідно принципу емерджентності [26; 241; 281; 367] досліджуваній СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» притаманні нові властивості та функції, яких не мають її складові елементи [71; 111; 201; 254 та ін.].

Будь-яка система має певні закономірності функціонування, які стосуються лише її організації, а конкретний зміст й призначення не впливають на їх вивчення. Це зумовлено абстрагованістю властивостей організації – наявністю відношень підлеглості між елементами, впорядкованості процедур, узгодженість дій і цілей, своєчасності передачі інформації та керування, впливу на спрямованість процесів тощо. Тому управління досліджуваною СПЦОАСУ чи ПП АО вимагає визначення відповідних алгоритмів, принципів та процесів керування [26; 108; 142; 169 та ін.]. І оскільки процес керування у найпростішому вигляді складається з послідовного ряду таких дій з:

*оцінювання проблеми ⇒ визначення мети ⇒
⇒ пошуку способів досягнення мети ⇒
⇒ прогнозування ⇒
⇒ прийняття рішення щодо вибору способу,*

то, за умов наявності декількох відомих способів їх виконання, саме ПР є основним кроком керування, адже це є головна функція будь-якого менеджменту. При цьому не важливо, чи є досягнута мета діяльності остаточною, чи проміжною, сукупність яких формує так звану траєкторію досягнення БКР.

Проблеми ПР в умовах аналізу великої кількості інформації та альтернатив, з яких здійснюється вибір під впливом різноманітних чинників (об'єктивних / суб'єктивних, внутрішніх / зовнішніх), а також ризиків та невизначеності вивчаються методологією СА [109]. Тому методи СА (МСА) є ефективними в дослідженнях процесів діяльності та ПП АО «переднього краю», оскільки враховують вплив чисельних чинників,

що можуть мати стохастичну (імовірнісну, випадкову, частотну), детерміновану (закономірну, визначену), змішану або невизначену (нестохастичну) природу. Слід констатувати, що зміст багатьох концепцій СА простий та багато в чому схожий на те, що осмислено та сформульовано в багатьох психологічних теоріях мислення [169; 297; 320 та ін.], що досліджують процес розв'язання ЗПР. Наведене дозволяє застосувати основні принципи СА (ПСА) для досліджень проблем управління та кваліметрії процесів діяльності та ПП АО «переднього краю».

Керування, як важливіший елемент функціонування СПЦОАСУ [13; 109; 163; 169; 241; 281 та ін.], пов'язане із постановкою та вибором цілей, а можливість зміни альтернативи додає процесу варіативності, що, в свою чергу, сприяє досягненню мети за рахунок можливості вибору найкращої альтернативи з кількох [29; 98; 169; 231; 241; 433]. Для вивчення процесів функціонування досліджуваної СПЦОАСУ чи ПП АО «переднього краю» зазвичай застосовують узагальнений досвід досліджень людської діяльності у складних системах керування за допомогою певних ПСА.

Здебільшого ПСА орієнтовані на специфічні особливості досліджуваних систем, однак серед них можна виділити певні загальні, що притаманні більшості систем (рис. 2.1) [26; 92; 109; 163; 218; 281; 320; 407]. А саме.

Принцип кінцевого (остаточного, бажаного) результату означає, що суцільний процес професійної діяльності чи ПП АО «переднього краю» має завершитися певними формалізованими результатами, які можна перевірити та порівняти із еталонними. Стосовно ПП йдеться про те, що ДОПР мають досягти такого рівня ЗУПН, який дозволяє їм забезпечувати належний рівень БП під час ОПР. Це також значить, що зміна чи вдосконалення будь-якого навчально-методичного елемента [52; 66; 419], організаційно-керуючих підходів [55; 61] або технічного тренажерного обладнання [54; 487] чи РТЗ УПР [486] мають відповідати критерію зменшення ресурсів, витрачених на досягнення глобальної мети, або підвищенню якості БКР [65; 68; 485; 489].



Рис. 2.1. Головні принципи системного аналізу, застосовані у дослідженнях

Мета, в свою чергу, має бути відповідним чином сформульованою, оскільки БП нормується чисельною низкою нормативних документів, в тому числі й міжнародних, із чітко визначеними вимогами. Формулювання мети для СПЦОАСУ має відповідати критеріям раціонального ПР (придатності, оптимальності, адаптивності) [241]. Наявність строго визначеної мети робить систему цілеспрямованою. Наступні критерії дозволяють судити про дотримання раціональності під час вибору БКР функціонування досліджуваної СПЦОАСУ чи системи ПП АО «переднього краю» [13; 109; 365]:

1) сформульована мета однозначна і не допускає невизначеного трактування. Нечітке визначення цілі може призвести до нечіткості в структурі та зв'язках між складниками системи. Що, з одного боку, сприятиме зайвому зростанню витрачених ресурсів і, з іншого, призведе до появи шансів недосягнення цілі;

2) під час застосування МСА мета діяльності має бути сформульованою чітко та точно;

3) під час функціонування системи кожне рішення щодо зміни її структури, складових або зв'язків між ними має оцінюватись з точки зору наближення / віддалення від досягнення БКР;

4) ціль функціонування підсистеми задається її надсистемою, для якої підсистема є складовою частиною.

Принципи № 2 і № 3 (рис. 2.1) пов'язані і стосуються залежності мети функціонування досліджуваної СПЦОАСУ від змін в ній. При цьому принцип єдності вказує, що під час аналізу окремих складників постійно враховується загальна мета функціонування системи, оскільки досягнення БКР є наслідком комплексу взаємодій між елементами системи, збалансованої належним чином. Зміна цього балансу на користь окремої частинної мети може негативно вплинути на

глобальну ціль. В той же час, принцип зв'язності вказує, що система завжди залежить від зовнішнього оточення, знаходиться у так званому «зв'язковому вакуумі» і є супер-системою найвищого порядку.

Досліджувана СПЦОАСУ, будучи супер-системою для своїх складників, у свою чергу, є під-системою для більшої структурної одиниці (наприклад, АТС). Це важливо для розуміння того, що аналогічно агрегації локальних цілей кожної складової системи у глобальну системну ціль відбувається перетворення цілі, глобальної для системи, у відповідну супер-ціль вже супер-системи. Так само, супер-ціль супер-системи накладає певні обмеження на глобальну системну ціль тощо.

Глобальна системна ціль накладає обмеження на локальні цілі складових системних елементів. Такі феномени спостерігаються для каналів передачі даних, керуючих впливів, зворотного зв'язку тощо. Урахування принципу зв'язності в результаті призводить до таких наслідків [281]:

по-перше, супер-система є керуючим елементом для досліджуваної системи та ставить перед нею обмеження, зумовлені БКР. Ці обмеження формально можна подати у вигляді кількісних критеріїв, в межах яких має знаходитись результуючий вихід досліджуваної системи (тут мова йде про єдиний вихідний показник в той час, як за умов наявності багатьох таких показників можна говорити про обмеження фазового простору стану системи);

по-друге, система регулює виходи своїх складових елементів, накладаючи на їх вихідні параметри певні обмеження, які будуть ураховані зазначеними елементами аналогічно до попереднього наслідку;

по-третє, досліджувана система залежна від супер-системи на рівні обмеження вихід-

них параметрів. Складові елементи системи залежать від неї на рівні обмеження вихідних параметрів, які є внутрішніми та проміжними для досліджуваної системи.

Залежно від етапу аналізу, обидва принципи можуть бути використані в тій чи іншій мірі, хоча повне їх ігнорування може призвести до небажаних наслідків. Строго кажучи, відсутність критеріїв, зумовлених супер-ціллю для системи, призведе до обмеження її параметрів будь-якого рівня вкладеності, на рівні фізичних властивостей нашого світу.

Принцип модульності зумовлює роботу із складовими компонентами системи, як із відокремленими частинами, які підлягають заміщенню, корекції або просто видаленню із налаштуванням обірваних зв'язків між іншими компонентами. Цей принцип підкреслює можливість швидкої зміни структури системи задля підвищення її ефективності, усунення структурних недоліків або виконання іншої важливої операції із складом системи. Принцип вимагає наявності у системі заздалегідь визначеного набору інформації, щоб зміна місця окремого елемента не призвела до порушення роботи інформаційних потоків. Також групи елементів можна об'єднувати та описувати їх роботу, як «чорну скриню», що зазвичай спрощує опис системи [26; 281].

Принцип ієрархічності визначає обов'язкову підлеглість між будь-якими двома зв'язаними елементами або процесами системи [92; 96; 107; 256; 257; 365]. Підлеглість (або ранжирування за підлеглістю) визначає черговість виконання завдань системою, порядок виклику процедур та генерації керівних сигналів.

Принцип превалювання визначає перевагу у послідовності вивчення процесів функціонування досліджуваної СПЦОАСУ за допомогою СА. Превалювання вказує пріоритет серед таких категорій, як структура, алгоритми, функції, результати, складові, тощо. Напряму цей принцип не втручається в жодну із перелічених категорій, але пріоритетність, зазначена ним, впливає на подальші міркування та остаточні результати. Для випадку досліджень процесів функціонування СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОНР» чи системи ПП АО першочерговими є результати забезпечення належного рівня БП / ПП, другорядними є функції [13; 91; 241]. Структура, алгоритми та інші категорії вже не мають пріоритетності та їх складники визначаються під час аналізу. Розглянутий принцип сприяє виявлення СП АО «переднього краю» на показниках та характеристиках професійної діяльності.

Динамічність системи – це її здатність до розвитку, адаптації, розширення, заміни частин, накопичення інформації. Цей ПСА передбачає мінливість середовища існування досліджуваної СПЦОАСУ та необхідність внесення змін у будь-

яку категорію її елементів. Принцип включає в себе і необхідність урахування траєкторії розвитку системи, тобто послідовності виникнення у неї нових потреб у задоволенні функціональних вимог, а також рефлексивних структурних змін на це виникнення.

Природні системи усіх рівнів здебільшого мають функції самостійної зміни та розвитку, вбудовані із початку їх існування, що відповідає феномену еволюції. Погляд на системи штучного інтелекту (ШІ) з цієї точки зору призвів до появи циклічних процесуальних підходів, коли умовні фази, через які проходить досліджувана СПЦОАСУ (проекування, вироблення, введення в експлуатацію, зворотний зв'язок та безпосередня експлуатація, нарощування можливостей (модернізація), вивід з експлуатації (заміна) тощо) постійно повторюються.

Принцип розподільності. Керування досліджуваною СПЦОАСУ вимагає генерації керівних сигналів для будь-якого активного її елемента. Для систем із малою кількістю елементів керування усіма ними не становить великої проблеми, але у системах, подібних до досліджуваної нами, велика кількість різнорідних елементів та категорії складових вимагає занадто великої кількості керівних впливів від центрального керівного елемента. У такому випадку принцип розподільності вказує, що для підвищення надійності, ефективності та гнучкості СПЦОАСУ необхідно передати право на генерацію частини керівних впливів від центрального елемента до складових блоків системи. При цьому дійсно важливі рішення щодо роботи системи приймаються центральним керуючим елементом, а локально важливі рішення, результати яких не виходять за межі системних меж, передаються її елементам. Таким чином налаштовані усі системи, складні за структурою, алгоритмами та процесами незалежно від їх природи.

Принцип невизначеності вказує, що із підвищенням складності досліджуваної СПЦОАСУ зростають шанси появи випадковості чи невизначеності у її поведінці. Це зумовлене складним мультиплікативним характером взаємодії між елементами системи, для урахування якої може не вистачити потужностей ЕОМ. Тоді прогнозування результатів зводиться до визначення певних граничних значень, між якими буде знаходитися результат діяльності чи ПП та встановлення шансів отримання кожного дискретного значення із їх суцільної кількості. Такі невизначеності ураховуються зазвичай за допомогою методів теорії ігор, теорії ймовірності, математичної статистики, нечіткої логіки та інших розділів математики, що пов'язані із імовірнісними та нечіткими феноменами [13; 32; 50; 76; 86; 109; 113; 157; 169; 177; 179; 202; 241; 247; 250; 251; 257; 442; 476 та ін.].

Зауважимо, що один з підходів до зняття невизначеності полягає у прогнозуванні най-

гіршого стану системи, а потім повернення за рахунок оберненого зв'язку до початкового її стану і здійснення заходів з недопущення цього найгіршого стану.

Принцип вимірювання (кваліметрії). Оцінка зовнішніх властивостей досліджуваної системи проводиться щодо цілей та завдань супер-системи. Що дозволяє визначити якість функціонування системи у контексті її оточення в певних кількісних чи якісних показниках. На що й орієнтує ІСАО розробників СУБП.

Принцип еквіфінальності показує гнучкість та адаптивність досліджуваної СПЦОАСУ до досягнення потрібного стану, незалежно від її початкового стану, часу та зовнішніх впливів. Цей принцип тісно пов'язаний із принципом БКР, а також *динамічності*, оскільки по суті є їх наслідком. Важливо розуміти, що остаточний результат системи не обов'язково унікальний, а може бути досягнута низка результатів, які вважаються допустимими і з яких за потреби слід здійснити вибір одного найкращого (оптимального). Наприклад, стосуючись зазначеної припустимості і повертаючись до аналізу «трикутника ризиків» ІСАО (рис. 1.20, табл. 1.7, 1.8), вкажемо, що [150; 403]:

1) *прийнятний ризик (рівень небезпеки)* означає, що не потрібні ніякі дії з його зменшення, за винятком випадків, коли рівень ризику можна додатково зменшити незначними витратами або зусиллями;

2) *небажаний (припустимий) ризик* означає, що особи, з ним пов'язані, готові змиритися з ним, орієнтуючись на отримання певних вигод за умов, що здійснюються усі заходи з його зменшення;

3) *неприйнятний (неприпустимий) ризик* означає, що будь-яка діяльність в поточних умовах має бути припиненою до тих пір, поки ризик не буде знижений, у крайньому разі, до припустимого рівня.

Принцип керованості (адаптивності). Створювана організаційна структура функціонування досліджуваної СПЦОАСУ має бути здатною змінюватися залежно від цілей і умов функціонування системи, тобто бути адаптивною. Зміна структури може відбуватися шляхом зміни її типу, кількості елементів, зв'язків між ними тощо.

Принцип рефлексивності розвиває принцип динамічності та визначає, що система не просто адаптується до зовнішніх вимог, але визначає реакцію зовнішнього середовища та його складових на свої дії, а посередньо до них і на свої зміни. Це дозволяє системі проводити більш глибокий аналіз та планування та по суті є кроком до поширеної адаптації, прогнозування стану супер-системи та своєї потенційної траєкторії у фазовому просторі станів і керуючих та інформаційних сигналів. Такі властивості схожі

на накопичення інформації пам'яттю та є кроком до евристичного планування.

Отже, обрання конкретного ПСА залежить від специфіки предметної області та інших важливих деталей їх застосування. Також ці принципи можуть бути об'єднані, комбіновані та розділені на менші (більш детальні) в залежності від поставленої задачі дослідження. Тому до розглянутих нами *основних (головних)* ПСА доцільно запропонувати певні додаткові, які не обов'язково відіграватимуть роль під час дослідження СПЦОАСУ, а іноді можуть навіть дублювати основні повністю чи частково.

Принцип зовнішнього середовища визначає наявність оточення для обраної системи. Це оточення здебільшого існує за визначеними законами та правилами і не змінюється самостійно, як це може робити адаптивна система.

Принцип повноваження визначає обов'язковість певних вимог до системи для того, щоб вона могла почати роботу із вхідними сигналами. Такий дозвіл має спиратись на результати попередньої роботи системи і визначає її надійність та здатність до багаторазового досягнення результату.

Принцип організованості стверджує, що у системі неможливі дії та процеси, що не керуються центральним елементом безпосередньо, або через інші елементи керування. Тому будь-яка подвійна схема керування системою не може існувати, а уявляє собою дві системи певного ступеню інтеграції.

Принцип чутливості визначає адекватність реакція досліджуваної СПЦОАСУ на подразнення. Цей принцип можна поділити на дві частини. Перша, визначає ситуацію, коли подразники з силою впливу, не меншу за граничну, не вважаються суттєвими та ігноруються системою. Друга, – коли подразники із різними силами впливу можуть бути по різному оброблені, в тому числі із застосуванням реакцій різної сили, різних алгоритмів та різних підходів до обробки сигналів.

Принцип згортки застосовується за умови, що інформація та керуючі впливи згортаються (укрупнюються, узагальнюються) під час руху знизу вгору за ієрархічними рівнями. Наприклад, коли частинні показники функціонування системи поєднуються (агрегуються) у деякій інтегративний показник, що дозволяє реалізувати цілісний підхід до її аналізу.

Спроби застосування ПСА до обраної нами предметної сфери кваліметричних досліджень закономірностей прояву ЛЧ в аеронавігаційній системі (АНС) можуть призвести до різних результатів залежно від напряму розгляду, акцентів та БКР. Деякі принципи будуть відігравати ключову роль, інші – можуть проявлятися неявно, треті – взагалі інтегровані один в одного

та видозмінені. Однак, у будь-якому разі застосування ПСА дозволяє краще здійснити опис системи, її внутрішніх процесів та її взаємодію із зовнішніми подразниками.

2.2. Критерії цілеспрямованості в професійній діяльності авіаційних операторів «переднього краю»

Слід констатувати, що наразі процеси функціонування будь-якої системи «людина – техніка – середовище» (СЛТС) прагнуть розглядати з позицій цілеспрямованості, розробка яких має наукове обґрунтування. А саме, І. М. Сеченов ще у 1863 році уперше ввів у фізіологію принцип залежності сприйняття (сенсорних процесів) від попереднього досвіду (пам'яті) і розглянув відчуття, як *сигнал*, заклавши в рефлексорну схему ідею *саморегуляції* [411].

І. П. Павлов не лише відкрив і вивчив механізми *умовного рефлексу*, але і в 1916 році висловив ідею про механізми, передуючі сенсорному аналізу (*рефлекс мети*) і що є «*прагненням до володіння певним дратівливим предметом*», ввівши у фізіологію поняття «*прагнення до мети*» [275-277].

Ідеї Павлова розвинули:

– П. К. Анохін, який запропонував поняття «функціональна система» (ФС) і прогнозуючий механізм – акцептор дії [23];

– Н. А. Бернштейн, автор концепції «фізіології активності» з механізмами «програмування потрібного майбутнього» [38].

Пізніше ідея про цілеспрямовані системи стала однією з центральних в кібернетичі [13; 26; 29; 163; 169; 241; 281; 433; 535 та ін.]. І якщо досліджувана нами СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОНР» чи процеси ПП АО «переднього краю» задовольняють критеріям *цілеспрямованості* (ієрархії підцілей, вибору засобів, підтвердження кваліфікації, фільтру та якості інструментарію, споживання) [26; 29; 98; 99; 169; 297; 433 та ін.], то їх вважають цілеспрямованими. Розглянемо докладніше перелічені критерії.

Ієрархії підцілей визначає можливість досліджуваної СПЦОАСУ розділяти основну ціль на декілька кроків для її досягнення та представляти ці кроки (поодинокі, або групами), як підцілі. Досягнення кожної з такого роду підцілей є рухом вперед (вгору) до БКР по обраній траєкторії фазового простору станів системи.

Кожна із підцілей, в свою чергу, також розглядається з позицій реалізації певних кроків для її досягнення, що приведе до появи підцілей декількох нижчих рівнів. І природно, що сукупність усіх підцілей формує дерево цілей (рис. 2.2), концепцію якого було уперше запро-

поновано Ч. Черчменом і Р. Акоффом (С. West Churchman & Russell L. Ackoff) [463].

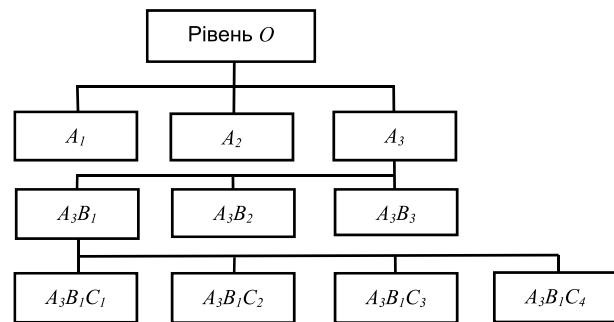


Рис. 2.2. Фрагмент ієрархічного дерева цілей професійної підготовки авіаційних операторів

Нехай *рівень О* – це гарантування у майбутніх АО наявності такого рівня ЗУПН, що потрібні для виконання професійних обов'язків. Тоді на *рівні А*:

підцілі А₁ – це отримання теоретичних знань, умінь та навиків,

підцілі А₂ – це отримання практичних знань, умінь та навиків;

підцілі А₃ – це отримання досвіду ТП.

На *рівні В*:

підцілі А₃В₁ – опанувати інформацію про майбутнє РМ під час ТП, його властивості та функції;

підцілі А₃В₂ – опанувати виконанням простіших сценаріїв професійної діяльності на РМ тощо.

Цілі рівнів, нижчих за глобальний, є проміжними і забезпечують досягнення глобальної мети системи. Процес вибору локальних цілей є складною комбінаторною задачею (інколи – із статистичною невизначеністю [83; 151; 337; 338; 339; 505 та ін.]) перерозподілу кроків для досягнення мети між цілями порядків, нижчих за глобальний, і може розглядатися як оптимізаційна задача.

Ця задача вирішує питання можливої паралелізації внутрішніх процесів, поєднання кроків для найшвидшого їх групового виконання, поєднання кроків (навчальних заходів) таким чином, щоб кроки суміжних рівнів не знижували своєї ефективності тощо.

Зауважимо, що випадок декількох глобальних цілей є окремим випадком одно-глобального. Декілька цілей завжди можна поєднати у мета-ціль вищого рівня, що зведе задачу до описаної вище.

Вибір засобів зумовлює здатність системи вибирати засоби, інструментарій, підходи, алгоритми тощо, які будуть адекватно відповідати вимогам досягнення цілей усіх рівнів. При цьому засоби різних рівнів можуть вступати у конфлікт, дублюватися, частково використовувати один одного та бути у інших взаємних відношеннях.

Виходячи з наведеного та з урахуванням пропозицій В. К. Марігодова [206-208] відпо-

відна структура ПП АО «переднього краю» подана на рис. 2.3.

Важливими є випадки, коли ПП переривається з об'єктивних причин на заплановану / не заплановану кількість часу. Тоді система ПП має містити інструментарій для оцінки рівня ЗУПН АО «переднього краю» задля визначення того рівня, з якого він продовжить ПП.

Цей інструментарій містить у собі так звані критерії підтвердження кваліфікації, які мають підтвердити можливості АО продовжувати ПП після тривалої перерви. Передбачення наявності таких перерв у ПП вимагає від системи збільшення кількості алгоритмів, процесів, та інших системних елементів. Тобто, наявність таких перерв підвищує різноманіття у системі.

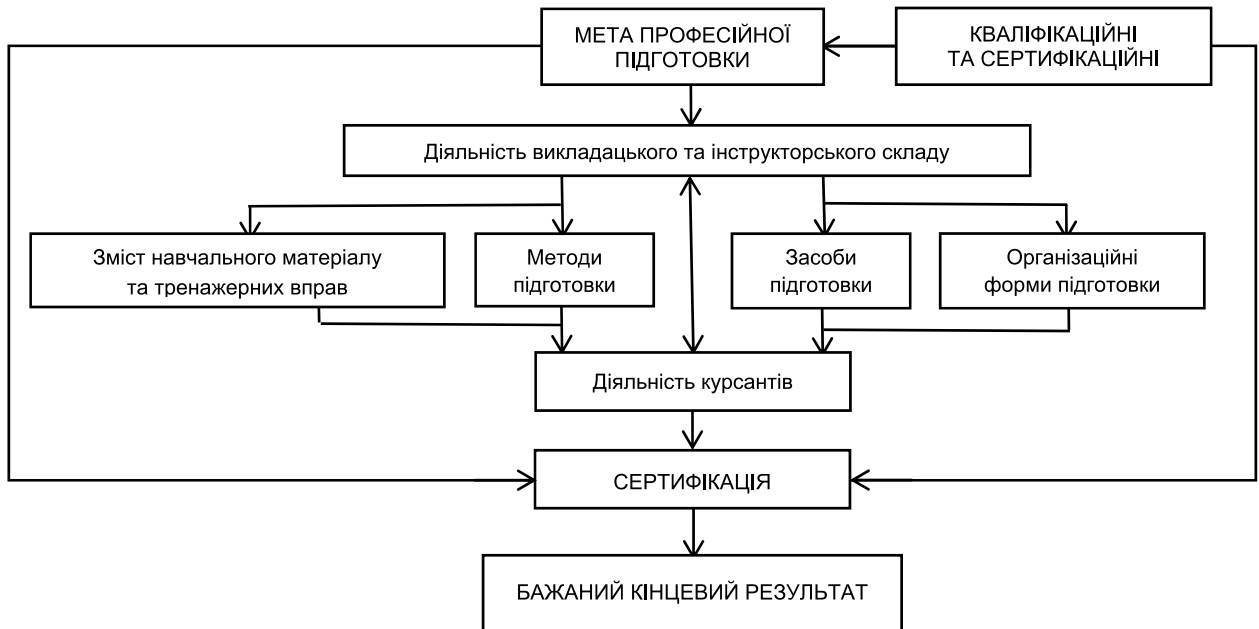


Рис. 2.3. Загальна структура професійної початкової підготовки авіаційних операторів «переднього краю»

Критерії фільтру за якістю інструментарію визначають необхідність обрання кращій за ефективністю засобів ПП. Це відноситься до адаптивності системи, коли серед декількох заздалегідь визначених засобів, методів або алгоритмів в результаті декількох циклів роботи системи проходить відсів та можлива модерні-

зація найгірших ТЗ чи методів. Таким чином система відфільтровує джерела зайвих витрат ресурсів та підвищує свою ефективність.

У праці [91], досліджуючи цілеспрямовану діяльність, запропоновано певну послідовність заходів, завдяки яким визначається відповідна послідовність досягнення мети (рис. 2.4).

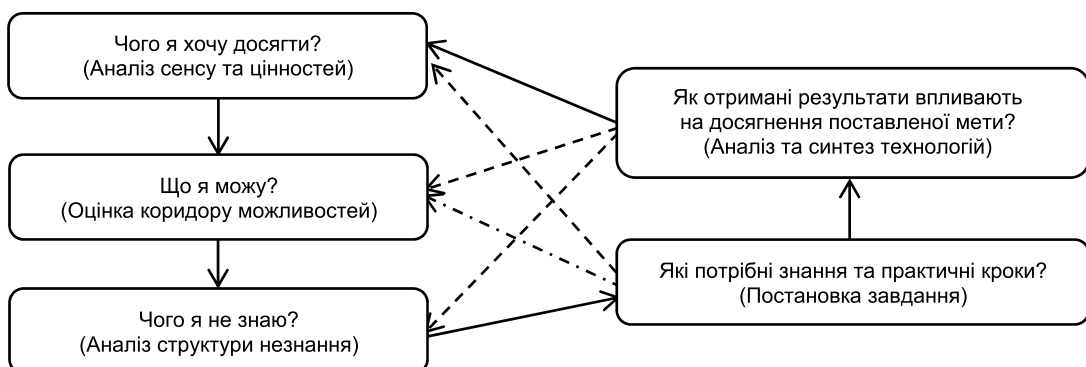


Рис. 2.4. Варіант стратегії досягнення мети (Ю. Л. Воробйов, Г. Г. Малинецький, Н. А. Махмутов)

Критерій споживання. Якщо АО «переднього краю» досяг результатів діяльності, суб'єктивно більших для нього корисності БКР для частин-

ного професійного завдання чи програми ПП в цілому, то відповідний процес припиняється. Критерій суттєвим чином пов'язаний з таким

важливим структуроутворюючим компонентом особистості як мотивація (СО, РД) [131; 132; 169; 177; 212; 451; 452 та ін.].

Критерій сприяє застосуванню в процесах досліджень методів, технологій, процедур теорії задоволеності, теорії споживання, теорії корисності тощо. Що, у свою чергу, сприяє побудові та аналізу ОФК показників та характеристик професійної діяльності АО «переднього краю».

Враховуючи розглянуті критерії цілеспрямованої поведінки систем ПР, уявляється можливим зробити цільовий опис діяльності чи ПП АО «переднього краю».

Нехай χ – це множина навчальних контурів управління системи «інструктор – ТЗ навчання (ТЗН) – АО «переднього краю» (чи навчальна група, яка опановує професійну діяльність: льотний екіпаж чи ДЗ)». Причому зазначені АО відрізняються рівнем ЗУПН, які визначають поняття мети. Тоді характеристична функція χ буде мати вигляд [163]:

$$\omega: \chi \times \chi \rightarrow [0 \ 1], \quad (2.1)$$

де $\omega(x, x^*)$ – ступінь відповідності поточного стану результату навчальної системи ідеальному значенню точки результату, тобто БКР.

Характеристичну функцію χ зручно визначати функцією відстані:

$$\delta: \chi \times \chi \rightarrow R^+ \quad (2.2)$$

$$\text{де } \omega(x, x^*) = \frac{\delta_m(x, y) - \delta(x, x^*)}{\delta_m(\bar{x}, \bar{y})} = 1 - \frac{\delta_m(x, x^*)}{\delta_m(\bar{x}, \bar{y})} \quad (2.3)$$

$$\delta_m(\bar{x}, \bar{y}) = \max \delta(x, y), \quad x, y \in \chi$$

2.3. Класифікаційні ознаки проблемних ситуацій і задач прийняття рішень у діяльності авіаційних операторів «переднього краю»

Управління будь-яким процесом, зокрема ОПР, можна умовно поділити на такі складові етапи [79; 121]:

оцінювання обставин \Rightarrow *планування* \Rightarrow
 \Rightarrow *прогнозування* \Rightarrow *прийняття рішення* \Rightarrow
 \Rightarrow *виконання рішення* \Rightarrow *контроль та облік* \Rightarrow
 \Rightarrow *корекція виконання рішень*.

Серед усіх вказаних кроків найбільш узагальненим та невизначеним є крок ПР, який охоплює усі інші етапи управління. Саме тому ПР вважається головною функцією будь-якого менеджменту, оскільки визначає траєкторію руху системи та зміну зовнішніх та внутрішніх параметрів і режимів роботи системи [468].

Частіше за все ПР оминається увагою, оскільки цей процес підпадає під феномен принципу «плато максимуму» [164; 381; 476], згідно з яким вибір для ЛПР або очевидний, або вона індиферентно ставиться до наслідків вибору. Цьому сприяє, в тому числі, і досвід ПР, коли певна інертність мислення змушує АО «переднього краю» застосовувати звичні SOP's.

Отже, саме сукупність ПР й становить загальний абрис професійної діяльності АО.

Відповідно до [169; 241; 337; 343], ПР – це цілеспрямований акт емоційно-вольового вибору однієї з декількох стратегій, альтернатив, наслідків, об'єктів, результатів тощо шляхом перетворення вихідної інформації, коли ситуація невизначена. Адже дійсно, хоча інструктор під час ПП АО «переднього краю» і діє згідно із заздалегідь визначеним планом, але конкретні його дії можуть розрізнятися залежно від реакції випробуваного та встановленого в нього рівня ЗУПН. Так само дії самих АО залежать як від поведінки та рішень інструктора, так і від їх особистих психофізіологічних властивостей. Суцільний спектр таких взаємовідношень між рішеннями інструктора та АО «переднього краю», який проходить ПП, формує спектр траєкторій навчання, у якому є місце випадковим збуренням, що можуть унеможливити досягнення глобальної цілі. І хоча такий результат є виключним та унікальним, його існуванням не можна нехтувати.

Для аналізу ПП і діяльності АО доцільно також застосувати і цикл ПР Т. Пітерса і Р. Уотерменом (Thomas J. Peters & Robert H. Waterman) [285]:

проблемна ситуація \Rightarrow
 \Rightarrow *формулювання проблеми* \Rightarrow
 \Rightarrow *постановка цілі* \Rightarrow *пошук альтернативи* \Rightarrow
 \Rightarrow *вибір критеріїв* \Rightarrow *оцінювання альтернативи* \Rightarrow
 \Rightarrow *прийняття рішення* \Rightarrow
 \Rightarrow *реалізація рішення* \Rightarrow *оцінка рішення*.

У будь-якій ЗПР, яку слід розв'язувати у АНС, зазвичай виділяються наступні ключові елементи:

1) ЛПР-АО, які здійснюють ЛЕПС чи ОПР. До них можуть бути залучені інструктори та певні особи з іншими ролями, наприклад, технічні працівники чи адміністративний персонал;

2) множина змінних, що характеризують успішність діяльності (чи ПП);

3) множина альтернативних керуючих впливів;

4) множина параметрів, що комбінаційно утворюють керуючі впливи. Конкретний набір параметрів залежить від стратегії, обраної на даному кроці. Причому параметри можуть входити до декількох стратегій одночасно;

5) множина значущих, незалежно від думки ЛПР, параметрів, які є об'єктивними обме-

женнями, що накладаються на досліджувану СПЦОАСУ її фізичними властивостями;

6) множина часових інтервалів, під час яких мають бути виконані передбачені дії: ПР, контроль знань, опанування ЗУПН, досягнення БКР тощо;

7) математична модель, що пов'язує стратегії, параметри, часові інтервали та інші елементи ПП чи діяльності АО;

8) низка оціночних функцій, що виводять співвідношення отриманих результатів (проміжних або остаточного) із заданими критеріями ефективності.

Отже, мета професійної діяльності чи ПП розглядається як остаточна відповідність наявного стану системи – запланованому БКР і може мати значення ключових параметрів у певному діапазоні, що в свою чергу формує обмежену багатовимірну гіперфігуру у фазовому просторі ключових параметрів. Результати, отримані системою на виході, розрізняються в залежності від остаточних значень та інтегральної точки положення системи всередині цієї гіперфігури.

Звичайно, існує таке положення точки результату, яке можна назвати ідеальним. Відношення реально отриманого результату до ідеального називається *характеристикою системи стосовно цілі* та функціонально визначається через низку параметрів та функціональних операторів [433].

Специфіка ЗПР, вирішуваних АО, визначається різноманіттям фазових станів та мультиплікативністю взаємодії чинників, що впливають на процеси функціонування СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОНР», що робить процеси ЛЕПС і УНР невизначеними та суттєво ускладнює вибір адекватних заходів для зняття цієї невизначеності. Наведене призводить до потреби у застосуванні критеріїв ґрунтовного аналізу і класифікації спектру можливих проблемних ситуацій в діяльності АО «переднього краю», що сприятиме вибору ефективного і адекватного способу їх розв'язання. Оскільки сам процес ЛЕПС і ОНР здійснюється у просторі середовища, то доцільно узяти за основу класифікації можливих ЗПР ознаки саме цього тривимірного середовища, що були запропоновані Р. Говардом (R. A. Howard) і пройшли апробацію в дослідженнях гуманістичних систем (рис. 2.5) [6; 137; 207; 209 та ін.].

Тобто, йдеться про класифікаційне уявлення ЗПР у вигляді точки з координатами XYZ, які відповідають певній мірі складності, динаміці та невизначеності цієї задачі.

Міра «простоти – складності» ЗПР має визначатися в СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОНР» в залежності від кількості цілей, яких прагнуть досягти АО

в процесі ЛЕПС чи ОНР, а також від кількості показників (критеріїв) ефективності, які вони

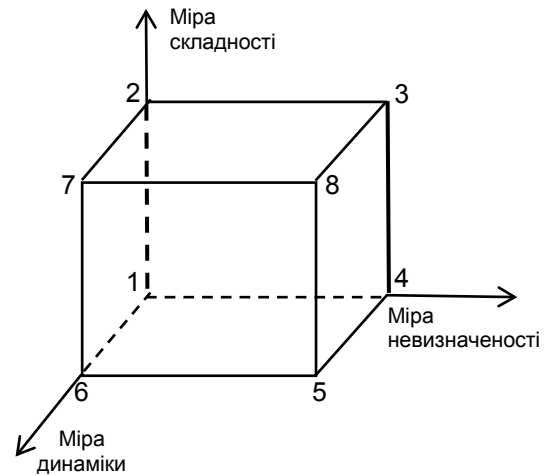


Рис. 2.5. Застосування рекомендацій Р. Говарда для подання класифікаційних ознак простору предметної області досліджень

застосовують при порівняльному аналізі альтернатив під час ПР.

Якщо АО прагнуть досягти однієї мети, або при порівнянні альтернатив застосовують один показник (критерій) ефективності, то йдеться про класифікаційну ознаку простої (*одноцільової, однокритеріальної, скалярної*) ЗПР. Якщо ж таких цілей / критеріїв ефективності декілька (≥ 2), то така ЗПР складна (*векторна, багаточільова, багатокритеріальна*) [13; 169; 241; 367 та ін.].

Для ДОПР проста ЗПР – це оцінка звітності екіпажу ПС, траєкторії руху, залишку палива тощо у той час як складна – це ті ж самі дії для декількох ПС. З погляду УНР складна ЗПР визначається для ДОПР необхідністю сформувати простір фазових станів системи, що утворюється багатьма ПС, витримуючи сукупність параметрів польоту у межах НЕПС, здійснюючи одночасно контроль фазового стану.

Вкажемо, що усі завдання з УНР є не лише багаточільовими, але ж і багатокритеріальними, оскільки їх виконання оцінюється щонайменше за трьома показниками: відповідність, ефективність, БП. При наявності декількох цілей одночасно утворюється так звана «складна мета» [163; 169].

Досліджувана СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОНР» є *динамічною системою*, тому що являє собою сукупність взаємозалежних і взаємодіючих елементів: зовнішнього середовища, ПС і ЧЛЕ, РТЗ УНР і ДОПР, фазовий і функціональний стан яких у просторі середовища залежить від попереднього стану, а також є функцією часу [337]. Адже дійсно, динамічними є процеси ПП, перепідготовки і

підвищення кваліфікації АО «переднього краю», оскільки рівень ЗУПН, об'єм інформації, майстерність інструкторів та мотивація випробуваних постійно змінюються. Окрім того з'являються нові державні та міжнародні нормативні документи, які вносять певні корективи в процеси ПП та професійну діяльність АО «переднього краю».

Класифікаційна вісь «визначеність – невизначеність» (рис. 2.5) асоціативно відображає найбільш складні та важливі характеристики ЛЕПС і ОПР, які істотно впливають на БП. До певного часу переважною була думка, що будь-яка невизначеність має виключно імовірнісну

природу, але наразі розповсюджено розуміння щодо справедливості і нестохастичної природи невизначеності, яка розглядається в працях [50; 241; 242; 257; 376; 469; 476 та ін.].

Досліджувана вісь починає відлік з визначених (детермінованих) ЗПР, які характеризуються відсутністю «білих плям» в описі проблемної ситуації і розв'язуються простішими математичними методами [169; 431]. Всі інші проблемні ситуації та ЗПР, що розташовані на цій вісі, є задачами з ризиком різної природи. Наразі часто цитується математична класифікація ризиків (невизначеності) (рис. 2.6), що розглянуті в працях [241; 347; 367; 376; 469 та ін.].

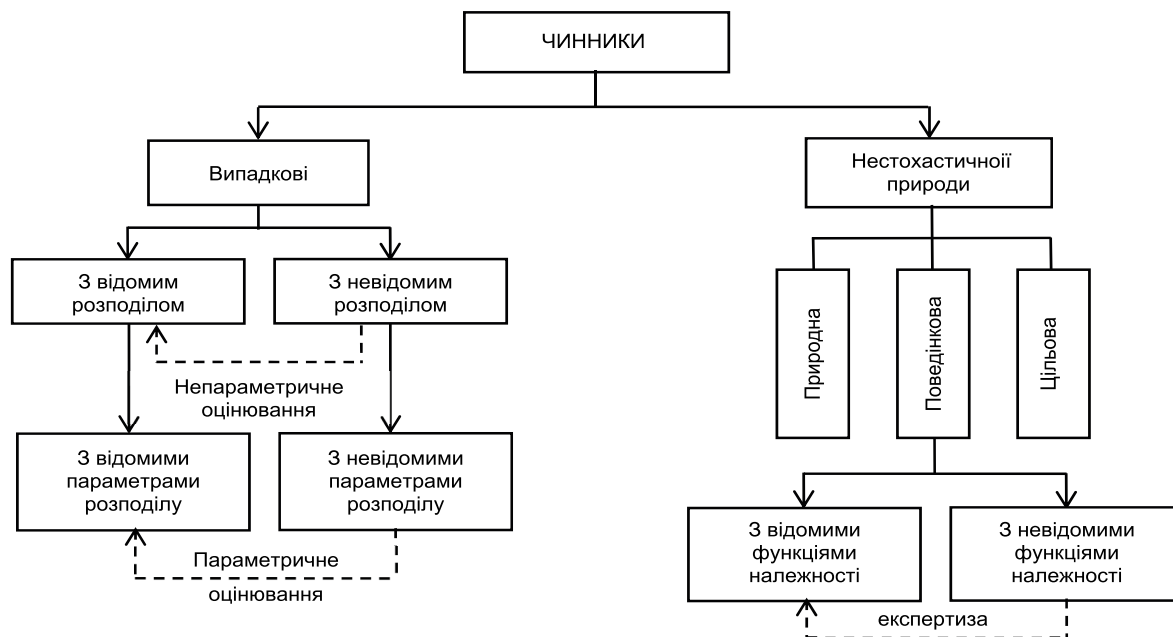


Рис. 2.6. Математична класифікація чинників невизначеності

Ще раз нагадаємо, що в контексті наших досліджень розумітимемо, що ризик – це можливість настання небажаної ситуації [12; 76; 110; 112; 157; 239; 241; 242; 281; 323; 328; 442; 469 та ін.]. Розгляд його стохастичної і нестохастичної природу, уперше був здійснений Ф. Найтом [242].

Отже, ЗПР зі стохастичним ризиком визначається імовірністю (шансами, частотою, випадковістю) настання небажаної ситуації. Такого роду ризики можуть виникнути, наприклад, з-за відсутності знань про ОДПР та РД АО [113; 238; 299; 328; 337; 374; 381; 422; 423; 532 та ін.].

Водночас ризики нестохастичного характеру не можуть бути кількісно оцінені по частоті виникнення небажаних ситуацій [169; 194; 241; 242; 256; 337; 347; 368; 381], однак вони мають певні параметричні показники і залежать від їх досягнення/недосягнення [34; 50; 70; 169; 183; 217; 241; 247; 251; 257; 267; 347; 368; 466; та ін.].

Змішані ризики поєднують попередні два типи. Загальну схему ризиків у АТС подано на рис. 2.7 [241; 343; 347 та ін.].

Зауважимо, що нестохастичні ризики є більш складними і виникають з певних джерел [34; 50; 169; 183; 217; 241; 247; 251; 257; 267; 347; 368; 466 та ін.].

1) *природна невизначеність*, коли чинники та характеристики, що впливають на функціонування досліджуваної СПЦОАСУ чи ППП, невідомі АО;

2) *цільова невизначеність*, що виникає, якщо професійну діяльність чи ПП АО «переднього краю» організовано без орієнтування на конкретні досягнення, а також за невизначеності критеріїв і показників оцінки теоретичної та ПП тощо. Ця невизначеність цілей та бажань виникає також у випадках існування кількох цілей, які неможливо описати за допомогою одного показника (критерію) [169; 241; 368];

3) *поведінкова невизначеність*, що утворюється такими складовими:

– типологічні особливості ЛПР визначають певний стиль поведінки, яка, зазвичай, нівелюється під норми, прийняті у конкретному соціумі.

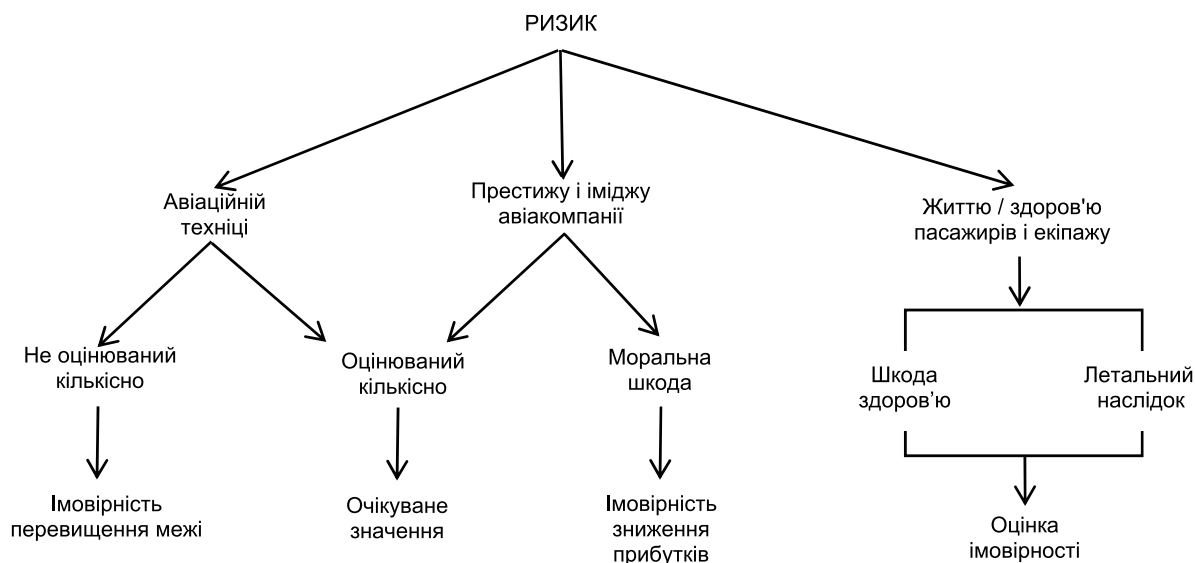


Рис. 2.7. Ризики в авіаційних системах

У загальному випадку не можна припустити, що АО «переднього краю» не має «вихованого темпераменту» і демонструватиме девіацію поведінки, що може мати самі хибні наслідки, тобто призвести до стресу чи зривів, чим створити реальну загрозу БП;

– невизначеність опонента (супротивника, партнера) у конфлікті моделюється методами теорії ігор [86; 202; 363; 442; 469] і передбачає суперечку, наприклад, щодо обрання різних методів вирішення ЗПР. Це пов'язується з тим, що АО «переднього краю» завжди працює за умов, коли результати його рішень не суворо однозначні, а залежать від інших осіб, дії яких не можна врахувати чи передбачити в повній мірі. Ця невизначеність може виникнути в діадах «ЧЛЕ – ЧЛЕ», «ЧЛЕ – ДОПР», «ДОПР – ДОПР», а також між ДОПР суміжних диспетчерських пунктів (ДП) тощо;

– невизначеність, що залежить від притаманності АО «переднього краю» небезпечних якостей поведінки, оперативного мислення та ПР [316; 327; 330; 331; 337; 344; 369; 371; 394; 490]. У будь-якій репрезентативній вибірці завжди існує 2-4 % осіб, яким притаманні 4-5 небезпечних якостей і які є потенційними «аварійниками» [369].

Виходячи з наведеного, пропонується схема класифікації видів невизначеності, що мають місце в процесі функціонування СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» (рис. 2.8) [141; 146; 184; 247; 337; 368].

Зі схеми на рис. 2.8 бачимо, що власне проблема невизначеності має сенс переважно на тому етапі, коли процес функціонування СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» потребує втручання АО, оскільки саме в цьому разі виникає необхідність ПР про

подальші дії, що, в свою чергу, впливатиме на стан усієї системи в наступний момент часу.

Враховуючи важливість урахування прояву невизначеності в усіх блоках рис. 2.8, їх зміст буде детально розглянутий у наступному підрозділі.

Для кожної ЗПР залежно від класифікаційної ознаки застосовується адекватний метод її розв'язання (рис. 2.9). При цьому констатуємо, що більш універсальними є методи експертних процедур (ЕП), які можна застосовувати для розв'язання будь-яких проблемних ситуацій, незалежно від їх класифікаційної ознаки.

Залежно від кількості АО, які беруть участь у розв'язанні ЗПР, розглядають групові та індивідуальні рішення [159; 169; 227; 241; 347 та ін.].

Групові рішення відрізняються такими позитивними рисами: [28; 34; 42; 82; 98; 130; 134; 159; 169; 194; 199; 220; 241; 273; 309; 312; 329; 333; 347; 350; 352; 362; 373; 390; 391; 412; 418; 425; та ін.]:

1) вони є менш суб'єктивними (більш раціональними), що дозволяє краще оцінити альтернативи та усунути хибні варіанти дій;

2) вони є більш демократичними, адже члени колективу (льотного екіпажу чи ДЗ) сумісно здійснюють вибір, розділяють відповідальність за ПР, що покращує відносини між ними;

3) підвищується імовірність реалізації рішення, адже група або її частина, долучаються до процесу виконання власного рішення. Однак при цьому слід запобігти вад методу Борда і парадокса Кондорсе [40; 190; 266; 290; 396; 408]. Тому має обов'язково оцінюватися ступінь узгодженості індивідуальних думок.

Особлива увага до процесів ПР пояснюється тим, що:

а) це частіший вид інтелектуальної діяльності людини [272; 274; 338; 453; 469];

b) рішення приймаються у гуманістичній системі (у розумінні Л. Заде [110; 129]);

с) ерготичним елементам системи властива поведінкова невизначеність.

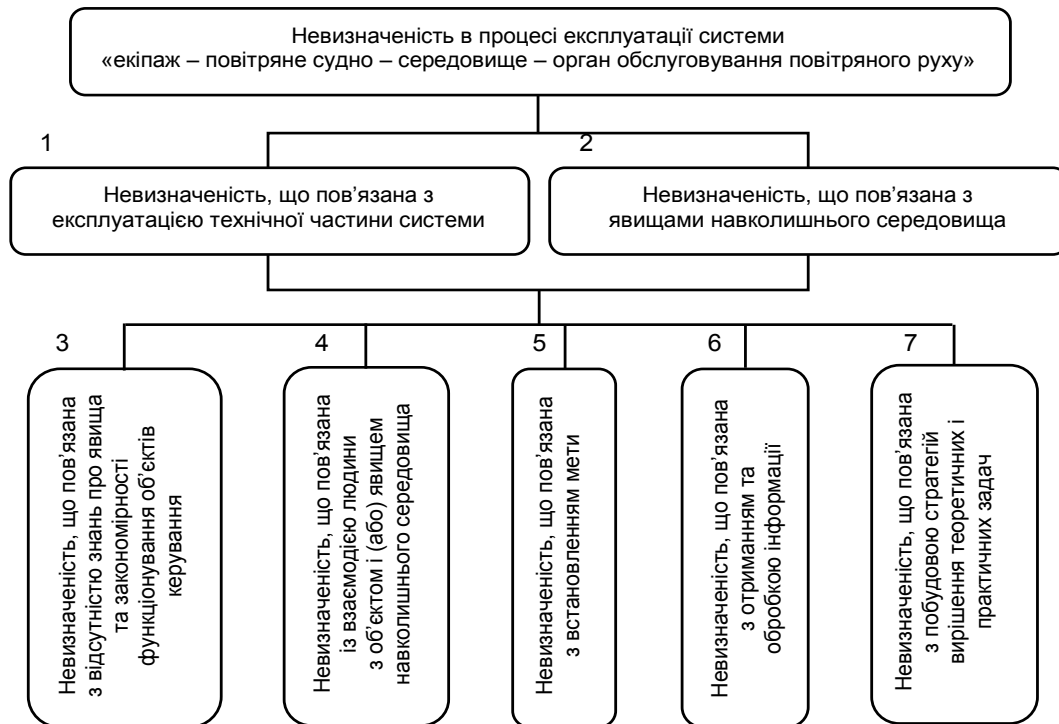


Рис. 2.8. Класифікація видів невизначеності, що виникають в процесі функціонування системи «льотний екіпаж – повітряне судно – середовище – орган обслуговування повітряного руху»

2.4. Системологія невизначеності в процесах функціонування авіаційних систем

Важливішим феноменом у АТС є ЛЧ, який присутній у будь-якій ЗПР. Складність і мінливість гуманістичних систем вимагає вибору таких методів їх досліджень, що можуть їх врахувати. Для цих цілей доцільним вважається використання методів теорії нечітких множин (НМ) і ЛЗ [14; 26; 34; 50; 64; 70; 129; 136; 179; 183; 236; 241; 247; 249; 250; 257; 267; 281; 326; 332; 340; 366; 422; 466; 527; 529; 530 та ін.].

Оскільки «... елементами мислення людини є не числа, а елементи деяких нечітких множин, або класів об'єктів, для яких перехід від «належності» до «неналежності» не стрибкоподібний, а безперервний», легко розкрити поняття ЛЗ, під якою розуміють елементи (слова/речення) звичайної природної або будь-якої штучної мови [129; 241].

Такі змінні відносяться до математичного апарату нечіткої логіки й наближених способів міркувань, що можуть виявитися більше співзвучними зі складностями й неточностями гуманістичних систем, аніж звичайні чисельні методи аналізу. Лінгвістичні змінні дозволяють приблизно описувати складні або погано визначені явища, що не піддаються опису загальноприйнят-

ними методами. Досвід досліджень проблем невизначеності в гуманістичних системах [70; 110; 129; 337 та ін.] дозволяє вирішити проблему кваліметрії ЛЧ із меншими зусиллями. Цей шлях також полегшить формування системоутворюючих ознак проблемних ситуацій, виявлених у системному описі джерел невизначеності у АТС. Тому, розв'язуючи відповідні проблеми, ми прагнули обґрунтувати діяльність ерготичного елемента в СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» як безперервний ланцюг рішень, які виробляються й реалізуються в явній і неявній формах [274; 337; 347; 476].

Зазначені рішення є суттю професійної діяльності АО «переднього краю», характеризуються невизначеністю одержуваної інформації й варіативністю керуючих впливів. Тому ПР ними зручно розглядати як одно- і багатокроковий процес ПР, заснований на наближеній стратегії й нечітких спостереженнях фазових станів об'єкту керування, при яких вибір нечітких керуючих впливів спрямований на досягнення «розмитого» БКР, починаючи з будь-якого початкового стану, та з урахуванням нечітких обмежень, що накладаються на спостережені стани й керування ПС [127; 247; 251; 368 та ін.].

Нечіткий опис ПР більше відповідає природі формування й реалізації діяльності АО «передньо-

го краю», що характеризується нагромадженням у його пам'яті досвіду ЛЕПС чи УПР як пари нечітких образів «спостережений стан – керуючий вплив». На етапі застосування цього досвіду йдеться про асоціацію в уяві ДОПР образу поточного стану об'єктів-ПС у просторі середовища з попередньо накопиченим досвідом (концептуальною моделлю польоту) і виробленням у процесі асоціативної

обробки польотної інформації образу керуючого впливу для його подальшої реалізації. Такий підхід закономірний і ґрунтується на підтвердженому численними дослідженнями твердження одного з фундаторів нечіткої математики Л. А. Заде щодо повільного (безперервного) сприйняття ЛПР «належності – неналежності» до певних класів досліджуваних об'єктів [34; 110; 129].

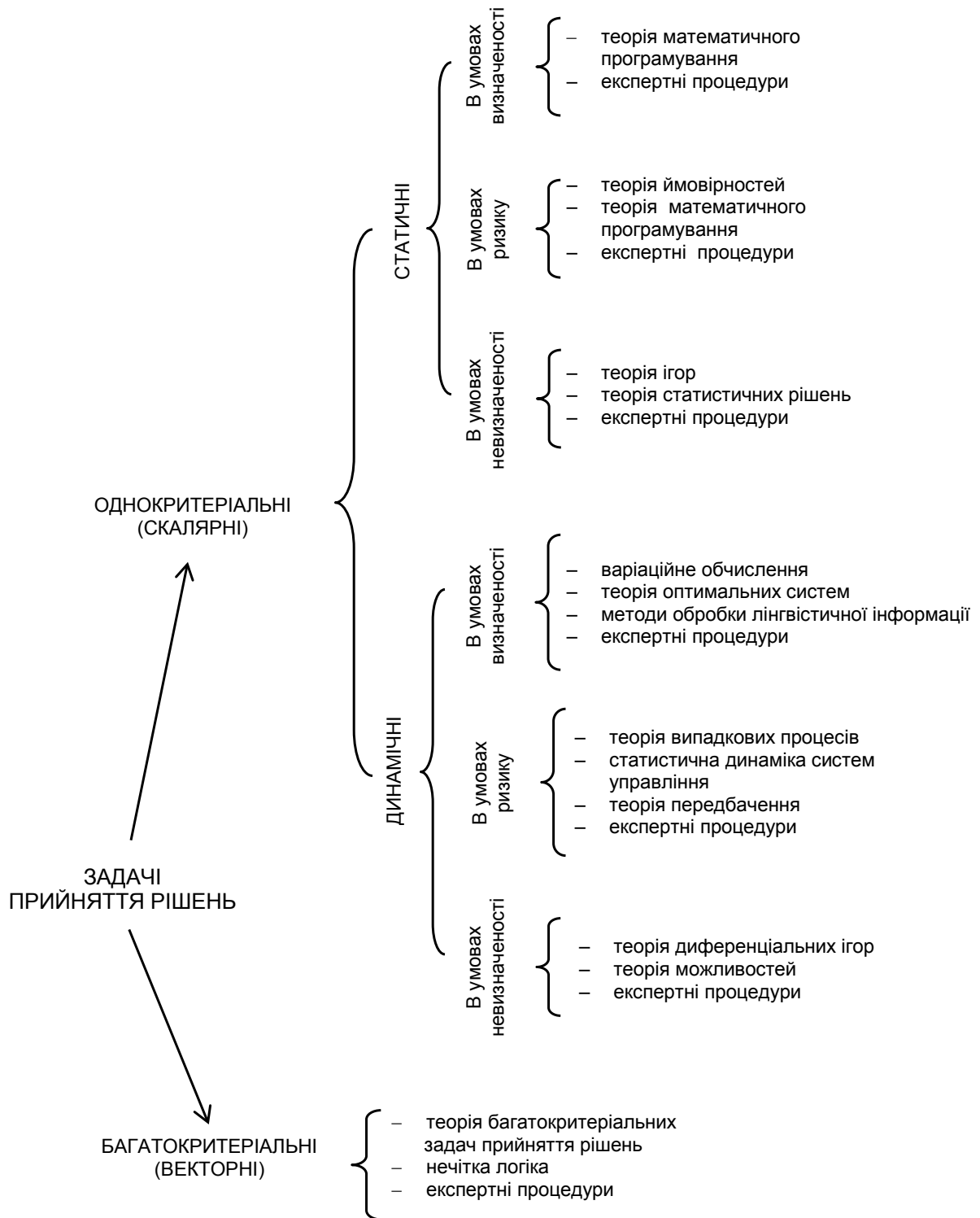


Рис. 2.9. Математичні методи вирішення різноманітних задач прийняття рішень

Як зазначалося вище, досліджувана СПЦОАСУ є гуманістичною системою, загальний аналіз яких був зроблений у вступі. Продовжуючи аналіз зазначеної системи, розглянемо більш детально блоки №№ 4-8 на рис. 2.8, що ілюструють її невизначеність з позицій саме ЛЧ.

У ситуації невідомості інформація про завдання, явища, закони функціонування СПЦОАСУ практично відсутня, що зазвичай характерно для початкової стадії опанування ЗПР (рис. 2.10).

В процесі збору інформації може виявитися, що зібрано не всю можливу інформацію (непов-

нота), або не всю необхідну інформація (недостатність). Ситуація невизначеності, пов'язана з відсутністю знань про явища та закономірності функціонування об'єктів виникає також тоді, коли для прийняття індивідуального або групового рішення з метою спрощення ЗПР встановлюють умовні обмеження, яких в дійсності не існує, або коли АО «переднього краю» – ЛПР не має можливості врахувати всі зв'язки між елементами поля ПР тощо. Відповідно до рис. 2.10 перший рівень декомпозиції блока відбиває ситуацію, коли задля спрощення процесу ПР вводяться віртуальні обмеження.

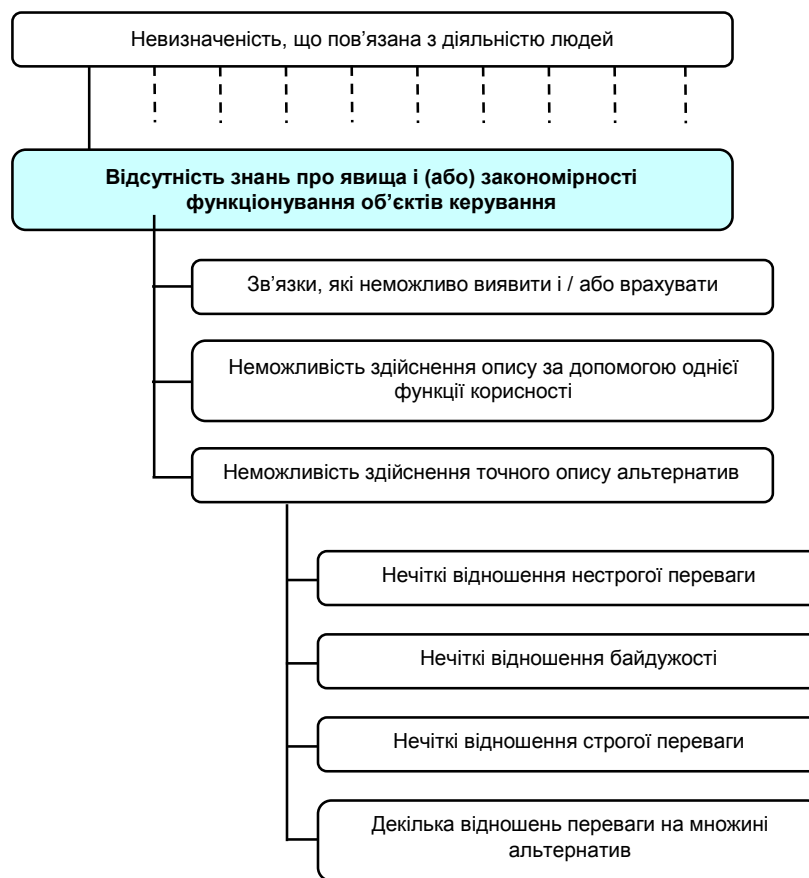


Рис. 2.10. Джерела невизначеності, що пов'язані з а) – відсутністю знань про явища та закони функціонування об'єкта керування

Аналіз СЛТС здебільшого потребує виділення певної її частини, оскільки, як правило, неможливо виконати повний формалізований опис СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОЛР». Це виділення виконується у відповідності з цілями досліджень та уявою дослідника про систему в цілому. Тоді, виділяючи підсистему з усієї системи, вводяться певні межі, які фактично відсутні, оскільки повна система не є дискретною сукупністю підсистем, а скоріше має розглядатися як певне поле, де підсистеми мають ті чи інші взаємозв'язки, в певній мірі «перетинаються» і проникають одна в іншу. При

цьому перехід від однієї підсистеми до іншої не може здійснюватися стрибкоподібно через чітку межу, а відбувається поступово і безперервно.

Аналізуючи певну підсистему, зазвичай неможливо врахувати всі взаємозв'язки (зовнішні / внутрішні) між усіма підсистемами та їх елементами, тому враховують уявлення ЛПР про ці зв'язки, а також думки експертів. Здебільшого ці уявлення подаються в поняттях, що мають нечіткий опис і не можуть бути описані засобами класичної математики. Цю проблему відбиває другий рівень субструктури (рис. 2.10), а саме блок «Зв'язки, які неможливо виявити і врахувати».

Подальше вивчення проблемної ситуації може привести або до випадку визначеності (детермінованості), коли усі елементи описані однозначно, або – до неоднозначності. За таких умов передбачається, що вся можлива інформація про завдання зібрана, але відповідний опис в повній мірі не отриманий і не може бути отриманим. Задача мінімізації / максимізації цільової функції на множині припустимих альтернатив звичайно розглядається як стандартна задача математичного програмування [267]. Однак, в реальних умовах АО «переднього краю» може мати в своєму розпорядженні лише нечіткі описи параметрів функції і/або самої множини.

Бінарне відношення переваги на множині альтернатив описується кількома способами [119; 241; 257; 337], тому невизначеність при розв'язанні задач математичного програмування може міститися як в описі множини альтернатив, так і в описі ОФК. Такі задачі називаються задачами нечіткого математичного програмування, і саме ці дві задачі відбивають два наступні субрівні: «Неможливість здійснення опису за допомогою однієї функції корисності» і «Неможливість здійснення точного опису альтернатив» (рис. 2.10).

Розглянемо блок № 5 рис. 2.8: «Невизначеність, що пов'язана з взаємодією людини з об'єктом і/або явищем навколишнього середовища» (рис. 2.11).

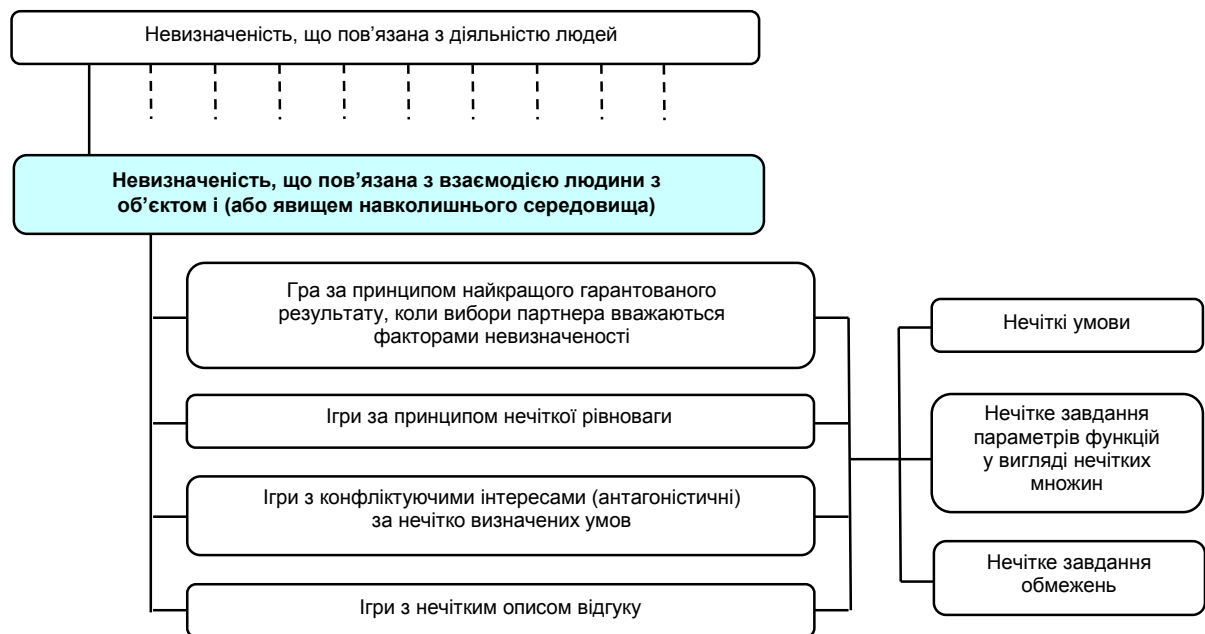


Рис. 2.11. Джерела невизначеності, що пов'язані з взаємодією людини з іншою людиною (між групами людей), або людини з об'єктом і / або навколишнім середовищем

У функціонуванні СЛТС нерідкі ситуації, в яких досягнення мети в результаті ПР окремою Л-О (чи їх групою) залежать не лише від ЛПР/групи ЛПР), але і від рішень (дій) іншої особи/групи осіб, які мають свої власні цілі. Тоді слід враховувати вплив цих осіб, які можуть бути партнерами / опонентами. Як приклад згадаємо вплив якості професійної діяльності представників служб забезпечення на діяльність льотних екіпажів, ДЗ і БП в цілому. Такого роду проблемні ситуації зручно розв'язувати методами теорії ігор, де найбільша увага приділяється двом теоретично-ігровим принципам раціональності: найкращого гарантованого результату і рівноваги [86; 202; 203; 267; 282; 442; 469 та ін.]. Власне гра відбиває процес взаємодії двох осіб / груп осіб). Побудова стратегії поведінки кожного з гравців пов'язана також з проблемою наявності інших типів невизначеності.

Розглянемо блок «Невизначеність постановки цілей» (рис. 2.12). Розв'язання такого роду ЗПР було зрозуміло Л. Заде і Р. Беллманом у так званому «підході Беллмана–Заде» [34].

Його основою є те, що цілі ПР та множинна допустимих альтернатив розглядаються як рівноправні нечіткі субмножини деякої універсальної множини альтернатив. Це відкриває перспективи розгляду відповідних субзадач [183].

Досліджуючи функціонування СПЦОАСУ, вирішують різноманітні задачі, пов'язані з синтезом стратегій керування системою, розробки заходів з забезпечення безпеки її функціонування, побудови моделей роботи власне системи та її складових елементів тощо. Тут виникає необхідність враховувати невизначеність, що пов'язана з такими видами діяльності фахівців, як вивчення проблеми, постановка задачі, вибір методів її розв'язання, забезпечення необхід-

ною інформацією тощо. Точніше кажучи, при формулюванні ЗПР відбувається відображення

реальної задачі на деяку формалізовану мову – професійну мову АО (рис. 2.13).

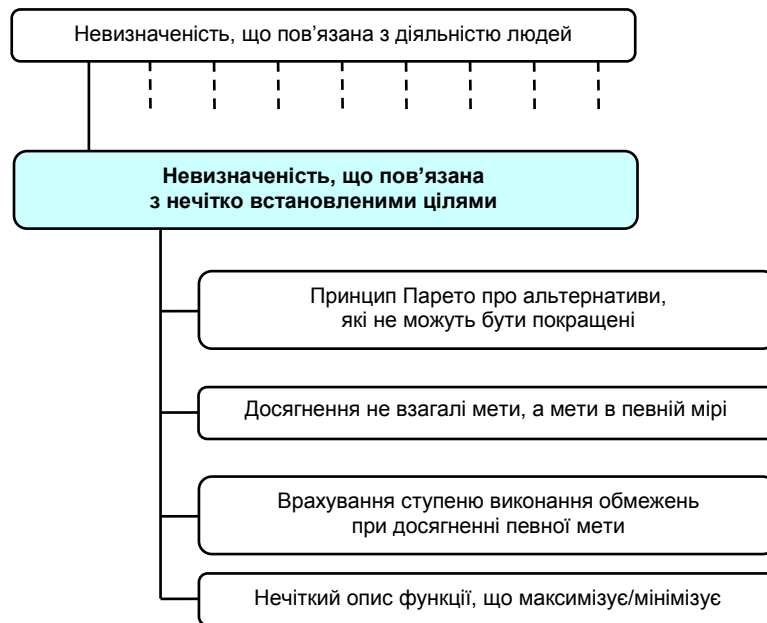


Рис. 2.12. Невизначеність, що має джерелами: нечітко встановлені цілі

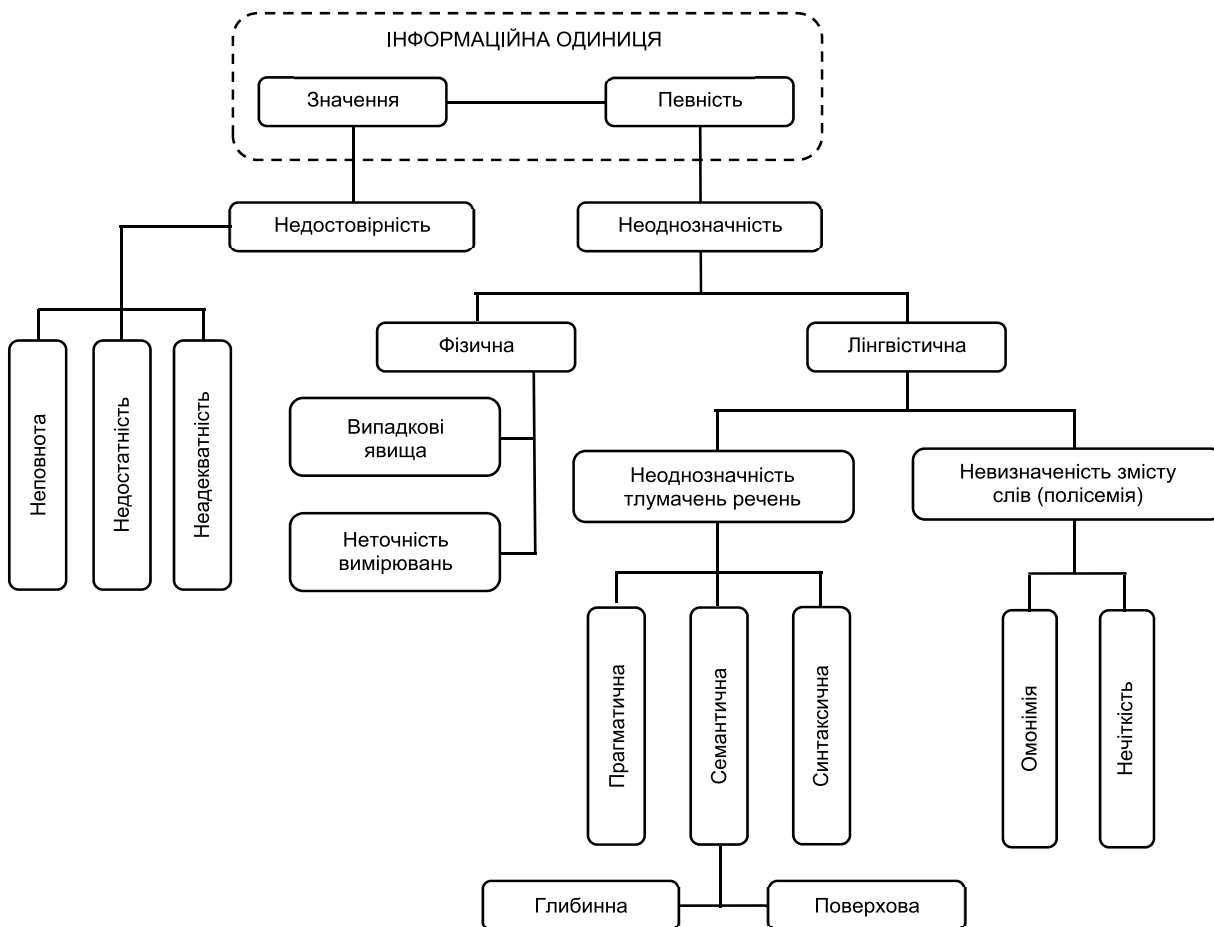


Рис. 2.13. Невизначеність, що, в свою чергу, має джерелами інформаційну невизначеність

Внаслідок наведеного виникає низка таких проблемних ситуацій:

- 1) ситуація невідомості: інформація про задачу практично відсутня;
- 2) в розпорядженні АО «переднього краю» як ЛПР є не вся потрібна інформація;
- 3) зібрана не вся можлива інформація;
- 4) не існує точного опису для всіх досліджуваних елементів;
- 5) деякі елементи описані не за фактичними даними, а за аналогією і т. ін.

Як видно, проблеми розв'язання ЗПР визначаються процесом ПР. Структуру цього блока складають усі елементи структур розглянутих вище блоків. Сюди слід віднести також ще один елемент, який є важливішим за всяких умов ПР – невизначеність, що пов'язана з інформаційним забезпеченням. Оскільки будь-яка інформаційна одиниця може бути характеризована такими ознаками, як «Значення» і «Певність». Тобто, отримуючи будь-яку інформацію, ЛПР завжди має звертати увагу:

по-перше, на її зміст;

по-друге, на те, наскільки отримана інформація відповідає дійсності.

При наведеному підході може мати місце ситуація, коли інформація була передана неточно, тобто АО-ЛПР не може бути впевненим в її істинності. В цьому випадку відрізняють власне неточність, що пов'язується з характеристикою «Значення», і вірогідність інформації, яка пов'язується з характеристикою «Певність» (рис. 2.13).

Неточність інформації породжується її неоднозначністю, яка, в свою чергу, може бути фізичною і лінгвістичною. *Фізична невизначеність* пов'язується як із наявністю в зовнішньому середовищі декількох можливостей, кожна з яких випадковим чином стає дійсністю (ситуація випадковості, або стохастичної невизначеності), так і з неточністю вимірів приладами або Л-О цілком певної величини (ситуація неточності).

В умовах ризику будь-яке ПР може привести до одного із багатьох можливих наслідків, причому кожний наслідок має відомі шанси появи. І саме величина цієї імовірності формує ступінь впевненості АО у своїх діях. В умовах же нестохастичної невизначеності будь-яке ПР може привести до одного із багатьох наслідків, шанси появи якого невідомі АО-ЛПР.

Лінгвістична невизначеність пов'язана з особливістю інтерфейсу прийому й передачі інформації для опису ЗПР за допомогою природної або професійної мови ЛПР. Особливо актуальна проблема лінгвістичної невизначеності пов'язана з використанням нерідної мови. Результати досліджень подій, пов'язаних з АП й СІ, вказують на те, що значна їх частина може бути обумовлена неправильною інтерпретацією команд ДОПР [456].

Адже йдеться про необхідність оперувати кінцевою кількістю слів й обмеженою кількістю структур фраз (речень, абзаців, текстів) для опису за певний, переважним чином обмежений, час майже нескінченної множини різноманітних ситуацій, що виникають у процесі ПР ЧЛЕ в польоті чи ДОПР в процесі УПР. Досліджувана невизначеність породжується множинністю значень слів, що називають полісемією, а з іншого боку, неоднозначністю змісту фраз.

Розглянуті типи невизначеності (рис. 2.8) є чинниками, що суттєво знижуються шанси отримання достовірних результатів досліджень СПЦОАСУ і вимагають застосування спеціальних заходів зі зменшення як загального впливу, так і впливу окремих типів невизначеності на процес експлуатації зазначеної системи.

Досліджуючи проблеми підвищення надійності СЛТС, слід зупинитися на тих типах невизначеності і її джерелах, які мають значний вплив на процес побудови нових засобів та методів досліджень і мають бути враховані, зокрема, в процесі побудови моделі цієї системи. При цьому одним з найбільш значущих є фактор інформаційної невизначеності, а саме, недостовірність інформації (рис. 2.13).

Недостовірність інформації визначає її неповноту, недостатність і неадекватність. Найбільший вплив цей чинник здійснює в польоті, коли засоби сигналізації пілотної кабіни з певних причин не надають вичерпної інформації про стан СЛТС в цілому і її елементів окремо. Наведене доводять дослідження сприйняття інформації, що надається пілотам авіагоризонтами (АГ) «з рухомою землею». Оскільки така конструкція АГ утруднює сприйняття пілотом інформації, це збільшує час розпізнавання сигналу [223; 260].

Цікавими у наведеному ракурсі є дослідження способів сигналізації відмов авіадвигунів, зокрема їх пожегарів [90; 216; 382]. Вкажемо також на ситуацію підготовки ПС до польоту, коли до відома ЧЛЕ не завжди доводиться фактичний стан літака, зокрема його особливості, що сприяє виникненню стресової ситуації і, як наслідок, критичного стану системи в цілому.

Повертаючись до рис. 2.10, вкажемо, що невизначеність, що пов'язана із взаємодією людини з об'єктом керування (ПС, РТЗ УПР) утворюється трьома складовими:

1) нечіткі умови розв'язання задачі керування (випадок, коли множина SOP's у певній польотній ситуації не відповідає реальним можливостям як об'єкта керування, так і керуючої ланки);

2) нечітке завдання параметрів функцій (внаслідок змін, які відбулися в конструкції ПС змінилися і його характеристики керованості і стійкості, а, значить, функції, що їх описують, не є адекватними фактичним);

3) нечітке завдання (фактичний стан системи не є сумісним з тими обмеженнями, що відповідають «ідеальній» системі).

Ще одним типом невизначеності, яка проявляється в СПЦОАСУ є неможливість виявлення і/або врахування усіх зв'язків між елементами системи. Зупинимося детальніше на цьому факторі.

Отже, опис досліджуваної СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» має включати не лише основні, але й додаткові процеси (субпроцеси), які також – посередньо чи безпосередньо, але ж пов'язані з діяльністю людей, насамперед, АО «переднього краю». Мається на увазі те, що опис процесу функціонування СПЦОАСУ має включати опис діяльності другорядних ергатичних елементів, до яких відносяться діяльність представників служб: технічного забезпечення, ОПР, метеорологічного забезпечення. тощо.

Зв'язки керуючого елемента та об'єкта керування з цими елементами можуть бути описані лише умовно, тому цей опис не матиме чіткої числової формалізації і може розглядатися як інформаційний простір складної структури, до якого входять такі види інформації, як числова, лінгвістична, графічна, змішана тощо. Врахування цих зв'язків здійснюється за результатом виникнення чи відсутності певної події, яка ідентифікується лише за переліком певних ознак. Саме множина цих ознак у сукупності з множиною ознак стану ПС та льотного екіпажу дозволить уникнути повної втрати відомостей про ці зв'язки. Під ознаками в цьому випадку розумітимемо числові, графічні чи лінгвістичні характеристики події, яка посередньо чи безпосередньо слугує причиною переходу системи з одного стану в інший.

Всі наведені міркування приводять до необхідності розв'язання задачі формування простору ознак досліджуваної системи з подальшою розробкою технології кваліметричного оцінювання рівня її відмовобезпеки [127; 385].

Розглядаючи лінгвістичну невизначеність, вкажемо, що звичайно виділяють два види полісемії: омонімію й нечіткість. Якщо названі тим самим словом об'єкти завдання ЗПР істотно різні, то цю ситуацію відносять до омонімії. Наприклад, курс (магнітний, істинний, ортодромічний).

Якщо ж ці об'єкти подібні, то ситуацію відносять до нечіткості. Наприклад, гірська місцевість – це місцевість із пересіченим рельєфом і відносними перевищеннями 500 м і більше у радіусі 25 км, а також місцевість із перевищеннями над рівнем моря 2000 м і більше [300].

У загальній формі процес ПР в досліджуваній СПЦОАСУ може бути характеризованим сукупністю елементів, що утворюють такий кортеж [241; 247; 251; 257; 456]:

$$\langle S, P, Q, \Phi, D, I, F_0 \rangle, \quad (2.4)$$

де S – середовище ЗПР;

P – мета АО «переднього краю» як ЛПР;

Q – критерії, що характеризують вимоги до бажаного стану;

Φ – альтернативні рішення, що можуть бути прийняті;

D – правила вибору рішення, які можуть бути використані;

I – інформація, необхідна для даного класу завдань;

F_0 – специфічні особливості (ОФК, що встановлює ОДПР чи РД) діяльності АО «переднього краю» як ЛПР.

Якщо S як середовище ЗПР характеризується наявністю невизначеності, то ПР, не знаючи, в якій ситуації воно буде реалізовано. Тоді для АО «переднього краю» будуть характерні нечіткість і приблизність розумових висновків під час аналізу й оцінки ситуацій, при формулюванні цілей обмежень, а також оперуванні вихідними даними [256]. Тому при формалізації польотного завдання виникає необхідність використати нечіткі поняття й нечіткі процедури.

Залежно від особистісних СП АО «переднього краю» застосовує ПСА, розроблені для ПР в умовах невизначеності [89; 188; 247; 251]. А для запобігання ризику й забезпечення гарантійного підходу до БП рекомендуються, насамперед, критерій *Вальда* [182; 239; 247; 449; 469]. Однак зауважимо, що оптимальність такого підходу не завжди безперечна.

2.5. Обґрунтування системно-інформаційної кваліметрії людського чинника в процесах прийняття рішень

Оскільки в наших дослідженнях необхідно провести кваліметричну оцінку закономірностей прояву ЛЧ під час ПР в АНС, то мають бути досліджені теоретичні основи відповідних процесів.

Термін «кваліметрія» (від лат. *qualitas* – якість та грец. *melreo* – вимірюю [415]) був запропонований у 1968 році групою вчених, очолюваною Г. Г. Азгальдовим, які визначили методологічну спільність способів кількісного оцінювання якості різних об'єктів [10]. Одночасно була усвідомлена необхідність теоретичного узагальнення цих способів в рамках самостійної наукової дисципліни.

Сьогодні кваліметрія – це наукова область, де вивчаються методологія і проблематика комплексного кількісного оцінювання якості об'єктів будь-якої природи (одушевлених / неживих; предметів або процесів; продуктів праці або продуктів природи тощо), що мають матеріальний або духовний характер, штучне або при-

родне походження [3-9; 21; 28; 78; 80; 101; 115; 143; 144; 155; 156; 158; 196; 211; 228; 261; 262; 284; 305; 392; 417; 426-428; 455; 457; 470; 483 та ін.]. Серед зазначених праць лише одиничні монографії присвячені кваліметрії особливостей прояву ЛЧ в процесах ПР Л-О у складних системах керування. Зокрема, йдеться про працю [470], автор якої, спираючись на методологію евристичних розумових процесів [18; 75; 191; 321], висвітлюються лише кваліметричні особливості обрізання дерева рішень.

У праці [28] розглядається кваліметрія групової діяльності з позицій топологічних особливостей її структури, а також взаємного доповнення членів групи за психосоціальними показниками. Привернемо увагу до чисельних досліджень в галузі психолого-педагогічної кваліметрії [20; 47; 80; 100; 133; 139; 143;

144; 211; 228; 262; 392; 412; 426; 428; 455 та ін.], серед яких виділимо праці, орієнтовані на системно-інформаційну кваліметрію навчально-виховного процесу (НВП) та ПР [143; 144; 158; 455 та ін.].

Аналізуючи джерела теорії систем і СА [13; 26; 29; 43; 109; 163; 201; 218; 231; 239; 241; 281; 431; 433 та ін.], зазначимо що основні положення теорії кваліметрії подані в них переважним чином у вигляді показників і критеріїв якості (ефективності), співвідношення яких є універсальним для будь-яких гуманістичних систем і подано у табл. 2.1 [26], а також найбільш вживаних шкал кваліметрії [26; 100; 228; 241; 281; 284; 463 та ін.]. Однак, в теперішній час можна вказати лише одну працю [158], повністю орієнтовану на дослідження порівняльних проблем кваліметрії і СА.

Таблиця 2.1

Співвідношення понять якості і ефективності систем
(В. С. Анфілатов, О. А. Ємельянов, О. А. Кукушкін)

Параметр 1	Якість 2	Ефективність 3
Визначення поняття	Властивість чи сукупність суттєвих властивостей системи, що обумовлюють її придатність (відповідність) для використання за призначенням	Комплексна операційна властивість (якість) процесу функціонування системи, що характеризує його пристосованість до досягнення мети операції (виконання задачі системи)
Область застосування	Об'єкти будь-якої природи, у тому числі елементи системи	Тільки цілеспрямовані операції, що здійснюються системою
Основна характеристика	Сукупність атрибутивних властивостей системи, суттєвих для її використання за призначенням	Ступінь відповідності результатів операції її меті
Фактор структурного аналізу	Будова системи (склад і властивості складових частин, структура, організація)	Алгоритм функціонування, якість системи, що реалізує алгоритм, впливи зовнішнього середовища
Розмірність	Показник якості – вектор показників суттєвих властивостей	Показники результативності, ресурсозатратності і оперативності по результату операції і по якості «алгоритму», що забезпечує отримання результатів
Спосіб оцінювання	Критерії придатності, оптимальності, переваги	Критерії придатності чи оптимальності, що визначаються в залежності від типу операції, що проводиться (детермінована, імовірнісна чи невизначена)

В теорії вимірів незвичайно важливим є вибір адекватної до ЗПР кваліметричної шкали, їх уніфікація, узгодження результатів вимірів та їх порівняння тощо (табл. 2.2) [26; 100; 228; 241; 281; 284; 463 та ін.]. В межах ЗПР АО здебільшого порівнюють деякі об'єкти (ПС) та їх властивості (відстань, швидкість, дотримання НЕПС тощо). Такі вимірювання діляться на об'єктивні / суб'єктивні, а також на якісні / кількісні. Під вимірюванням тут мається на увазі процедура порівняння окремих об'єктів чи їх ознак (просторових, фізичних, часових, функціональних тощо). Процедура порівняння містить визначення відношень та спосіб їх порівняння (з еталоном, кожен з кожним, впорядковано або довільно).

Оскільки відношення можна уявити як математичну категорію, то множину об'єктів та відношень між ними можна описати так:

$$S^e = (D, R^e), \quad (2.5)$$

де $D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ – множина об'єктів;

$R^e = (R_1^e, R_2^e, \dots, R_m^e)$ – множина відношень між об'єктами.

Цій емпіричній системі ставиться у відповідність числова система:

$$S^H = (R_{e_i}, R^H), \quad (2.6)$$

де $R^H = (R_1^H, R_2^H, \dots, R_e^H)$ – множина відношень між числами;

R_{e_i} – множина дійсних чисел.

Поняття «вимірювання» інтерпретується залежно від специфіки його застосування. Спільним у визначеннях є таке: *вимірювання – це*

алгоритмічна операція присвоєння чисел речам (об'єктам, предметам, станам) відповідно до певних правил [100]. Ця відповідність забезпе-

чується тим, що результати вимірювань містять інформацію про об'єкт, залежну від шкали вимірювання (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Порівняльна характеристика основних шкал вимірювання

Тип шкали	Визначаюче відношення	Еквівалентне перетворення шкал	Припустимі операції (первинна обробка)	Вторинна обробка даних
1	2	3	4	5
Номінальна	Еквівалентність	Перестановка найменувань	Обчислення символу Кронекера, δ_{ij}	Обчислення відносних частот і операції над ними
Впорядкування	Еквівалентність, перевага	Не змінюючи порядку (монотонне)	Обчислення δ_{ij} і рангів R_i	Обчислення відносних частот і вибіркового квантилів
Інтервальна	Еквівалентність, перевага, зберігання відношення інтервалів	Лінійне перетворення: $y = a \cdot x + b$, $a > 0, b \in R$	Обчислення δ_{ij} , R_i і інтервалів (різностей між спостереженнями)	Арифметичні дії над інтервалами
Циклічна	Еквівалентність, перевага, зберігання відношення інтервалів, періодичність	Зсув: $y = x + n \cdot b$, $n = 1, 2, 3, \dots$ $n = 1, 2, 3, \dots$	Теж саме, що й для інтервальної шкали	Теж саме, що й для інтервальної шкали
Відношень	Еквівалентність, перевага, зберігання відношення інтервалів, періодичність, зберігання відношень двох значень	Розтягання: $y = a \cdot x, a > 0$	Всі арифметичні операції	Будь-яка прийнятна обробка
Абсолютна	Еквівалентність, перевага, зберігання відношення інтервалів, періодичність; зберігання відношень двох значень, абсолютна і безрозмірна одиниця, абсолютний нуль	Шкала унікальна	Всі арифметичні операції; використання у якості показника ступеня, основи і аргументу логарифма	Будь-яка необхідна обробка

Вимірювання перетворює параметри сприйняття об'єкту вимірювання на числа. І чим точніше є відповідність між станами та їх позначками, тим більше інформації можна отримати за допомогою процедури вимірювання. Причому ступінь цієї відповідності залежить не лише від організації вимірювань, а й від природи явища, що досліджується і визначає допустимі/недопустимі засоби обробки вимірювальної інформації [100; 281].

Таким чином, вимірювання, як процес, представляє собою відображення досліджуваних об'єктів емпіричної системи на континуум числової системи (рис. 2.14).

Кожному об'єкту емпіричної системи за допомогою функції відображення f ставиться у відповідність число $c_i = f(d_i)$. Звідси можна дати визначення шкали.

Отже, шкала – це сукупність емпіричної системи S^e , числової системи S^h та відображення f , тобто трійка (S^e, S^h, f) . І для оцінки одного й того ж набору об'єктів, що характеризуються певними характеристиками по одній з них, можна

використати декілька різних шкал. Наприклад, (S^e, S^h, f_1) чи (S^e, S^h, f_2) .

У такому випадку можна взаємно переводити дані (W_1, W_2) двох шкал за допомогою функцій перетворення φ_1 та φ_2 . Тут $W_1 = \varphi_1(W_2)$, а $W_2 = \varphi_2(W_1)$. Множина Φ усіх можливих перетворень для окремої шкали визначає її тип. Найбільш вживаними наразі є метричні (абсолютні, інтервальні, шкали відношень), порядкові та номінальні шкали (табл. 2.2).

Зазначимо особливий внесок видатного українського вченого, академіка В. Глушкова у розвиток системно-кібернетичної методології кваліметричного дослідження різноманітних гуманістичних систем (рис. 2.15) [48; 144; 205].

Але у подальшому системний підхід став набувати певного декларативного характеру, його зведення до опису шкал вимірювання (табл. 2.2) та певна стагнація у розвитку ЕП [26; 100; 228; 241; 281; 284; 463 та ін.] призвели до таких прорахунків у їх застосуванні [124; 144; 158; 195]:

- 1) перебільшення можливостей ЕП;
- 2) зайве захоплення «здоровим глуздом»;

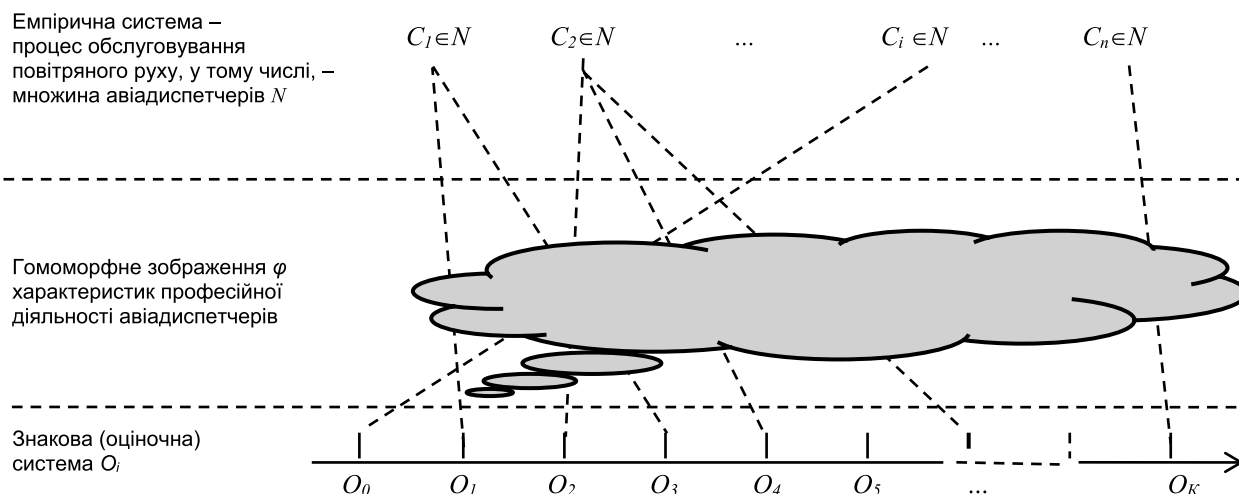


Рис. 2.14. Загальна ілюстрація кваліметрії показників та характеристик професійної діяльності диспетчерів обслуговування повітряного руху

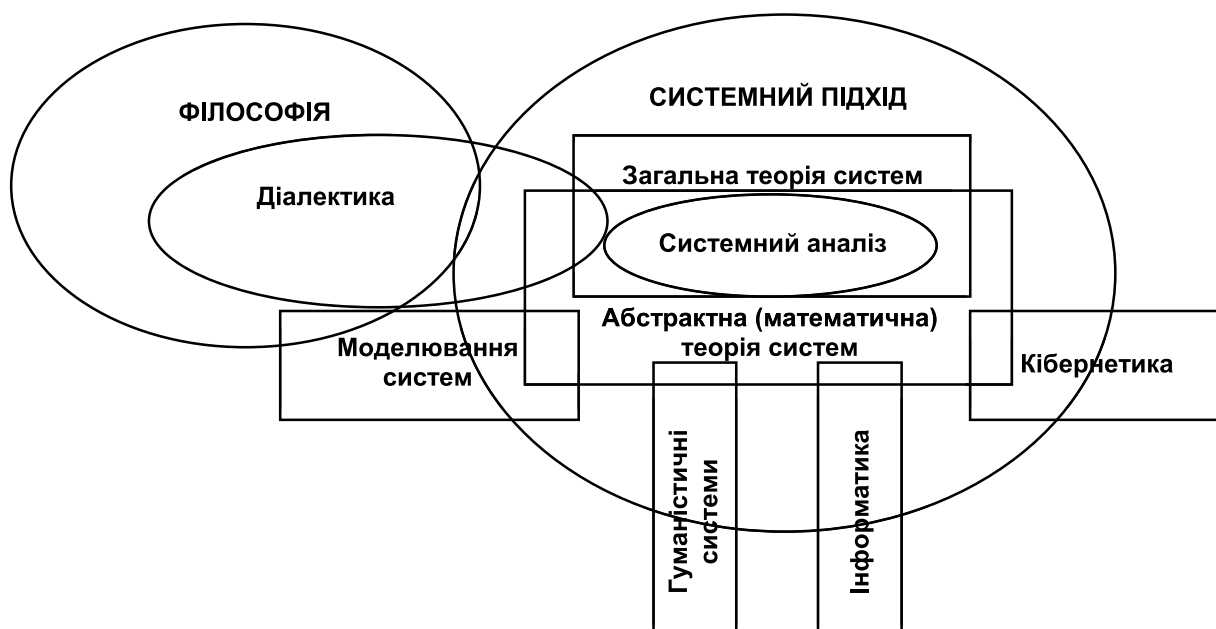


Рис. 2.15. Основні елементи системно-кібернетичної методології кваліметричного дослідження гуманістичних систем

3) нечітка постановка задачі дослідження перед експертом та нечіткість досліджуваних систем [247; 251; 368; 475];

4) прагнення дотримуватися лише одної ЕП, що відповідає мотиву «зручності» [131; 132; 169; 177; 451; 452]; 5) невірне розуміння точності ЕП;

6) зайве захоплення формальними моделями;

7) некоректна інтерпретація результатів.

Порівнюючи термінологію та дефініції, що розкривають особливості і сферу діяльності кваліметрії [3-6-10; 20; 21; 26; 28; 78; 80; 101; 102; 114; 115; 144; 155; 156; 158; 195; 196; 211; 214; 228; 241; 251; 261; 262; 284; 305; 392; 417; 426-

428; 455; 457; 470; 483] та СА [11; 19; 26; 29; 35; 46; 48; 50; 86; 97; 158; 162; 163; 201; 205; 207; 239; 241; 257; 267; 281; 291; 367; 431; 433; 435; 436; 439; 463], можна відокремити їхні загальні риси та властивості:

а) спільність підходу до розгляду об'єктів;

б) поєднання формальних і неформальних методів досліджень;

с) необхідність розв'язання багатокритеріальних ЗПР [26; 109; 182; 232; 241; 251; 281; 291; 367; 531 та ін.];

д) використання ієрархічної структури системи критеріїв, а також властивостей і показників якості тощо.

В контексті цієї монографії вважатимемо системними такі уявлення про досліджувану СПЦОАСУ, що характеризуються цілісністю, ієрархічністю і різноманіттям типів зв'язків її елементів між собою і з навколишнім середовищем. Аналогічно в кваліметрії якість об'єкту розглядається як сукупність різноманітних властивостей якості, що визначають його придатність задовольнити певні потреби відповідно до призначення [106]. При цьому аналогічно до СА приймається, що об'єкт – це цілісне утворення і йому властиві особливості, які не зводяться просто до суми властивостей його окремих елементів.

Особливістю СА є поєднання формальних (детермінованих і імовірно-детермінованих) і неформальних (евристичних) методів досліджень. Кваліметрія, в свою чергу, використовує як фізичні методи вимірювань (тобто строго формалізовані по метрологічних нормах і правилах, з використанням ТЗ вимірювань, процедур обробки результатів вимірювань і т. под.), так і нефізичні під час вимірювання окремих властивостей якості. В такому випадку засобами вимірювання виступають експерти, а процедура оцінювання якості суб'єктивна і потребує застосування формальних методів обробки експертної інформації, що істотно збільшує точність кваліметричних оцінок.

Частиною СА є системотехніка – наукова дисципліна, яка вивчає процеси проектування, створення, випробування і експлуатації складних (великих) технічних систем з орієнтацією цих процесів на досягнення БКР – максимального підвищення ефективності системи. При цьому завдання оптимізації слід розглядати як багатокритеріальну ЗПР [11; 26; 29; 35; 143-145; 157; 162; 163; 230; 241; 251; 281; 291; 367; 431; 436; 463 та ін.], а її результат – як один з найкращих серед можливих варіантів узгодження ряду суперечливих вимог (критеріїв) до альтернативи, що вибирається.

Аналогічні проблеми і підходи існують в завданнях кваліметрії, коли різні об'єкти порівнюються по сукупності різноманітних властивостей.

Відмінності між кваліметрією і СА пояснюються рівнем вирішуваних проблем. Кваліметрія займається здебільшого прикладними проблемами, однак її досягнення використовуються і узагальнюються в СА.

Методи кваліметрії успішно застосовуються для оцінки якості функціонування динамічних СПЦОАСУ. При цьому і кваліметрія, і СА при вирішенні ЗПР істотно спираються на самостійний науковий напрям – теорію ПР. Ця теорія разом з формалізованими математичними методами приділяє значну увагу процесу вибору Л-О (або групою операторів) переважного варіанту рішення.

Узагальнюючи вищевказане, можна стверджувати, що поєднання відомих теорій і методів вимірювань і оцінювання якості з МСА дозволить розширити застосування кваліметрії у дослідженнях ЛЧ під час ПР АО «переднього краю».

Розглянемо можливість їх застосування для теоретичного обґрунтування системно-інформаційної структури кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ під час ПР.

Для задач вимірювання впливу ЛЧ на ПР в АНС, зокрема ОПР, дуже важливою є процедура обробки вхідної інформації. Оскільки навіть коректне отримання такої інформації у вигляді зворотного зв'язку само по собі ще не є достатнім для ефективного функціонування суцільного комплексу АНС. Адже після отримання інформацію необхідно обробити, проаналізувати і зробити з неї висновки, що становить три окремі складні задачі.

Обробка інформації як процес складається з декількох суб-процесів, одним з яких є порівняння отриманих кваліметричних результатів із певними еталонними показниками в самому широкому їх розумінні. Дійсно, кожен ДОПР має порівнювати реальні відстані між літаками з НЕПС, прогнозувати час підльоту, кількість наявного пального, рух метеорологічних завад та інші динамічні чинники середовища й АНС в цілому. У такому складному процесі важливо мати відповідний інструментарій для коректного порівняння отриманих даних із еталонами, або між собою, чому сприяють певні положення теорії якості [6; 9; 10; 26; 41; 78; 101; 110; 155; 156; 224; 225; 241; 417; 427; 455; 457 та ін.].

Під *ефективністю* розуміють узагальнену властивість, що характеризує ступінь пристосованості ДОПР до виконання поставлених перед ним задач. Ця комплексна властивість містить ряд елементарних властивостей незалежно від виду об'єкта. Серед цих властивостей першочерговою є *функціональність* [241].

Отже, з порівняння понять «*ефективність*» та «*якість*» витікає їх практична близькість. Тому положення теорії якості можуть бути використані при оцінці ефективності професійної діяльності АО «переднього краю».

Кількісна оцінка якості проводиться через *показники якості* – характеристики однієї / декількох властивостей об'єкта стосовно визначених (або еталонних) умов. Ці показники можуть бути одиничними (частинними) або комплексними. При цьому зазначимо, що ЕП є більш універсальними не лише для розв'язання різних за класифікаційними ознаками ЗПР, але і для потреб кваліметрії (рис. 2.16).

Усі вибрані нами для досліджень показники прояву ЛЧ в процесі ПР ДОПР (ОДПР, РД, нечіткі оцінки ризику) нормуються [230; 232; 349], що дозволяє згідно з положеннями теорії якості



Рис. 2.16. Методи визначення показників якості

[6; 9; 10; 41; 101; 106; 155; 156; 224; 225; 417 та ін.] вважати їх «однорідною продукцією», якість якої оцінюється методами:

- 1) диференційованим;
- 2) комплексним;
- 3) змішаним.

У контексті наших досліджень закономірностей прояву ЛЧ під час порушень НЕПС привернемо увагу до того, що застосування диференційованого методу вимагає порівняння однойменних показників оцінювального та еталонного зразків (наприклад, реальна відстань між літаками і НЕПС), визначаючи, які показники досягли еталону, а які, навпаки, відрізняються:

де $L_i, L_{(em.)} = L_{НЕПС}$ – відповідно поточне та еталонне значення i -го показника, що характеризує відстань між ПС.

$$q_i = \frac{L_i}{L_{em.} = L_{НЕПС}} \text{ або } q_i = \frac{L_{em.} = L_{НЕПС}}{L_i} \quad (2.7)$$

де $L_i, L_{em.} = L_{НЕПС}$ – відповідно поточне та еталонне значення i -го показника, що характеризує відстань між ПС.

За наявності обмежень у значеннях одиничних показників якості, які, як показує досвід досліджень [14; 51; 157; 235; 236; 238; 326; 328; 332; 340; 366; 372; 374; 383; 389; 423; 527-532; та ін.], можуть бути визначеними відповідно до

рівнів «трикутника ризиків» ІСАО (див. вирази 1.1, 1.2, а також рис. 1.20 і табл. 1.7, 1.8), маємо:

У формулі (2.8) в якості бракувальних значень можна взяти показники граничних (характерних) точок ОФК, що визначають ОДПР чи РД ДОПР, а також точок перетину ФН сусідніх термів, що визначають перехід неприйнятної рівня ризику у прийнятний.

$$q_i = \frac{(L_i - L_i^{брак.})}{L_{em.} = L_{НЕПС}} \text{ або } q_i = \frac{L_{em.} = L_{НЕПС}}{(L_i - L_i^{брак.})} \quad (2.8)$$

де $L_i^{брак.}$ – неприйнятне (бракувальне) значення i -го показника, що відкидається.

Комплексний метод застосовують, якщо наявний функціональний взаємозв'язок комплексного показника якості та одиничних показників. Ці показники агрегуються у головний показник, що відображає призначення результату діяльності, інтегральним і середньозваженим показниками, процедури застосування яких розкрито у працях [30; 157; 197; 230; 232; 241; 251; 291; 349; 367; 416 та ін.].

Оцінка якості – це основний етап виявлення закономірностей прояву ЛЧ під час ПР, яка має бути ґрунтовно-об'єктивною. Якість і кількість – це характеристика результату певного процесу. Мірою якості (або числовим уявленням)

R і його елементів $r(t)$ називається їх відображення на шкалі дійсних чисел R_i [241]:

Аналогічно визначається міра (чисельне уявлення) чинників якості:

$$\mu: R \rightarrow R_i \text{ або } r(t) \rightarrow R_i. \quad (2.9)$$

Таким чином, міри – це функціонали якості

$$Z: V \rightarrow R_i \text{ або } U(t) \rightarrow R_i. \quad (2.10)$$

або функціонали чинників. Відображення μ , як і Z , може бути композицією декількох відображень:

У частинному випадку $\mu \in E$, тобто $\mu(r(t))=r(t)$,

$$\mu = \mu_n^0 \cdot \mu_{n-1}^0 \cdot \dots \cdot \mu_2^0 \cdot \mu_1^0 \quad (2.11)$$

або

$$\mu(r(t)) = \mu_n(\dots \mu_2(\mu_1(r(t)))\dots). \quad (2.12)$$

де E зазвичай – одинична матриця [69; 87; 189].

Синонімом міри якості є її відповідний показник $\mu \sim p$. У відображенні замість множини R_e реальних чисел застосовується множина смислових лінгвістичних одиниць S_e типу «відмінний», «хороший», «придатний», «непридатний» тощо. Зазначену міру називають семантичною мірою якості, яку, застосовуючи символічний запис, можна подати так:

Поняття семантичної міри включає в зміст

$$S: R \rightarrow S_e \text{ або } S: \{r_i\} \rightarrow S_e. \quad (2.13)$$

кваліметрії не лише кількісну, але і семантичну (якісну) оцінку.

Основні типи мір якості включають відображення шкалування і згортання (комплексування, агрегації, узагальнення). Тому дослідження ЛЧ залежить від ефективності як відповідних шкал (систем оцінювання), так і від застосовуваних методів, що охоплюють досліджувану частину професійної діяльності ДОПР, що відповідає їх «ставленню до небезпечних дій або умов» (рис. 1.6).

Останнім часом все більше впроваджуються комплексні кількісні оцінки якості людської діяльності або об'єктів складної природи чи відповідних процесів, яким, згідно з постулатами СА, притаманна системна властивість емергентності [233; 241; 281 та ін.]. Визнано, що:

- 1) методи комплексної кількісної оцінки якості можна поширювати на будь-які області;
- 2) алгоритм цих методів і принципи, на яких вони базуються, практично не відрізняються;
- 3) сфери застосування багатьох з цих методів надзвичайно важливі. Це впливає на спільні дослідження проблем оцінки якості, насамперед, у гуманістичних системах, що сприятиме підвищенню наукового рівня цих досліджень.

Виходячи з наведеного, можна визначити поняття «системно-інформаційної кваліметрії», як системно організований збір якісно-кількісної інформації про особливості і закономірності про-

яву ЛЧ під час ПР ДОПР. І оскільки ПР – головна функція будь-якого менеджменту, то кваліметрія реперних показників та характеристик професійної діяльності ДОПР орієнтована нами саме на забезпечення прийняття відповідних рішень.

Для розуміння суті кваліметрії необхідно розглядати її в рамках науки квалітології, як науки про якість. У структурі квалітології можна виділити такі взаємозв'язані та взаємодіючі складові частини, як: теорія якості, теорія управління якістю, кваліметрія, метрологія. Таким чином, кваліметрія – це синтетична система взаємозв'язаних теорій, що розрізняються ступенем спільності, засобами і методами вимірювання і оцінювання, до яких належать загальна, спеціальна і наочна кваліметрія, що об'єднуючись, становлять в сукупності синтетичну кваліметрію [27; 180; 426]. Зазначену синтетичність утворюють (рис. 2.17):

– *загальна кваліметрія*, що охоплює систему понять, теорію оцінювання, аксіоматику кваліметрії, теорію кваліметричного шкалування;

– *спеціальна кваліметрія*, що розглядає такі моделі і алгоритми оцінки, як: експертна, імовірно-статистична, індексна, таксономічна, теорія класифікацій і систематизації складно-орієнтованих об'єктів, що мають ієрархічну будову, а також досліджує точність і достовірність отриманих оцінок;

– *предметна кваліметрія*, що розрізняється за предметами оцінювання (продукція і техніка, праця і діяльність, рішення і проекти, процеси попиту, пропозиції, управління і інформаційного забезпечення).

Структурність, динамічність, визначеність і цілісність зазначених видів кваліметрії забезпечуються механізмом їхньої взаємодії. Так, загальна кваліметрія трансформує спеціальну кваліметрію з урахуванням особливостей вживаних методів і моделей оцінки, а остання знаходить віддзеркалення у предметній кваліметрії. При цьому взаємозв'язки загальної, спеціальної і предметної кваліметрії відображають суть філософського підходу до вивчення будь-яких ієрархічних систем, як відношення загального, особливого і одиничного.

У кваліметрії як у науці, можна виділити спеціальні аспекти, які також відображено на рис. 2.17.

Загальнонауковий аспект визначається філософсько-методологічною і загальнонауковою функціями категорії якості і підтверджується формуванням великої кількості предметних властивостей кваліметрії (продукція, техніка, праця тощо). Застосування цього аспекту створює дієвий механізм вибору кращих варіантів багатокритеріальних рішень в усіх сферах і на всіх рівнях управління якістю.

Системний аспект кваліметрії визначає її як системну теорію, що охоплює всі основні

ознаки системи (структурність, динамічність, визначеність, впорядкованість) і дозволяє ви-

користувати системний підхід до процесів оцінки, аналізу і управління.

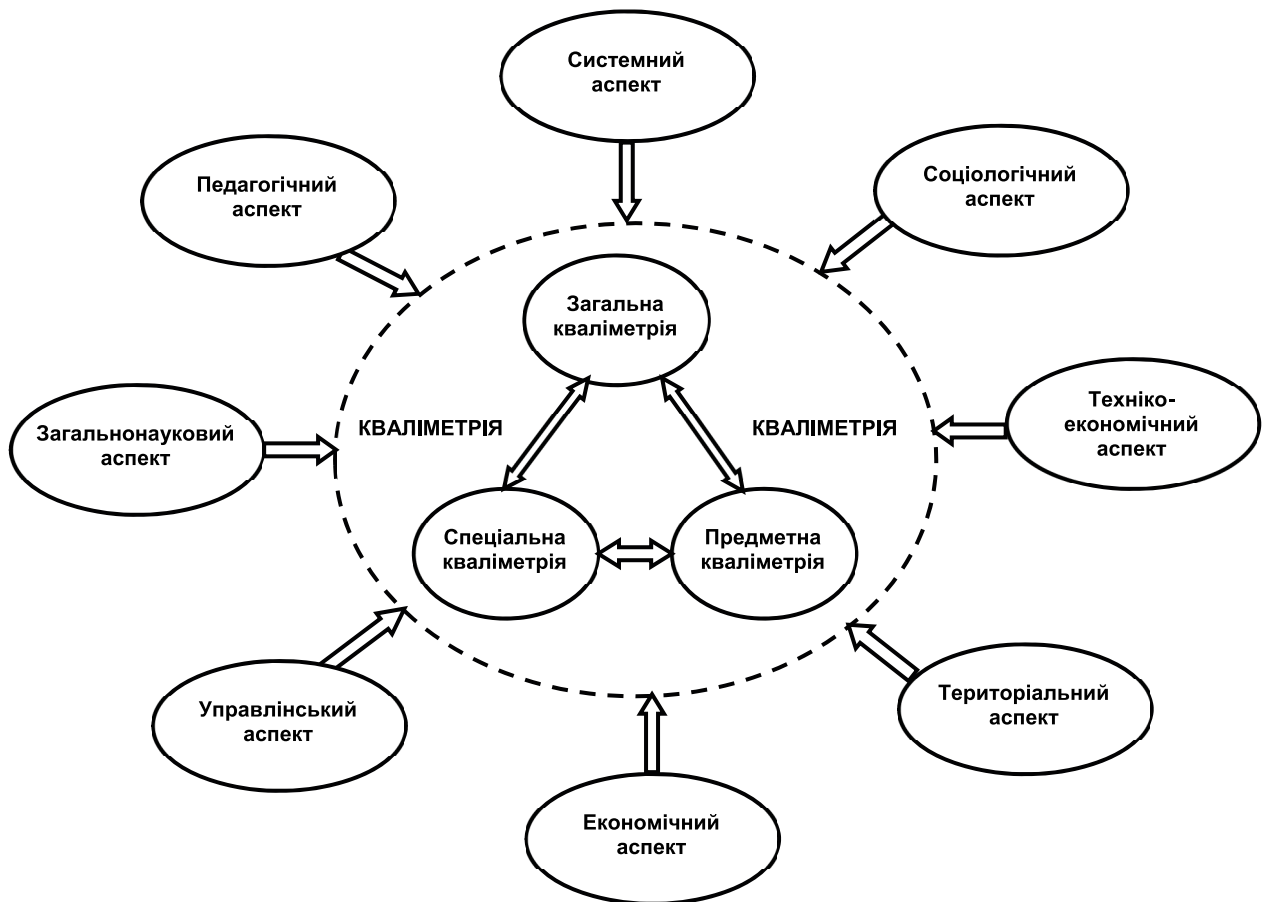


Рис. 2.17. Ілюстрація синтетичності кваліметричного підходу

Техніко-економічний аспект відображає спрямованість кваліметрії на комплексні оцінки економічних і технічних властивостей об'єктів і процесів, а також реалізується в результатно-витратних заходах ефективності, техніко-економічних та інших показниках. Він обумовлений необхідністю кількісної оцінки якості та класифікації продукції за якісними категоріями, а не лише з окремих властивостей.

Економічний аспект має політекономічний зміст категорії якості в її взаємодії зі споживною вартістю і охоплює методи економетрії як теоретичного вимірювання економічних властивостей створюваних об'єктів і процесів.

Педагогічна кваліметрія визначається як «дисципліна, що вивчає методологію і проблематику кількісної оцінки якості педагогічних інновацій і педагогічної діяльності в цілому» [279].

Варто звернути увагу, що подана дефініція запозичена нами для аналізу з російського енциклопедичного словника, оскільки у відповідних вітчизняних джерелах [123; 280] терміни «кваліметрія» та «педагогічна кваліметрія» не розглядаються взагалі. Тому для забезпечення

належної якості освіти необхідно більше уваги приділяти методології і загальнонауковим аспектам її кваліметрії.

Як будь-який науковий напрям, кваліметрія використовує специфічну термінологію. Наведемо базові терміни, що сприяють розумінню суті кваліметрії.

Кваліметрія – це наукова дисципліна, що вивчає методологію і проблематику кількісного оцінювання якості (окремих складових властивостей) об'єктів будь-якої природи.

Кваліметрична інформація – це кількісна інформація про якість об'єкта, що дозволяє зробити висновок про кращу чи гіршу (наскільки або в скільки разів краще/гірше) якість цього об'єкта порівняно з іншим об'єктом.

Кількісне оцінювання якості або інтегральної якості – процес, на виході якого в комплексній, кількісній формі отримується кваліметрична інформація про якість (або інтегральну якість) об'єкта з урахуванням не окремих, а всіх його властивостей.

Об'єкт – будь-який предмет (процес, явище) матеріальний або ідеальний (уявний), живий

або неживий, природний або штучний, продукт праці або продукт природи.

Властивість – риса, особливість, характеристика об'єкта, що виявляється під час його виробництва (створення) або споживання (застосування, використання, експлуатації). Проста властивість – це властивість, що не може бути декомпозована на сукупність двох або більше інших, менш складних властивостей.

Складна властивість – властивість, що може бути розбита, декомпозована, кластеризована тощо на дві або більше інших, менш складних властивостей. Зазначимо, що сукупність властивостей також може бути (хоча і не завжди) властивістю об'єкта, але складнішою.

Отже, основою на наведеному, можемо визначити такий зміст досліджуваної дефініції «системно-інформаційна кваліметрія». Це системно організований збір якісно-кількісної інформації про дидактичні показники, потрібні для прийняття рішень в управлінні НВП. Реалізація системно-інформаційної кваліметрії в контексті дисертаційної роботи здійснюється так.

Як зазначалося вище, системний аспект кваліметрії має усі характерні ознаки системи (структурність, динамічність, визначеність, впорядкованість тощо), що дійсно дозволяє використовувати МСА до процесів оцінки, аналізу і управління професійною діяльністю ДОПР. Враховуючи також, що ПР ДОПР відбувається з урахуванням особливостей функціонування усіх складників СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР», йдеться про ергономічну системно-інформаційну кваліметрію закономірностей прояву ЛЧ.

Отже, з урахуванням ПСА, критеріїв цілеспрямованої поведінки систем вироблення рішень, а також методології теорії якості і теорії кваліметрії нами було розроблено структурну модель ергономічної системно-інформаційної кваліметрії особливостей прояву ЛЧ під час ПР ДОПР (рис. 2.18) [432].

Модель на рис. 2.18 враховує особливості фізичної суті досліджуваних процесів, акцентує увагу на кваліметрії ЛЧ під час ПР і утворюється трьома модулями:

- 1) загальне управління АНС;
- 2) етапи управління та ПР, що здійснюються ДОПР в процесі професійної діяльності;
- 3) системно-інформаційна ергономічна кваліметрія.

Перший модуль займає вищий ієрархічний рівень моделі і визначається цивілізаційними уявленнями суспільства щодо забезпечення належного рівня БП, державними вимогами, міжнародними нормами, технічними характеристиками ПС та РТЗ УПР, а також параметрами, які є системоутворюючими чинниками організації та здійснення ОПР.

Етапи УПР та ПР утворюють другий модуль на рис. 2.18, що охоплює оцінювання проблемної ситуації (блок № 6), планування (блок № 7), прогнозування (блок № 8), ПР (блок № 9), виконання рішень (блок № 10), моніторинг (блок № 11) і корекцію виконання рішень (блок № 12). Другий модуль визначає професійну діяльність ДОПР як безперервну низьку ПР, що відбувається з дотриманням ПСА і має задовольняти критеріям цілеспрямованості і раціональності, що й забезпечує ефективність рішень.

Під час розгляду ЗПР (блок № 6) оцінюється множина альтернатив, потрібних для здійснення вибору, показники та критерії ефективності, невизначеності, раціональності, СП та ставлення ДОПР до ризику як ЛПР. В той же час планування (блок № 7) враховує добовий план польотів у зоні відповідальності і є функцією організації і здійснення ОПР. Планування – це заздалегідь передбачуваний та обміркований порядок, система дій, заходів, робоче навантаження ДОПР, послідовність і терміни обслуговування ПС на належному рівні забезпечення БП. Для забезпечення ефективності планування має бути забезпечене виконання наступних умов:

- 1) керівна ланка (модуль 1) володіє інформацією щодо вимірних показників та тенденцій їх впливу на здійснення ОПР;
- 2) ДОПР уявляють індивідуальні кваліметричні показники прояву ЛЧ під час ПР;
- 3) обрані оптимальні шляхи та заходи досягнення БКР під час ОПР.

Етап «прогнозування» (блок № 8 рис. 2.17) розглядатимемо з позицій проактивності. Адже йдеться про головну властивість людської натури бути суб'єктом, а не об'єктом дій, коли поведінка обумовлена власними рішеннями, а не обставинами, що утворилися незалежно від ЛПР. Пріоритетними у такого проактивного ДОПР є рішення, відповідальність, свідомий вибір, цінності. На другий план відставлені емоції, обставини, зовнішні впливи. Отже, проактивність позитивно впливає на процеси ПР.

Враховання простору середовища (блок № 19 на рис. 2.18), пов'язано з класифікаційними ознаками вирішуваних ДОПР проблемних ситуацій, зокрема складності, динамічності та невизначеності (підрозділи 2.3, 2.4) ЗПР в УПР, що є особливістю етапу «прийняття рішень» (блок № 9). Важливу роль при цьому відіграють критерії раціональної поведінки систем вироблення рішень (прийнятності, оптимальності, адаптивності).

Для побудови ефективної системи УПР необхідно провести:

- 1) формування цільових показників-індикаторів якості ОПР;
- 2) порівняння досягнутого рівня показників-індикаторів з цільовими (нормативними) і оцінити на його основі якості процесу УПР;

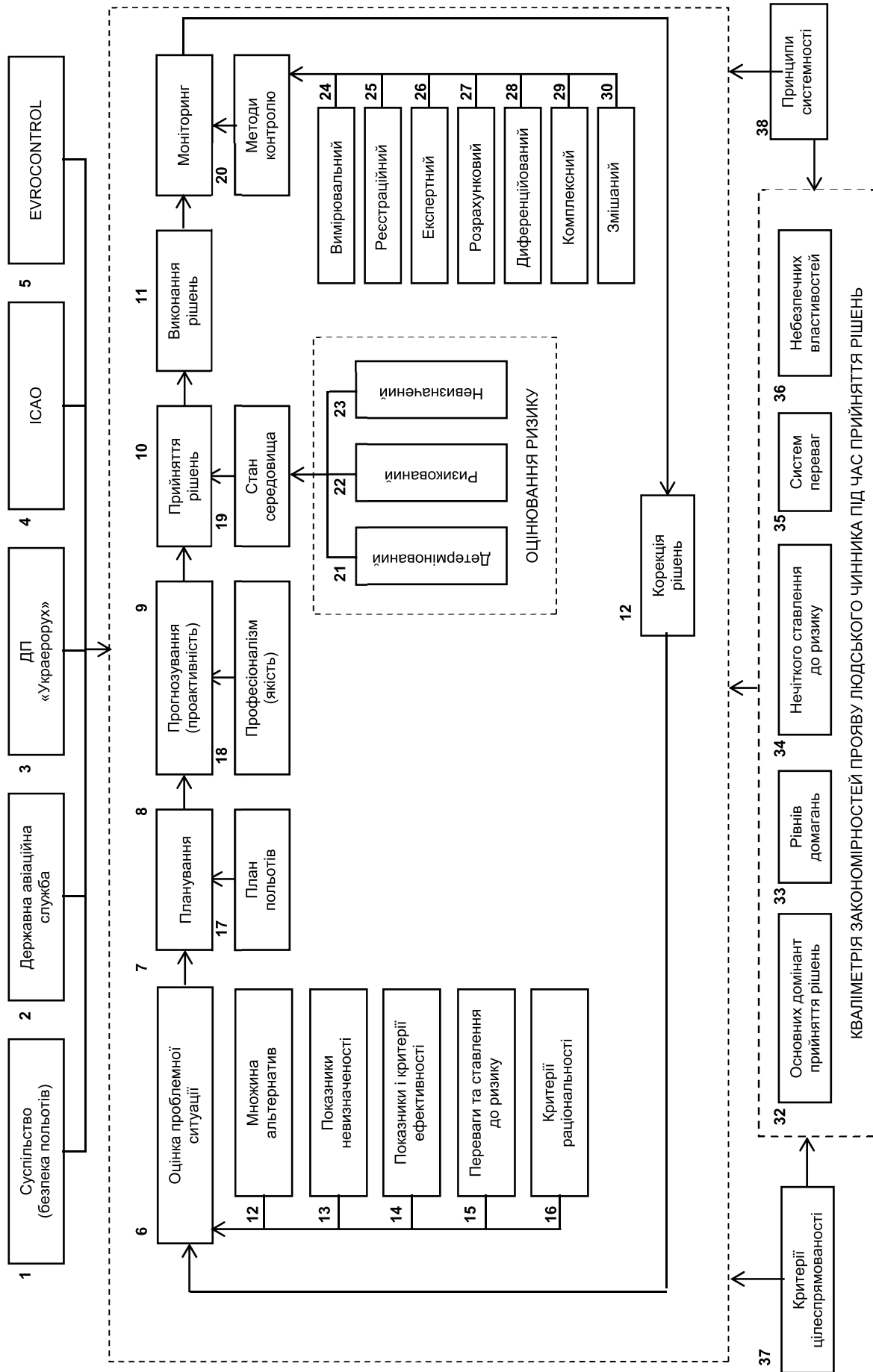


Рис. 2.18. Структурна модель системно-інформаційної кваліметрії професійної діяльності авіадиспетчерів

3) вироблення керуючих дій на умови і чинники, що визначають досягнуту якість для мінімізації відхилень.

Здійснення моніторингу (блок № 11) оцінює якість ПР, що дозволяє провести ефективну кваліметрію (блоки № № 24-30) встановлених реперних показників та характеристик професійної діяльності ДОПР, пов'язаних з ПР. У разі потреби корекції виконання рішень (блок № 12) необхідно додатково оцінити й проаналізувати проблемну ситуацію.

Критерій споживання є незвичайно важливим у контексті наших досліджень, оскільки його реалізація здійснюється (третій модуль на рис. 2.18) за методологією теорії корисності і теорії задоволення [157; 169; 241; 439; 442 та ін.], що сприяє побудові ОФК показників та характеристик професійної діяльності ДОПР, які будуються по спеціальній методиці для закритих і відкритих ЗПР.

Аналіз ОФК сприяє кваліметричній оцінці ОДПР та РД ДОПР, і через них – оцінці рівня БП в АНС. З іншого боку, зазначені теорії сприяють побудові нечітких кваліметричних моделей ставлення ДОПР до ризику.

Блоки № 35 і № 36 рис. 2.18 нами не розглядаються, оскільки результати їх досліджень будуть розглянуті в іншій монографії авторів.

2.6. Висновки до розділу 2

Узагальнюючи отримані і подані у розділі 2 результати розробки теоретичних основ ергатичної системно-інформаційної кваліметрії ЛЧ під час ПР ДОПР, вкажемо на такі найбільш важливі положення.

1. Оскільки діяльність ДОПР як системи має розглядатися, з одного боку, як завершене ціле, а, з іншого боку, як складне утворення багатьох складових, їх дослідження має відбуватися, спираючись на 13 основних і 5 додаткових ПСА. Встановлено, що невідповідність процесів діяльності та ПП ДОПР будь-якому з зазначених принципів сприяє формуванню певних хибних ланок, що суттєво знижують ефективність ОПР. Багатократно ж використання ПСА сприяє формуванню особливого типу мислення, названого системним. Воно характеризується вмінням більш адекватно виявляти і вирішувати складні проблеми впливу ЛЧ на безпеку ОПР.

2. Встановлено, що процеси діяльності і ПП ДОПР є цілеспрямованими і раціональними, оскільки задовольняють спеціальним критеріям

цілеспрямованості (ієрархія підцілей, вибір засобів, уникання повторів, фільтр якості інструментарію, повернення, споживання) і раціональності (придатності, оптимальності, адаптивності) в ПР. Виявлено особливу роль критерію споживання, керуючись яким і спираючись на методологію теорії якості (ефективності), корисності, задоволення, будуються ОФК і нечіткі моделі ставлення ДОПР до небезпечних дій або умов професійної діяльності.

3. Виходячи з класифікаційних ознак ЗПР (невизначеність, динаміка, складність), обґрунтовано системологію ризику та невизначеності в процесі функціонування АНС. Особливу увагу приділено розгляду джерел невизначеностей, пов'язаних з ЛЧ: відсутність знань про явища та закономірності функціонування об'єктів керування; взаємодія ДОПР з ПС і/або явищем навколишнього середовища; встановлення мети; отримання та обробка інформації; побудова стратегій вирішення теоретичних і практичних ЗПР під час ОПР.

4. Обґрунтовано дефініцію «системно-інформаційна кваліметрія», під якою розуміється системно організований збір якісно-кількісної інформації про особливості і закономірності прояву ЛЧ під час ПР ДОПР. Системний аспект кваліметрії був встановлений, виходячи з ознак системи, що їй властиві (структурність, динамічність, визначеність, впорядкованість тощо), що дійсно дозволяє використовувати методологію СА до процесів виміру, оцінки, аналізу і управління професійною діяльністю ДОПР. Оскільки ПР авіадиспетчером відбувається з урахуванням особливостей функціонування усіх складових СПЦОАСУ «льотний екіпаж – повітряне судно – середовище – орган ОПР», зазначено ергономічний аспект системно-інформаційної кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ.

5. Побудовано структурну модель ергономічної системно-інформаційної кваліметрії професійної діяльності ДОПР, спрямовану на виявлення закономірностей прояву ЛЧ під час ПР. Особливістю вимірюваних при цьому показників є їх проактивність, що має позитивний вплив на уявлення авіадиспетчерів щодо правильного ставлення до небезпечних дій або умов професійної діяльності.

6. Таким чином, можна зробити узагальнений висновок щодо розширення теорії і методології досліджень у напрямку кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ під час ПР ДОПР шляхом комплексної адаптації та розвитку методології СА для потреб цієї кваліметрії.

Розділ 3

ОБґРУНТУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ КВАЛІМЕТРІЇ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА ПІД ЧАС ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВІАДИСПЕТЧЕРОМ В УМОВАХ РИЗИКУ

3.1. Особливості робочого середовища диспетчера управління повітряним рухом

Аналіз проблем ЛЧ у ЦА вказує, що саме в напрямку досліджень ЛЧ існує можливість для прориву у підвищенні рівня БП у складній, ієрархічній, гуманістичній і багаторівневій АНС. Ця система містить засоби збору та обробки інформації, обчислення, зв'язку, ЗВІ та ДОПР як обов'язковий ерготичний елемент, що дозволяє

замкнути контур керування системи. Об'єктом керування тут є ПС, які виконують польоти у зоні відповідальності ДОПР [95; 364; 387; 425].

Диспетчери ОПР працюють у динамічно мінливому середовищі із змінами у повітряній ситуації та погодних умовах і відповідають за результати керування у певному секторі УПР, що включає: збір та обробку інформації, підготовку варіантів рішень, ПР та його виконання. Загальна схема відповідного контуру керування наведена на рис. 3.1. При

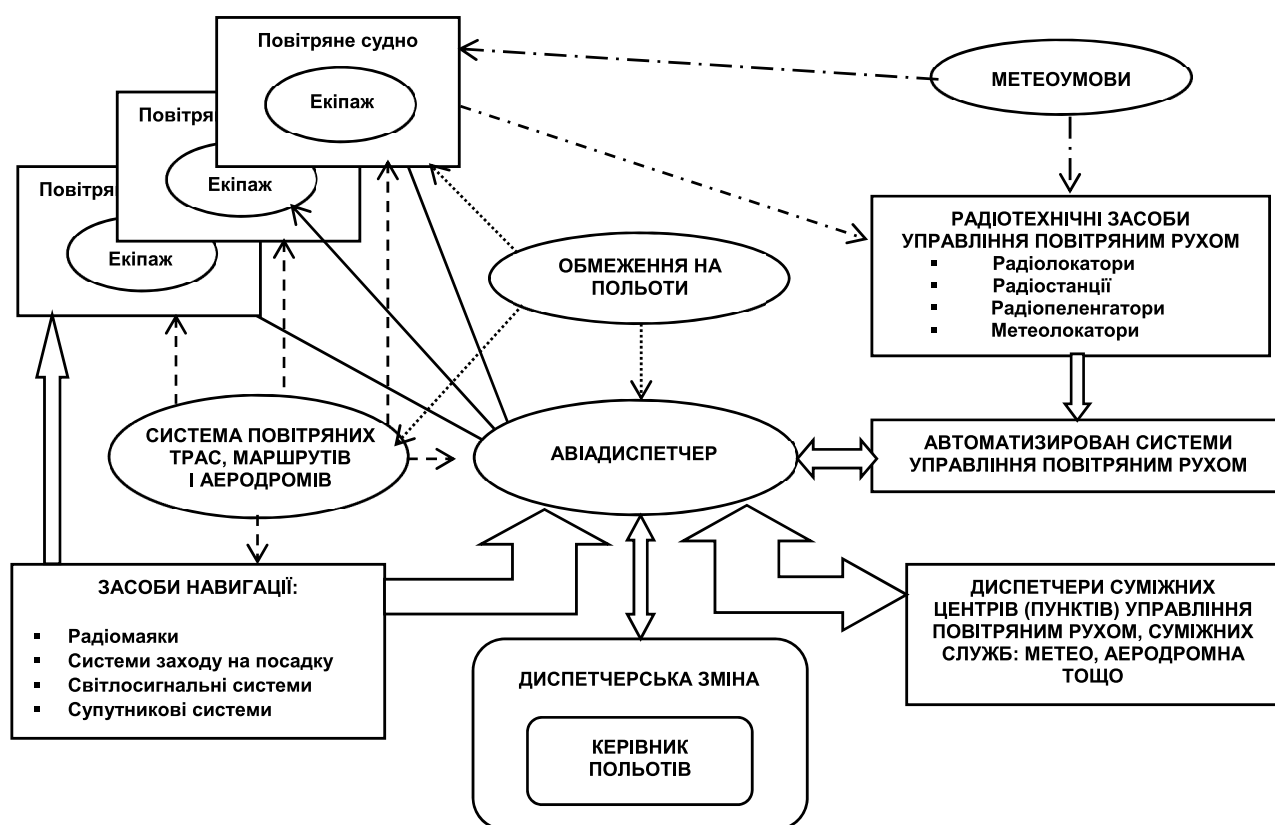


Рис. 3.1. Схема простішого контуру управління повітряним рухом

цьому вкажемо, що ОДПР не просто входять до складу СПЦОАСУ, але ж є і суб'єктами, і об'єктами керування та виконують функцію інтегруючої ланки, яка дозволяє досліджуваній системі адаптуватися до швидких процесів та

нестандартних умов функціонування. І якщо йдеться про АНС, то саме діяльність ДОПР визначає якість функціонування системи в цілому, тобто забезпечення належного рівня БП під час УПР.

Розглядаючи схему контуру УПР з урахуванням моделі SHELL, виявляється можливим здійснити його опис, який добре відображає суть процесів та підлягає математичному моделюванню [84; 95; 226; 229; 334; 364; 387; 410; 438; 449 та ін.]. При цьому слід зазначити, що вдосконалення структури праці ДОПР має на увазі обов'язкове урахування особливостей сприйняття та обробки інформації, підготовки варіантів рішень проблемних ситуацій та прийняття зважених, відповідальних рішень в умовах інформаційної невизначеності. Зна-

чний вплив на ефективність професійної діяльності ДОПР мають часові, часто критичні робочі навантаження та дефіцит часу [265; 389; 399; 510]. Саме тому край необхідним є урахування їх психофізіологічних можливостей та мотиваційних інтересів. Для належного забезпечення БП під час УПР ДОПР має володіти різноманітною інформацією. З рис. 3.2 видно, що така інформація надходить з різних джерел, має різне значення, темп зміни та вимагає застосування різних методів її обробки [364; 385].

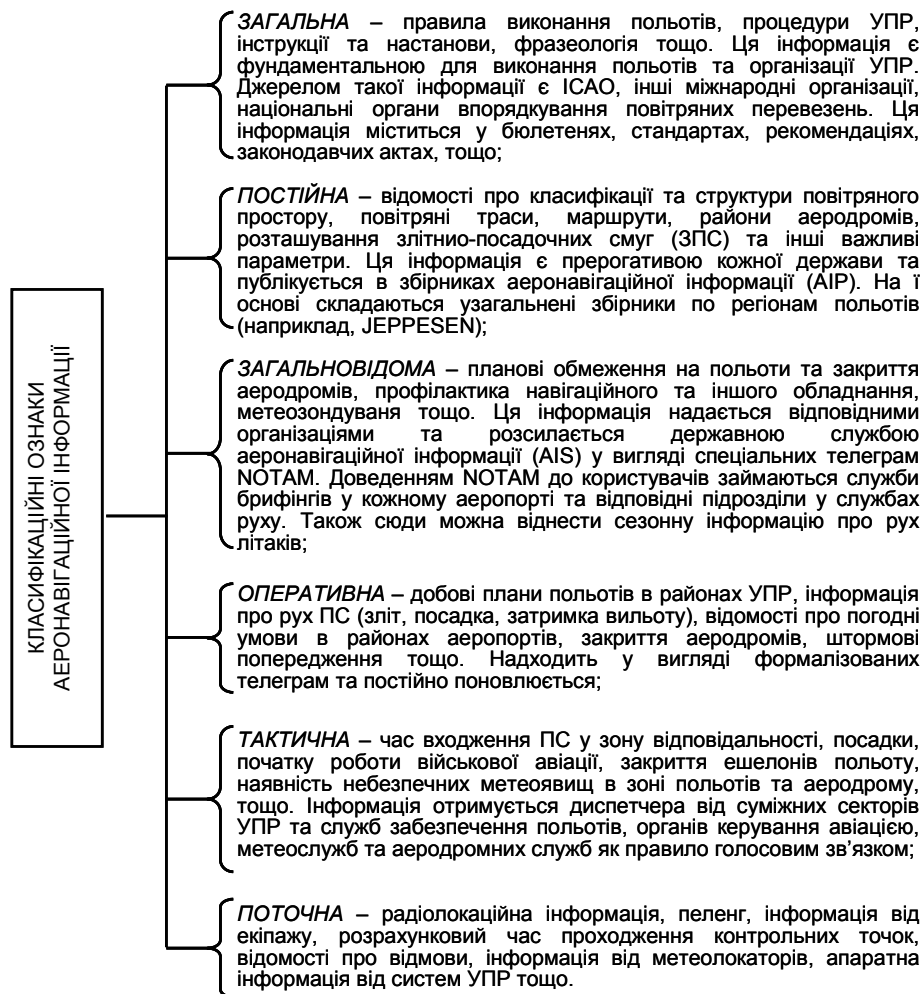


Рис. 3.2. Класифікаційні ознаки аеронавігаційної інформації

Йдеться, наприклад, про радіолокаційні станції (РЛС – первинні, вторинні, посадочні, пеленгові), засоби зв'язку надають ДОПР інформацію про поточне положення ПС у просторі, що відображається на дисплеях, де формується синтезоване комп'ютерне зображення повітряного стану в зоні керування. Сюди додається інформація о структурі зони керування (маршрути, аеродроми, зони обмежень польотів та картографічна інформація), а також інформація про навколишнє середовище (грози, зливи, ту-

мани тощо). Потужні ЕОМ та ЗВІ інтегрують та представляють отриману інформацію.

Модель повітряної обстановки формує в ДОПР просторово-часовий образ повітряного простору та концептуальну модель дій, що сприяє безперервному опрацюванню інформації, оперативно доповнюючи її новими елементами з інших джерел, дозволяє прогнозувати перспективу стану зони керування та розроблювати альтернативи рішень і на основі їх порівняння ПР щодо УПР (з урахуванням обраних

критеріїв ефективності). Це рішення засоба-ми зв'язку передається льотному екіпажу або суміжним службам.

Наведений цикл повторюється багато разів для одного ПС чи їх кластеру і охоплює низку рішень або корекцію попередньо ПР. Важлива особливість діяльності ДОПР – on-line керування динамічним становищем у повітряній зоні відповідальності. Тому рішення під час УПР мають бути прийняті та виконані у найкоротший час, майже одночасно із надходженням нової інформації. При цьому відносні витрати робочого часу залежать від специфіки РМ ДОПР (рис. 3.3) [95].

З рис. 3.3 видно, що лише чверть часу витрачається на обробку можливих альтернативних рішень і на остаточне ПР. Із зростанням інтенсивності повітряного руху ДОПР відчуває все більший тиск нестачі часу, накопичення ЗПР, підвищується імовірність комунікаційних збоїв, зростає напруженість у праці, що провокує стрес. Виконання технологічних операцій здійснюється в умовах фактичного дефіциту часу, що впливає на якість ПР і виникнення широкого спектру потенційно-конфліктних ситуацій (ПКС) (рис. 3.4) [334; 389].

Не зважаючи на інформаційне напруження, ДОПР постійно відчуває «інформаційний голод». Адже маючи значну надмірність даних, які у стандартних ситуаціях як правило, не потрібні, ДОПР постійно зайнятий пошуком такої інформації, яка стане йому у нагоді в конкретний момент часу для вирішення саме поточної конкретної задачі. Це пов'язано з тим, що по-

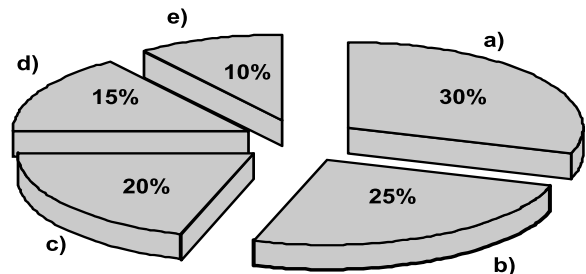


Рис. 3.3. Специфіка розподілу часового навантаження диспетчера центральної траси управління повітряним рухом:

- a) – радіозв'язок з льотним екіпажем;
- b) – обробка та ідентифікація інформації від РЛС;
- c) – взаємодія із суміжними диспетчерами;
- d) – аналіз повітряної обстановки;
- e) – прийняття рішень.

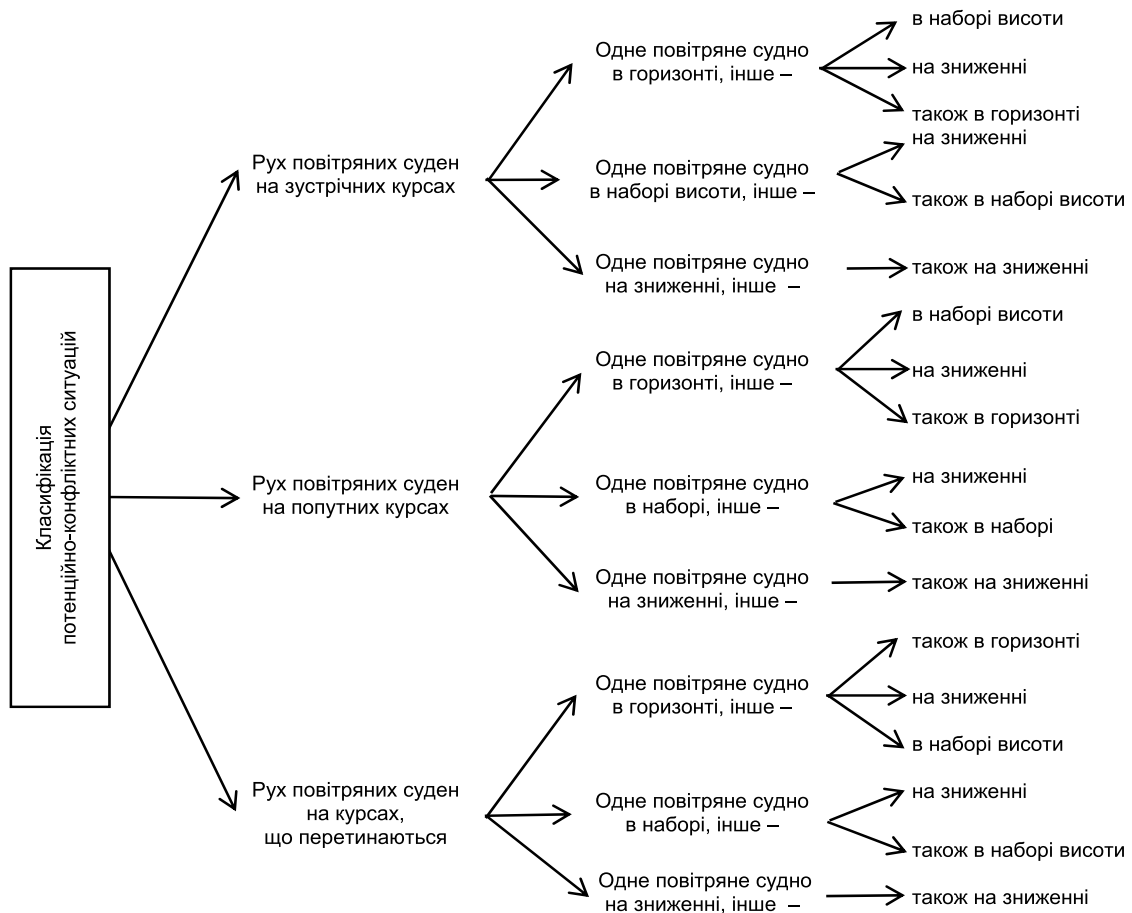


Рис. 3.4. Класифікаційна схема варіантів виникнення потенційно конфліктних ситуацій при порушенні норм ешелонування повітряних суден

вітряний стан у зоні відповідальності постійно змінюється й у разі затримки надходження інформації необхідно уточнення параметрів за допомогою додаткового запиту.

Наприклад, коли екіпаж планує зниження з ешелону, він за допомогою ДОПР має знати про погоду в сусідніх зонах, рух на сусідніх ешелонах, потенційну метеорологічну активність на трасі тощо. Такого роду питання постійно виникають у ЧЛЕ в польоті і мають бути задоволені одразу, оскільки кожне наступне рішення залежить від прийнятого попереднього, а їх прийняття неможливо поставити «на паузу»

чи затримати, що зумовлено безперервністю польотного процесу.

Диспетчер ОПР має активно керувати ПС у зоні своєї відповідальності. Особливістю його діяльності є те, що він не керує ПС безпосередньо, а передає керівні команди екіпажу, який вже здійснює безпосереднє керування ПС. Це вимагає від ДОПР урахування інерції дій ЧЛЕ, що робить процес ПР прогностичним.

Узагальнюючи усе вищенаведене до особливостей діяльності ДОПР у АНС слід також віднести ознаки, наведені на рис. 3.5 [322; 364; 444].

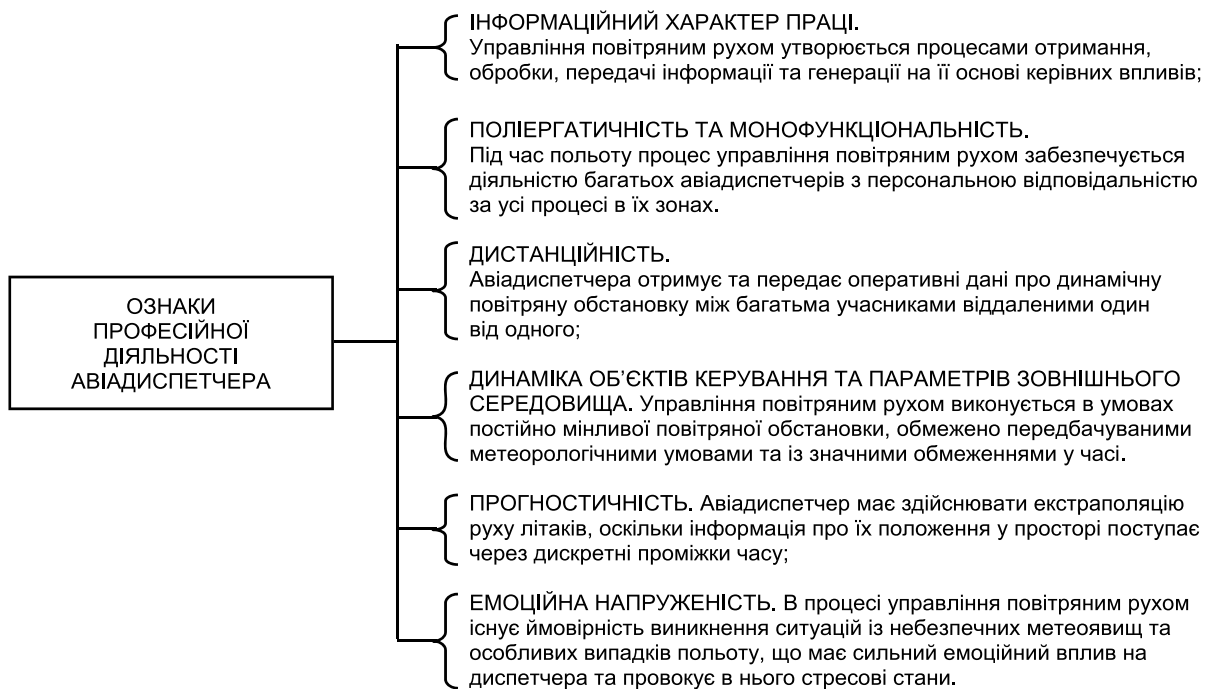


Рис. 3.5. Особливості професійної діяльності авіадиспетчера

Ефективний ДОПР активно використовує під час УПР усі свої ЗУПН (інтелектуальні ресурси, продуктивне та евристичне мислення, інтуїцію тощо), які властиві йому як суб'єкту керування. Тому він здатен уявити наслідки усього спектру ПКС, можливих в його зоні відповідальності (рис. 3.4), а також здійснювати необхідні заходи для їх усунення та забезпечення належного рівня БП. Вкажемо також, що під час ТП АО «переднього краю» встановлено, що до 70% робочого часу вони протидіють чинникам загроз БП [174; 464]. Саме тому до АО висуваються вимоги виконання професійних обов'язків у режимі так званого «синхронного генератора» [378; 469], коли позаштатні проблемні ситуації усуваються шляхом евристичної генерації нових ЗУПН у реальному часі.

3.2. Ієрархічна модель прийняття рішень авіадиспетчером

Методологія ергономіки разом з іншими науковими дисциплінами дозволяє чітко визначити перелік завдань, які мають бути ураховані в системі ОПР для проведення [237; 413; 454]:

- 1) раціональної організації операторської діяльності ДОПР як ЛПР в СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище орган УПР»;
- 2) доцільного розподілу функцій між керованими повітряними струмами, ДОПР та РТЗ УПР;
- 3) оптимізації процесів інформаційного забезпечення та ПР.

На сьогодні розгляд ПР як проблеми вольової регуляції поведінки вже переглядається внаслідок різних трактувань та напрямів пошуку. А саме:

- а) мається на увазі класифікація видів ПР на основі переважної опосередкованості певни-

ми психологічними механізмами [169], оскільки інтелектуальні рішення стали відрізнятися від вольових, пов'язаних ще й з мотиваційною саморегуляцією [178]. Рішення ДОПР, що спираються на концептуально-образну модель [128], у свою чергу, відрізняються від ПР, що супроводжуються обраною ціллю в експериментальних ситуаціях, коли успіх/невдача «загрожує» СО;

б) процес ПР уявляється через класи ситуацій, де невизначеність зовнішніх дій або вибір АО залежить не лише від зміни зовнішніх умов, скільки від суб'єктивної невизначеності, пов'язаної із можливостями його когнітивних стратегій [118; 169; 170; 178; 241].

Оскільки професійна діяльність ДОПР здійснюється в умовах невизначеності й ризику, то він і як Л-О, і як ЛПР має бути готовим до реалізації так званого трансгресивного підходу (тобто переходу межі між можливим і неможливим), який є одним з чинників процесу ПР [169; 170]. Саме тому в умовах ризику ПР набуло контексту загрози недосагнення поставленої мети або загрози невірному вибору не лише з точки зору емоційно-ціннісних орієнтирів, пов'язаних із необхідністю забезпечення граничних рівнів БП [14; 403], але й стало залежати від інтелектуальних та особистісних зусиль ЛПР в їх формуванні, розумінні критеріїв оцінок і можливій зміні ступеня суб'єктивного контролю в прогнозі розвитку польотної ситуації.

Априорна формалізація процесу ПР (не виключаючи апостеріорний підхід) унікальна і в загальному випадку не є казуальною, тобто такою, що витікає чи обумовлюється особливостями конкретного випадку. Адже під час УПР знезацька

може виникнути невизначеність наслідків різноманітних альтернативних дій з причини відсутності необхідної інформації про стан повітряного простору у зоні відповідальності, що перешкоджає формалізації в уяві ДОПР польотної ситуації та раціональному вибору стратегій дій. У таких складних умовах слід провести декомпозицію ЗПР так, щоб вирішення їх підзадач покроково наближало вирішення основної задачі. Наведене відповідає ієрархічній структурі шарів ПР.

Функціональна ієрархія процесу дій ДОПР в умовах ризику та невизначеності виникає у зв'язку з такими основними проблемами ПР [92; 96; 218; 241; 407; 471]:

1) вибір адекватної процедури, що використовується в процесі ПР;

2) мінімізація або усунення невизначеності точним визначенням шансів виникнення різних проблемних ситуацій;

3) пошуком переважного й припустимого способу дії, який задовольнить наявні обмеження.

Розглянута ієрархічна структура ПР ДОПР обумовлює три рівні (рис. 3.6) [237; 440]:

I – рівень вибору. Завданням цього рівня є вибір способу дій m . Для цього ДОПР отримує інформацію, застосовує алгоритми її обробки та знаходить необхідне рішення й приймає його;

II – рівень адаптації. Задача цього рівня – конкретизація множини невизначеностей U , з якою має справу попередній рівень вибору. Цей рівень призначено для зменшення кількості невизначеностей;

III – рівень самоорганізації. На цьому рівні обирається структура, функціонал і стратегія майбутньої системи.

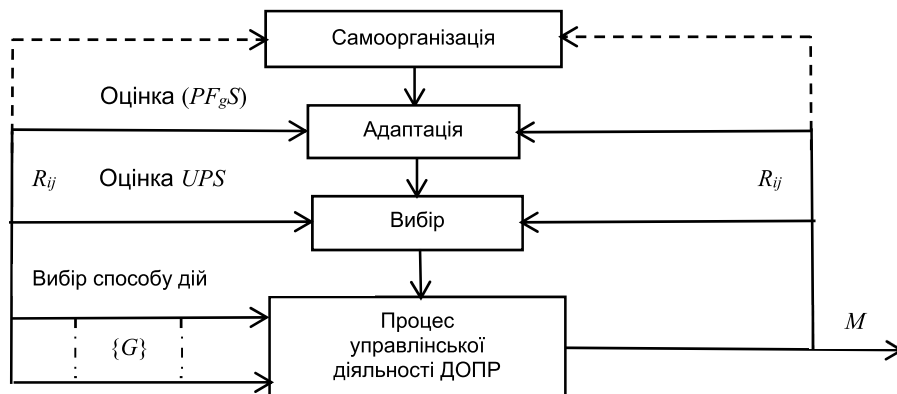


Рис. 3.6. Функціональна ієрархія прийняття управлінських рішень: P – цільова функція; F_g – оціночна функція; S – функція стратегії дій; U – множина невизначеностей; R_{ij} – величина ризику i -х дій для j -го виду системи; $\{G\}$ – множина вхідних даних; M – множина альтернативних дій

Наведена багаторівнева декомпозиція і функціональна ієрархія ПР ДОПР в умовах ризику дозволяє побутувати інтелектуальну експертну систему задля максимізації ефективності його діяльності як ЛПР.

Концепція ієрархічних рівнів застосовується для «вертикальної декомпозиції» ЗПР, яку вирішує ДОПР, і формує підзадачі, що спрощують детальне вивчення процесу ПР. Структурний аналіз ДОПР багатокрокового процесу ПР в цілому

(включаючи супровідні допоміжні інтелектуальні системи ПР) стає можливим завдяки моделі «вертикальної декомпозиції». Для цього необхідно сформулювати комплекс умов функціонування розглянутої системи. Оскільки саме за допомогою декомпозиції можна визначити структурну і логічну організацію процесу дослідження та ПР.

Отже, множину $\{k\}$ кроків дослідження процесів ПР формально можна уявити так:

$$H^B \times H_{kb}^r \Rightarrow \{k\}, \quad (3.1)$$

де $H^r = \{k^r\}$ – множина кроків дослідження «горизонтального» розгорнення рівня $k^B \in H^B$;

$H^B = \{k^B\}$ – множина рівнів ПР «вертикальної декомпозиції».

Процес ПР ДОПР має ієрархічний характер, при якому здійснюється обмін інформації між вищими та нижчими системними рівнями. Тоді «вертикальна декомпозиція» задає ієрархію рівнів дослідження процесу ПР, яка складається

з трьох взаємно підпорядкованих етапів ПР (табл. 3.1) [241].

1. Концептуальній (вищий) рівень $k^B = I$, на якому ПР відносно цілей функціонування S_0 системи й зовнішніх умов, тобто відносно комплексу умов функціонування досліджуваної СПЦОАСУ. Він забезпечує прояв раціональної логіки процесу ПР та його інформаційну достатність. Рівень розкриває загальну структуру СП ДОПР як ЛПР та є ланкою, що надає цілеспрямований зв'язаний характер усьому процесу ПР, який має базуватися на надійній якісній інформації.

2. Операційний (заданий) рівень $k^B = II$ де формуються вимоги до підсистем СПЦОАСУ. За умов виявлення протиріч та «вузьких» місць в процесі ПР по рівнях зверху до низу, виконується перехід на більш високий рівень задля попереднього ПР, що безумовно є перевагою вертикальної декомпозиції.

Таблиця 3.1

Ієрархія рівнів прийняття рішень

Рівень прийняття рішень	Об'єкт дослідження	Мета дослідження	Модель	Показники та критерії ефективності
1	2	3	4	5
	Система	Аналіз концепцій проведення операцій. Визначення переліку Під цілей та задач, підсистем і умов їх функціонування. Формування «лиця» системи.	Аналітична	Ступінь дослідження цілі операції. Критерії придатності. Критерії адаптивності.
	Підсистема	Аналіз засобів виконання задач підсистемами. Визначення узагальненого обліку підсистеми і засобів, загальні вимоги до якості елементів.	Імітаційна	Ступінь виконання задач підсистемами. Критерії придатності. Критерії оптимальності.
	Елемент	Детальний аналіз якості елементів.	Статистична	Показники якості елементів системи. Критерії оптимальності.

3. Детальний рівень найнижчий та підпорядкований операційному $k^B = III$. Тут проводиться детальний аналіз якості елементів системи та синтезуються комплексні рішення для позитивного розв'язання проблеми.

Цілі кожного рівня «вертикальної декомпозиції» досягаються лише у випадку, якщо елементи досліджуваної системи, стратегії та концепції операцій розподілені відповідно до СП ДОПР як ЛПР. Такою узагальненою якістю динамічного процесу ПР є «потенційна ефективність» [241], адже вибір раціональної стратегії є основою професійної діяльності ДОПР. Оскільки його ціллю є максимальне використання потенційних можливостей, закладених у систему для вирішення ЗПР, то

можна вважати, що ОПР тим ефективніше, чим ближче до граничного значення потенційної ефективності будуть показники ефективності процесу ПР.

Процес ПР на кожному рівні включає етапи, щільно пов'язані із оцінюванням ефективності операції: постановку завдання, вибір показника / критерію ефективності, оцінку ефективності за результатами математичного моделювання, інтерпретацію отриманих результатів із метою подальшого ПР тощо. Подані у табл. 3.1 особливості кожного рівня з ієрархії ПР та їх взаємний зв'язок під час розв'язання загальної ЗПР, допомагають встановити життєздатність наведеної концепції процесу ПР, створює єдиний погляд на нього з урахуванням можливостей підсистем та дозволяє

проводити оцінювання ПР на рівнях розподілу цього процесу. І якщо ієрархія рівня розподілена,

то наступні рішення приймаються у відповідності з алгоритмом, поданим на рис. 3.7 [237; 241].

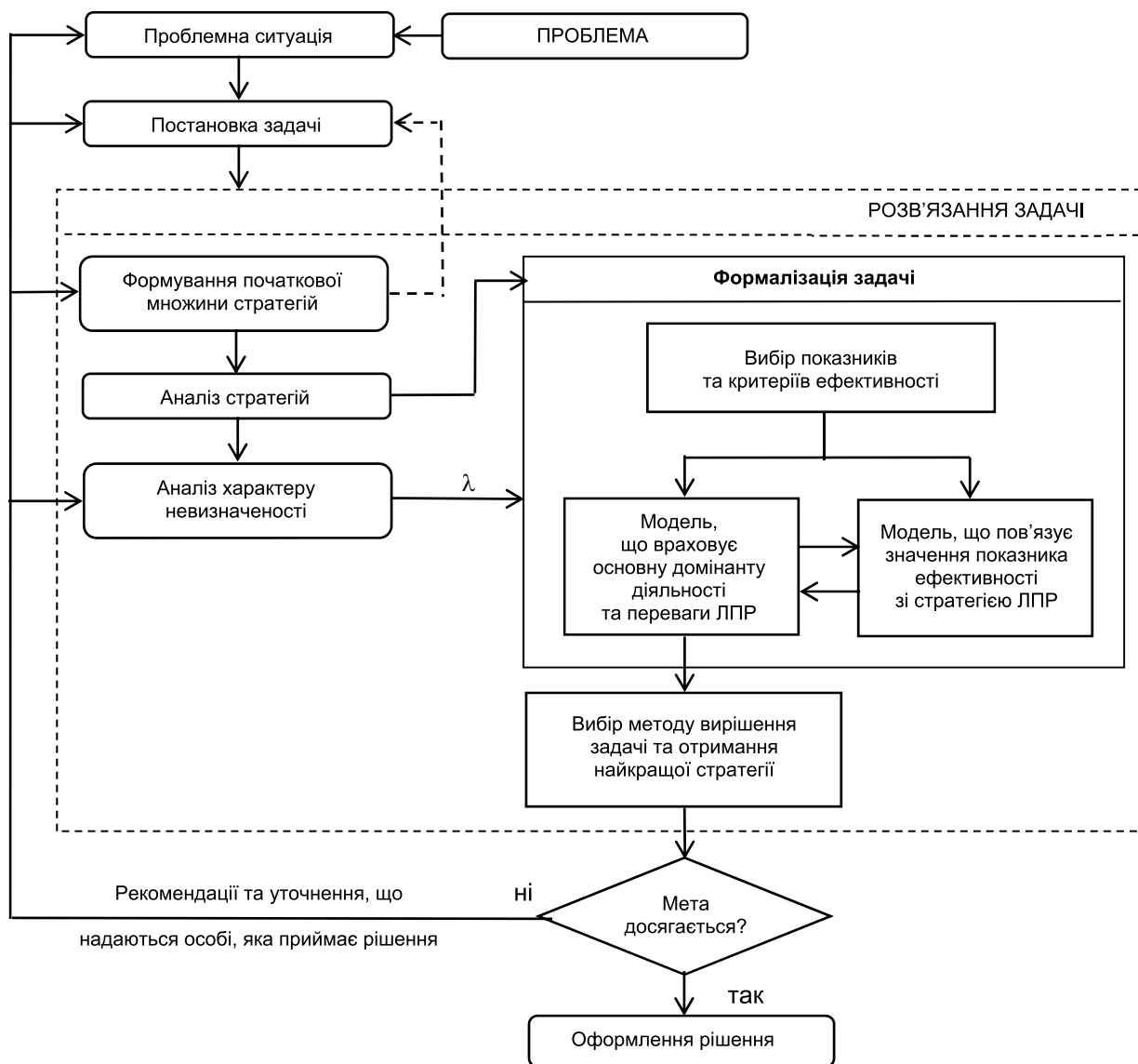


Рис. 3.7. Загальноприйнятий алгоритм процесу прийняття рішення на рівні вертикальної декомпозиції

Розглянутий ієрархічний підхід до аналізу процесу ПР ДОПР дозволяє системно визначити поетапні стратегії а раціонального рішення виниклої проблемної ситуації за допомогою показників та критеріїв ефективності.

Показники ефективності операції $W(u)$ – це міра ступеня відповідності реального результату операції бажаному. Вони мають урахувувати психологічні відмінності ЛПР, що відображають його ставлення до ризику, а саме схильність, несхильність та байдужість. Формально зазначені відмінності ЛПР можна врахувати за допомогою $ОФК f_{UF}(L)$, яка й виявить ставлення ЛПР до ризику.

Таким чином показник ефективності W є математичним очікуванням $ОФК$ [16; 33; 241; 335]:

$$W(u) = M[f_{UF}(\rho(L(u), L^{номп.}))], \quad (3.2)$$

де $M[\cdot]$ – оператор математичного очікування; L – реальний результат діяльності (відстань між ПС);

$L^{номп.}$ – БКР УПР, який в контексті наших досліджень має бути не меншим за НЕПС: $L^{номп.} \geq L_{НЕПС}$; $\rho(L, L^{номп.})$ – функція відповідності.

3.3. Формалізація ризику і проблемних ситуацій в аеронавігаційних системах

Оскільки ризик – це очікувана і невід’ємна характеристика функціонування досліджуваної СПЦОАСУ, проведемо його опис з урахуванням відповідного досвіду [12; 76; 112; 116; 169; 239; 241; 242; 323; 337; 376; 431; 442 та ін.]. Найближчим у контексті нашого дослідження є опис ризику, запропонований у роботі [239], присвяченій методології прийняття технічних рішень.

Зазначений опис було розвинуто для потреб досліджень гуманістичних систем (СПЦОАСУ – [33; 337; 364 та ін.] та освітніх – [143; 144]).

Отже, нехай виявлено множину L усіх теоретично можливих несприятливих подій в АНС (порушення НЕПС ($L < L_{\text{НЕПС}}$) і, як наслідок, виникнення ПКС, або відмови ФС ПС, РТЗ УПР, відмови самих АО «переднього краю» тощо):

$$L = (L_1, L_2, \dots, L_n). \quad (3.3)$$

Якщо K – це кожна можлива комбінація таких множин, то множина усіх можливих поєднань K буде булеаном L (множиною усіх підмножин).

Вкажемо, що оскільки йдеться про процедуру мультиплікації, що це може привести до суттєвої статистичної невизначеності.

Віднесемо до K і саму множину L , і пусту множину \emptyset , що означає повну відсутність небажаних ситуацій. Отже, поєднання K і є підмножиною небажаних подій множини L :

$$K = (K_{k1}, K_{k2}, \dots, K_{kl}), L_{kj} \in L, k = \overline{1, l}. \quad (3.4)$$

В множині K виконуються звичайні операції алгебри множин. Тому, якщо K_1 і K_2 – це два поєднання несприятливих подій, то їх властивості ілюструє рис. 3.8 [25; 69; 148; 173; 185 та ін.], де:

а) поєднання $K_1 \cup K_2$ охоплює усі події, що належать або K_1 або K_2 ;

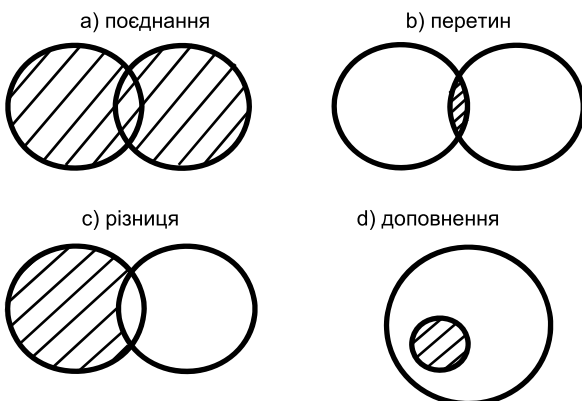


Рис. 3.8. Теоретично можливі комбінації небажаних ситуацій

б) перетин $K_1 \cap K_2$ охоплює усі події, які одночасно належать K_1 і K_2 ;

с) різниця $K_1 \setminus K_2$ охоплює усі події, що належать K_1 , але не належать K_2 ;

д) доповнення $L \setminus K$ є унарною операцією на булеані 2^S і утворює поєднання, що містить події L , які не належать K .

Нехай з деякою ризикованою стратегією управління A_i досліджуваної СПЦОАСУ пов’язані елементарні поєднання небажаних подій $K_{i1}, K_{i2}, \dots, K_{ik}$. Поняття «елементарні поєднання несприятливих подій» означає, що жодна власна підмножина поєднання K_j не може відбуватися як поєднання несприятливих подій. Позначаючи гарантовану відсутність небажаних подій для НД A_i через показник N_i , отримуємо

$$\overline{K_i} = \{K_{i1}, K_{i2}, \dots, K_{ik}, N_i\} \quad (3.5)$$

що утворює повну, пов’язану зі стратегією A_i систему подій.

Припустимо, що кожному сполученню несприятливих подій K_{ij} , $j = \overline{1, k_i}$, що можуть бути реалізовані під час ПР $A_i \subset A$, а також події N_{ii} можна приписати певні імовірності $p_i(K_{ij})$ та відповідно $p_i(N_i)$:

$$0 \leq p_i(K_{ij}) \leq 1, \sum_{j=1}^{k_i} p_i(K_{ij}) + p_i(N_i) = 1 \quad (3.6)$$

Якщо кожному поєднанню K_j поставити у відповідність певний кількісний наслідок Y_{ij} , то отримуємо величину ризику R_i , супутню рішенню A_i :

$$R_i = \sum_{j=1}^{k_i} L_{ij} p_j(K_{ij}) \quad (3.7)$$

Таким чином, величина ризику R_i є середнім (очікуваним) значенням «врат», що можуть відбутися за умов вибору варіанта рішення A_i . Під ризиком розуміють також імовірність (шанси) настання сполучення небажаних подій $L_0 \in K_i$. Зазначений підхід є доцільним, якщо наслідки L_{i0} ризику для A_i та L_0 заздалегідь невідомі. Тоді при застосуванні функції індикатора $L_j \rightarrow l_0(L_j)$ виду [239]:

$$l_0(L_j) = \begin{cases} 1 & \text{при } L_j = L_0 \\ 0 & \text{при } L_j \neq L_0 \end{cases}, L_j \in K_i \quad (3.8)$$

для $L_j(L_j) =: l_0(L_j)$ згідно з (3.8) матимемо:

$$R_j = p_i(L_0) \quad (3.9)$$

Якщо при виборі стратегії A_i усі імовірності (шанси) реалізації сукупності небажаних подій $K_j \in K_i$ однакові ($p_j(K_j) = p_i$), то згідно (3.9) отримуємо:

$$R_i = p_i \sum_{j=1}^{k_i} L_{ij} \quad (3.10)$$

За умов вибору альтернативи A_i для функції ризику $L_j: K_{ij} \rightarrow L_j (j = (1, k))$, яка ілюструє зв'язок між сукупністю небажаних подій K_{ij} та відповідного їм наслідку L_j , особливо цікавими є два випадки. Якщо для двох сукупностей K_{ij} та $K_{il} (j \neq l)$, які виключають одна одну, тобто $K_{ij} \cap K_{il} = \emptyset$, справедлива рівність:

$$A_i(K_{ik} \cup K_{il}) = A_i(K_{ij}) + A_i(K_{il}) \quad (3.11)$$

то кажуть про *адитивні штрафні функції* і відповідно про *адитивні функції ризику*. В цьому випадку для сполучень, складених із однієї небажаної події $K_{i1}\{L_1\}, K_{i2}\{L_2\}, \dots, K_{in}\{L_n\}$, справедливе наступне:

$$A_i(L_1 \cup L_2 \cup \dots \cup L_n) = A_i(L_1) + A_i(L_2) + \dots + A_i(L_n) \quad (3.12)$$

$$R_i = \sum_{s \in S} A_i(L) p_i(L) \quad (3.13)$$

Зазвичай кажуть, що має місце так звана нормальна штрафна функція K_i , і відповідно функція ризику R_i , коли для двох сполучень K_{ij} і $K_{ip} j \neq l$, які виключають одне одного, справедливе співвідношення:

$$\begin{aligned} \max\{A_i(K_{ij}), A_i(K_{il})\} &= A_i(K_{ij} \cup K_{il}) = \\ &= A_i(K_{ik}) + A_i(K_{il}) \end{aligned} \quad (3.14)$$

Наведений випадок є типовим для адитивної штрафної функції.

На основі співвідношення:

$$Y_i(K_{il} | K_{ij}) = A_i(K_{ij} \cup K_{il}) - A_i(K_{ij}) \quad (3.15)$$

визначимо додаткові втрати за рахунок K_{il} при $K_{ij} (K_{ip}, K_{il} \in (K_i))$:

$$\begin{aligned} Y_i(K_{il} \cup K_{i2} \cup \dots \cup K_{ik_i}) &= \\ &= Y_i(K_{il}) + Y_i(K_{il} | K_{i2}) + Y_i(K_{i3} | K_{il} \cup K_{i2}) + \dots + \\ &+ Y_i(K_{ik_i} | K_{il} \cup K_{i2} \cup \dots \cup K_{ik_{i-1}}) \end{aligned} \quad (3.16)$$

Тоді для випадку адитивної штрафної функції матимемо простий вираз:

$$A_i(K_{il} | K_{ij}) = A(K_{il}) \quad (3.17)$$

Нехай варіант рішення A_i без урахування можливостей впливу несприятливих наслідків буде мати корисність u_i . Тоді величина

$$D_i = i_i - R_i \quad (3.18)$$

що відповідає варіанту рішення A_i , буде визначати *сумарний ефект рішення*.

Множину раціональних варіантів рішення зазвичай позначають

$$\overline{A^+} := \{A_i \in A : G_i > 0\} \quad (3.19)$$

Варіант рішення A_i^* вважатиметься оптимальним за умов:

$$G_i^* = \max_{A_i \in A} G_i \quad (3.20)$$

При цьому у рамках розв'язання конкретної ЗПР множина варіантів рішень може бути обмеженою границями припустимого ризику.

Досліджувана СПЦОАСУ є цілеспрямованою [13; 19; 163; 347; 447 та ін.], і якщо її реальний стан не відповідає БКР, то виникає проблема, оскільки [337]:

- а) функціонування СПЦОАСУ на даний момент не забезпечує досягнення поставленої цілі;
- б) функціонування СПЦОАСУ не забезпечує досягнення поставленої цілі у майбутньому;
- с) необхідно визначити ціль діяльності.

Охоплення проблемної ситуації, виниклої під час ОПР відбувається за допомогою її математичної моделі, в якій мають бути висвітлені усі основні елементи, потрібні для формування розуміння стратегії поведінки ДОПР в процесі усунення зазначеної ситуації. Сьогодні найбільш популярною є подана у праці [241] модель проблемної ситуації, що добре описує процес функціонування будь-яких гуманістичних систем. Нагадаємо, що визначення таких систем, спираючись на [129], розглядалось у вступі. В контексті цієї монографії гуманістична – це така система, до складу яких входять АО «переднього краю» [110], що й визначає виправдану зацікавленість до урахування впливу ЛЧ на безпеку функціонування цих систем.

Спираючись на праці [33; 241; 347; 364 та ін.], вважаємо доцільним розробити модель проблемної ситуації у досліджуваній СПЦОАСУ у вигляді кортежу, що відображає взаємний зв'язок основних елементів процесу ПР та послідовність формування окремих завдань. Дослідження з виявлення особливостей робочого середовища та професійної діяльності ДОПР, а також особистий досвід безпосереднього УПР одного зі співавторів цієї монографії свідчить, що загальноцитований кортеж з праці [241] може бути суттєво розширений [84]:

$$S_0 = \left\langle \begin{array}{l} A^*, S, M, A^*, T, G^*, L^*, H^*, \Psi^*, W^*, K^*, \\ f_{UF}(L), P^*, \theta^*, R, O, V, PS, MS \end{array} \right\rangle \quad (3.21)$$

де * – позначка складників базової моделі проблемної ситуації, що вдосконалюється;

A^* – множина стратегій ДОПР під час УПР:
 $A^* = (A_1^*, A_2^*, \dots, A_T^*)$;

S – множина альтернативних ситуацій, потрібна для додаткового опису виниклої проблеми: $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$;

M – множина цілей (БКР), що досягаються в процесі розв’язання досліджуваної проблемної ситуації: $M = (M_1, M_2, \dots, M_n)$;

A^* – множина визначених / невизначених чинників (погода на маршруті, запас авіаційного палива, віддаленість ПС від запасних аеродромів, відповідність аеродромів льотно-технічним характеристикам (ЛТХ) ПС, система повітряних трас, план польотів тощо);

T – резерв часу, що має у своєму розпорядженні АО для ПР;

G^* – множина результатів діяльності з ОПР;

L^* – вектор ознак результату діяльності $g^* \in G^*$, тобто кількісний вираз результатів ОПР (кількість обслужених ПС, відстані між ними тощо);

H^* – модель (відображення), що ставить у відповідність множинами стратегій A^* і чинників L^* множину результатів $L^*(G^*)$;

ψ^* – оператор відповідності «результат – показник»;

W^* – показник ефективності;

K^* – критерій ефективності;

$f_{UF}^*(L)$ – ОФК (utility function), яка визначає ОДПР, а саме ставлення до ризику (attitude to risk). Зазначимо, що дослідженням $f_{UF}^*(L)$ займається під керівництвом проф. О.М. Реви невелика група вчених Азербайджану, Казахстану і України [14; 16; 33; 113; 238; 326; 337; 340; 354; 357; 361; 370; 383; 423; 442 та ін.];

P^* – модель СП – формалізоване уявлення ДОПР як ЛПР про «найкращий» і «найгірший» елементи у множині кожного складника, що утворюють певну множину D :

$$D = \langle A^*, L^*, G^*, Y^*, W^*, K^* \rangle; \quad (3.22)$$

θ^* – уся інша інформація про ПС, умови польоту, стан ЧЛЕ, повітряну обстановку в зоні відповідальності та ін.;

R – ресурси, потрібні для ПР (економічні, технічні, правові, нормативні, психофізіологічні, рівень ПП і т. под.);

O – множина обмежень на ПР під час УПР: $O = (O_1, O_2, \dots, O_l)$, що визначаються психофізіологічним станом АО, ЛТХ ПС і наземного обладнання, правовими і соціальними нормами тощо;

V – технічні можливості АС СППР;

PS – множина субмоделей (private submodels), що витікають з детального аналізу взаємного впливу складових кортежу (3.21):

– отримання результатів;

– аналізу результатів;

– структуризації початкової інформації;

– аналізу невизначеності;

– формування початкової множини стратегій;

– моделювання мети операції тощо;

MS – множина шкал вимірювання (measuring scale), потрібних для отримання кваліметричних оцінок показників і характеристик професійної діяльності АО «переднього краю». Адже дійсно, з постулатів теорії кваліметрії і аналізу вимірювальних шкал [3; 26; 100; 158; 228; 410; 455; 463 та ін.], витікає, що тільки для дослідження небезпечних (помилкових) дій і умов слід використовувати як мінімум п’ять шкал:

а) найменувань (номінальну) – для умовного розрізнення і розпізнавання цих дій;

б) впорядкування (ранжирування) – для визначення їх порівняльної (рангової) значущості і безпеки;

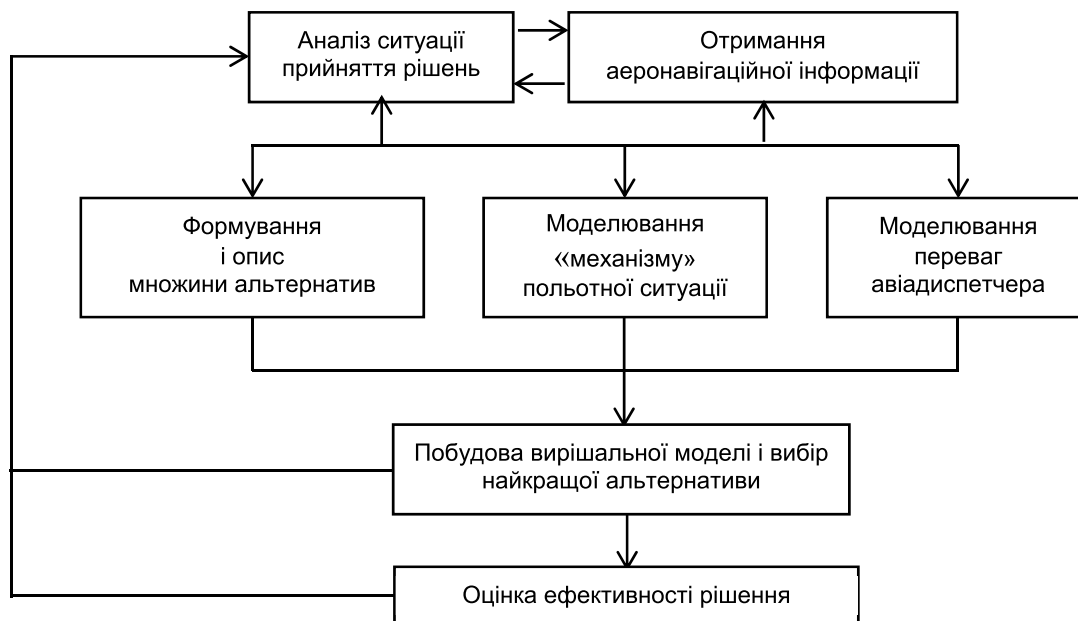


Рис. 3.9. Узагальнений алгоритм аналізу і моделювання задач прийняття рішень в аеронавігаційних системах

с) відносин і абсолютної – для проведення відповідного кількісного аналізу ступеня небезпеки помилок;

д) лінгвістичної – для проведення якісної порівняльної характеристики рівня небезпеки помилкових дій.

Таким чином, базова модель [241] розширена у 1,9 разів, що сприяє більш повному і всебічному аналізу проблемної ситуації під час ПР у АНС.

Модель P було введено в кортеж, оскільки досліджувана СПЦОАСУ є гуманістичною. Однак, вона є також і активно-організаційною, оскільки функціонує у певних просторових та функціональних обмеженнях та включає АО-ЛПР або групу людей (льотні екіпажі, ДЗ як малі групи АО), які підтримують їх життєздатність та керування, а також ресурси (матеріальні, енергетичні, інформаційні та ін.) [35; 71; 72; 111; 252; 253; 255 та ін.].

Виходячи з наведеного і враховуючи проактивну стратегію ІСАО, прийняту для превентивного врахування впливу ЧФ на БП, нами пропонується алгоритм аналізу ПС і ПР в АНС (рис. 3.9).

За допомогою моделі (3.21) вирішуються важливі окремі задачі, пов'язані з процедурами [84; 241; 364; 438]:

– отримання результатів:

$$\Psi: \{L/H: A \times A \xrightarrow{\theta} L(G)\} \xrightarrow{\theta} W; \quad (3.23)$$

– аналізу результатів:

$$P \xrightarrow{K} K: A \xrightarrow{W} A^* \quad (3.24)$$

де A^* – підмножина «найкращих» з точки зору АО стратегій, з яких далі остаточно вибираються рішення $a^* \in A^*$, що буде реалізованим у подальшому;

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

$$\langle \theta; \theta_{M_0}, \theta_A, \theta_L, \theta_P \rangle = \{ \theta_{P_G}, \theta_{P_Y}, \theta_{P_{A_0}}, \theta_{P_{L_0}}, \theta_{P_K} \} \quad (3.25)$$

де θ_p – частина загальної інформації, що стосується переваг АО-ЛПР;

– аналізу невизначеності:

$$\langle \theta_{M_0}; A, \theta_A \rangle \quad (3.26)$$

– формування початкової множини стратегій:

$$\langle \theta_{M_0}; \theta_A, \theta_L, \theta_{P_A}, A, A \rangle \quad (3.27)$$

– моделювання мети операції:

$$\langle \theta_{M_0}, A, A, L^{nomp}, L(G), P_W, P_K, W, K \rangle \quad (3.28)$$

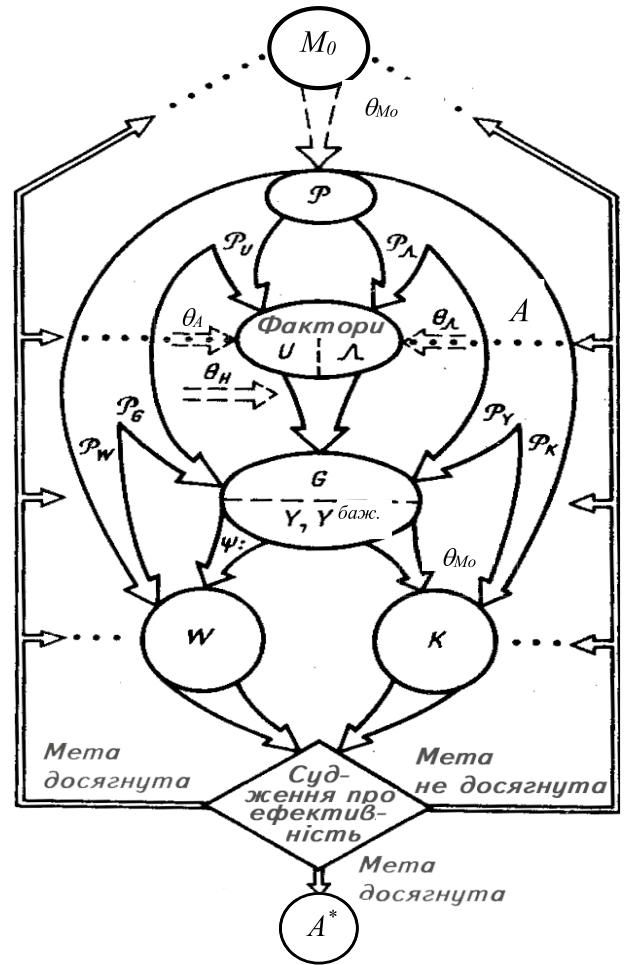


Рис. 3.10. Універсальна модель проблемної ситуації

Компонента L як самостійний елемент-складник в моделі проблемної ситуації (3.21) вказує, що множина невизначених чинників під час ПР буде або обов'язково встановлена (тобто задана з зовні), або їх пошук буде визначатися окремою ЗПР (наприклад, вибір майданчика під час виконання змушеної посадки).

Тому проблема вибору показників ефективності W пов'язана із визначенням виду функції відповідності $\rho(\cdot)$ результатів операції $Y(G)$ потрібному результату $L^{(nomp)}$.

Взаємозв'язок розглянутих компонент моделі проблемної ситуації (3.21) в цілому ілюструє рис. 3.10, де M_0 – мета діяльності АО.

На практиці часто виявляється ситуація, коли апріорне завдання одного з критеріїв ефективності K (див. рис. 3.11) призводить до виділення певної множини альтернатив, які вважаються «не гіршими» за інші.

Тоді для однозначного вибору найкращої альтернативи необхідно сформулювати складний критерій – вирішальне правило, яке встановлюється на множині $G - P_G, L - P_L, W - P_W$ і т.п., та включає як формальні, так і неформальні вказівки та рекомендації щодо ПР [241; 209].



Рис. 3.11. Загальна класифікація критеріїв ефективності (раціональності) прийняття рішень

3.4. Розробка методу виявлення основної домінанти прийняття рішень авіадиспетчером в умовах ризику

Праці [14; 113; 235; 238; 292; 311; 328; 332; 337-339; 357; 366; 370; 377; 381; 383; 527-530 та ін.] вказують на можливість використання ОФК, що виявляють ставлення АО «переднього краю» до ризику в процесі ПР, необхідно визначати не лише для усунення тієї чи іншої загрози БП, але й для рішення «трикутника ризику» ІСАО, спираючись на фізично вимірювані і зрозумілі показники професійної діяльності ДОПР. Це сприяє ефективному накопиченню та вдосконаленню інформаційно-методичного наповнення системи підтримки ПР (СППР) АО. Причому в усіх випадках, коли величина ризику не задовольняє встановленим критеріям прийнятності, необхідно спробувати знизити його щонайменше до такого рівня. І перед тим, як той чи інший ризик буде класифіковано, як хоча б припустимий, необхідне виконання таких умов [403]:

- 1) даний ризик нижче за встановлений прийнятний рівень;
- 2) даний ризик було зменшено до найменшого практично можливого рівня;
- 3) вигода від прийняття саме такого рівня ризику має бути достатньо значущою.

Врахування професійного досвіду АО «переднього краю» дозволяє провести кількісний аналіз поточного ризику за ЛЧ та оцінити ефективність заходів з керування ризиком та виявленню ставлення до нього АО. І оскільки діяльність АО розглядається як безперервний ланцюг рішень, сформованих та втілених в умовах ризику та невизначеності, нагально потрібно апріорно виявити їх ставлення як ЛПР до ризику, особливо якщо ПР є трансгресивним.

Саме така ідеологія та застосування методів теоретично-імовірнісного підходу дозволило провести формальний кількісний опис ЗПР в умовах ризику (підрозділ 3.3).

Уже було показано, що загальним недоліком багатьох досліджень впливу ЛЧ на БП є апостеріорний, ретроактивний або статистичний підходи до керування ризиками та їх оцінювання. Тому для повного, оптимального та коректного керування ризиками необхідно використовувати саме проактивні стратегії врахування ЛЧ в ЦА. Теоретичне обґрунтування зазначеного подано далі.

3.4.1. Формування задачі прийняття рішень в умовах ризику

Як було вищезазначене, однією з умов формування моделі проблемної ситуації в АНС є врахування ОФК $f_{UF}(L)$, яка дозволяє апріорно виявити ставлення ДОПР до ризику. Уперше такого роду емпіричну модель було подано у праці [339]. Закладені в ній методи та моделі знайшли подальший розвиток у процедурах ПР АО [15; 16; 33; 51; 292; 311; 328; 335; 337; 338; 354; 357; 361; 370; 374; 377; 381; 383; 422; 488; 520; 532 та ін.].

Відзначимо, що під час ПР в СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» здійснюється такий важливий процес, як оцінка наслідків. Він базується на приписуванні АО кожному з них певної суб'єктивної цінності або корисності $u(g)$, в яку вкладається сенс ОФК: $u(g) \Rightarrow f_{UF}(L)$.

Корисність є ключовим поняттям теорії раціональних рішень, а також психологічної теорії ПР [157; 164; 169; 170; 241; 361; 439 та ін.]. Причому корисність тої чи іншої характеристики професійної діяльності залежить від стану АО, а точніше, від структури його цілей як ЛПР [13; 120; 163; 169; 170; 247; 347 та ін.], що спрямовують його поведінку та породжуються індивідуальною СП.

Диспетчер ОПР під час ПР враховує пріоритет цілей в оцінці наслідків вибору, знаходячи чисельне значення такого суб'єктивного феномену як «міра корисності». Процедури оцінки корисності наслідків ПР, спираються на постулати формальної теорії корисності Дж. Фон Неймана та О. Моргенштерна [157; 169; 442], адаптовані для досліджень ЛЧ в ЦА [14; 16; 51; 33; 113; 238; 337; 354; 361; 372; 374; 381; 383; 422; 423 та ін.]. І оскільки АО здійснює вибір в умовах ризику, то кожній стратегії $a \in A$ стає у відповідність імовірнісний розподіл на множині векторів кількісних характеристик $(L_1, L_2, \dots, L_m)^T$ наслідків $g \in G$ (рис. 3.12).

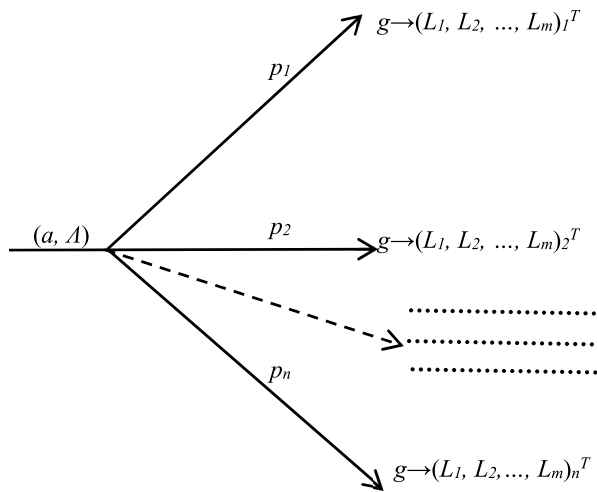


Рис. 3.12. Ілюстрація відповідності стратегій і наслідків прийняття рішень в умовах ризику

Для виявлення пріоритетів ЛПР на множині стратегій модель цілі операції (показник та критерії ефективності) має враховувати ймовірнісний характер наслідків [15; 16; 157; 169; 241; 323; 335 та ін.]. Тоді

$$u \geq v \Leftrightarrow W_e^\lambda(u) \geq W_e^\lambda(v) \quad (3.29)$$

де $W_e^\lambda(u)$ – функція ефективності в умовах ризику, яка визначається згідно з формулою (3.2).

Аналіз ОФК $f_{UF}(\cdot)$ виявляє ставлення ЛПР до ризику.

Отже, якщо інформація θ_c не використовується, то $f_{UF}(\rho) = \rho(\cdot)$. Коли вона відсутня, або для встановлення пріоритетів згідно правила (3.21) достатньо застосувати лише «об'єктивні» показники ефективності, то:

$$W_i = M \left[\rho(L, L^{norm.}) \right], \quad i = \overline{1, m} \quad (3.30)$$

Тоді ризикована ЗПР переходить у детерміновану із векторним показником ефективності $W = (W_1, W_m)$. В такому випадку функція відповідності $\rho(L, L^{norm.})$ враховує «усереднення» за імовірністю.

На додаток до функцій виду

$$\rho(L, L^{norm.}) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } L \geq L^{norm.} \\ 0, & \text{якщо } L < L^{norm.} \end{cases} \quad (3.31)$$

$$\rho(L, L^{norm.}) = L \quad (3.32)$$

часто застосовують квантіль:

$$\rho = F_\alpha^{-1}(1 - \alpha) = L_\alpha \quad (3.33)$$

де α – задана ймовірність;

$F_\alpha^{-1}(\cdot)$ – функція, обернена функції розподілу результату операції вибору при застосуванні стратегії $a \in A$.

Якщо рішення задачі вибору $\langle A, A^* \rangle$ не єдине (потужність множини «об'єктивно» отриманих або природних стратегій значна), то необхідно вивчити додаткову інформацію про ОДПР. Ця інформація стосується не окремих характеристик розподілу (математичне очікування, дисперсія, квантіль та ін.), що породжується стратегією $a \in A$, а його вичерпною характеристикою – закону розподілу. При цьому необхідно виявити ставлення ЛПР до різних імовірнісних розподілів на множині результатів діяльності, тобто:

$$u \geq v \Leftrightarrow F_u^{\theta_c} \geq F_v^{\theta_c}; \quad u, v \in A \quad (3.34)$$

де F_u – закон розподілу характеристик $(L_1, L_2, \dots, L_m)^T$ результатів $g \in G$ при фіксованій стратегії $a \in A$.

3.4.2. Розробка методик побудови і аналізу оціночних функцій корисності з позицій основної доміанти прийняття рішень

Застосування «об'єктивних» показників вигляду (3.30) у загальному випадку робить ЗПР безкінцевомірною. Тому доцільно встановити переваги ЛПР на множині розподілу, а потім – і стратегій з урахуванням виразу (3.34). Для цього необхідно, перш за все, звужити множину розподілу $F_a(L)$, $a \in A$, виділивши деяку не домінуючу підмножину [157; 241; 361]:

$$A_0 = \{a / F_u(L) \leq F_v(L)\}; \quad u, v \in A, \quad -\infty < L < +\infty \quad (3.35)$$

Отже, більшим значенням наслідків g надається перевага перед меншими, тобто інформація про ОФК є простішою, а стратегії $a \in A_0$ вважаються стратегічно не домінуючими [241; 325]. Множина A_0 велика, тому її звуження відбувається за умов розширення інформація про ставлення АО «переднього краю» до ризику.

Оскільки різні ЛПР по різному ставляться до одного й того ж імовірнісного розподілу на множині результатів, то зазвичай йдеться і про різну психологічну доміную у ситуаціях із ризиком [16; 33; 157; 238; 241; 311; 323; 328; 335; 339; 357; 361; 370; 377; 488 та ін.], звану ОДПР та різні ОФК. Показник, що враховує психологічні особливості ЛПР у ситуаціях із ризиком називається *функцією ефективності скалярного результату чи функцією корисності* [157; 169; 241; 361] і визначається відповідно до (3.2). І якщо $f_{UF}(L)$ – це ОФК, то усі її позитивні лінійні перетворення:

$$f_{UF}(L) = \{a \cdot f_{UF}(L) + b, a > 0\} \quad (3.36)$$

також є ОФК характеристик результатів у для ЛПР із розглянутою психологічною доміною. Тому, будуючи $f_{UF}(L)$ можна довільно обрати початок відліку b та одиницю вимірювання a , тобто ОФК задається в інтервальній шкалі. При оцінці ефективності ПР майже завжди йдеться про обмежену множину наслідків G . Кожен окремий результат-наслідок $g \in G$ характеризується скалярною величиною L . Тому в подальшому будемо розглядати тільки обмежені розподіли $P_i(a)$ на множині значень $L_i \in L$.

Ситуація ПР в умовах ризику із урахуванням постулатів теорії корисності зручно описувати за допомогою «лотереї». Лотереєю зазвичай називається пара результатів (L, P) , де:

$L = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$ – множина характеристик наслідків,

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – імовірнісний розподіл на ній.

На рис 3.13 наведено приклад простої (а) і складної (б) лотерей, причому наслідком останньої є нові лотереї $l_j, j = (1, s)$ [157; 169; 323; 241; 361; 442 та ін.]. Далі на основі виявленого відношення переваг на множині лотерей $\{l(a)/a \in A\}$ будується відношення переваг вже на множині стратегій A :

$$\begin{aligned} u \geq v &\Leftrightarrow l(u) \geq l(v) \Leftrightarrow W_e^\lambda(l(u)) \geq W_e^\lambda(l(v)) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow [f_{UF}(L(u))] \geq [f_{UF}(L(v))] \end{aligned} \quad (3.37)$$

З формули (3.37) витікає необхідність отримання оцінок $f_{UF}(L_i(u)), f_{UF}(L_i(v)), i = 1, 2, \dots, n$ та обчислення відповідних математичних очікувань. І оскільки ОФК $f_{UF}(\cdot)$ вірна із точністю до доданого лінійного перетворення (3.36), то для вибору початку відліку та одиниці вимірювання зручно задати оцінки для будь-яких двох результатів зіставляючи із ними інші результати.

В наших дослідженнях під «еталонними результатами» розумітимемо найбільш привабливий $L_+ f_{UF}(L_+) = 1$ та найменш привабливий $L_- (f_{UF}(L_-) = 0)$ наслідок. Порівнюючи довільний результат L із L_- та L_+ застосовують спеціальне правило заміщення (рис. 3.14).

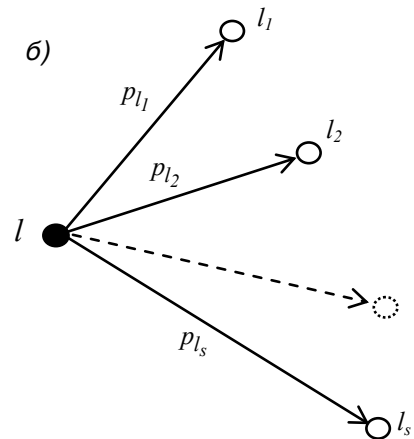
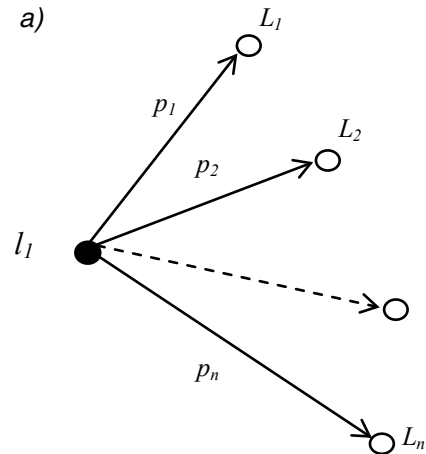


Рис. 3.13. Парадигма простої (а) та складної (б) лотереї

Якщо у початковій лотереї l будь-який з результатів L замінити на еквівалентний йому за перевагою, то для ЛПР буде байдуже, в якій саме лотереї прийняти участь. Тоді результат L замінюють на лотерею вигляду L_+ із ймовірністю $P(L)$, а L_- – $(1 - P(L))$. Саме так АО вирішує, якою має бути ймовірність $P(L)$ щоби йому було байдуже, чи отримати результат L напевно, чи отримати найкращий результат L_+ із ймовірністю $P(L)$, а найгірший L_- із ймовірністю $1 - P(L)$. Тоді $f_{UF}(L) = P(L)$.

Якщо кількість отримуваних результатів невелика ($n \leq 10-20$), то розглянутий метод розповсюджується на отримання лотерей $l''(a), a \in A$ і застосування формули (3.37) для встановлення переваг на множині стратегій A . Еквівалентність лотерей l' та $l'' (l' \approx l'')$ на рис. 3.14 пояснюється однаковістю їх математичних очікувань:

$$\begin{aligned} M_{l'} [f_{UF}(L)] &= p_1 (f_{UF}(L_+)) + \\ &+ p_2 [(L_2) f_{UF}(L_+) + (1 - P(L_2)) f_{UF}(L_-)] + \dots + \\ &+ p_n [P_n(L_n) \cdot f_{UF}(L_+) + (1 - P_n(L_n)) f_{UF}(L_-)] = \\ &= \sum_{i=1}^n p_i \cdot P(L_i) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot f_{UF}(L_i) = M_{l''} [f_{UF}(L)] \end{aligned}$$

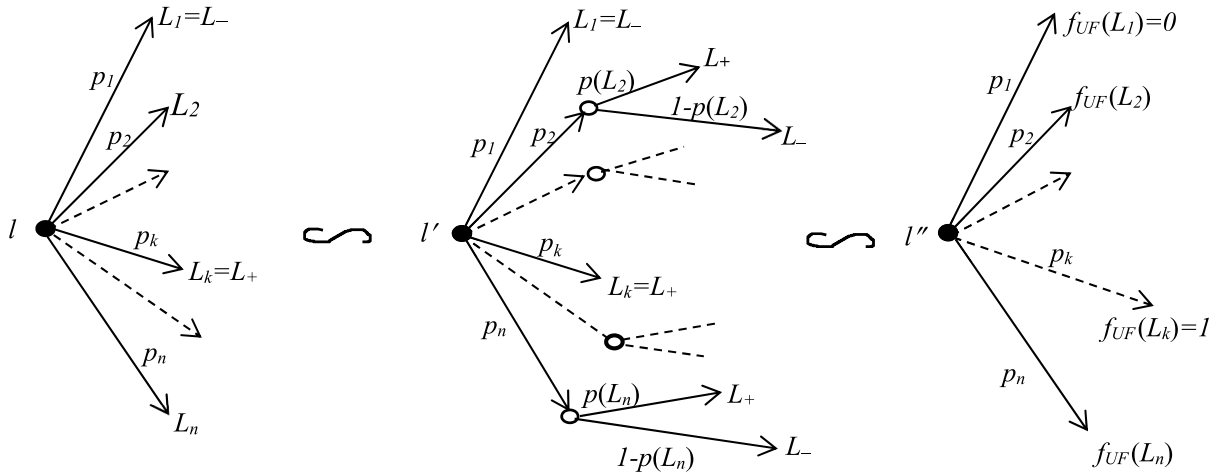


Рис. 3.14. Парадигма правила заміни

де $f_{UF}(L_-) = 0, f_{UF}(L_+) = 1$ – за визначенням.

Якщо кількість результатів $n > 20 \div 30$, то виявлення переваг лотереї зручно проводити за допомогою методу, що базується на побудові та апроксимації ОФК $f_{UF}(L)$ за обмеженою кількістю точок, що відповідає закритій ЗПР [15; 16; 157; 311; 335; 337; 361; 377]. Причому спочатку доцільно виявити тип ставлення ДОПР як ЛПР до ризику (схильний, несхильний, байдужий) на різних інтервалах можливих значень характеристики професійної діяльності АО «переднього краю» (у нашому випадку – на континуумі НЕПС, $-L_{НЕПС}$), а потім шукати відповідну апроксимацію ОФК. У загальному випадку можна виявити психологічну домінанту ЛПР на всьому інтервалі можливих значень $L_{НЕПС}$.

Тип ставлення ЛПР до ризику (рис. 3.15) виходить з поняття детермінованого (безумовного) еквіваленту лотереї (ДЕЛ) l , яким називають деяку величину L_F , за наявності якої, навіть віртуальної, ЛПР буде байдуже, чи отримати результат L_F напевно, чи прийняти участь у лотереї:

$$L_F : f_{UF}(L_F) = M_l[f_{UF}(L)] \quad (3.38)$$

Формальний опис ОФК для ЛПР, схильних, несхильних та байдужих до ризику поданий у табл. 3.2.

Подальшу можливість якісного дослідження ризику дає багатоцільове оцінювання [31; 36; 163; 166; 197; 241; 281 та ін.].

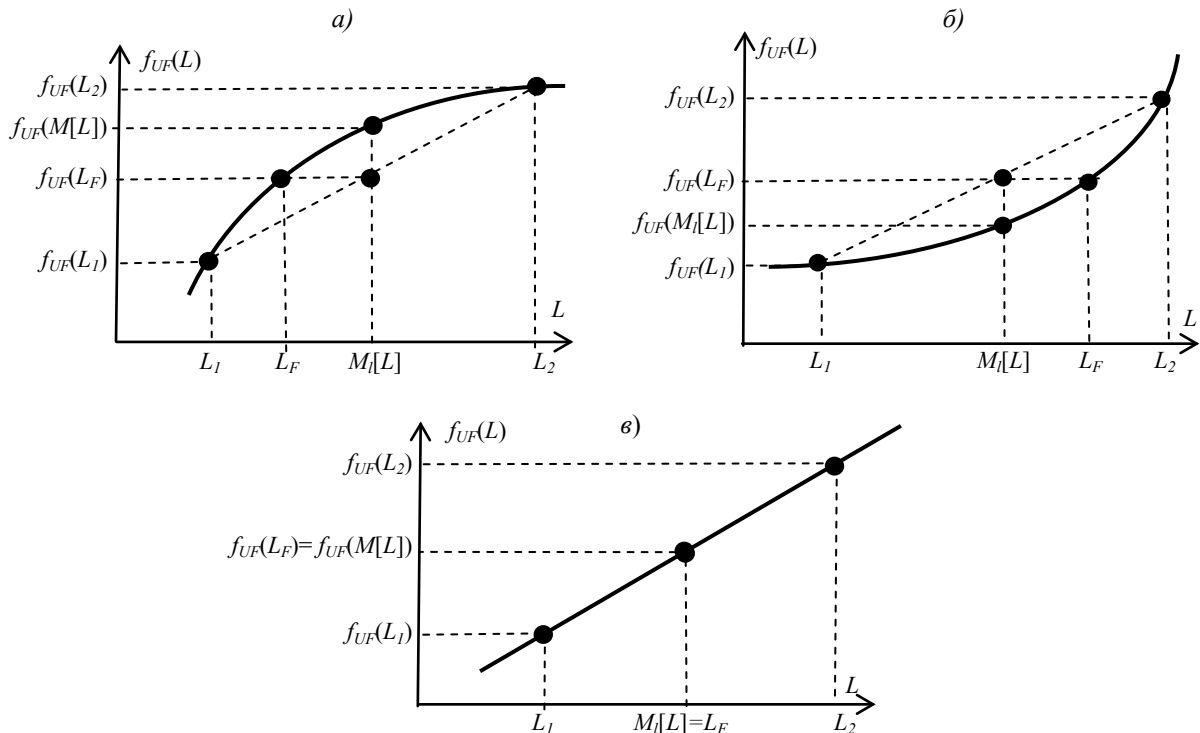


Рис. 3.15. Типові оціночні функції, що враховують ставлення людини, яка приймає рішення, до ризику: а) – несхильність, б) – схильність, в) – байдужість

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

Ставлення до ризику	Значення детермінованого еквівалента лотереї	Характеристика оціночної функції
1	2	3
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: $f_{UF}(L_F) = M_l[f_{UF}(L)] = f_{UF}(M_l[L])$

3.4.3. Алгоритми виявлення типу ставлення до ризику як основної доміанти прийняття рішень

Розглянемо алгоритми розподілу області можливих значень результату професійної діяльності АО на інтервали, що відповідають його незмінному ставленню до ризику [15; 16; 157; 241]. У відповідності до сформульованих у вступі завдань досліджень під ризиком розумітимемо порушення НЕПС ($L_{НЕПС}$).

Алгоритм 1 встановлення ОДПР під час порушення НЕПС ілюструє рис. 3.16. При цьому встановлення інтервалів $[L_{i-1}, L_{i+1}]$, на яких змінюється ставлення ДОПР до ризику, тобто інтервалів які містять точки перегину ОФК (блок 11 рис. 3.16), відбувається відповідно до рис. 3.17.

Визначення інтервалів із відомими типами ставлення АО до ризику дозволяє будувати ОФК $f_{UF}(L)$ за обмеженою кількістю точок. Розглянемо процес побудови ОФК на інтервалі $[L_n, L_n]$ по 5 точках. При цьому природно, що з позицій БП права границя інтервалу L_n більш бажаний результат, ніж ліва L_n .

Алгоритм 2.

1. Припустимо, що $f_{UF}(L_n), f_{UF}(L_n), a = L_n, b = L_n; i = 1$.

2. Визначимо ДЕЛ L_F лотереї $l(a, b)$.

3. Встановимо:

$$L_i = L_F \text{ і } f_{UF}(L_i) = \begin{cases} 0,5, \text{ якщо } i = 1 \\ 0,25, \text{ якщо } i = 2 \\ 0,75, \text{ якщо } i = 3 \end{cases} \quad (3.45)$$

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

5. Визначити $a=L_{i-1}$, якщо $i=3$,

$$b = \begin{cases} L_i, \text{ якщо } i = 2 \\ L_n, \text{ якщо } i = 3 \end{cases} \quad (3.46)$$

і перейти до п. 2.

6. Перевірити узгодженість оцінок, отриманих у відповідності до п.п. 2–5. Для цього необхідно виконати наступні дії:

6.1. Встановити за допомогою ДОПР еквівалент лотереї $l_{0,5}(L_2, L_3)$.

6.2. Порівняти величини L_F і L_i . Якщо вони майже не відрізняються, то перейти до п. 7. В протилежному випадку – вказати ДОПР на виявлене протиріччя і перейти до п. 7.

7. Нанести отримані точки на графік та провести по ним плавну криву, що відповідає типу раніш виявленого ставлення ДОПР до ризику.

8. Апроксимувати отриману криву аналітичною залежністю чи поліномом не вище п'ятого ступеня.

Визначення ДЕЛ відповідно до алгоритму виконується з допомогою такої ітераційної процедури.

Алгоритм 3.

1. Визначити $j = 1, L_n = a, L_n = b$.

2. Обрати значення $L^{(j)}$, близьке до лівої границі інтервалу $[L_n, L_n]$ так, щоб можна було очікувати відповідь ДОПР про те, що $l_{0,5}(a, b) > L^{(j)}$.

3. Перевірити умови:

$$L_{0,5}(a, b) \{>, <, \approx\} L^{(j)}: \quad (3.47)$$

якщо $L_{0,5}(a, b) \{>\} L^{(j)}$ – перейти до п. 5;

якщо $L_{0,5}(a, b) \{<\} L^{(j)}$ – перейти до п. 4;

якщо $L_{0,5}(a, b) \{\approx\} L^{(j)}$ – перейти до п. 11.

4. Присвоїти $L_n = L^{(j)}, L^{(j)} = \frac{L_n + L^{(j)}}{2}$ та перейти до п.3.

5. Встановити $j = j+1$.

6. Обрати значення $L = L^{(j)}$ близьке до правої границі інтервалу $[L_n, L_n]$ таким чином, щоб можна було очікувати відповіді випробуваного ДОПР (САД) про те, що $L^{(j)} > l_{0,5}(a, b)$.

7. Перевірити ще раз умови:

$$L^{(j)} \{>, <, \approx\} l_{0,5}(a, b) \quad (3.48)$$

якщо $L^{(j)} \{>\} l_{0,5}(a, b)$ – перейти до п. 9

якщо $L^{(j)} \{<\} l_{0,5}(a, b)$ – перейти до п. 8

якщо $L^{(j)} \{\approx\} l_{0,5}(a, b)$ – перейти до п. 11.

8. Присвоїти $L_n = L^{(j)}, L^{(j)} = \frac{L_n + L^{(j)}}{2}$ і перейти до п. 7.

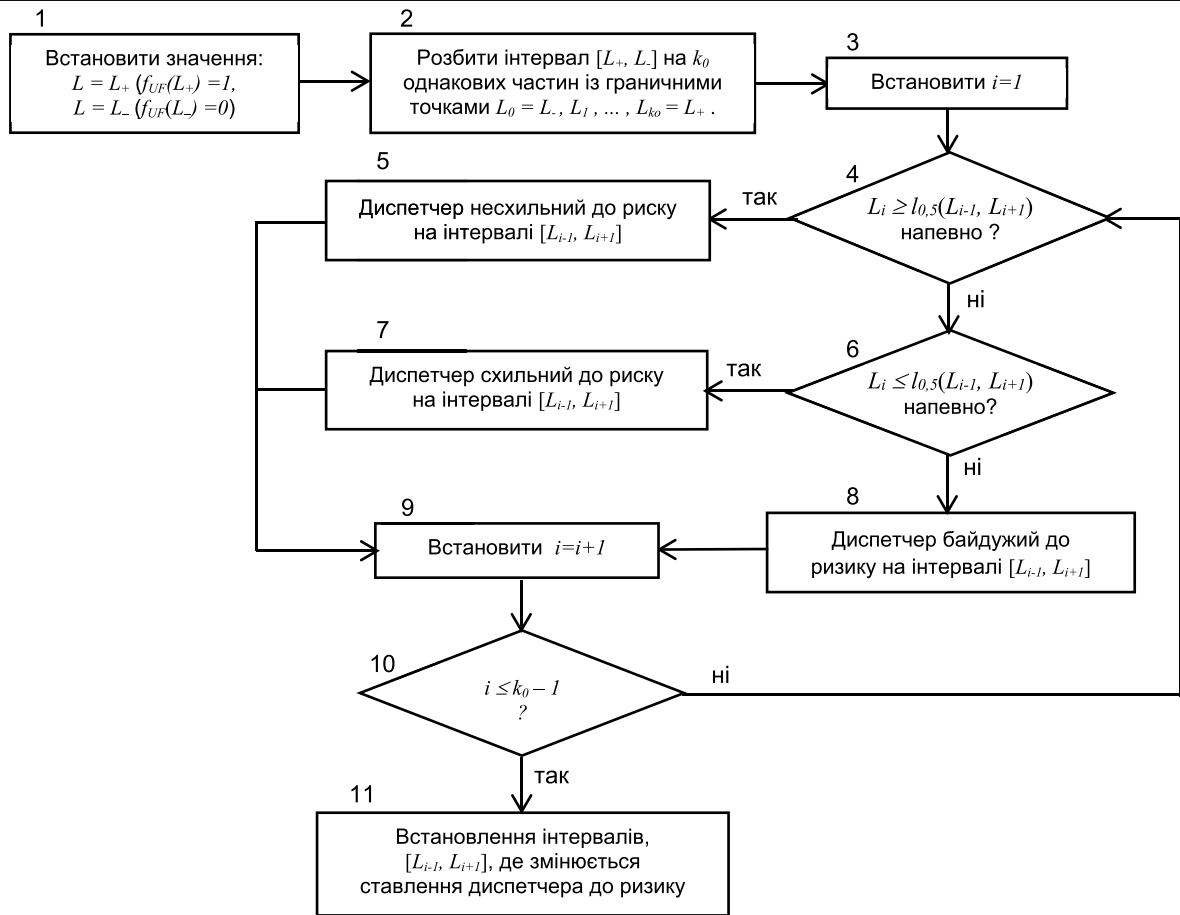


Рис. 3.16. Алгоритм №1 виявлення основної доміючої діяльності авіадиспетчера при порушенні норм ешелонування повітряних суден

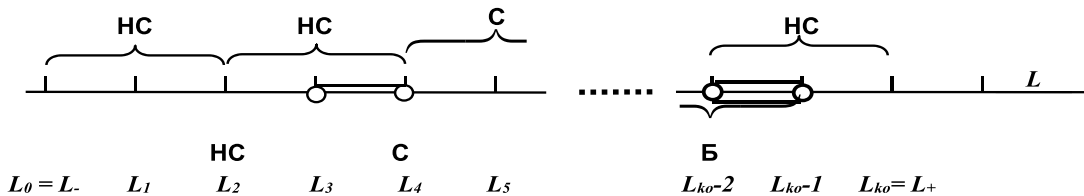


Рис. 3.17. Схема розбиття континууму норми ешелонування повітряних суден на інтервали з постійним типом ставлення авіадиспетчера до ризику: С – схильний, НС – несхильний, Б – байдужий.

9. Встановити $L_n = L^{(j-1)}$, $L_n = L^{(j)}$.
10. Встановити $j = j+1$ і перейти до п. 2.
11. Визначити $L_F = L^{(j)}$ та завершити розрахунки.

Роботу алгоритмів 2, 3 зазвичай ілюструє рис. 3.18 а, б) [29].

Алгоритми 1-3 сприяють побудові ОФК $f_{UF}(L)$ на кожному інтервалі $m = (1, m_0)$ із виявленням ставлення ДОПР до небезпеки порушення НЕПС, а потім шкалюються:

$$f_{UF}(L) = \begin{cases} f_{UF}^{(1)}(L), & \text{якщо } L_- \leq L \leq L^{(1)} \\ f_{UF}^{(2)}(L), & \text{якщо } L^1 \leq L \leq L^{(2)} \\ \dots \\ f_{UF}^{(m_0)}(L), & \text{якщо } L^{(m_0-1)} \leq L \leq L_+ \end{cases} \quad (3.49)$$

Функцію корисності зазвичай нормують, щоби вона змінюється у межах $f_{UF}(L) = [0, 1]$, зручних для аналізу. Далі визначають значення функції ефективності для кожної стратегії $a \in A$ по (3.2), а потім їх порівнюють по (3.49).

3.5. Розроблення методу встановлення рівня домагань авіадиспетчерів на континуумі норми ешелонування повітряних суден

Встановлення ОДПР вирішує питання кваліметрії таких закономірностей прояву ЛЧ в АНС [14; 33; 51; 88; 113; 238; 311; 328; 337; 340; 354; 357; 361; 370; 374; 377; 381; 423; 488; 532 та ін.]:

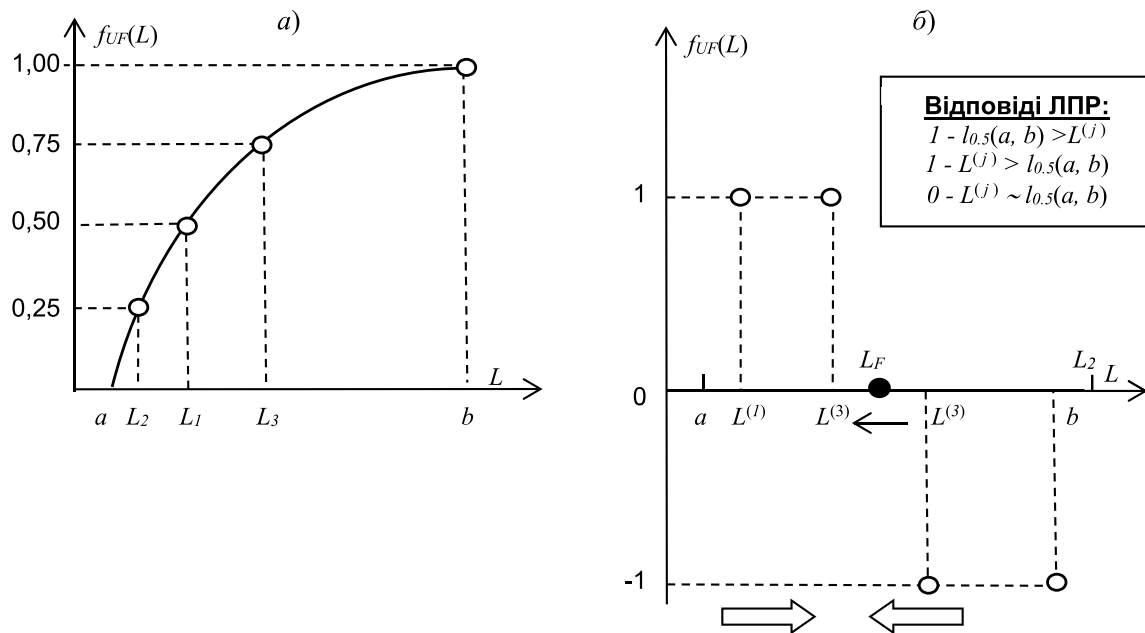


Рис. 3.18. Типова схема побудови оціночної функції корисності континууму норми ешелонування для виявлення типу ставлення авіадиспетчерів до ризику

1) вона демонструє ставлення АО «переднього краю» до ризику (схильність, несхильність, байдужість);

2) виявляє мотивацію на досягнення успіху (схильність до ризику) та уникнення невдачі (несхильність до ризику), що дозволяє сформулювати парадокс ОДПР [33; 337; 339; 357; 370], в якому констатується, що АО «переднього краю», схильні до ризику з точки зору прагнення грати у лотерею, виявляються несхильними до нього з позицій прагнення забезпечити належний рівень БП;

3) ОДПР виявляється шляхом аналізу ОФК, що будується по показниках професійної діяльності за обмеженою кількістю точок (що відповідає закритій ЗПР), що сприяє вирішенню «трикутника ризиків» ІСАО [14; 113; 238; 383; 423; 441 та ін.].

Однак, як вже зазначалося вище, під час розслідування АП обов'язково виявляються такі психічні функції та характерологічні особливості їх учасників, як направлення особистості, тобто РД та адекватність СО, які є фундаментальними структуроутворюючими властивостями їх персоналії [299]. Адже дійсно, РД – це стабільна індивідуальна властивість особистості, яка характеризує:

а) рівень складності поставлених завдань, рішення яких є метою майбутніх дій (БКР);

б) вибір АО цілі наступних дій в залежності від успіху / невдачі попередніх (поточний РД);

с) бажаний рівень СО особистості (рівень «Я»).

Адекватність домагань вказує на відповідність цілі та потенціалу особистості. Тому АО із високим РД відрізняються впевненістю у собі, наполегливістю, високою продуктивністю праці, критичністю у оцінюванні досягнень [168; 169].

Поняття «РД», яке вперше ввели психологи Ф. Хоппе [512] та К. Левін [193], має такі три ознаки:

- 1) спонтанні висловлювання ЛПР;
- 2) випадки успіху та невдачі;
- 3) підхід ЛПР до завдання.

Багато вчених здійснили внесок у вивчення феномену РД, однак його проактивною кваліметриєю стосовно професійної діяльності АО «переднього краю» займаються, переважним чином, представники наукової школи професора О. М. Рєви [14; 33; 235; 292; 337; 342; 358; 381; 389 та ін.].

Враховуючи, по-перше, що наші дослідження пов'язані з кваліметриєю закономірностей прояву ЛЧ під час порушень НЕПС і, по-друге, рекомендації роботи [169; 337], під РД розумітимемо в подальшому точку континуума визначеної НЕПС, якій відповідає максимальний приріст корисності (бажаності, прийнятності) в уявленні ДОПР (у нашому випадку – САД) щодо можливості забезпечення належного рівня БП саме при такій відстані між ПС.

Нехай реалізовані методи, рекомендації, процедури, подані у п. п. 3.4.1-3.4.3, та побудована за обмеженою кількістю точок ОФК $f_{UF}(L)$ ДОПР як ЛПР. Зрозуміло, що в такому випадку аргумент функції $f_{UF}(L)$ має чіткий фізичний сенс – вимірювана відстань між ПС у межах певної НЕПС. І якщо можливо аналітично описати ОФК, наприклад, поліномом ступеня не вище п'ятого, то РД визначається рішенням тривіального рівняння [14; 169; 337]:

$$[u(L)]' = [f_{UF}(L)]' = 0. \quad (3.50)$$

Але реалізація виразу (3.50) для виявлення РД недоцільна, оскільки:

1) ОФК $f_{UF}(L)$ може взагалі не мати першої похідної;

2) рішення рівняння (3.50) може виявити уявні корені;

3) оскільки мова йде про закрити ЗПР, усі опитувані з ОДПР «байдужий до ризику» будуть формально мати нібито однакові лінійні ОФК і, як наслідок, – однакові РД ($L_{байд.}^* = [a \cdot L + b]' = a$), що в загальному випадку невірно.

Дослідження [33; 143; 169; 209; 210; 235; 292; 337; 342; 381; 388; 389] дозволяють уникнути сформульованих недоліків шляхом побудови та аналізу ОФК вже по формально необмеженій кількості точок для відкритої ЗПР. Приклад побудови такої ОФК континууму НЕПС L подано на рис. 3.19.

Оскільки РД $L_{РД} = L^*$ є відносно стійким показником направлення особистості ДОПР, то $L = L^*$ тоді й лише тоді, коли [169; 49-52 та ін.]:

$$\begin{cases} \Delta f_{UF}(L) = f_{UF}(L_r) - f_{UF}(L_{r-1}) > f_{UF}(L_i) - f_{UF}(L_{i-1}) \\ i = 2, (r-1) \end{cases} \quad (3.51)$$

або коли

$$\begin{cases} \Delta f_{UF}(L) = f_{UF}(L_r) - f_{UF}(L_{r-1}) \Rightarrow \max \\ f_{UF}(L_r) > 0 \end{cases} \quad (3.52)$$

Аналізуючи емпіричні ОФК, подібні до поданих на рис. 3.19, застосовують вирази (3.51), (3.52) та виявляють наступні характерні точки:

$L^* = L_{РД}$ – РД – точка на континуумі НЕПС, що відповідає максимальному позитивному приросту (стрижку) корисності (бажаності, прийнятності) в уяві ДОПР з позицій його спроможності забезпечити належний рівень БП;

L_0 – точка переходу негативної корисності (бажаності) відстані між ПС в позитивну;

L_- – точка, що визначає стрибок негативної корисності.

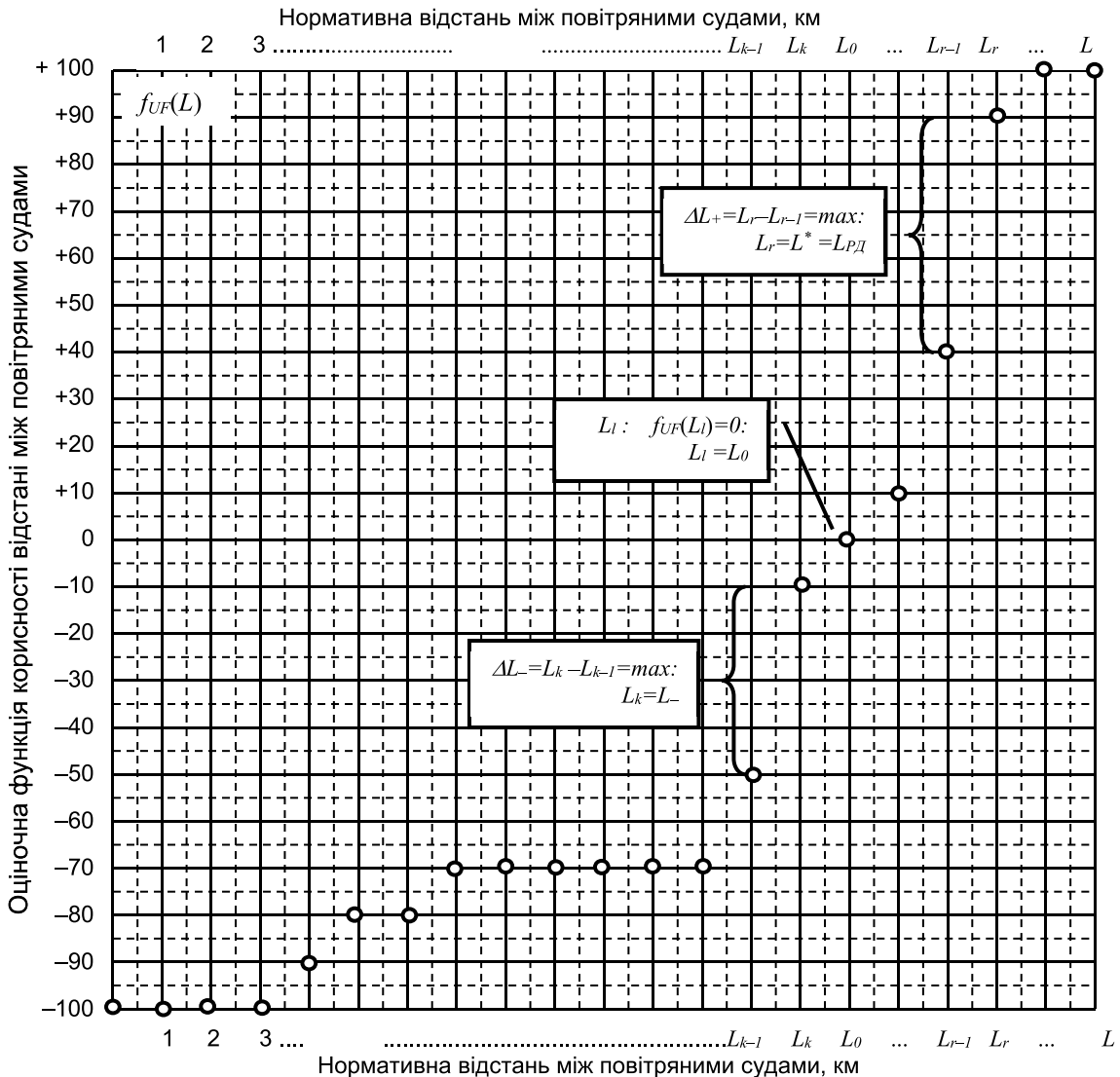


Рис. 3.19. Парадигма побудови оціночної функції корисності відстані між повітряними судами для прийнятої норми ешелонування, L км

Для забезпечення детального аналізу отриманих результатів досліджень за допомогою відомих математичних методів обчислюються статистичні оцінки перелічених характерних точок [60; 69; 87; 100]:

- середнє значення:

$$\bar{L}_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m L_{ij} \quad (3.53)$$

- дисперсія:

$$D_{L_i} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (L_{ij} - \bar{L}_i)^2 \quad (3.54)$$

- середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_{L_i} = \sqrt{D_{L_i}} \quad (3.55)$$

- асиметрія:

$$As = \frac{1}{m\sigma_{L_i}^3} \sum_{j=1}^m (L_{ij} - \bar{L}_i)^3 \quad (3.56)$$

- ексцес:

$$Es = \frac{1}{m\sigma_{L_i}^4} \sum_{j=1}^m (L_{ij} - \bar{L}_i)^4 \quad (3.57)$$

- коефіцієнт варіації:

$$v_i = \frac{\sigma_{L_i}}{\bar{L}_i} 100\% \quad (3.58)$$

де i – позначення характерної точки ОФК;
 m – кількість випробувань ДОПР.

Результати відповідних досліджень з побудови й аналізу емпіричних ОФК, застосованих для виявлення ОДПР та РД ДОПР, подані в розділі 4.

3.6. Метод побудови й аналізу нечітких кваліметричних моделей ставлення авіадиспетчерів до загроз безпеці польотів

Основні домінанти ПР й РД не вичерпують усієї множини показників прояву ЛЧ під час порушень SOP's (у нашому випадку – НЕПС). Досвід досліджень [14; 64; 236; 326; 340; 366; 381; 383; 464; 527; 529; 530 та ін.] свідчить, що потреби кваліметрії ЛЧ у частині, що стосується оцінювання РН, добре задовольняють і нечіткі моделі ПР. Використання цих моделей відповідає властивостям людського мислення надавати кваліметричні порівняльні якісні, а не кількісні оцінки [169; 297; 320 та ін.]. Саме тому у свідомості АО перехід від «належності» до «неналежності» якогось об'єкта, явища, результату професійної діяльності тощо до множини

таких об'єктів, явищ, результатів не стрибкоподібний, а повільний [129; 241]. Такий підхід використовують під час ПР, коли визначними є не кількісні, а саме якісні характеристики.

Наприклад, якісні лінгвістичні показники РН та РЧ загроз уведені ІСАО, які відповідно до методології нечіткої математики узагальнюються у відповідні шкали (див. вирази (1.1), (1.2)). Згадані показники РЧ і РН загроз встановлені, як ми вважаємо, виходячи з багатого практичного досвіду УБП їх розробників, однак, не мають наукового обґрунтування.

Поняття «ризик» розглядається нами і в ракурсі відповідної ЛЗ, структуру якої наочно ілюструє рис. 3.20 [32]. В такому випадку оцінювання експертом стану елемента (чи СЛТС в цілому) і співвіднесення з цим станом певного ризику є ЗПР щодо вибору однієї альтернативи з їх заданої множини. Множинами альтернатив (варіантів вибору) тут є ТМ ЛЗ, якими зображуються властивості досліджуваної АНС. Причому у зазначеній праці схильність до ризику пропонується виявляти в процесі формування групового рішення (побудови ФН ЛЗ «ризик (чи РН)») під час оцінювання різними ДОПР той самої професійної проблемної ситуації шляхом аналізу тенденцій відповідних оцінок, які надаються зазначеним ситуаціям.

Однак, зауважимо, що, як і у попередньому випадку з рекомендаціями ІСАО, не обґрунтована розмірність ЛЗ «ризик». Тим більше не зрозумілий фізичний зміст абсолютної шкали аргументу ФН, які мають бути побудовані [366]. Враховуючи наведене, розглянемо, спираючись на методологію нечіткої математики [50; 64; 179; 241; 251; 257; 278; 466 та ін.], застосовувати у процесах ПР, процедуру побудови ФН ЛЗ «РН» для порушення НЕПС, починаючи з обґрунтування лінгвістичної шкали «РН». Використання ЛЗ в ЕП розділяє існуючі шкали оцінювання через ранжирування, інтуїтивно зрозумілішого, ніж у разі використання прямих оцінок, що не властиво людському мисленню [169; 297; 320 та ін.], чи балів за методом Борда [40; 121; 195; 266; 408 та ін.].

Розглянемо ЛЗ «РН» $\tilde{R}_x(L)$, що приймає цілі значення з $U = [1, 3]$ і охоплює три атомарні терми, тобто такі, що складаються з одного слова або з декількох слів, що завжди фігурують разом один з одним (на відміну від складеного терму, що утворюється щонайменше двома атомарними термами). Тоді відповідна шкала описується так (рис. 3.21):

$$T^M(PH) = \tilde{R}_{погано}(L) + \tilde{R}_{середнє}(L) + \tilde{R}_{добре}(L) \quad (3.59)$$

де «+» – позначка логічного поєднання окремих термів (лінгвістичних назв, оцінок небезпек) у єдину шкалу «РН».

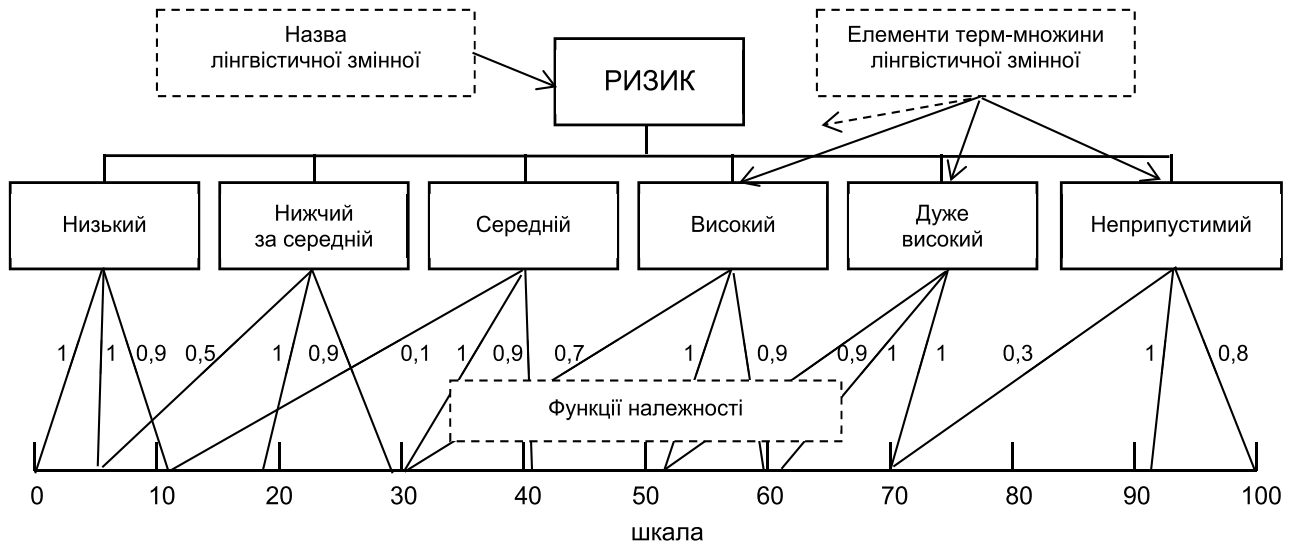


Рис. 3.20. Гіпотетичне подання ієрархічної структури лінгвістичної змінної «ризик»



Рис. 3.21. Уявлення відстані між повітряними судами трьома термами лінгвістичної змінної «рівень небезпеки»

Терм множина ЛЗ «РН» $\tilde{R}_*(L)$ виду (3.59) має обмежені можливості щодо розрізнення небезпеки відстані між ПС. Перетворимо її так, щоб вона дозволяла точніше оцінювати РН. Далі для визначення проміжних ступенів (дроблення шкали оцінювання), введемо додатково два модифікатори «майже» і «дуже». Відповідно зміниться і ТМ (3.60):

$$T^M(PH) = \begin{matrix} \tilde{R}_{ДП}(L) & \tilde{R}_{П}(L) & \tilde{R}_{МП}(L) \\ \text{дуже погано} + \text{погано} + \text{майже погано} + \\ \tilde{R}_{С}(L) & \tilde{R}_{МС}(L) & \tilde{R}_{МД}(L) \\ \text{середнє} + \text{майже середнє} + \text{майже добре} + \\ \tilde{R}_{Д}(L) & \tilde{R}_{ДД}(L) & \\ \text{добре} + \text{дуже добре} & & \end{matrix} \quad (3.60)$$

З погляду лінгвістичного аналізу слово «дуже» позначає збільшення модуля параметра незалежно від його знаку. Використання цього модифікатора неявно зміщує дійсний нуль відстані між ПС ($L = 0$) в бік середини шкали, що є позитивом з позицій забезпечення БП (рис. 3.22). Значення цього уявного нуля зручно використовувати під час «відкритого» оцінювання РН.

Модифікатор «дуже» не єдиний, що впливає на уявне положення нуля, однак, існують модифікатори («майже», «більше, ніж», «менше, ніж» тощо), які не мають такого впливу. Використання модифікатора «дуже» також характерне збільшен-

ням його впливу на початковий атомарний терм тим більше, чим більше віддаляється оцінка РН від абсолютного значення атомарного терму на шкалі. Відповідний приклад поданий на рис. 3.23.

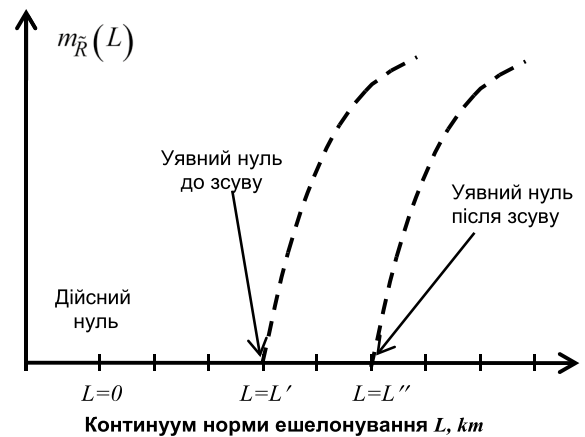


Рис. 3.22. Зсув графіка функції належності при застосуванні модифікатора «дуже»

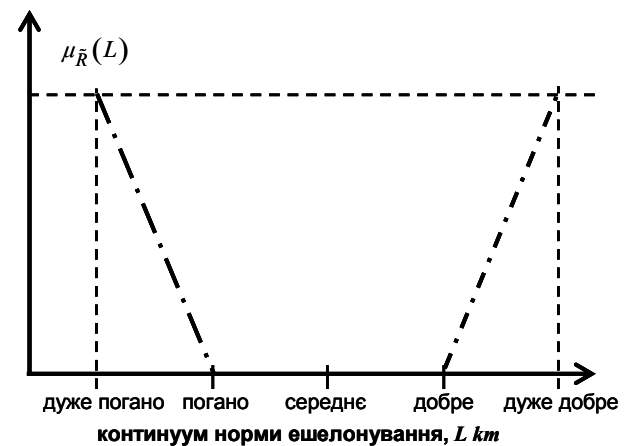


Рис. 3.23. Ілюстрація ступеня впливу модифікатора «дуже» на атомарні терми «погано» і «добре»

Проблема нуль-залежності не єдина, що виникає при використанні модифікатора «дуже». У разі формування значення ЛЗ для значення РН, наближеного до середнього, модифікатор «дуже» виявляється неприйнятним. По суті, значення «дуже середньо» збільшує модуль оцінки, але при прагненні до нуля це збільшення також прагне до нуля.

Позначивши вплив модифікатора на змінну L як $m(L)$, а терм до якого застосований модифікатор як $\tilde{R}_m(L)$ формальний вплив модифікатора на оцінку можна описати, як

$$m(L) \rightarrow 0, \quad S \rightarrow R_m(S).$$

З порівняння ступеня впливу модифікатора «дуже» на атомарні терми «погано», «середньо», «добре», видно (рис. 3.24), що особливість нарощувати вплив на видаленні від атомарного терму присутній у всіх трьох випадках. Причому значення «дуже середньо», наближаючись до нуля все менше відрізнятиметься від звичайної оцінки «середньо». Модифікатор «крайній, ніж», що розглядався вище, не володіє подібними властивостями і модифікує значення терму незалежно від його положення на осі.

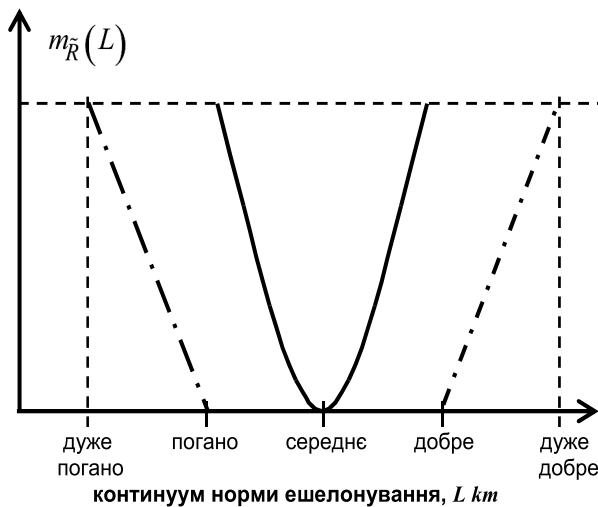


Рис. 3.24. Ступінь впливу модифікатора «дуже» на атомарні терми «погано», «середньо», «добре»

Таким чином, можна говорити про виділення ще двох властивостей для модифікаторів. Першу умовно назвемо – центробіжністю, тобто посиленням впливу у міру віддалення від базового атомарного терму. Другу назвемо позиційністю, що впливає на значення терму залежно від його позиції на шкалі [64; 481].

Виходячи з наведеного, узявши за основу кваліфікатор «дуже» і прийнявши до уваги «магічне число» Міллера [98; 169; 519], яке чітко визначає об'єм оперативної пам'яті Л-О, отримуємо таку шкалу РН загроз:

$$T^M(PH) = \overset{\tilde{R}_K}{\text{надмірний (катастрофічний)}} + \overset{\tilde{R}_{ДВ}}{\text{дуже високий}} + \overset{\tilde{R}_В}{\text{високий}} + \overset{\tilde{R}_С}{\text{звичайний (середній)}} + \overset{\tilde{R}_Н}{\text{низький}} + \overset{\tilde{R}_{ДН}}{\text{дуже низький}} + \overset{\tilde{R}_{НН}}{\text{надзвичайно низький}} \quad (3.61)$$

Вкажемо, що вибір локалізуючого модифікатора «дуже», дозволив при формуванні шкали (3.59) застосувати нечіткі операції [50; 64; 179; 241; 251; 257; 278; 466 та ін.]:

– концентрації:

$$\mu_{\text{дуже низький}}(L) = \mu_{\text{низький}}^2(L) \quad (3.62)$$

– розтягнення:

$$\mu_{\text{дуже високий}}(L) = \mu_{\text{високий}}^{0,5}(L) \quad (3.63)$$

де $\mu_k(L)$ – ФН, тобто число з інтервалу $[0, 1]$, яке вказує на ступінь впевненості у належності конкретної відстані L з континууму досліджуваної НЕПС до нечіткого терму (нечіткого показника небезпеки) R_k .

Збір експертної інформації, необхідної для побудови ФН ЛЗ «РН», виконується за допомогою адаптованої для потреб досліджень шкали Купера-Харпера [223; 491], призначення якої – у встановленні відповідності кількісних та якісних оцінок досліджуваних об'єктів (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Ілюстрація застосування шкали Купера-Харпера для збору експертної інформації про загрозу порушення норми ешелонування

Користуючись шкалою (3.59), опитувані ДОПР експлікують свою думку щодо небезпеки порушення НЕПС відповідними позначками на відрізок прямої, адекватному досліджуваному континууму НЕПС. Таким чином, збір експертної інформації виконується у вигляді «точки на шкалі параметру» [50; 64; 241; 251 та ін.]. Наведене визначає вибір для побудови ФН ЛЗ «РН» методу, що базується на «матриці підказок», що дозволяє отримати ФН із гладкими, спадаючими фронтами [50; 143; 236; 251; 325; 359; 530; та ін.].

Шукана «матриця підказок» знаходиться простим сумуванням елементів по стовпчиках табл. 3.3:

$$k_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}; \quad j = \overline{1, q}, \quad (3.64)$$

Формування вихідної матриці результатів експертного опитування

\tilde{R}_i	Інтервали досліджуваної норми ешелонування $L_{НЕПС}$					
	1	2	...	j	...	q
1	2	3	...	$j+1$	...	$q+1$
\tilde{R}_K	b_{K1}	b_{K2}	...	b_{Kj}	...	b_{Kq}
$\tilde{R}_{ДВ}$	$b_{ДВ1}$	$b_{ДВ2}$	...	$b_{ДВj}$	...	$b_{ДВq}$
\tilde{R}_B	b_{B1}	b_{B2}	...	b_{Bj}	...	b_{Bq}
\tilde{R}_C	b_{C1}	b_{C2}	...	b_{Cj}	...	b_{Cq}
\tilde{R}_H	b_{H1}	b_{H2}	...	b_{Hj}	...	b_{Hq}
$\tilde{R}_{ДН}$	$b_{ДН1}$	$b_{ДН2}$	...	$b_{ДНj}$	...	$b_{ДНq}$
$\tilde{R}_{НН}$	$b_{НН1}$	$b_{НН2}$	...	$b_{ННj}$	...	$b_{ННq}$
K	k_1	k_2	...	k_j	...	k_q

де q – кількість інтервалів, на які розбивається НЕПС, для яких обчислюються значення ФН;

$n = 7$ – розмірність шкали оцінювання РН.

Далі з «матриці підказок» обирається максимальний елемент:

$$k_{max} = \max_j k_j \quad (3.65)$$

і всі елементи матриці B перетворюються в елементи нової матриці C :

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} \cdot k_{max}}{k_i} \quad (3.66)$$

Якщо $b_{ij} = 0$, а $b_{i,j-1} \neq 0$ і $b_{i,j+1} \neq 0$, то елемент c_{ij} визначається елементарним усередненням сусідніх елементів рядка:

$$c_{ij} = \frac{c_{ij-1} + c_{ij+1}}{2} \quad (3.67)$$

Згідно формул (3.64) – (3.67) обчислюють усі елементи матриці $C = \|c_{ij}\|$. Далі знаходять максимальні елементи в рядках матриці C :

$$c_{i max} = \max_i c_{ij}; \quad i = \overline{1,7} \quad (3.68)$$

і обчислюються значення ФН кожного терму шкали (3.59):

$$\mu_{ij}(L) = \frac{c_{ij}}{c_{i max}} \quad (3.69)$$

Отримані наведеним чином значення ФН $\mu_{ij}(L)$ використовуються для подальшої побудови графіків ФН кожного терму шкали (3.59), що ілюструє рис. 3.26 а).

Аналіз ФН має проводитися з урахуванням так званої «точки переходу» (transition point) Л. Заде [129], для якої $\mu_{tp}(L) = 0,5$. Тоді, якщо виконується умова:

$$\mu_{ij}(L) > 0,5 \quad (3.70)$$

то вважається, що відповідний інтервал «скоріш належить» i -тій лінгвістичній оцінці шкали (3.61).

У протилежному випадку, коли

$$\mu_{ij}(L) \leq 0,5 \quad (3.71)$$

– «скоріше не належить» відповідному терму.

З рис 3.26 а) видно, що умова (3.70) виконується для усіх точок перетину А, В, С, D, Е, F сусідніх термів ФН ЛЗ «РН». Тому інтервалам між ними можна надати відповідну якісну (лінгвістичну) оцінку, що наочно продемонстровано на рисунку. Разом з тим, якщо орієнтуватися на шкалу РН ІСАО (1.1), слід провести редукацію шкали (3.61) і відповідно ФН досліджуваної ЛЗ «РН» (рис. 3.26 б).

Виходячи з наведеного, слід констатувати правильність вибору нами саме модифікатора «дуже» для формування експериментальної шкали «РН». Адже деякі терми цієї шкали було отримано шляхом застосування операцій концентрації та розтягування до сусідніх термів. Це дозволяє використати відповідну нечітку операцію «поєднання» над відповідними ФН тої самої ЛЗ «РН» [129; 179; 241; 251; 278; 435; 466].

$$\mu_{\tilde{R}_i \cup \tilde{R}_j}(L) = \max(\mu_{\tilde{R}_i}(L), \mu_{\tilde{R}_j}(L)) \quad (3.72)$$

Отже, в нашому випадку йдеться про таке поєднання термів:

$$\tilde{R}_{ДВ} \cup \tilde{R}_B \Rightarrow \tilde{R}_K \quad (3.73)$$

$$\tilde{R}_H \cup \tilde{R}_{ДН} \Rightarrow \tilde{R}_M \quad (3.74)$$

Наведене дозволило редукувати розмірність початкової ТМ «РН» (3.59) до вимог ІСАО згідно схеми, що подана на рис. 3.27.

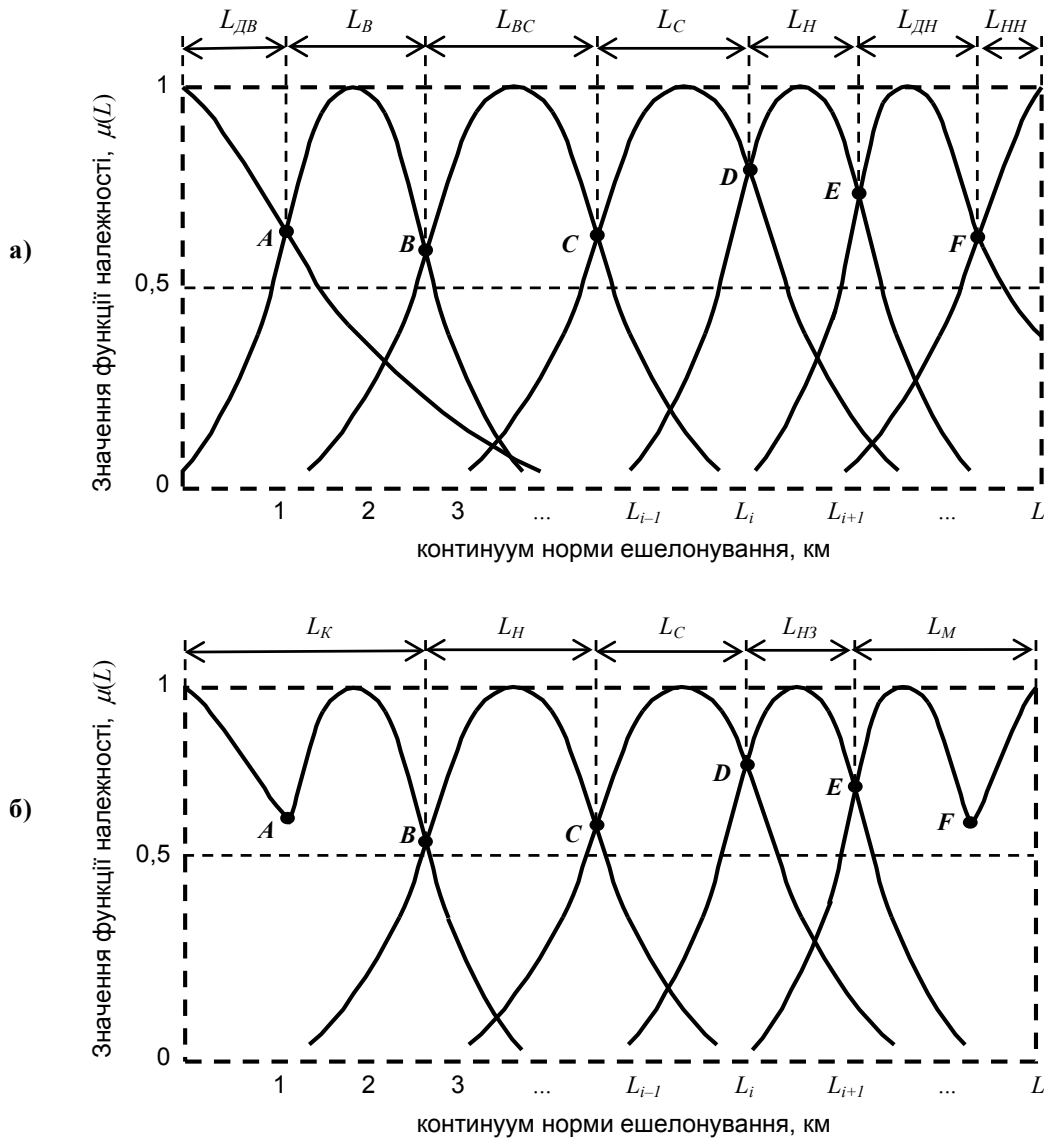


Рис. 3.26. Гіпотетичні приклади функцій належності лінгвістичної змінної «рівень небезпеки»: а) – для запропонованої шкали небезпек; б) – перехід до шкали ICAO

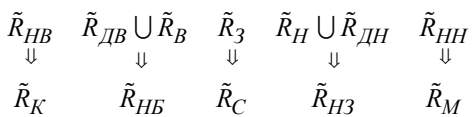


Рис. 3.27. Схема редукції початкової шкали «рівень небезпеки» до розмірності, запропонованої ICAO

Таким чином постановку та теоретико-методологічне забезпечення досліджень з побудови моделей ПР для кваліметричного виявлення ставлення ДОПР до загрози порушення НЕПС слід вважати виконаними.

Результати відповідних досліджень представлено у розділах 4 та 5.

3.7 Висновки до розділу 3

Узагальнюючи отримані і подані в розділі 3 нові наукові результати досліджень з обґрунтування методології кваліметрії ЛЧ під час ПР авіадиспетчером в умовах ризику, виділимо такі найбільш важливі положення.

1. Встановлені особливості робочого середовища і професійної діяльності ДОПР, які обумовлюються як специфікою отримуваної ним аеронавігаційної інформації (загальної, постійної, загальновідомої, оперативної, тактичної, поточної), так і поліергатичністю, монофункціональністю, дистанційністю керуючих впливів, динамічністю об'єктів керування і параметрів оточуючого середовища, що обумовлює прогностичність його праці і високий рівень емоційної напруженості.

2. Обґрунтовано, що головним професійним завданням ДОПР є дотримання НЕПС в зоні відповідальності, порушення яких з позицій прояву ЛЧ має стати об'єктом кваліметричних досліджень.

3. Розроблено ієрархічну модель діяльності ДОПР, яка полегшує процес вибору показників і критеріїв ефективності ПР в умовах ризику і сприяє формалізованому опису проблемних ситуацій під час УПР.

4. Здійснена формалізація ризику і проблемних ситуацій для процесу ПР. Модель проблемної ситуації уявляється кортежем, який розширений відносно відомої моделі на 90% і дозволяє більш повно і всебічно розглядати професійну діяльність ДОПР. Обґрунтовано, що найменш досліджуваними складовими кортежу є ті, що визначають ставлення авіадиспетчерів до ризику, а також їх СП на показниках та характеристиках професійної діяльності.

5. Ставлення до ризику може бути кваліметрично оцінено за допомогою моделей, що визначають ОДПР і РД, а також нечітких моделей ПР. Здійснено формалізацію ЗПР в умовах ризику і розроблено метод побудови за обмеженою кількістю точок ОФК, аналіз яких здійсню-

ється для закритої ЗПР і дозволяє встановити основну доміанту діяльності, а саме схильність, несхильність, байдужість до ризику.

6. Розроблено метод встановлення РД ДОПР як основного системоутворюючого показника їх особистості і адекватності СО. Метод базується на запропонованій процедурі побудови ОФК за формально необмеженою кількістю точок в процесі розв'язання відкритої ЗПР.

7. Обґрунтовано спектр характерних точок, які необхідно досліджувати в процесі аналізу ОФК, що будуються на фізично вимірюваних і зрозумілих показниках континууму НЕПС.

8. Доведена можливість застосування нечітких моделей ПР для кваліметрії загроз БП за умов порушення НЕПС. Обґрунтована необхідність застосування адаптованої для збору потрібної інформації шкали Купера – Харпера, а також «матриці підказок» для побудови ФН ЛЗ «РН» з гладкими спадаючими фронтами.

9. Виявлені специфічні особливості і обґрунтовано застосування модифікатора «дуже» для побудови нечіткої шкали оцінювання ризику, а також показана можливість застосування нечіткої операції «об'єднання» для її редукції до розмірності, запропонованої ІСАО.

Розділ 4

КВАЛІМЕТРІЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СТАВЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРІВ ДО РИЗИКУ В УМОВАХ ПОРУШЕНЬ НОРМ ЕШЕЛОНУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

4.1. Вдосконалення технології аналізу оціночних функцій корисності, побудованих для закритих задач прийняття рішень

В пунктах 3.4.1–3.4.3 нами з позицій прояву ЛЧ було обґрунтовано теоретичне забезпечення проактивної кваліметрії процесів ПР ДОПР в умовах ризику. Йдеться про вирішення «закритої» ЗПР шляхом побудови за обмеженою кількістю точок (п'ятьма) ОФК характеристик та показників професійної діяльності ДОПР (у нашому конкретному випадку – НЕПС). З аналізу такого роду ОФК виявляється ОДПР, тобто ставлення ДОПР до ризику, а саме схильність, несхильність, байдужість. Причому в рамках перших двох типів ЛПР відрізняються також за силою (мірою) схильності / несхильності (постійна, пропорційна, спадаюча, зростаюча) до ризику [157; 409]. Зазначена інформація є важливою як для прогнозування поведінки ДОПР в ПКС (рис. 3.4), так і для корекції їх ПП з урахуванням відповідних доміант.

Природно, що в процесі побудови ОФК континууму будь-якої НЕПС за п'ятьма характерними точками дві з них, $L = 0$ і $L = L_{\text{НЕПС}}$ мають таку корисність:

$$\left. \begin{aligned} u(L = L_0 = 0) &= f_{UF}(L_0) = 0 \\ u(L = L_1 = L_{\text{НЕПС}}) &= f_{UF}(L_1) = 1 \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

Точки ОФК $f_{UF}(L)$ з корисністю $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$ знаходяться зі спеціальних віртуальних лотерей (рис. 4.1) і визначають особливості ставлення САД до корисності-безпеки окремих ділянок спектру досліджуваної НЕПС, що є основою для виявлення ОДПР. Отже, ОФК $f_{UF}(L)$ будуються по отриманих емпіричним шляхом п'яти точках $L_0 = 0$, $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$, $L_1 = L_{\text{НЕПС}}$ (див. гіпотетичний приклад відповідних ОФК, поданий на рис. 4.1).

Характерні точки $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$ – це ДЕЛ з відповідною корисністю, яка відповідає нижньому індексу показника. Ще раз зазначимо, що ДЕЛ – це така відстань між ПС, коли ДОПР (САД) буде байдуже, чи отримати її напевно,

чи прийняти участь в лотереї, в якій з рівними шансами 50–50% він може отримати результат, який його абсолютно влаштовує ($L=L_1=L_{\text{НЕПС}}$) / не влаштовує ($L=L_0=0$), виходячи з необхідності забезпечення належного рівня БП.

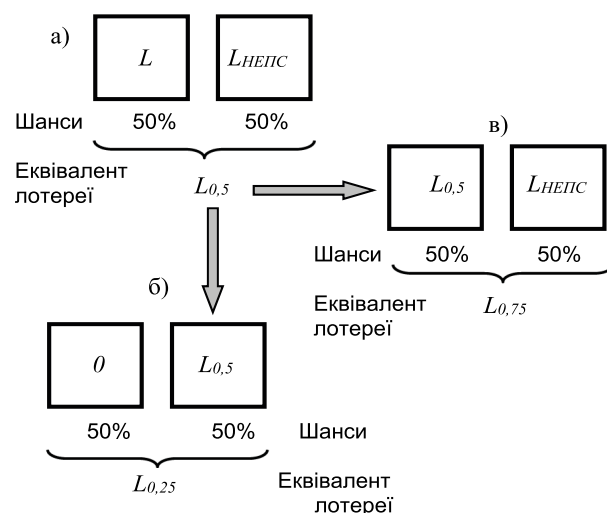


Рис. 4.1. Приклад штучних лотерей для визначення характерних точок оціночної функції корисності континууму норми ешелонування повітряних суден

З порівняння цих ОФК із типовими (рис. 4.2), що мають відповідний сенс (табл. 4.1) й визначається тип ставлення до ризику, тобто, ОДПР [241; 380]. Зміст наступної табл. 4.2 сприяє кращому розумінню і аналізу емпіричних ОФК, з яких встановлюються ОДПР. При цьому слід констатувати, що з досвіду досліджень [14; 33; 51; 85; 113; 238; 328; 337; 358; 370; 381; 383; 384; 423 та ін.] витікає, що найбільш поширеними ОФК є такі, що визначають пряме ставлення ЛПР до ризику: схильність, несхильність, байдужість.

Відповідний висновок щодо зазначеного ставлення робиться, спираючись на обчислене значення так званої *надбавки за ризик* (НР) [157; 361], що враховує співвідношення медіани усього континууму досліджуваної НЕПС і ДЕЛ з корисністю 0,5 ($L_{0,5}$):

$$HP = \bar{L} - L_{0,5} = \begin{cases} > 0 & \text{несхильність до ризику} \\ < 0 & \text{схильність до ризику} \\ = 0 & \text{байдужість до ризику} \end{cases} \quad (4.2)$$

де L – середній виграш лотереї на рис. 4.1 а):

$$\begin{aligned} \bar{L} &= 0,5 \cdot L_0 + 0,5 \cdot L_1 = 0,5 \cdot (L_0 + L_1) = \\ &= 0,5 \cdot (0 + L_{\text{НЕПС}}) = 0,5 \cdot L_{\text{НЕПС}} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Таким чином, у розглянутому випадку при встановленні ОДПР орієнтуються усього на одну характерну точку ОФК, яка відповідає ДЕЛ з корисністю 0,5 ($L_{0,5}$) і не враховуються можливі зміни думок ДОПР на окремих інтервалах НЕПС, тобто йдеться про точки перегину, які нібито досліджуються на рис. 3.15. З іншого

боку, реальний спектр ОФК, насправді ширший (див. рис. 4.2), тому більш ґрунтовними мають бути і відповідні рекомендації щодо визначення ОДПР на континуумі спектру НЕПС.

За наявності ключових (характерних) точок йдеться про нібито просте порівняння отриманого емпіричного графіку з еталонами на рис. 4.2. Але це вимагає використання складного апарату розпізнавання образів [32; 81; 104; 143; 204; 221; 443; 465], що може бути проведено у лабораторних умовах і неприпустиме для масового on-line використання розроблюваного методу, наприклад, в процесі проведення особистісно-орієнтованої ПП. Тому для точного визначення типу ОДПР слід здійснити аналіз особливостей взаємного розташування характерних точок.

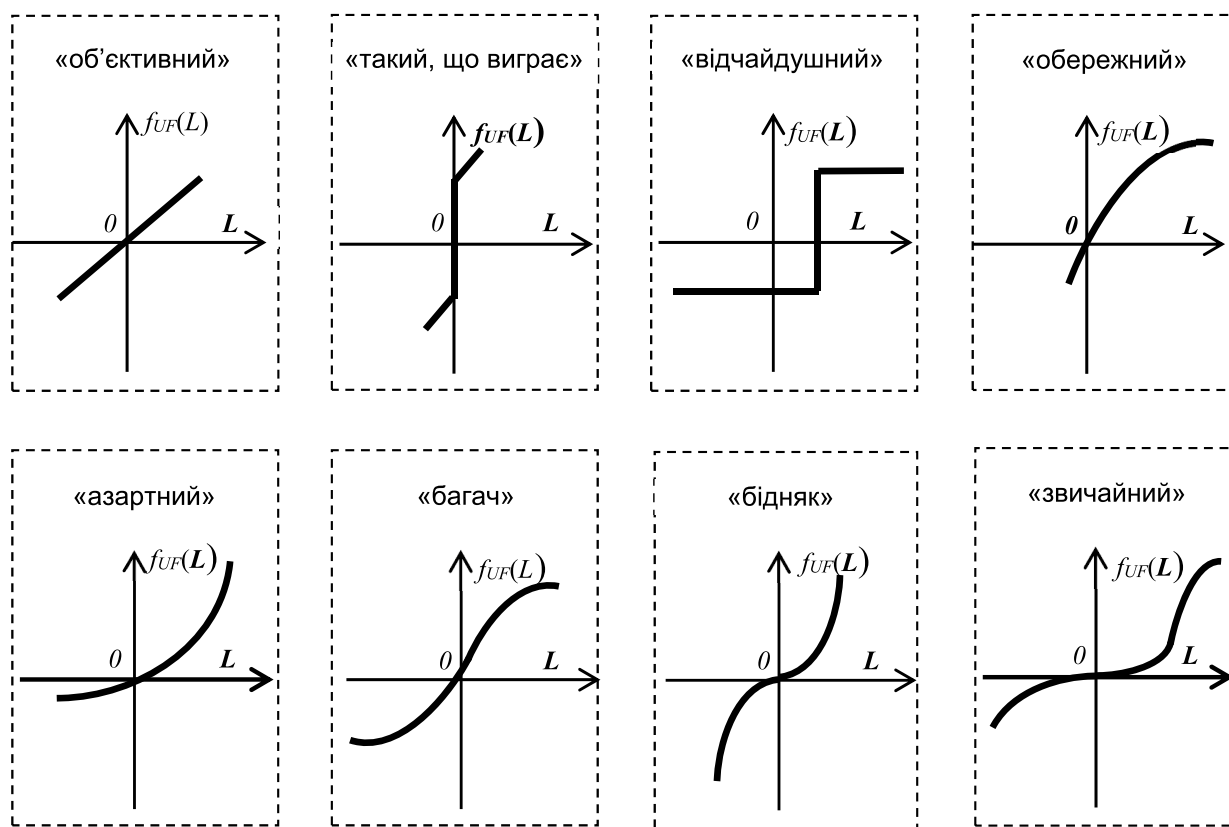


Рис. 4.2. Спектр типових оціночних функцій корисності людини, яка приймає рішення, з різною психологічною домінантою

Ключовими положеннями процесу аналізу є встановлення опуклостей графіку ОФК та поведінки приростів ОФК першого та другого порядку. Пропонований нами метод поглибленого аналізу експериментальних даних полягає у такому [85]:

$$(L_0, L_{0,25}), (L_{0,25}, L_{0,5}), (L_{0,5}, L_{0,75}), (L_{0,75}, L_1);$$

$$\left. \begin{aligned} &[(L_0, L_{0,25}), (L_{0,25}, L_{0,5})] \\ &[(L_{0,25}, L_{0,5}), (L_{0,5}, L_{0,75})] \\ &[(L_{0,5}, L_{0,75}), (L_{0,75}, L_1)] \end{aligned} \right\};$$

- 1) знаходяться значення приросту ОФК для чотирьох проміжків між характерними точками
- 2) знаходяться знаки приросту другого порядку для проміжків

Порівняльна характеристика типових оціночних функцій корисності

Характеристика ЛПР 1	Характеристика оціночної функції 2
«Об'єктивний»	Характеризується лінійністю і зростанням. Складається з однієї частини. Точок перегину немає. Схематично графік описується, як «зростання».
«Такий, що виграє»	Характеризується трьома зростаючими складовими. Друга зростає швидше за першу й третю. Точка перегину між складовими різка, або навіть являє собою точку розриву. Схематично графік описується, як «зростання, стрибок, зростання».
«Відчайдушний»	Краще за все описується терміном з теорії автоматичного керування «ступінчаста» [39]. Дві частини із стабільними рівнями, причому рівень першої частини нижчий за рівень другої частини. Точка перегину є точкою розриву. Схематично графік описується, як «плато, стрибок, плато».
«Обережний»	Яскраво виражена функція натурального логарифму (із точністю до лінійних перетворень) [213]. Єдина складова без точок перегину. Схематично графік описується, як «зростання із уповільненням».
«Азартний»	Яскраво виражена експонента (із точністю до лінійних перетворень). Єдина складова без точок перегину. Схематично графік описується, як «зростання із прискоренням».
«Багач»	Яскраво виражена коренева функція із непарним ступенем кореня (із точністю до лінійних перетворень). Складається з двох частин. Перша складова має додатні похідні першого та другого порядку. Друга складова має додатну похідну першого порядку та від'ємну похідну другого порядку. Точка перегину нерозривна. Схематично графік описується, як «зростання із прискоренням, зростання із уповільненням».
«Бідняк»	Яскраво виражена степенева функція із непарним ступенем (із точністю до лінійних перетворень). Складається з двох частин. Перша складова має додатну похідну першого порядку та від'ємну похідну другого порядку. Друга складова має додатні похідні першого та другого порядку. Точка перегину нерозривна. Схематично графік описується, як «зростання із уповільненням, зростання із прискоренням».
«Звичайний»	Нелінійна функція із двома складовими. Перша з них плавно зростає подібно до функції натурального логарифму. Друга, - різко зростає подібно до кореневої функції із непарним ступенем кореня на проміжку від 0 до $+\infty$. Точка перегину нерозривна. Графік описується, як «повільне зростання із уповільненням, швидке зростання із уповільненням».

Таблиця 4.2

Схематичні описи функцій доміанти поведінки оператора в умовах ризику

Основна доміанта 1	Лінійність 2	Стрибки / розриви 3	Складові частини 4
«Об'єктивний»	+	+	1
«Такий, що виграє»	+	+	2
«Відчайдушний»	+	-	2
«Обережний»	-	-	1
«Азартний»	-	-	1
«Багач»	-	-	2
«Бідняк»	-	-	2
«Звичайний»	-	-	2

3) за допомогою порівняння знаку отриманих приростів ОФК на досліджуваних інтервалах НЕПС здійснюється кластеризація індивідуальних ОФК (ЮФК) та, порівнюючи їх із параметрами еталонних оціночних функцій, остаточно встановлюється їх тип.

Перший крок знаходження шуканих приростів є підготовчим. Він надає чотири параметри, звані нами «приростами першого порядку D' », що демонструють зростання відстані L між ПС і характеризують набуття рівнів корисності: $\frac{1}{4}L_{\text{НЕПС}}$, $\frac{1}{2}L_{\text{НЕПС}}$, $\frac{3}{4}L_{\text{НЕПС}}$, $L_{\text{НЕПС}}$. Прирости знаходяться так:

$$\begin{cases} D'_1 = D'_{0,25} = L_{0,25} - L_0 \\ D'_2 = D'_{0,5} = L_{0,5} - L_{0,25} \\ D'_3 = D'_{0,75} = L_{0,75} - L_{0,5} \\ D'_4 = D'_1 = D'_{\text{НЕПС}} = L_1 - L_{0,75} \end{cases} \quad (4.4)$$

Прирости другого порядку є інформацією для більш детального аналізу ОФК і демонструють динаміку зміни корисності, залежно від зростання відстані між ПС на ділянках збільшення рівнів корисності:

$$\frac{1}{4}L \rightarrow \frac{1}{2}L, \quad \frac{1}{2}L \rightarrow \frac{3}{4}L, \quad \frac{3}{4}L \rightarrow L_{\text{max}} = L_{\text{НЕПС}}$$

Отже, в такому випадку визначають, що зростання приростів прискорюється / уповільнюється чи не змінюється.

$$\begin{cases} D_1'' = D_2' - D_1' \\ D_2'' = D_3' - D_2' \\ D_3'' = D_4' - D_3' \end{cases} \quad (4.5)$$

Тоді достатньо знати не точне значення параметрів D'' , а лише мати уявлення про їх знак (динаміку зміни). Для цього скористаємося математичною функцією визначення знаку:

$$\text{sign } L = \begin{cases} 1, & \text{якщо } L > 0 \\ 0, & \text{якщо } L = 0 \\ -1, & \text{якщо } L < 0 \end{cases} \quad (4.6)$$

і отримуємо змінні σ , які міститимуть знак приростів D'' :

$$\begin{cases} \sigma_1 = \text{sgn}(D_1'') \\ \sigma_2 = \text{sgn}(D_2'') \\ \sigma_3 = \text{sgn}(D_3'') \end{cases} \quad (4.7)$$

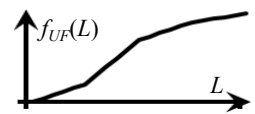
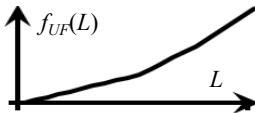
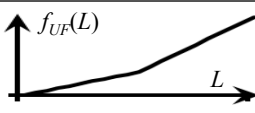
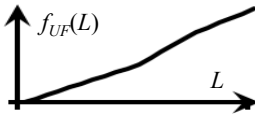
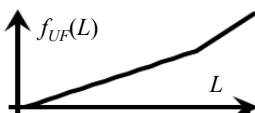
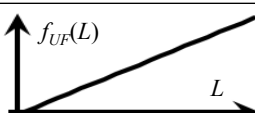
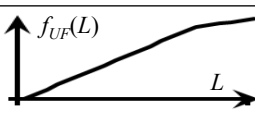
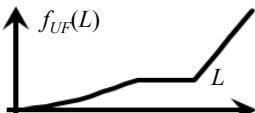
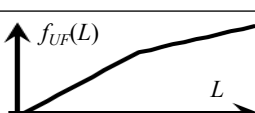
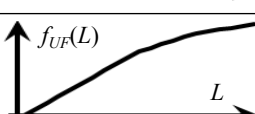
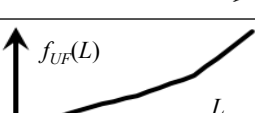
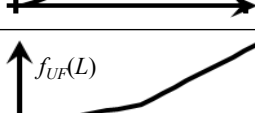
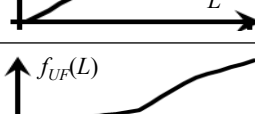
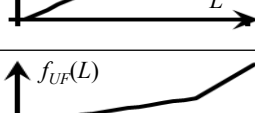
Отже, існує 3^3 можливих комбінацій параметрів $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. Їм відповідає 27 можливих форм вихідних функцій, які слід звести до 8 існуючих еталонів (табл. 4.3). І якщо ОФК $f_{UF}(L)$ не містять стрибків / розривів, це сприяє редукції початкової множини домінант з рис. 4.2, залишивши з них лише такі, що відповідають поведінці ЛПР, характеризованого як «азартний», «багач», «бідняк», «звичайний», «обережний», «об'єктивний».

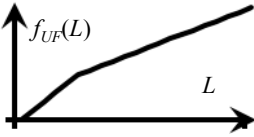
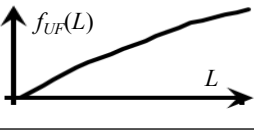
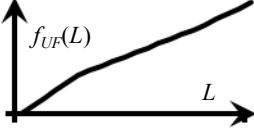
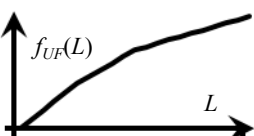
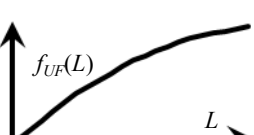
Таблиця 4.3

Схематичні описи функцій доміанти поведінки оператора (тут на усіх графіках по осі x відстань між ПС, по осі y рівень корисності)

Комбінація $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Опис	Графічний приклад
1	2	3
-1 / -1 / -1	Функція, постійно зростаюча із прискоренням. Яскраво виражена «азартна» домінанта.	
-1 / -1 / 0	Функція, постійно зростаюча із прискоренням. Помітно виражена «азартна» домінанта.	
-1 / -1 / 1	Функція спочатку зростає з прискоренням, потім із гальмуванням. Помітно виражена домінанта «багач».	
-1 / 0 / -1	Функція, постійно зростаюча із прискоренням. Помітно виражена «азартна» домінанта.	
-1 / 0 / 0	Функція, спочатку зростаюча із прискоренням. Помітно виражена домінанта «об'єктивний».	
-1 / 0 / 1	Функція спочатку зростає з прискоренням, потім із гальмуванням. Яскраво виражена домінанта «багач».	
-1 / 1 / -1	Прискорення та гальмування приросту функції ідуть по черзі. Помітно виражена домінанта «об'єктивний».	
-1 / 1 / 0	Функція спочатку зростає з прискоренням, потім із гальмуванням. Помітно виражена домінанта «багач».	

Продовження таблиці 4.3

1	2	3
-1 / 1 / 1	Функція спочатку зростає з прискоренням, потім із гальмуванням. Помітно виражена домінанта «багач».	
0 / -1 / -1	Функція, наприкінці зростаюча із прискоренням. Помітно виражена «азартна» домінанта.	
0 / -1 / 0	Функція прискорює зростання посередині. Помітно виражена «азартна» домінанта.	
0 / -1 / 1	Прискорення та гальмування приросту функції ідуть по черзі. Помітно виражена домінанта «об'єктивний».	
0 / 0 / -1	Функція прискорює зростання наприкінці. Помітно виражена «азартна» домінанта.	
0 / 0 / 0	Повністю лінійна функція. Яскраво виражена домінанта «об'єктивний».	
0 / 0 / 1	Функція гальмує зростання наприкінці. Помітно виражена домінанта «об'єктивний».	
0 / 1 / -1	Прискорення та гальмування приросту функції ідуть по черзі наприкінці. Помітно виражена домінанта «звичайний».	
0 / 1 / 0	Функція гальмує зростання з середини. Помітно виражена домінанта «обережний».	
0 / 1 / 1	Функція гальмує зростання з середини. Помітно виражена домінанта «обережний».	
1 / -1 / -1	Прискорення та гальмування приросту функції ідуть по черзі. Помітно виражена домінанта «звичайний».	
1 / -1 / 0	Прискорення та гальмування приросту функції ідуть по черзі на початку. Помітно виражена домінанта «звичайний».	
1 / -1 / 1	Прискорення та гальмування приросту функції ідуть по черзі. Помітно виражена домінанта «об'єктивний».	
1 / 0 / -1	Зростання функції гальмується, потім прискорюється. Яскраво виражена домінанта «бідняк».	

1	2	3
1 / 0 / 0	Зростання функції гальмується. Помітно виражена домінанта «обережний».	
1 / 0 / 1	Функція гальмує зростання. Помітно виражена домінанта «обережний».	
1 / 1 / -1	Функція гальмує та прискорюється напри кінці. Помітно виражена домінанта «обережний».	
1 / 1 / 0	Функція гальмує зростання. Помітно виражена домінанта «обережний».	
1 / 1 / 1	Функція гальмує зростання. Яскраво виражена домінанта «обережний».	

Однак, розглянуті методи аналізу ОФК вимагають суттєвих витрат часу, не зважаючи на застосування персональних ЕОМ (ПЕОМ), що певним чином ускладнює оперативне встановлення ОДПР під час організації ПП та проведення відповідних заходів з профілактики АП за ЛЧ. Разом з тим, з результатів наших досліджень [89; 346; 520] витікає можливість інтегративного визначення ставлення ДОПР до ризику на усьому спектрі досліджуваної НЕПС. А саме. Узнявши за основу ОФК байдужої до ризику ЛПР, бачимо (рис. 4.3.а), що площа під / над нею знаходиться як для звичайного прямокутного трикутника:

$$S_{\Delta L_0 DE} = S_{\Delta L_0 L_1 E} = \frac{1}{2} L_1 \cdot f_{UF}(L_1) = \frac{1}{2} L_{НЕПС} \cdot I = \frac{1}{2} L_{НЕПС} \cdot (4.8)$$

Логічно припустити, що у випадку схильності до ризику площа шестикутника $L_0 ABCEL_1$ (рис. 4.3 б) має бути меншою за (4.8), а у випадку несхильності до ризику (рис. 4.3 в) – відповідно більшою за (4.8). І якщо зазначені рис. 4.3 б), 4.3 в) дійсно визначають певне «тяжіння» ОДПР до схильності / несхильності до ризику, то його міру (постійна, пропорційна, така, що убиває, зростаюча) можна визначити, спираючись на

праці [337; 157; 409]. В той же час, користуючись формулою (4.2), маємо констатувати що рис. 4.3 б), 4.3 в) ілюструють усього лише байдужість до ризику, тобто аналіз ОФК буде певним чином «загрубленим». Адже дійсно, враховуючи загальний абрис багатокутників $L_0 ABCEL_1$ на рис. 4.3 б, в), зовсім не очевидна демонстрація байдужості до ризику, а слід розглядати відповідно схильність та несхильність до ризику.

З загального абриса шестикутника $L_0 ABCEL$ на рис. 4.3 б) чи рис. 4.3 в) видно, що його площа незалежно від встановленої ОДПР може розглядатися як сума одного прямокутного трикутника і трьох прямокутних трапецій.

Таким чином, загальна площа шестикутника $L_0 ABCEL$, що береться за основу для інтегративного визначення ОДПР, знаходиться так:

$$S_{L_0 ABCEL_1} = S_{L_0 ABCEL_1} + S_{L_{0,25} ABL_{0,5}} + S_{L_{0,5} BCL_{0,75}} + S_{L_{0,75} CEL_1} = \frac{1}{2} \{ L_{0,25} f_{UF}(L_{0,25}) + (L_{0,5} - L_{0,25}) \times [f_{UF}(L_{0,25}) + f_{UF}(L_{0,5})] + (L_{0,75} - L_{0,5}) \times [f_{UF}(L_{0,5}) + f_{UF}(L_{0,75})] + (L_1 - L_{0,75}) \times [f_{UF}(L_{0,75}) + f_{UF}(L_1)] \} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{4} L_{0,25} + \right.$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{3}{4}(L_{0,5} - L_{0,25}) + \frac{5}{4}(L_{0,75} - L_{0,5}) + \frac{7}{4}(L_1 - L_{0,75}) \Big] = \\
 & = \frac{1}{8} [L_{0,25} + 3(L_{0,5} - L_{0,25}) + 5(L_{0,75} - L_{0,5}) + \\
 & \qquad \qquad \qquad + 7(L_1 - L_{0,75})] = \frac{1}{8} [7L_1 - 2(L_{0,25} + L_{0,5} + L_{0,75})] = \\
 & = \frac{1}{8} [7L_{НЕПС} - 2(L_{0,25} + L_{0,5} + L_{0,75})].
 \end{aligned}$$

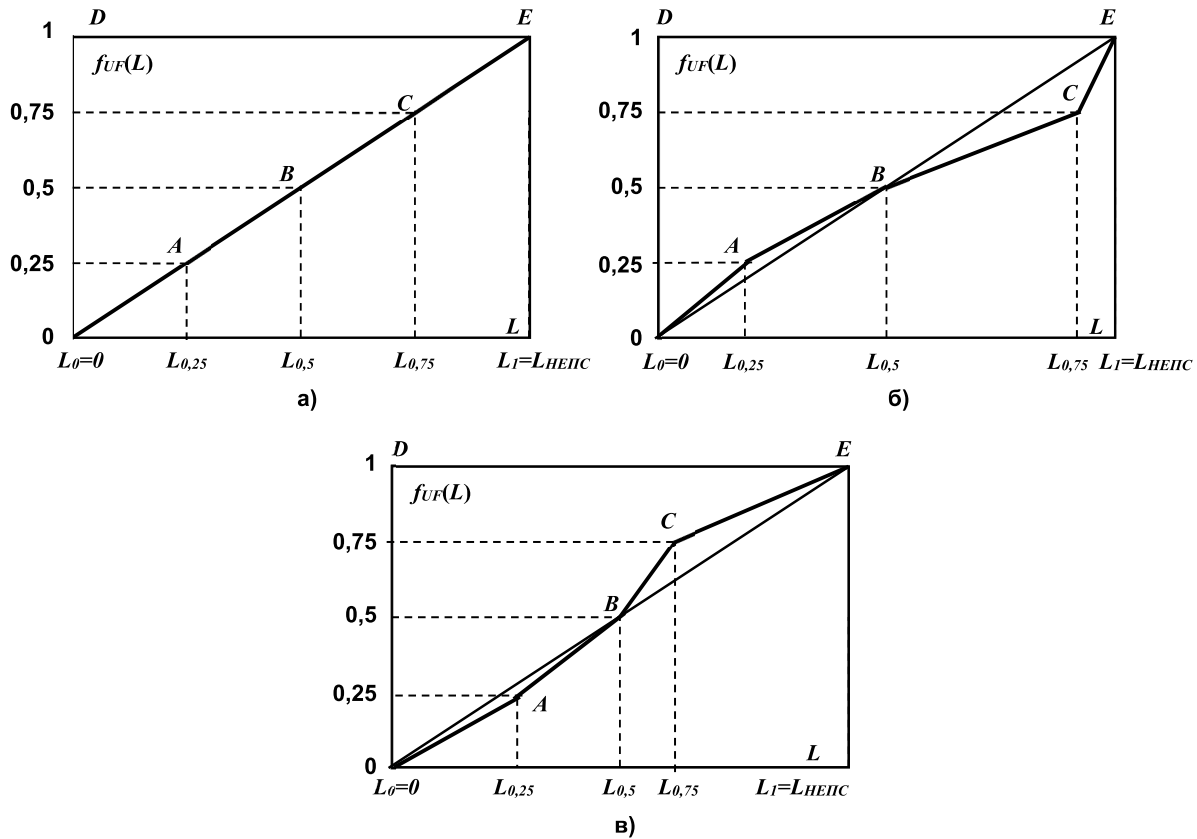


Рис. 4.3. Ілюстрація визначення площі багатокутника для встановлення основної домінанти прийняття рішень: а) – випадок явно вираженої байдужості до ризику; б) – випадок тяжіння до схильності ризикувати; в) – випадок тяжіння до несхильності ризикувати

Отже, маємо такий остаточний вираз для обчислення площі шестикутника $L_0ABCE L_1$:

$$\begin{aligned}
 S_{L_0ABCE L_1} & = \\
 & = \frac{1}{8} [7L_{НЕПС} - 2(L_{0,25} + L_{0,5} + L_{0,75})] \quad (4.9)
 \end{aligned}$$

Тоді вираз (4.2), що визначає встановлення НР, спираючись усього на одну характерну точку ОФК – ДЕЛ з корисністю 0,5 ($L_{0,5}$), перетворюється таким чином:

$$\begin{aligned}
 НР^* & = L_{НЕПС} - \frac{1}{4} [7L_{НЕПС} - 2(L_{0,25} + L_{0,5} + L_{0,75})] = \\
 & = \begin{cases} > 0 \text{ схильність до ризику} \\ < 0 \text{ несхильність до ризику} \\ = 0 \text{ байдужість до ризику} \end{cases} \quad (4.10)
 \end{aligned}$$

Отже, за допомогою отриманого нами уточненого виразу НР (4.10) уперше з'явилися можливість встановлювати ОДПР інтегратив-

но, спираючись на усю сукупність характерних точок ОФК.

Вводячи поняття несхильності / схильності до стохастичного ризику, звернемо увагу на необхідність виміру (оцінки) ступеня цієї властивості. І бажано, щоб така міра, крім іншого, вказувала, що відображає ОФК, – несхильність, або, навпаки, – схильність до ризику, і була однаковою для стратегічно еквівалентних ОФК.

Отже, дві ОФКі $f_{UF}^{(1)}(\cdot)$ і $f_{UF}^{(2)}(\cdot)$ будемо вважати стратегічно еквівалентними, тобто

$$f_{UF}^{(1)}(\cdot) \approx f_{UF}^{(2)}(\cdot)$$

тоді і тільки тоді, коли вони впорядковують по перевагах дві будь-які лотереї. При цьому зазначені функції одержуються одна з одної позитивними лінійними перетвореннями. І вони приводять до одної і тої ж функції несхильності до ризику.

Введемо поняття локальної несхильності до ризику в точці L за допомогою функції несхильності до ризику [157; 337; 409]:

$$r = r(L) = - \frac{[f_{UF}(\cdot)]''}{[f_{UF}(\cdot)]'} \quad (4.11)$$

З точки зору обчислювальних процедур повернемо увагу на те, що

$$r(L) = \frac{d}{dL} \log[f_{UF}(L)]' \quad (4.12)$$

Якщо функція неохильності до ризику $r(L)$ позитивна для всіх L , то ОФК $f_{UF}(L)$ увігнута і ЛПР неохильна до ризику.

Якщо ж $r(L)$ негативна для всіх L , то $f_{UF}(L)$ опукла і ЛПР є схильною до ризику.

Мірою неохильності / схильності до ризику є: спадаюча, постійна, зростаюча, пропорційна.

Отже, ЛПР має *спадаючу неохильність* до ризику, якщо:

- а) вона неохильна до ризику;
- б) НР за ризик $\pi(L, \bar{L})$ у будь-якій лотереї для неї зменшується при зростанні опорної величини L .

ЛПР властива *зростаюча неохильність* до ризику, якщо:

- а) вона неохильна до ризику;
- б) надбавка за ризик $\pi(L, \bar{L})$ для неї зростає з ростом L для будь-якої окремої лотереї \bar{L} .

У цьому випадку функція $r(L)$ є такою, що зростає тоді і тільки тоді, коли НР $\pi(L, \bar{L})$ зростає по L для будь-якої лотереї \bar{L} .

ЛПР притаманна пропорційна неохильність до ризику в точці L , якщо:

$$L \cdot r(L) \equiv -L \cdot \frac{[f_{UF}(L)]''}{[f_{UF}(L)]'} \quad (4.13)$$

Вважається, що у ЛПР *постійна неохильність* до ризику тоді і тільки тоді, коли $\pi(L, \bar{L})$ – функція, що не залежить від L для всіх \bar{L} . Для неї $r(L)$ – позитивна константа.

Виходячи з виду ОФК $f_{UF}(L)$ можна також виявити *убиваючу, постійну та зростаючу схильність* до ризику. Отже, ЛПР має *спадаючу схильність до ризику*, якщо:

- а) вона схильна до ризику;
- б) надбавка за ризик $\pi(L, \bar{L})$ до будь-якої лотереї \bar{L} для неї зростає при зростанні опорної величини L . При цьому $\pi(L, \bar{L})$ завжди негативна.

Оціночна функція $f_{UF}(L)$ характеризує спадаючу схильність до ризику тоді і тільки тоді, коли функція неохильності до ризику $r(L)$, що їй відповідає – негативна і зростаюча.

Відмітимо також, що якщо ЛПР байдужа до ризику, то $r(L)=0$.

Функція $r(L)$ для функції $f_{UF}(L)$ є такою, що убуває (спадає) тоді і тільки тоді, коли $\pi(L, \bar{L})$ – убуваюча функція від L для всіх \bar{L} .

Найбільш розповсюджені аналітичні функції корисності, що відображають спадаючу неохильність до ризику, подані у табл. 4.4 [157].

На завершення цього підрозділу вкажемо, що подані в ньому рекомендації з поглибленого аналізу ОФК є універсальними і можуть бути використані для аналізу професійної діяльності операторів будь-якого профілю.

Таблиця 4.4

Теоретичні функції корисності, що відображають неохильність до ризику, що спадає

$f_{UF}(L)$	Обмеження	$r(L)$	Неохильність до ризику, що спадає
1	2	3	4
$\log(y+b)$	–	$\frac{1}{\log(L+b)}$	$L \geq b$
$(L+b)^c$	$0 < c < 1$	$\frac{c-1}{L+b}$	$L \geq -b$
$(L+b)^{-c}$	$c > 0$	$\frac{c+1}{L+b}$	$L \geq -b$
$y + \log(y+b)$	$c > 0$	$\frac{c}{(y+b) \cdot (y+c+d)}$	$L > -b$
$-e^{-aL} - be^{-cL}$	$a, b, c > 0$	$\frac{a^2 \cdot e^{-aL} + b \cdot c \cdot e^{-cL}}{a \cdot e^{-aL} + b \cdot c \cdot e^{-cL}}$	$\forall L$
$-e^{-aL} + b \cdot L$	$a, b > 0$	$\frac{a^2 \cdot e^{-aL}}{a \cdot e^{-aL} + b}$	$\forall L$

4.2. Закономірності прояву основної домінанти прийняття рішень

Сучасні норми організації ОПР, зокрема, встановлення НЕПС, змінюються відповідно до наступних вимог [1; 125; 160; 219; 259; 265; 294; 298; 301-303; 306-308; 315; 397; 399; 400; 402; 404; 448; 450; 493-504; 509; 518; 521]:

- підвищення ефективності УПР в умовах впровадження більш досконалих РТЗ;
- зміни правил організації повітряного простору та взаємодії між учасниками процесу ОПР;
- обладнання ПС сучасними системами попередження зіткнень TCAS тощо.

Введення більш суворих НЕПС, хоча і має відповідне обґрунтування, зазвичай припускає ДОПР ідеальними виконавцями діючих SOP's і не враховує особливості сприйняття ними деяких складових процесу УПР.

Нехтування ЛЧ призводить до підвищення шансів виникнення ПКС, яку ДОПР не завжди зможуть взяти під контроль. При цьому виконання професійних обов'язків (SOP's), здійснюється ДОПР в залежності від особистісного ставлення до необхідності їх неухильного виконання, що може, за умов завищеної і неадекватної СО, спровокувати виникнення ризику зниження рівня БП.

Тому задачею нашого дослідження є виявлення ставлення САД до ризику. При цьому вкажемо, що вибір саме цієї категорії АО був не випадковим і пояснюється, по-перше, відсутністю в САД сталих стереотипів професійної діяльності і гнучкістю сформованих ЗУПН; по-друге, можливістю оперативної корекції цих ЗУПН в процесі ПП. При цьому був застосований досвід побудови ОФК для вирішення «закритих» ЗПР [157; 241], що був адаптований для потреб авіаційної галузі у працях [33; 51; 88; 337; 357; 380; 422; 423; 528; 534 та ін.] і був теоретично обґрунтованим у розділі 3.

До досліджень були залучені 132 САД 4-5 курсів навчання Національного авіаційного університету (НАУ) та Льотної академії (ЛА) НАУ, які на момент проведення експерименту мали приблизно однаковий набутий рівень ЗУПН. Зазначена кількість випробуваних фактично відповідає загальному обсягу студентів (курсантів) цієї категорії в Україні, тому йдеться про фактичну генеральну сукупність САД і прогнозу надійність відповідних висновків по результатах експериментів.

Випробувані САД неявним чином демонстрували своє ставлення до ризику, будуючи ОФК континуумів НЕПС, встановлених ІСАО для горизонтальної площини виконання польотів (табл. 4.5). зазначена демонстрація відбувалася шляхом розв'язання віртуальних лотерей, приклад яких поданий на рис. 4.1, де враховувалися вже конкретні НЕПС (табл. 4.5).

На рис. 4.4 наведений конкретний приклад побудови САД1 ІОФК і визначення ним відповідних ДЕЛ на континуумі НЕПС $L = 20$ км, що встановлюється для повздовжнього інтервалу в диспетчерських районах АСС АРР (табл. 4.5, НЕПС № 7).

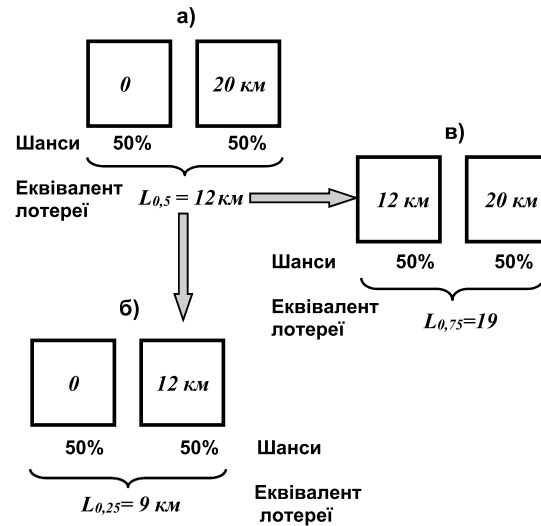


Рис. 4.4. Приклад реального визначення САД₁ еквівалентів лотерей на континуумі норми ешелонування $L = 20$ км, що встановлюється для повздовжнього інтервалу в диспетчерських районах АСС АРР

Застосовуючи формулу (4.2), отримуємо таке значення НР:

$$HP = \bar{L} - L_{0,5} = 0,5(0 + 20) - 12 = 10 - 12 = -2 < 0.$$

Отже, можна стверджувати, що випробуваний САД₁ має ОДПР «схильність до ризику».

Здійснюючи більш поглиблений аналіз його НР за допомогою формули (4.10), матимемо:

$$\begin{aligned} HP^* &= L_{НЕПС} - \frac{1}{4} [7L_{НЕПС} - 2(L_{0,25} + L_{0,5} + L_{0,75})] = \\ &= 20 - \frac{1}{4} [7 \cdot 20 - 2(9 + 12 + 19)] = 20 - 15 = 5 > 0 \end{aligned}$$

Тобто, в конкретному випадку, що розглядається, запропонований нами інтегративний метод також підтверджує наявність в випробуваного САД₁ ту саму ОДПР «схильність до ризику». По отриманих п'яти точках ($L_0 = 0$ км, $L_{0,25} = 9$ км, $L_{0,5} = 12$ км, $L_{0,75} = 19$ км, $L_1 = L_{НЕПС} = 20$ км) було побудовано його ІОФК (рис. 4.5).

Далі з узагальнених показників встановлення ОДПР в усіх САД, що підтверджується результатами наших досліджень [33; 310; 337; 354; 421; 488; 532 та ін.], видно (табл. 4.6):

а) респонденти-САД, які продемонстрували ОДПР «схильність до ризику», тобто мотивацію на досягнення успіху, виявилися в абсолютній меншості – загалом по усім досліджуваним нормам – 3,9%. Ця домінанта демонструє прагнення грати у лотерею, щоби отримати найкращий

Кваліметрія закономірностей ставлення диспетчерів до ризику в умовах порушень норм ...

показник професійної діяльності, тобто більшу відстань між ПС задля забезпечення належного рівня БП, замість того щоби отримати середній виграш цієї лотереї напевно;

б) абсолютну більшість складають особи (86,3%), неохильні до ризику, тобто спрямовані на запобігання невдач. Тобто для цих осіб отримання середнього виграшу лотереї, ілюстрова-

ного виразом (4.3), напевно має перевагу перед прийняттям участі в лотереї, де шанси виграшу найкращих умов професійної діяльності складають усього 50%.

в) кількість САД з лінійним типом мислення, тобто байдужих до ризику, також невелика і коливається в межах 3,9-17,1%, в середньому по усіх НЕПС – 9,8%.

Таблиця 4.5

Норми ешелонування повітряних судів відповідно до вимог ІСАО, що були застосовані в процесі досліджень

№ норми	Відстань між літаками, км	Характеристика повітряного простору
1	2	3
1	8	Сегмент заходу на посадку та на етапі зльоту (в межах диспетчерської зони (CTR (Control Zone, диспетчерська зона) на висотах польоту 1700 метрів та нижче)), коли здійснюється радіолокаційний контроль та на посадку заходить одне важке повітряне судно за іншим.
2	10	Відстань між ПС, що прямують одним маршрутом та на одному ешелоні в диспетчерському районі APP (Approach Control – диспетчерське обслуговування заходу на посадку (ЗП) ТМА (Terminal Control Area, – вузловий диспетчерський район) з використанням АС управління повітряним рухом (за виключенням сегментів ЗП).
3		Повздовжній інтервал між повітряними суднами у сегментах заходу на посадку та на етапах зльоту середнього повітряного судна (М) за тяжким повітряним судном та легкого повітряного судна за середнім повітряним судном (в границях диспетчерської зони CTR на висотах польоту 1700 метрів та нижче).
4		Боковий інтервал між повітряними суднами у диспетчерських районах СТА (Control Area - диспетчерський район), ТМА при перетині ешелону на попутних треках і в момент перетину ешелону (без урахування повздовжнього інтервалу) за умов відсутності сходження треків.
5		Повздовжній інтервал між повітряними суднами у диспетчерських районах ТМА при перетині ешелону на попутних треках при використанні АС УПР, та в момент перетину ешелону за умов відсутності сходження треків.
6	12	Сегмент заходу на посадку та на етапі зльоту (в межах диспетчерської зони CTR на висотах польоту 1700 метрів та нижче), коли здійснюється радіолокаційний контроль і на посадку заходить легке ПС за тяжким ПС.
7	20	Повздовжній інтервал, коли ПС прямують одним маршрутом та на одному рівні (ешелоні), встановленому маршрутами УПР в диспетчерських районах АСС (Area Control Center – районний диспетчерський центр), APP ((Approach Control – диспетчерське обслуговування ЗП).
8		Повздовжній інтервал в диспетчерських районах СТА (Control area) ТМА (Terminal control area, коли повітряні судна прямують на одному ешелоні на треках що перетинаються, незалежно від кута перетину треків.
9		Боковий інтервал в диспетчерських районах СТА, ТМА при перетині рівня зустрічних треків, в момент перетину рівня (без урахування повздовжнього інтервалу) при умові відсутності сходження треків.
10		Повздовжній інтервал в диспетчерських районах (СТА, ТМА) при перетині ешелону на попутних треках в момент перетину рівня при умові відсутності сходження треків.
11	30	Повздовжній інтервал в диспетчерських районах СТА, ТМА при перетині рівня зустрічних треків в момент перетину зайнятого рівня при умові відсутності сходження треків.

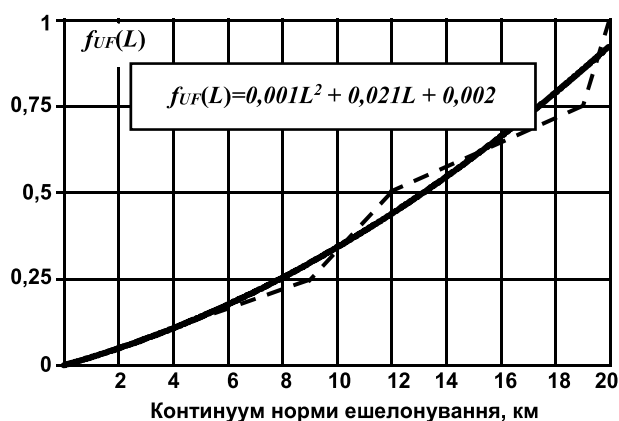


Рис. 4.5. Оціночна функція корисності континууму норми ешелонування $L = 20$ км для САД₁

З наведених позицій а) і б) витікає два попередніх висновки:

1) неохильність до ризику для більшості випробуваних є цілком закономірною для початкової підготовки молодих САД, тобто адекватної СО ними особистісного потенціалу ЗУПН з позицій забезпечення належного рівня БП;

2) абсолютна більшість випробуваних (90,2%) має нелінійне мислення і, відповідно, нелінійні ІОФК.

У табл. 4.7-4.9 подані результати статистичного аналізу характерних точок ОФК – емпіричних значень ДЕЛ з корисністю $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$ який був проведений по формулах (3.53) – (3.58). У зазначених таблицях заливкою показані показники середніх значень ДЕЛ з певною

корисністю, що в подальшому порівнювалися для перевірки гіпотези щодо вірогідності їх збігу.

З отриманих результатів обчислень видно (графа 8 табл. 4.7-4.9), що усі значення коефіцієнтів варіації задовольняють умові:

$$v \leq 33\%, \quad (4.14)$$

що відповідно до висновків праць [69; 200] дозволяє вважати, що закон розподілу думок САД є нормальним, причому без застосування спеціальних статичних критеріїв перевірки гіпотез (наприклад, λ -критерію Колмогорова–Смірнова чи χ^2 -критерію згоди Пірсона) [69; 100; 187; 200; 240; 429 та ін.]. Тому в подаль-

шому аналізі ми будемо оперувати з отриманими експериментальними даними саме як з такими, що дійсно підкоряються нормальному закону розподілу.

Значення ексцесу думок САД, схильних до ризику, щодо кількісних значень характерних точок ОФК ($L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$) вказують на гостровершинність їх розподілу: у 81,8% випадків значення $Ex > 3$, що свідчить про незвичайно тісне групування думок навколо середнього значення і додатково підтверджує нормальність їх розподілу. В той же час явно плосковершинними ($Ex < 3$) є результати обчисленні ексцесу усього для 15,2% випадків.

Таблиця 4.6

Статистика ставлення студентів-авіадиспетчерів до корисності норм ешелонування повітряних суден

№ норми	Відстань між літаками, км	Ставлення до ризику, m			Співвідношення осіб з різною домінантою прийняття рішень
		С	Б	НС	
1	2	3	4	5	6
1	8	2	10	114	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 5 : 57 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 1,6\% : 7,9\% : 90,5\%$
2	10	5	8	115	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 1,6 : 23 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 3,9\% : 6,3\% : 89,8\%$
3		4	5	120	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 1,25 : 30 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 3,1\% : 3,9\% : 93,0\%$
4		4	10	112	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 2,5 : 28 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 3,2\% : 7,9\% : 88,9\%$
5		5	8	111	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 1,6 : 22,2 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 4,0\% : 6,5\% : 89,5\%$
		18	31	458	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 1,7 : 25,4 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 3,5\% : 6,2\% : 90,3\%$
6	12	6	9	110	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 1,5 : 18,3 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 4,8\% : 7,2\% : 88\%$
7	20	6	20	103	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 3,3 : 17,2 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 4,7\% : 15,5\% : 79,8\%$
8		3	12	113	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 4 : 37,6 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 2,3\% : 9,3\% : 88,4\%$
9		3	21	103	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 7 : 34,3 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 2,3\% : 17,1\% : 80,6\%$
10		7	20	99	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 2,9 : 14,1 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 6,2\% : 16,3\% : 77,5\%$
		19	73	418	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 3,8 : 22 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 6,6\% : 11,8\% : 81,6\%$
11	30	10	13	103	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 1,3 : 10,3 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 7,9\% : 10,3\% : 81,8\%$
	$\Sigma \Sigma$	55	136	1203	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 2,5 : 21,9 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 3,9\% : 9,8\% : 86,3\%$

ПРИМІТКА: тут і далі прийняті позначки:

Б – байдужий до ризику, С – схильний до ризику, НС – несхильний до ризику.

Результати статистичної обробки результатів досліджень основних доміант прийняття рішень студентів-авіадиспетчерів, схильних до ризику

№ НЕПС	Характерні точки оціночної функції корисності	Статистичні показники					
		\bar{L}_i	D	σ	A_s	Ex	$v, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$L_{0,25}$	4,55	2,2531	1,50	0,92	8,41	33,0
	$L_{0,5}$	6,31	4,1788	2,04	0,88	19,57	32,3
	$L_{0,75}$	7,07	6,0405	2,46	0,95	3,36	30,5
2	$L_{0,25}$	5,66	3,3816	1,84	0,99	4,39	32,5
	$L_{0,5}$	8,07	6,2708	2,50	0,96	4,63	31,0
	$L_{0,75}$	9,81	10,2351	3,20	0,68	7,79	32,6
3	$L_{0,25}$	5,42	3,0947	1,76	0,84	9,24	32,5
	$L_{0,5}$	7,43	4,0123	2,00	2,73	15,09	26,9
	$L_{0,75}$	9,1	4,6118	2,15	1,55	17,62	23,6
4	$L_{0,25}$	5,45	3,1845	1,78	0,86	4,03	32,7
	$L_{0,5}$	7,49	3,2251	1,80	2,48	14,26	24,0
	$L_{0,75}$	9,13	4,9098	2,22	0,48	16,76	24,3
5	$L_{0,25}$	5,26	2,7910	1,67	0,68	4,56	31,7
	$L_{0,5}$	7,41	3,6251	1,90	1,95	8,63	25,6
	$L_{0,75}$	9,18	5,1127	2,26	3,25	13,89	24,6
6	$L_{0,25}$	6,82	4,9575	2,27	1,00	5,88	33,3
	$L_{0,5}$	9,25	4,4851	2,12	2,64	13,65	22,9
	$L_{0,75}$	11,14	6,3390	2,52	0,90	19,35	22,6
7	$L_{0,25}$	11,25	13,0729	3,62	0,73	2,78	32,2
	$L_{0,5}$	14,85	11,4590	3,39	0,92	5,84	22,8
	$L_{0,75}$	17,96	10,7044	3,27	3,76	13,78	18,2
8	$L_{0,25}$	11,35	14,1941	3,76	0,10	2,74	33,1
	$L_{0,5}$	15,08	8,4132	2,90	0,33	3,70	19,2
	$L_{0,75}$	17,85	5,6111	2,37	1,59	9,15	13,2
9	$L_{0,25}$	11,87	14,7388	3,84	0,19	2,99	32,4
	$L_{0,5}$	15,31	8,9810	3,00	0,09	3,15	19,6
	$L_{0,75}$	18,38	5,7082	2,39	2,37	12,56	13,0
10	$L_{0,25}$	12,18	15,5993	3,95	0,11	2,82	32,4
	$L_{0,5}$	15,39	8,4861	2,91	0,27	3,68	18,9
	$L_{0,75}$	18,14	6,4696	2,54	2,18	11,34	14,0
11	$L_{0,25}$	16,35	29,2124	5,40	0,38	2,83	33,0
	$L_{0,5}$	21,55	18,9051	4,35	0,47	3,07	26,2
	$L_{0,75}$	26,24	11,3388	3,37	0,70	5,70	12,8

Усі 100% значень показників асиметрії, обчислених по результатам демонстрації САД схильності до ризику, або є нищівно малими і наближеними до 0, або позитивними.

У «байдужих до ризику» САД (табл. 4.8), яких в науковій літературі ще умовно називають «об'єктивними» ЛПР, у 24% випадків думки щодо певних значень ДЕЛ повністю співпадають. Асиметрія розподілу думок є нищівно малою, тому її знак не має значення для аналізу. У 51,5% випадків значення ексцесу явно свідчать про гостровершинність розподілу думок ($Ex > 3$), усього у двох випадках – про їх плосровершинність ($Ex < 3$).

Як бачимо з табл. 4.9, неохильність до ризику є найбільш вагомою ОДПР в САД, оскільки проявляється у 87% випадків дослідження НЕПС, тому відповідні статистичні показники, що були обчислені згідно формул (3.53) – (3.58) є найбільш достовірними. З табл. 4.9 витікає та-

кож, що, у 18,2% випадків повністю співпадають думки САД щодо певних значень ДЕЛ. Ще у п'яти випадках (15,2%) спостерігається абсолютна симетрія результатів досліджень. Значення асиметрії є нищівно малими, тому їх знак не виявляє якусь особливість думок САД. Усі обчислені значення ексцесу вказують на гостровершинність чи нормальність розподілу думок.

Оскільки усі НЕПС досліджуються для горизонтальної площини польоту, то вважаємо доцільним перевірити гіпотезу щодо однакового ставлення випробуваних САД до корисності-безпеки континууму деяких норм, коли встановлюється однакова відстань між ПС в зоні відповідальності, однак суттєво розрізняються за умовами виконання польоту у ній. Отже, йдеться про відстані між ПС: $L_{НЕПС} = 10 \text{ km}$ і $L_{НЕПС} = 20 \text{ km}$, що встановлюються для чотирьох умов організації ОПР кожної з них (табл. 4.5).

Результати статистичної обробки результатів досліджень основних доміант прийняття рішень студентів-авіадиспетчерів, байдужих до ризику

№ норми	Характерні точки оціночної функції корисності	Статистичні показники					
		\bar{L}_i	D	σ	E_x	E_x	$v, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$L_{0,25}$	2,21	0,1813	0,43	1,25	3,53	19,5
	$L_{0,5}$	4	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	5,79	0,1814	0,43	-1,25	3,53	7,4
2	$L_{0,25}$	2,69	0,7227	0,85	1,35	2,77	31,6
	$L_{0,5}$	5	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	7,31	1,3527	1,16	1,35	3,77	15,9
3	$L_{0,25}$	2,5	0,69	0,83	0,71	2,25	33,2
	$L_{0,5}$	5	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	7,5	2,25	1,5	0,71	2,75	20,0
4	$L_{0,25}$	2,2	0,4687	0,68	0,98	2,16	30,9
	$L_{0,5}$	5	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	7,8	1,5111	1,23	0,98	3,16	15,8
5	$L_{0,25}$	2,25	0,5149	0,72	1,10	2,93	32,0
	$L_{0,5}$	4,88	0,125	0,35	1,86	4,70	7,2
	$L_{0,75}$	7,88	0,9821	0,99	0,98	2,87	12,6
6	$L_{0,25}$	3	0,75	0,87	1,03	3,56	29,0
	$L_{0,5}$	6,22	0,1944	0,44	1,12	3,20	7,1
	$L_{0,75}$	8,78	0,4444	0,67	1,07	5,63	7,6
7	$L_{0,25}$	5,7	2,0105	1,42	1,77	5,00	24,9
	$L_{0,5}$	10	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	14,3	2,0106	1,42	-1,77	5,00	9,9
8	$L_{0,25}$	5,25	4,5682	2,14	-0,60	4,05	40,8
	$L_{0,5}$	10	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	14,75	4,5682	2,14	0,60	4,05	14,5
9	$L_{0,25}$	5,43	3,2571	1,80	-0,52	5,22	33,1
	$L_{0,5}$	10	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	14,57	3,2571	1,80	0,52	5,22	12,4
10	$L_{0,25}$	5,2	2,6947	1,64	-0,85	6,30	31,5
	$L_{0,5}$	9,85	0,45	0,67	-0,82	16,29	6,8
	$L_{0,75}$	14,45	4,9974	2,24	-0,62	5,58	15,5
11	$L_{0,25}$	9	8,5	2,92	-0,77	2,73	32,5
	$L_{0,5}$	15	0	0	0	0	0
	$L_{0,75}$	20	35,5	5,96	0,77	2,73	29,8

Спираючись на праці [187; 200; 240; 429], порівняємо середні значення характерних точок ОФК (ДЕЛ з однаковою корисністю), користуючись такою формулою:

$$|\bar{L}_i - \bar{L}_j| < t_{\alpha, f} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \quad (4.15)$$

де $\bar{L}_{ik}, \bar{L}_{jk}$ середні значення характерних точок ОФК, тобто ДЕЛ, які мають k -ту корисність (0,25, 0,5, 0,75) і отримані для різних умов організації ОПР (i -ї та j -ї) при однаковій відстані між керуваннями ПС;

N_i, N_j – кількість випробуваних САД, які будували за визначеною нами методикою (див.

докладніше підрозділи 3.4, 4.1) ЮФК відповідно для i -ї та j -ї умов організації ОПР у встановленій зоні відповідальності;

α – рівень значущості;

$t_{1-\alpha, f}$ – випадкова змінна, що підкоряється розподілу Стьюдента з $f = (N_i + N_j) - 2$ ступенями свободи на прийнятому рівні значущості α і встановлюється зі спеціальних таблиць [240];

$D(L)$ – середньозважена дисперсія, що визначається таким чином:

$$D(L) = \frac{(N_i - 1)D(L_i) + (N_j - 1)D(L_j)}{(N_i + N_j) - 2} \quad (4.16)$$

Результати статистичної обробки результатів досліджень основних доміант прийняття рішень студентів-авіадиспетчерів, неохочих до ризику

№ НЕПС	Характерні точки оціночної функції корисності	Статистичні показники					
		\bar{L}_i	σ	σ	A_s	E_x	$v, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$L_{0.25}$	2	0	0	0	0	0
	$L_{0.5}$	3	0	0	0	0	0
	$L_{0.75}$	5	2	1,41	0	3,25	28,2
2	$L_{0.25}$	1,79	0,3238	0,56	-0,07	2,92	31,3
	$L_{0.5}$	3,8	1,44	1,2	-0,83	2,80	31,6
	$L_{0.75}$	6,5	2,4524	1,57	-0,08	2,89	24,2
3	$L_{0.25}$	2	0,3127	0,56	-0,01	3,15	28
	$L_{0.5}$	4,16	1,2558	1,12	-0,75	3,31	26,9
	$L_{0.75}$	7	0	0	0	0	0
4	$L_{0.25}$	2	0,4332	0,66	-0,18	2,84	33,0
	$L_{0.5}$	4,05	1,44	1,2	0,35	3,31	25,6
	$L_{0.75}$	7,05	3,4693	1,86	0	3,56	26,4
5	$L_{0.25}$	2	0,3899	0,62	0	2,68	31
	$L_{0.5}$	4,02	0,9766	0,99	0,25	3,18	24,6
	$L_{0.75}$	7	2,55	1,60	0	3,6	22,9
6	$L_{0.25}$	1,83	0,3667	0,61	0,39	2,77	33,3
	$L_{0.5}$	5,5	2,3	1,52	0,43	3,56	27,6
	$L_{0.75}$	7,33	0,2667	0,52	0,54	4,04	7,1
7	$L_{0.25}$	4,03	1,7567	1,33	-0,38	2,68	33,0
	$L_{0.5}$	8,17	5,3667	2,37	-0,81	2,89	29,0
	$L_{0.75}$	10,5	3,9	1,97	0,45	3,02	18,8
8	$L_{0.25}$	3,97	1,7333	1,32	-0,21	2,67	33,2
	$L_{0.5}$	8	4	2	0	3,67	25
	$L_{0.75}$	10,33	2,3333	1,53	0,21	3,67	14,8
9	$L_{0.25}$	3,67	1,3333	1,15	-0,13	2,67	31,3
	$L_{0.5}$	7,67	0,3333	0,58	-0,38	5,67	7,6
	$L_{0.75}$	10,97	6,3333	2,52	-0,13	3,67	23,0
10	$L_{0.25}$	4,12	1,8048	1,34	-0,82	2,76	32,5
	$L_{0.5}$	7,71	6,2381	2,50	-0,60	3,06	32,4
	$L_{0.75}$	10,39	9,2381	3,04	0,59	3,18	29,3
11	$L_{0.25}$	7,25	5,6167	2,37	0,05	2,62	32,7
	$L_{0.5}$	13	1,3333	1,16	0	3,56	8,9
	$L_{0.75}$	16,25	2,25	1,5	0,14	6,72	9,2

Отже, якщо умова (4.15) виконується, то різниця між порівнюваними середніми значеннями ДЕЛ з певною корисністю є статистично-невірогідною і йдеться про їх однакові чисельні показники з випадковою емпіричною відмінністю між ними. Тоді можна стверджувати, що САД мають однакові ОДПР незалежно від особливостей організації ОПР для однакових за відстанню НЕПС.

Перевіримо по даних табл. 4.7-4.9, наскільки статистично-вірогідно відрізняються (збігаються / не збігаються) отримані емпіричні значення ДЕЛ з певною корисністю, виявлені під час досліджень НЕПС, яким відповідає відстань між ПС $L = 10 \text{ km}$ (відповідно до табл. 4.5 умови організації ОПР

№№ 2-5) і $L = 20 \text{ km}$ (відповідно до табл. 4.5 умови організації ОПР №№ 7-10). При цьому зрозуміло, що доцільно досліджувати максимальну різницю між ДЕЛ з однаковою корисністю, оскільки якщо статистично-вірогідна відмінність саме між ними не буде встановлена, то різниця між іншими ДЕЛ з відповідною корисністю буде тим більше статистично незначною. Наприклад, для НЕПС $L_{\text{НЕПС}} = 10 \text{ km}$ і схильних до ризику САД йдеться про порівняння і встановлення статистично-вірогідної відмінності / збігу ДЕЛ:

$$\left| \bar{L}_{0,25}^{(i)cx.} - \bar{L}_{0,25}^{(j)cx.} \right| = \left| \bar{L}_{0,25}^{(2)cx.} - \bar{L}_{0,25}^{(5)cx.} \right|$$

$$\left| \bar{L}_{0,5}^{(k)cx} - \bar{L}_{0,5}^{(l)cx} \right| = \left| \bar{L}_{0,5}^{(2)cx} - \bar{L}_{0,5}^{(5)cx} \right|$$

$$\left| \bar{L}_{0,75}^{(m)cx} - \bar{L}_{0,75}^{(n)cx} \right| = \left| \bar{L}_{0,75}^{(2)cx} - \bar{L}_{0,75}^{(3)cx} \right|$$

де верхній індекс вказує на умову ОПР відповідно до табл. 4.5: $i, k, m = 2, 5$, $j, l, n = 2, 5$. Причому $i \neq j, k \neq l, m \neq n$.

Аналізуючи далі думки САД, схильних до ризику (табл. 4.7) та порівнюючи ДЕЛ з корисністю 0,25, отримуємо таке значення середньозваженої дисперсії $D_{cx}(L_{0,25})$:

$$D_{cx}(L_{0,25}) = \frac{(N^{(2)} - 1)D(L_{0,25}^{(2)}) + (N^{(5)} - 1)D(L_{0,25}^{(5)})}{(N^{(2)} + N^{(5)}) - 2} = \frac{(5 - 1) \cdot 3,3816 + (5 - 1) \cdot 2,7910}{(5 + 5) - 2} = 3,0863.$$

Відповідно до формули (4.12) приймаємо, що рівень значущості встановлює $\alpha = 1\%$, а кількість ступенів свободи $f = N^{(2)} + N^{(5)} - 2 = 8$. Потім з джерела [240] отримуємо відповідне значення змінної Стюдента: $t_{1\%, 8} = 3,355$.

Далі вираз (4.15) нескладно перетворити для потреб обчислень таким чином:

$$\begin{aligned} \left| \bar{L}_i - \bar{L}_j \right| < t_{\alpha, f} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow \\ \Rightarrow \left| \bar{L}_{0,25}^{(2)} - \bar{L}_{0,25}^{(5)} \right| < t_{1\%, 8} \sqrt{D(L_{cx,0,25}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(5)}} \right)} \Rightarrow \\ \Rightarrow |5,66 - 5,26| < 3,355 \sqrt{3,0863 \cdot \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5} \right)} \Rightarrow |0,46| < 3,727 \end{aligned}$$

Отже, умова (4.15) виконується, тому відмінність ДЕЛ $\left| \bar{L}_{cx,0,25}^{(2)} - \bar{L}_{cx,0,25}^{(5)} \right|$ для НЕПС $L=10 \text{ km}$, є статистично-невірогідною. І оскільки ми орієнту-

валися на максимальний показник цієї різниці, то тим більше мізерною вона буде для інших умов ОПР з НЕПС $L=10 \text{ km}$:

$$\left| \bar{L}_{0,25}^{(2)cx} - \bar{L}_{0,25}^{(3)cx} \right|, \quad \left| \bar{L}_{0,25}^{(2)cx} - \bar{L}_{0,25}^{(4)cx} \right|,$$

$$\left| \bar{L}_{0,25}^{(3)cx} - \bar{L}_{0,25}^{(4)cx} \right|, \quad \left| \bar{L}_{0,25}^{(3)cx} - \bar{L}_{0,25}^{(5)cx} \right|,$$

$$\left| \bar{L}_{0,25}^{(4)cx} - \bar{L}_{0,25}^{(5)cx} \right|$$

За аналогією обчислені і подані у табл. 4.10 результати порівняння ДЕЛ з корисністю 0,5 і 0,75. Відповідні обчислення проведені також і для чотирьох умов ОПР для НЕПС $L = 20 \text{ km}$ (табл. 4.10).

З результатів порівняльного статистичного аналізу, поданих у табл. 4.10, витікає, що випробувані САД незалежно від особливостей організації ОПР не відчують різниці між НЕПС у горизонтальній площині, встановлених для відстаней між ПС $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$, у тому числі різниці між подовжним і бічним ешелонуванням. Тому в подальшому будемо орієнтуватися на узагальнені статистичні показники зазначених норм.

За допомогою програмного продукту Microsoft Excel тренд емпіричних групових ОФК (ГОФК) випробуваних САД, схильних і несхильних до ризику, був аналітично описаний поліномом другого ступеня, а осіб, байдужих до ризику – звичайним лінійним рівнянням (табл. 4.11).

Отриманий аналітичний опис ІОФК і ГОФК, відкриває перспективи для застосування виразу (3.50) в процесі виявлення РД випробуваних САД на континуумі досліджуваних НЕПС.

Рисунки 4.6 – 4.10 наочно ілюструють вид побудованих ГОФК для кожної окремої НЕПС. При цьому вкажемо, що виходячи з результатів порівняльного аналізу ставлення САД до спектру умов ОПР, встановлених для НЕПС, що дорівнюють $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$ (табл. 4.5, 4.10), на рис. 4.7 і 4.9 подані ГОФК, узагальнені по спектру зазначених умов ОПР.

Таблиця 4.10

Результати статистичного порівняння детермінованих еквівалентів лотерей, встановлених для норм ешелонування $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$

НЕПС	Ставлення до ризику	Порівнювані еквівалентів лотерей
1	2	3
$L = 10 \text{ km}$	С	$\left| \bar{L}_{0,25}^{(2)} - \bar{L}_{0,25}^{(5)} \right| < t_{1\%, 8} \sqrt{D(L_{0,25}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(5)}} \right)} \Rightarrow |0,46| \ll 3,727;$ $\bar{L}_{0,25}^{(2)} = 5,66 \text{ km}; \bar{L}_{0,25}^{(5)} = 5,26 \text{ km}; t_{1\%, 8} = 3,355; D(L_{0,25}) = 3,0863.$
		$\left| \bar{L}_{0,5}^{(2)} - \bar{L}_{0,5}^{(5)} \right| < t_{1\%, 8} \sqrt{D(L_{0,5}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(5)}} \right)} \Rightarrow |0,66| \ll 4,720;$ $\bar{L}_{0,5}^{(2)} = 8,07 \text{ km}; \bar{L}_{0,5}^{(5)} = 7,41 \text{ km}; t_{1\%, 8} = 3,355; D(L_{0,5}) = 4,948.$
		$\left| \bar{L}_{0,75}^{(2)} - \bar{L}_{0,75}^{(3)} \right| < t_{1\%, 7} \sqrt{D(L_{0,75}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(3)}} \right)} \Rightarrow |1,11| \ll 13,10;$ $\bar{L}_{0,75}^{(2)} = 9,81 \text{ km}; \bar{L}_{0,75}^{(3)} = 9,1 \text{ km}; t_{1\%, 7} = 3,477; D(L_{0,75}) = 8,6823.$

1	2	3
L = 10 km	Б	$\left| \bar{L}_{0,25}^{(2)} - \bar{L}_{0,25}^{(4)} \right| < t_{1\%,16} \sqrt{D(L_{0,25}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(4)}} \right)} \Rightarrow |0,49| < 0,804;$ $\bar{L}_{0,25}^{(2)} = 2,69 \text{ km}; \bar{L}_{0,25}^{(4)} = 2,2 \text{ km}; t_{1\%,16} = 2,924; D(L_{0,25}) = 0,5798.$
		$\left| \bar{L}_{0,5}^{(2)} - \bar{L}_{0,5}^{(4)} \right| < t_{1\%,14} \sqrt{D(L_{0,5}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(4)}} \right)} \Rightarrow |0,12| < 0,372;$ $\bar{L}_{0,5}^{(2)} = 5 \text{ km}; \bar{L}_{0,5}^{(4)} = 4,88 \text{ km}; t_{1\%,14} = 2,977; D(L_{0,5}) = 0,0625.$
		$\left| \bar{L}_{0,75}^{(2)} - \bar{L}_{0,75}^{(5)} \right| < t_{1\%,14} \sqrt{D(L_{0,75}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(5)}} \right)} \Rightarrow |0,53| < 1,608;$ $\bar{L}_{0,75}^{(2)} = 7,31 \text{ km}; \bar{L}_{0,75}^{(5)} = 7,88 \text{ km}; t_{1\%,14} = 2,977; D(L_{0,75}) = 1,1674.$
	НС	$\left| \bar{L}_{0,25}^{(2)} - \bar{L}_{0,25}^{(4)} \right| < t_{1\%,225} \sqrt{D(L_{0,25}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(4)}} \right)} \Rightarrow |0,21| < 0,213;$ $\bar{L}_{0,25}^{(2)} = 1,79 \text{ km}; \bar{L}_{0,25}^{(4)} = 2,0 \text{ km}; t_{1\%,225} = 2,6; D(L_{0,25}) = 0,3778.$
		$\left| \bar{L}_{0,5}^{(2)} - \bar{L}_{0,5}^{(3)} \right| < t_{1\%,233} \sqrt{D(L_{0,5}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(3)}} \right)} \Rightarrow |0,36| < 0,395;$ $\bar{L}_{0,5}^{(2)} = 3,8 \text{ km}; \bar{L}_{0,5}^{(3)} = 4,16 \text{ km}; t_{1\%,233} = 2,6; D(L_{0,5}) = 1,3559.$
		$\left| \bar{L}_{0,75}^{(2)} - \bar{L}_{0,75}^{(4)} \right| < t_{1\%,225} \sqrt{D(L_{0,75}) \left(\frac{1}{N^{(2)}} + \frac{1}{N^{(4)}} \right)} \Rightarrow |0,55| < 0,591;$ $\bar{L}_{0,75}^{(2)} = 6,5 \text{ km}; \bar{L}_{0,75}^{(4)} = 7,05 \text{ km}; t_{1\%,225} = 2,6; D(L_{0,75}) = 2,9541.$
L = 20 km	С	$\left| \bar{L}_{0,25}^{(7)} - \bar{L}_{0,25}^{(10)} \right| < t_{1\%,11} \sqrt{D(L_{0,25}) \left(\frac{1}{N^{(7)}} + \frac{1}{N^{(10)}} \right)} \Rightarrow |0,93| \ll 4,721;$ $\bar{L}_{0,25}^{(7)} = 11,25 \text{ km}; \bar{L}_{0,25}^{(10)} = 12,18 \text{ km}; t_{1\%,11} = 3,106; D(L_{0,25}) = 7,4646.$
		$\left| \bar{L}_{0,5}^{(7)} - \bar{L}_{0,5}^{(10)} \right| < t_{1\%,11} \sqrt{D(L_{0,5}) \left(\frac{1}{N^{(7)}} + \frac{1}{N^{(10)}} \right)} \Rightarrow |0,54| < 16,999;$ $\bar{L}_{0,5}^{(7)} = 14,85 \text{ km}; \bar{L}_{0,5}^{(10)} = 15,39 \text{ km}; t_{1\%,11} = 3,106; D(L_{0,5}) = 9,8374.$
		$\left| \bar{L}_{0,75}^{(8)} - \bar{L}_{0,75}^{(9)} \right| < t_{1\%,4} \sqrt{D(L_{0,75}) \left(\frac{1}{N^{(8)}} + \frac{1}{N^{(9)}} \right)} \Rightarrow |0,53| < 9,480;$ $\bar{L}_{0,75}^{(8)} = 17,85 \text{ km}; \bar{L}_{0,75}^{(9)} = 18,38 \text{ km}; t_{1\%,4} = 4,604; D(L_{0,75}) = 6,6597.$
	Б	$\left| \bar{L}_{0,25}^{(7)} - \bar{L}_{0,25}^{(10)} \right| < t_{1\%,38} \sqrt{D(L_{0,25}) \left(\frac{1}{N^{(7)}} + \frac{1}{N^{(10)}} \right)} \Rightarrow |0,5| \ll 2,315;$ $\bar{L}_{0,25}^{(7)} = 5,7 \text{ km}; \bar{L}_{0,25}^{(10)} = 5,2 \text{ km}; t_{1\%,38} = 2,712; D(L_{0,25}) = 2,3526.$
		$\left| \bar{L}_{0,5}^{(7)} - \bar{L}_{0,5}^{(10)} \right| < t_{1\%,38} \sqrt{D(L_{0,5}) \left(\frac{1}{N^{(7)}} + \frac{1}{N^{(10)}} \right)} \Rightarrow |0,15| < 0,407;$ $\bar{L}_{0,5}^{(7)} = 10 \text{ km}; \bar{L}_{0,5}^{(10)} = 9,85 \text{ km}; t_{1\%,38} = 2,712; D(L_{0,5}) = 0,225.$
		$\left| \bar{S}_{0,75}^{(7)} - \bar{S}_{0,75}^{(8)} \right| < t_{1\%,30} \sqrt{D(S_{0,75}) \left(\frac{1}{N^{(7)}} + \frac{1}{N^{(8)}} \right)} \Rightarrow |0,45| < 1,73;$ $\bar{S}_{0,75}^{(7)} = 14,3 \text{ km}; \bar{S}_{0,75}^{(8)} = 14,75 \text{ km}; t_{1\%,30} = 2,759; D(S_{0,75}) = 2,9484;$
	НС	$\left| \bar{L}_{0,25}^{(9)} - \bar{L}_{0,25}^{(10)} \right| < t_{1\%,200} \sqrt{D(L_{0,25}) \left(\frac{1}{N^{(9)}} + \frac{1}{N^{(10)}} \right)} \Rightarrow |0,45| < 0,458;$ $\bar{L}_{0,25}^{(9)} = 3,67 \text{ km}; \bar{L}_{0,25}^{(10)} = 4,12 \text{ km}; t_{1\%,200} = 2,601; D(L_{0,25}) = 1,5643.$
		$\left| \bar{L}_{0,5}^{(7)} - \bar{L}_{0,5}^{(9)} \right| < t_{1\%,204} \sqrt{D(L_{0,5}) \left(\frac{1}{N^{(7)}} + \frac{1}{N^{(9)}} \right)} \Rightarrow |0,5| < 0,612;$ $\bar{L}_{0,5}^{(7)} = 8,17 \text{ km}; \bar{L}_{0,5}^{(9)} = 7,671 \text{ km}; t_{1\%,204} = 2,6; D(L_{0,5}) = 2,85.$
		$\left| \bar{L}_{0,75}^{(8)} - \bar{L}_{0,75}^{(9)} \right| < t_{1\%,214} \sqrt{D(L_{0,75}) \left(\frac{1}{N^{(8)}} + \frac{1}{N^{(9)}} \right)} \Rightarrow |0,64| < 0,6971;$ $\bar{L}_{0,75}^{(8)} = 10,33 \text{ km}; \bar{L}_{0,75}^{(9)} = 10,97 \text{ km}; t_{1\%,214} = 2,6; D(L_{0,75}) = 4,2398.$

Аналітичний опис узагальнених оціночних функцій корисності горизонтальних норм ешелонування повітряних суден, побудованих для закритих задач прийняття рішень

№ норми	Відстань між літаками, км	Ставлення до ризику	Аналітичний опис оціночної функції корисності
1	2	3	4
1	8	С	$f_{UF}^{cx}(L) = 0,0203 \cdot L^2 - 0,0401 \cdot L + 0,0096$
		Б	$f_{UF}^{байд.}(L) = 0,125 \cdot L$
		НС	$f_{UF}^{неcx.}(L) = -0,0085 \cdot L^2 + 0,1924 \cdot L + 0,0023$
2-5	10	С	$f_{UF}^{cx}(L) = 0,0116 \cdot L^2 - 0,0197 \cdot L + 0,0065$
		Б	$f_{UF}^{байд.}(L) = 0,1 \cdot L$
		НС	$f_{UF}^{неcx.}(L) = -0,0038 \cdot L^2 + 0,1382 \cdot L - 0,0006$
6	12	С	$f_{UF}^{cx}(L) = 0,0086 \cdot L^2 - 0,0223 \cdot L + 0,0096$
		Б	$f_{UF}^{байд.}(L) = 0,0833 \cdot L$
		НС	$f_{UF}^{неcx.}(L) = -0,0035 \cdot L^2 + 0,1244 \cdot L + 0,0136$
7-10	20	С	$f_{UF}^{cx}(L) = 0,0026 \cdot L^2 - 0,0033 \cdot L + 0,0031$
		Б	$f_{UF}^{байд.}(L) = 0,05 \cdot L$
		НС	$f_{UF}^{неcx.}(L) = -0,0015 \cdot L^2 + 0,0815 \cdot L - 0,0161$
11	30	С	$f_{UF}^{cx}(L) = 0,001 \cdot L^2 - 0,003 \cdot L + 0,0019$
		Б	$f_{UF}^{байд.}(L) = 0,0333 \cdot L$
		НС	$f_{UF}^{неcx.}(L) = -0,0007 \cdot L^2 + 0,055 \cdot L + 5 \cdot 10^{-5}$

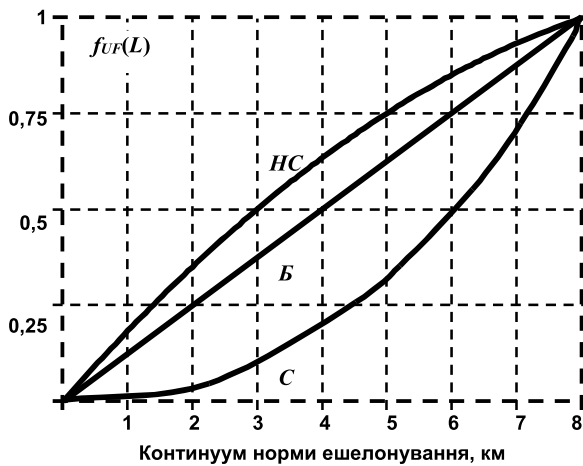


Рис. 4.6. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування $L = 8 \text{ km}$

Враховуючи досвід досліджень з встановлення стійкості і динаміки зміни ОДПР під час ускладнення умов професійної діяльності АО [33; 113; 337; 384], вважаємо доцільним дослідити цю проблему в контексті результатів експериментів, що нами проводяться.

Щоби з'ясувати питання щодо впливу ускладнення умов професійної діяльності (змен-

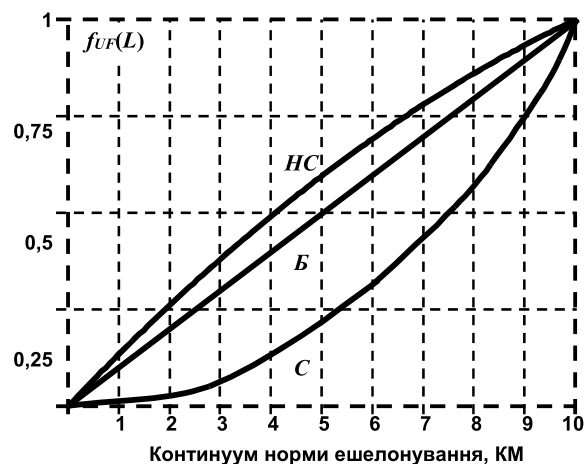


Рис. 4.7. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування $L = 10 \text{ km}$

шення відстані між керованими ПС у зоні відповідальності) на прояв ОДПР, переформатуємо далі результати, подані у табл. 4.6 так, як це подано у табл. 4.12 [374].

Як бачимо з табл. 4.12, ускладнення НЕПС, тобто, зменшення відстані між ПС, призводить до вираженої тенденції зменшення мотивації САД на досягнення успіху, тобто прояву ОДПР

«схильність до ризику». Одночасно спостерігається зростання несхильності до ризику (мотивації на запобігання невдачі). Причому перерозподіл статистики прояву ОДПР при ускладненні НЕПС відбувається, переважним чином, за рахунок зменшення прояву «лінійного» мислення, якому відповідає байдужість до ризику.

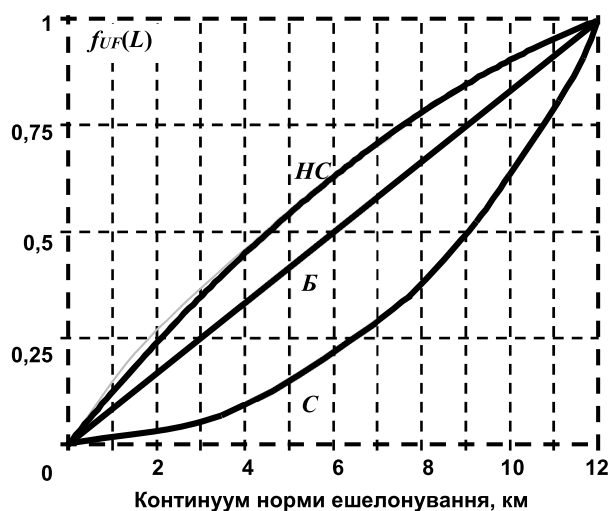


Рис. 4.8. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування $L = 12 \text{ km}$

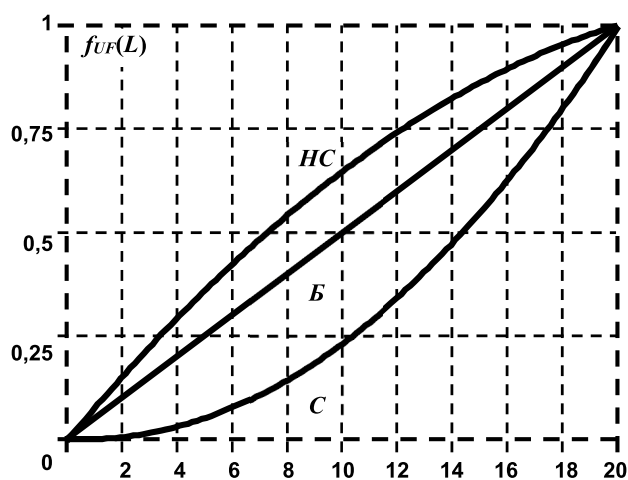


Рис. 4.9. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування $L = 20 \text{ km}$

Якщо співвіднести отримані емпіричні значення характерних точок $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$ (табл. 4.7 – 4.9) з абсолютною величиною відповідної НЕПС та застосувати функцію бажаності Харрінгтона (ФБХ), що ґрунтується на мультиплікативному підході до агрегації частинних показників в узагальнений (детальний аналіз і обґрунтування застосування цієї функції для потреб досліджень буде нами здійснено в підрозділі 5.1), то можна таким чином їх узагальнити у інтегративний показник:

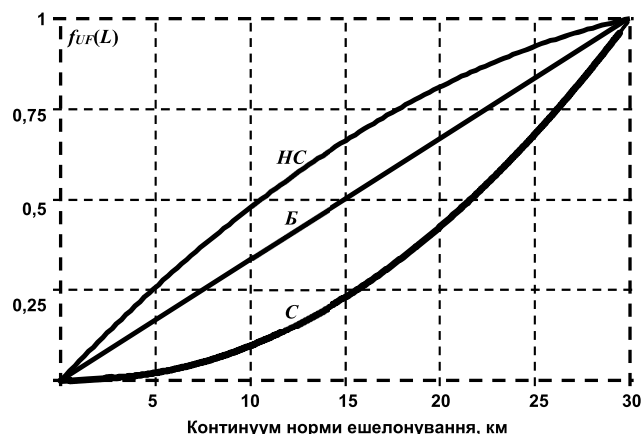


Рис. 4.10. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування повітряних суден у горизонтальній площині ($L = 30 \text{ km}$)

$$L_{0,25} = k \sqrt[k]{\prod_{j=1}^{k=11} \frac{L_{0,25}^{(j)}}{L_j}} \cdot 100\%; \quad (4.17)$$

$$L_{0,5} = k \sqrt[k]{\prod_{j=1}^{k=11} \frac{L_{0,5}^{(j)}}{L_j}} \cdot 100\%; \quad (4.18)$$

$$L_{0,75} = k \sqrt[k]{\prod_{j=1}^{k=11} \frac{L_{0,75}^{(j)}}{L_j}} \cdot 100\% \quad (4.19)$$

де $j = \overline{1, k=11}$ – показник, що визначає конкретну НЕПС відповідно до табл. 4.4.

Таким чином, ми отримали можливість побудувати узагальнені ОФК для усього спектру досліджуваних НЕПС (рис. 4.11).

Таблиця 4.12

Динаміки ставлення до ризику студентів-авіадиспетчерів за умов ускладнення норм ешелонування повітряних суден

Вплив протяжності норми ешелонування на ставлення до ризику				
1	2	3	4	5
30 км	20 км	12 км	10 км	8 км
C=7,9%	6,6%	4,8%	3,5%	1,6%
B=10,3%	11,8%	7,2%	6,2%	7,9%
HC=81,8%	81,6%	88%	90,3%	90,5%

Задля виявлення можливих «білих плям» у ПП САД, які вже на етапі початкової підготовки виконують увесь спектр операторських функцій, що визначають специфіку їх професійної діяльності під час УПР (див. підрозділ 3.1), має безпосередній і суттєвий науковий і практичний інтерес виявлення ставлення до ризику, тобто ОДПР, ще й в професійних ДОПР. Причому для зручності порівняльного аналізу відповідні

дослідження мають бути проведені по тій самій методології, що була застосована для САД.

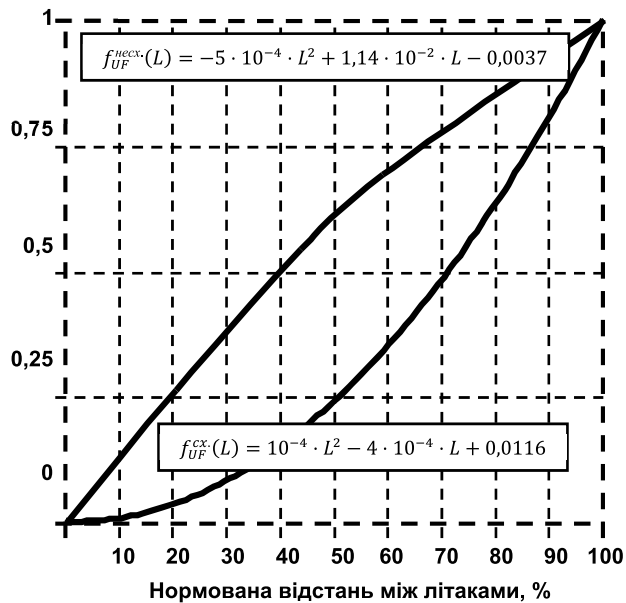


Рис. 4.11. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування повітряних суден у горизонтальній площині

До досліджень було залучено також 70 професійних ДОПР – співробітників Головного центру Єдиної системи УПР Азербайджанської Республіки, які визначали своє ставлення до ризику, досліджуючи корисність НЕПС $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$.

Рисунки 4.12, 4.13 наочно ілюструють особливості ГОФК випробуваних професійних ДОПР, а в табл. 4.13 поданий аналітичний опис емпіричних ОФК, що відкриває в подальшому перспективи для знаходження РД відповідно до формули (3.50). Статистичні особливості кількісних показників характерних точок досліджуваних функцій подані у табл. 4.14. Як бачимо з цієї таблиці, усі значення коефіцієнтів варіації, знайдених для обох досліджуваних НЕПС задовольняють умові (4.14), що дозволяє припустити, що розподіл думок випробуваних професійних ДОПР підкоряється нормальному закону, що, в свою чергу, значно полегшує їх аналіз.

Зауважимо, що для норми $L=20 \text{ km}$ на наведений загальний висновок вказують і невеликі значення асиметрії. При цьому, виходячи зі значень ексцесу, констатуємо, що розподіл думок осіб, схильних до ризику для характерних точок $L_{0,25}$ і $L_{0,75}$ дійсно наближений до нормального, а для ДЕЛ з корисністю $L_{0,5}$ – займає проміжне значення між нормальним і плосковершинним. А ось для осіб, несхильних до ризику, величина ексцесу для характерної точки $L_{0,25}$ вказує на гостровершинність розподілу думок професійних ДОПР, а ДЕЛ з корисністю $L_{0,5}$ і $L_{0,75}$ – на плосковершинність.

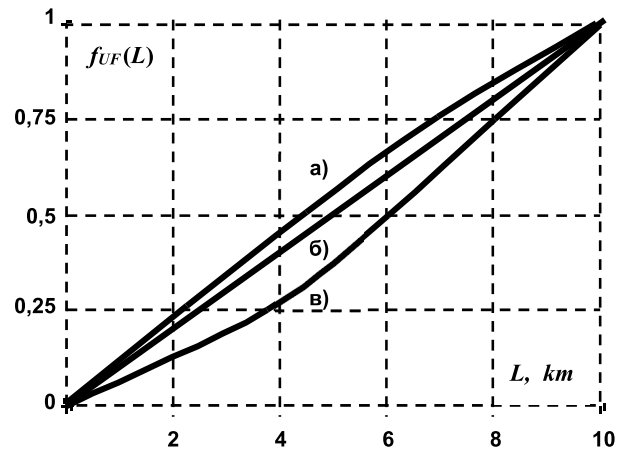


Рис. 4.12. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування $L = 10 \text{ km}$ (професійні диспетчери)

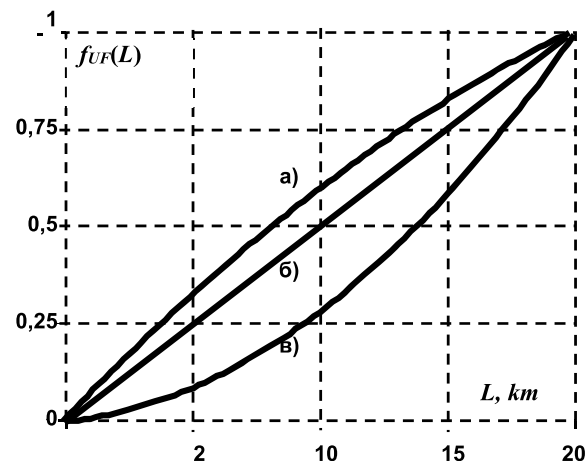


Рис. 4.13. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування $L = 20 \text{ km}$ (професійні диспетчери)

Водночас, розглядаючи думки професійних ДОПР щодо континууму НЕПС $L = 10 \text{ km}$, додатково зауважимо, що крім значень коефіцієнтів варіації на користь нормального закону їх розподілу свідчать також невеликі значення асиметрії (табл. 4.14).

Виходячи зі значень ексцесу, обчислених для осіб, схильних до ризику (характерні точки $L_{0,25}$ і $L_{0,5}$), розподіл їх думок дійсно наближений до нормального, а для ДЕЛ з корисністю $L_{0,75}$ – до гостровершинного. В той же час для професійних ДОПР, несхильних до ризику, величина ексцесу для характерної точки $L_{0,25}$ і $L_{0,5}$ вказує скоріше на плосковершинність розподілу думок, а для точки $L_{0,75}$ – свідчить про абсолютну узгодженість думок.

Для зручності порівняльного аналізу думок САД і професійних ДОПР, відповідний розподіл показників ставлення до ризику по НЕПС $L = 20 \text{ km}$ і $L = 10 \text{ km}$ поданий в табл. 4.15.

Таблиця 4.13

Аналітичний опис емпіричних оціночних функцій корисності, що визначають ставлення до ризику професійних диспетчерів

№ з.п.	Ставлення до ризику	Норма ешелонування	
		$L = 20 \text{ km}$	$L = 10 \text{ km}$
1	2	3	4
1	Схильність	$f_{UF}^{cx.}(L) = 0,0022L^2 + 0,0068L - 0,0016$	$f_{UF}^{cx.}(L) = 0,0047L^2 + 0,0548L - 0,0048$
2	Байдужість	$f_{UF}^{байд.}(L) = 0,103L - 0,0172$	$f_{UF}^{байд.}(L) = 0,1034L - 0,0172$
3	Несхильність	$f_{UF}^{несх.}(L) = -0,001L^2 + 0,071L - 0,0239$	$f_{UF}^{несх.}(L) = -0,002L^2 + 0,1212L - 0,0042$

Таблиця 4.14

Результати статистичної обробки координат характерних точок оціночних функцій корисності континууму норми ешелонування $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$

№ з.п.	Статистичні показники	L_i	Характерні точки функції корисності					
			$L_{0,25}$		$L_{0,5}$		$L_{0,75}$	
			С	НС	С	НС	С	НС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	\bar{S}	$L = 10 \text{ km}$	3,75	2,25	6,02	4,50	8,02	7,00
		$L = 20 \text{ km}$	9,31	4,78	13,94	8,78	16,58	12,00
2	D	$L = 10 \text{ km}$	1,43	0,25	0,70	0,33	0,40	0
		$L = 20 \text{ km}$	7,70	0,44	3,48	2,69	1,56	2,5
3	σ	$L = 10 \text{ km}$	1,19	0,5	0,84	0,58	0,64	0
		$L = 20 \text{ km}$	2,78	0,67	1,87	1,64	1,25	1,58
4	As	$L = 10 \text{ km}$	0,77	0,75	0,81	0	-0,50	0
		$L = 20 \text{ km}$	0,78	-2,07	-0,10	-0,59	-0,40	-0,34
5	Ex	$L = 10 \text{ km}$	3,32	1,31	3,34	0,56	4,02	0
		$L = 20 \text{ km}$	2,81	5,63	2,38	1,39	2,77	1,21
6	$\nu, \%$	$L = 10 \text{ km}$	31,84	22,22	13,91	12,83	7,92	0
		$L = 20 \text{ km}$	29,83	13,95	13,38	18,70	7,54	13,18

Як бачимо з отриманих результатів, у професійних ДОПР превалює схильність до ризику (в середньому 60% по двох досліджуваних НЕПС), тобто мотивація на досягнення успіху. Проведені співбесіди виявили їх прагнення грати у лотерею, тобто ризикувати, задля отримання більш комфортних умов професійної діяльності для забезпечення належного рівня БП [33; 113; 337; 381; 384; 423 та ін.]. При цьому більшість випробуваних складають особи з нелінійною ЮФК (у середньому 69,3% по двох нормах), що в цілому

підтверджує тенденцію (стосовно вагомості нелінійних ОФК), зазначену вище для САД [310; 421].

Порівнюючи співвідношення ДОПР з різним ставленням до ризику (графа 3 табл. 4.15), можна також зробити висновок, що при погіршенні умов праці (зменшення нормативної відстані між ПС у зоні відповідальності з $L = 20 \text{ km}$ до $L = 10 \text{ km}$) кількість професійних ДОПР з нелінійною ЮФП збільшилася на 16% і склала 74,3% від загальної їх кількості. Причому зазначене збільшення відбулось за рахунок ДОПР, схильних

Таблиця 4.15

Порівняльний аналіз прояву основних доміант прийняття рішень в умовах ризику в студентів-авіадиспетчерів та професійних диспетчерів

Відстань між літаками, км	Співвідношення осіб з різною доміантою прийняття рішень	
	студенти-авіадиспетчери	професійні диспетчери
1	2	3
$L = 10 \text{ km}$	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 1,7 : 25,4 \Leftrightarrow 3,5\% : 6,2\% : 90,3\%$	$HC : B : C \Leftrightarrow 1 : 4,5 : 12 \Leftrightarrow 5,7\% : 25,7\% : 68,6\%$
$L = 20 \text{ km}$	$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 3,8 : 22 \Leftrightarrow 6,6\% : 11,8\% : 81,6\%$	$HC : B : C \Leftrightarrow 1 : 2,8 : 4 \Leftrightarrow 12,9\% : 35,7\% : 51,4\%$

до ризику, кількість яких зросла на третину, що свідчить про прояв суттєво більшої мотивації на досягнення успіху. В той же час, кількість осіб, неохочих до ризику, скоротилася більш, ніж удвічі, тобто почала істотно менше виявлятися мотивація на уникнення невдачі. Наочніше закономірності стійкості і зміни ОДПР професійних ДОПР при ускладненні НЕПС ілюструє табл. 4.16.

З табл. 4.16 видно, що при ускладненні НЕПС майже 75% ДОПР, які спочатку проявили ОДПР «схильність до ризику» на континуумі

відстані $L = 20 \text{ km}$, зберегли свою початкову домінують при погіршенні умов праці, тобто переходу на норму $L = 10 \text{ km}$. Водночас 100% випробовуваних осіб, неохочих до ризику, змінили початкові ОДПР і продемонстрували більш ризиковану поведінку, а саме, 77,8% з них – схильність до ризику і 22,2% – байдужість до ризику.

З числа осіб, байдужих до ризику, 32% зберегли початкову ОДПР, 60% змінили її на схильність до ризику і всього 8% проявили неохочість до ризику.

Таблиця 4.16

Динаміка основної домінують діяльності авіадиспетчерів при ускладненні норм ешелонування повітряних суден

Основна домінують прийняття рішень		Норма ешелонування $L = 10 \text{ km}$		
Норма ешелонування $L = 20 \text{ km}$	N	Схильність до ризику	Неохочість до ризику	Байдужість до ризику
1	2	3	4	5
Схильність до ризику	36	26	2	8
Неохочість до ризику	9	7	0	2
Байдужість до ризику	25	15	2	8
Усього:	70	48	4	18

Враховуючи особливості прояву ОДПР в професійних ДОПР, а також те, що вони дійсно забезпечують належний рівень БП в своїй професійній діяльності, завданням ПП САД має стати, у тому числі досягнення синергетичного ефекту, пов'язаного із зміною їх ОДПР на більш ризиковану. Безумовно, при цьому мова йде про раціональні, конструктивні, ситуативні тощо функції ризику, а не молодечтво.

Прагнучи до реалізації комплексного дослідження ОДПР професійних ДОПР під час вирішення різноманітних професійних задач, нами було виявлено ще й їх ставлення до робочого навантаження, тобто кількості ПС, які одночасно знаходяться на керуванні у зоні відповідальності [33; 337; 389].

Наша пильна увага саме робочому навантаженню виходить з таких міркувань:

1) відоме так зване *магічне число Міллера* (G. Miller), що визначає об'єм оперативної пам'яті Л-О, тобто 7 ± 2 оперативних одиниць [98; 170; 519]. Враховуючи це число, можна припустити, що доцільно організувати робоче навантаження ДОПР таким чином, щоби воно не було перевищено;

2) нормативними документами припускається наявність у ДОПР одночасно на управлінні такої кількості ПС, яка майже удвічі перевищує магічне число Міллера;

3) досвідчена Л-О може ефективно розпізнавати і запам'ятовувати до 11 об'єктів [319], що також має бути враховано при організації і пла-

нуванні ОПР, коли більш інтенсивні потоки руху ПС мають обслуговувати більш досвідчені ДОПР;

4) так званий *коефіцієнт неефективності*, введений С.Н. Паркінсоном (Cyril Northcote Parkinson), встановлює нібито остаточну межу людських можливостей; $n = 19,9 \div 22,4$;

5) подія, яка відбулася в зоні Північно-Кавказького центру УПР (аеропорт Ростов–на-Дону, 1988 рік) показала широкі можливості мобілізації людських ресурсів. Старший авіадиспетчер Ірбе, до речі, перший ДОПР, який отримав премію Фонду авіаційної безпеки колишнього СРСР, в умовах повної відмови РТЗ контролю врегулював найскладнішу проблемну ситуацію, коли у нього знаходилося одночасно на зв'язку 54 (!) ПС, що в середньому в 8 разів перевищує вказане магічне число Міллера.

Вкажемо також, що відносні затрати робочого часу ДОПР на обслуговування *одного літака* на трасі оцінюються так [45; 95]:

- радіозв'язок з екіпажем ПС – 30 %;
- обробка та ідентифікація радіолокаційної інформації – 25 %;
- взаємодія з суміжними диспетчерами УПР – 20 %;
- аналіз повітряної обстановки – 15 %;
- ПР – 10 %.

Таким чином, лише четверта частина робочого часу йде на відпрацювання можливих альтернатив рішень та на саме ПР.

Виходячи з наведеного, саме для вивчення схованих психофізіологічних і психологічних ре-

курсів ДОПР й були організовані відповідні дослідження. Методика цих досліджень базувалася на урахуванні відомого закону Єркеса–Додсона (R. M. Yerkes & J. D. Dodson), що визначає зв'язок між рівнем працездатності Л-О залежно від ступеня збудження (робочого навантаження) і в мить, коли будь-яке збільшення рівня стресу негативно впливає на вирішення ЗПР. При цьому збудження можна визначити як «ступінь готовності авіатора до реакції» (рис. 4.14) [134; 264; 420; 470; 477; 479; 540 та ін.].

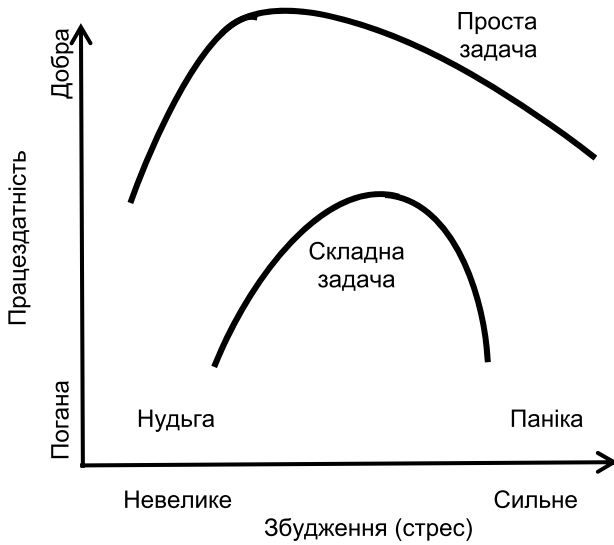


Рис. 4.14. Закон Єркеса–Додсона як ілюстрація відповідності працездатності і робочого навантаження людини-оператора

Зауважимо, що штучні лотереї, що розглядаються випробуваними, є умовно «відкритими» (рис. 4.15). А саме.

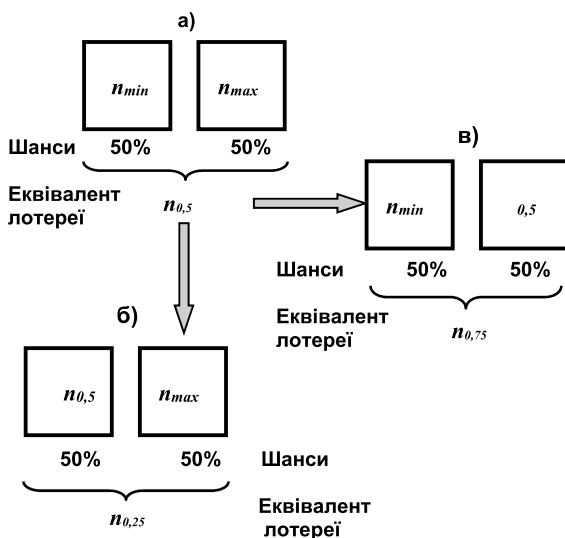


Рис. 4.15. Організація «відкритих» лотерей для побудови оціночної функції корисності робочого навантаження авіадиспетчерів

До досліджень були залучені 165 професійних ДОПР Державного підприємства «Укр-аерорух», які мали висловити своє ставлення до величини робочого навантаження, тобто до кількості ПС, що одночасно знаходяться в них на керуванні в зоні відповідальності.

Для побудови відповідних ЮФК випробуваним ДОПР спочатку пропонувалося, виходячи із СО набутого рівня ЗУПН та спираючись на закон Єркеса–Додсона (рис. 4.14), встановити n_{opt} – оптимальну кількість ПС, які одночасно можуть знаходитись в них на керуванні. При цьому припускалося, що, з одного боку, зазначена кількість ПС задовольняє критеріям ефективності праці, а, з іншого боку, в ДОПР залишається певний психофізіологічний резерв. Приймається, що корисність такої кількості ПС максимальна і дорівнює 1:

$$f_{UF}(n_{opt}) = f_{UF}(n_1) = 1.$$

Якщо кількість ПС, що одночасно знаходяться на керуванні в зоні відповідальності, буде зростати, то психофізіологічний резерв ДОПР буде все більше вичерпуватися. Робоча обстановка буде все більш дискомфортною, а надійність управління (БП) знижуватиметься. Таким чином, ЮФК кількості ПС, що одночасно знаходяться на управлінні ДОПР, буде такою, що монотонно убуває (рис. 4.16).

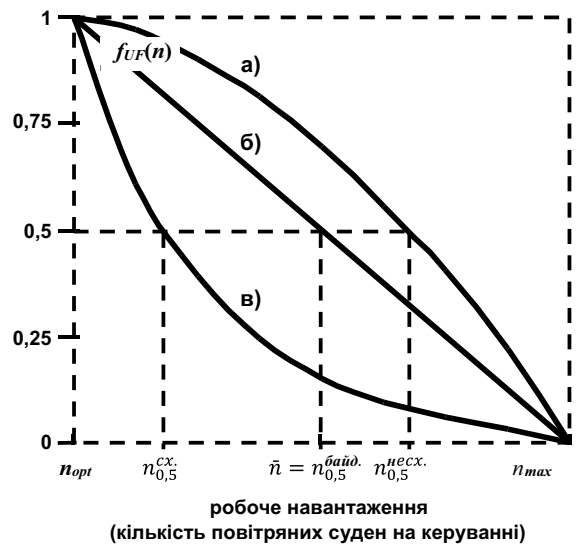


Рис. 4.16. Гіпотетичне уявлення оціночних функцій корисності робочого навантаження авіадиспетчерів: а) – несхильність; б) – байдужість; в) – схильність до ризику

Кожен ДОПР, виходячи знову ж таки з суб'єктивної оцінки власних ЗУПН, має визначити й n_{max} – максимальну кількість ПС, отримав-

ши які одночасно на управління, він не зможе здійснювати безпечне УПР.

Природно, що корисність величини n_{max} є мінімальною і дорівнює 0:

$$f_{UF}(n_{max}) = f_{UF}(n_0 = n_{max}) = 0$$

Отже, «відкритість» лотерей полягає у тому, що випробувані ДОПР самостійно встановлюють граничні значення свого робочого навантаження (рис. 4.15 а).

Далі відповідно до технологій, що були подані у підрозділі 3.4 і адаптованих нами для досліджень ОФК, що спадають, знаходиться ДЕЛ з корисністю 0.5 ($n_{0,5}$ – рис. 4.15 а), $n_{0,25}$ – з корисністю 0,25 (рис. 4.15 б), $n_{0,75}$ – з корисністю 0,25 (рис. 4.15 в).

Враховуючи особливості проактивного дослідження робочого навантаження професійних ДОПР, вважаємо, що ДЕЛ – це такий наслідок організації ОПР (кількість ПС, одночасно отримуваних на керування), коли ДОПР як ЛПР буде байдуже, чи отримати це робоче навантаження напевно, чи взяти участь в лотереї, де з рівними шансами (50/50%) він може отримати результат (робоче навантаження), який його абсолютно влаштовує / не влаштовує з позицій забезпечення належного рівня БП і комфортності праці.

По отриманих п'яти точках $n_{opt} = n_1, n_{0,75}, n_{0,5}, n_{0,25}, n_{max} = n_0$ й будуються спадаючі ОФК, з аналізу яких й визначається ДОПР, тобто ставлення ДОПР до ризику. При цьому формула (4.2) перетворюється відповідно на таку:

$$\pi = \bar{n} - n_{0,5} = \begin{cases} < 0 & \text{– неохильність до ризику} \\ > 0 & \text{– схильність до ризику} \\ = 0 & \text{– байдужість до ризику} \end{cases} \quad (4.20)$$

де \bar{n} – очікуваний середній виграш лотереї (рис. 4.15 а), який з урахуванням виразу (4.13) визначається так:

$$\bar{n} = 0,5 \cdot n_{opt} + 0,5 \cdot n_{max} = 0,5 \cdot (n_{opt} + n_{max}) \quad (4.21)$$

Водночас для потреб досліджень слід адаптувати технології, що були нами розроблені для інтегративного аналізу зростаючих ОФК, коли у остаточному висновку щодо ставлення до ризику випробуваного враховуються усі характерні точки зазначених оціночних функцій. А саме.

Як бачимо, рис. 4.17 а), ілюструє яскраво і однозначно виражену байдужість до ризику. Тоді площа відповідного прямокутного трикутника $\Delta n_1 f_{UF}(n_1) n_0$ визначається тривіально:

$$S_{\Delta n_1 f_{UF}(n_1) n_0} = \frac{1}{2} \cdot f_{UF}(n_1) \cdot n_0 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot n_0 = \frac{1}{2} \cdot n_0 \quad (4.22)$$

Якщо в процесі аналізу отриманих результатів опитування ДОПР буде встановлено, що площа прямокутного трикутника $\Delta n_1 f_{UF}(n_1) n_0$ більша за площу емпіричного шестикутника $n f_{UF}(n) f_{UF}(n_{0,75}) f_{UF}(n_{0,5}) f_{UF}(n_{0,25}) n_0$, що утворюється характерними точками ІОФК випробуваних ДОПР, то йдеться про демонстрацію в цілому вираженого тяжіння до схильності до ризику (рис. 4.17 б).

Якщо навпаки – йдеться про тяжіння до неохильності до ризику (рис. 4.17 в).

З рис. 4.17 б, в) видно, що відповідні шестикутники утворюються трьома прямокутними трапеціями і одним прямокутним трикутником. Знайти їх площі нескладно:

$$\begin{aligned} S_{n_1 f_{UF}(n_1) f_{UF}(n_{0,75}) f_{UF}(n_{0,5}) f_{UF}(n_{0,25}) n_0} &= \\ &= S_{n_1 f_{UF}(n_1) f_{UF}(n_{0,75}) n_{0,75}} + \\ &+ S_{n_{0,75} f_{UF}(n_{0,75}) f_{UF}(n_{0,5}) n_{0,5}} + \\ &+ S_{n_1 f_{UF}(n_1) f_{UF}(n_{0,75}) n_{0,75}} + S_{n_{0,75} f_{UF}(n_{0,75}) f_{UF}(n_{0,5}) n_{0,5}} + \\ &+ S_{n_{0,5} f_{UF}(n_{0,5}) f_{UF}(n_{0,25}) n_{0,25}} + S_{n_{0,25} f_{UF}(n_{0,25}) n_0} = \\ &= \frac{f_{UF}(n_1) + f_{UF}(n_{0,75})}{2} \cdot (n_{0,75} - n_1) + \\ &+ \frac{f_{UF}(n_{0,75}) + f_{UF}(n_{0,5})}{2} \cdot (n_{0,5} - n_{0,75}) + \\ &+ \frac{f_{UF}(n_{0,5}) + f_{UF}(n_{0,25})}{2} \cdot (n_{0,25} - n_{0,5}) + \\ &+ \frac{f_{UF}(n_{0,25})}{2} \cdot (n_0 - n_{0,25}) = \\ &= \frac{1}{8} [2(n_{0,75} + n_{0,5} + n_{0,25}) + (n_0 - 7n_1)] \end{aligned} \quad (4.23)$$

Спираючись на вирази (4.18)–(4.21), отримуємо такий уточнений вираз НР:

$$\begin{aligned} HP(n) &= \frac{1}{2} n_0 - \frac{1}{8} [2(n_{0,75} + n_{0,5} + n_{0,25}) + (n_0 - 7n_1)] = \\ &= \frac{1}{8} [4n_0 - 2(n_{0,75} + n_{0,5} + n_{0,25}) - n_0 + 7n_1] = \\ &= \frac{1}{8} [7n_1 - 2(n_{0,75} + n_{0,5} + n_{0,25}) + 3n_0] = \\ &= \begin{cases} > 0 & \text{– схильність до ризику} \\ < 0 & \text{– неохильність до ризику} \\ = 0 & \text{– байдужість до ризику} \end{cases} \end{aligned} \quad (4.24)$$

Застосовуючи вирази (4.18), (4.22) для аналізу ІОФК кількості ПС, що одночасно знаходяться на керуванні, було виявлено такі співвідношення ДОПР за типом їх ставлення до ризику:

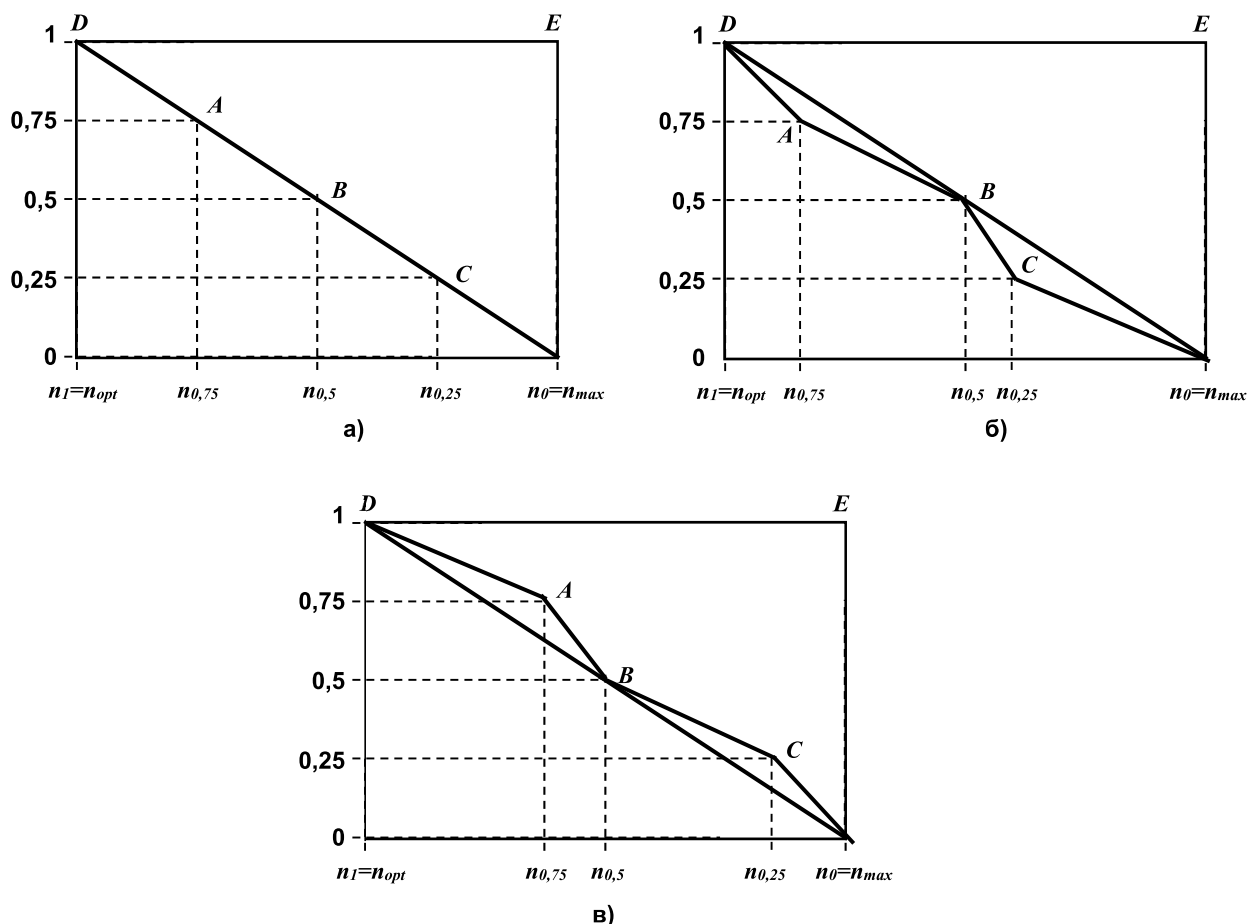


Рис. 4.17. Ілюстрація аналізу убваючої оціночної функції корисності по сукупності характерних точок:
 а) – випадок явно вираженої байдужості до ризику; б) – випадок тяжіння до схильності до ризику;
 в) – випадок тяжіння до несхильності до ризику.

$$\begin{aligned}
 B : HC : C &\Leftrightarrow 1 : 1,4 : 1,9 \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow 23,3\% : 32,6\% : 44,2\% \quad (4.25)
 \end{aligned}$$

тобто, на кожних двох ДОПР, байдужих до ризику, маємо приблизно 3 – несхильних і 4 – схильних до стохастичного ризику. У свою чергу, схильних до ризику ДОПР виявилось приблизно в півтори рази більше, ніж несхильних.

Отже, під час проактивного вирішення іншої професійної задачі серед випробуваних професійних ДОПР знову превалюють особи, з нелінійною ОФК (76,8%), тобто несхильні і схильні до ризику. Суттєвіший прошарок утворюють ДОПР, схильні до ризику (44,2%), які демонструють мотивацію на досягнення успіху. Саме тому вони прагнуть грати у лотерею, щоби отримати оптимальне робоче навантаження, яке дозволяє їм здійснювати УПР на належному рівні БП.

Зазначене разом з вищенаведеними результатами, отриманими під час дослідження ставлення ДОПР до ризику на континуумах НЕПС, переконливо свідчать про справедливості «парадоксу ОДПР». Йдеться про те, що з одного боку, прагнення грати в лотерею вказує на

схильність до ризику, однак, з іншого боку, такі особи прагнуть грати в лотерею задля забезпечення належного рівня БП, тобто з цієї точки зору вони не є схильними до ризику. Причому схильність до ризику демонструють зазвичай більш досвідчені ДОПР. Вкажемо також, що справедливості сформульованого парадоксу перевірена як на пілотах, так і на ДОПР [328; 337; 357; 370].

Зауважимо, що встановлена нами нелінійність мислення професійних ДОПР, разом з результатами, отриманими на курсантах-пілотах, переконливо підтверджує висновки праць [337; 382] щодо неефективності певних моделей діяльності АО в особливих випадках польоту (ОВП), в яких застосовані лише лінійні ОФК [226].

Вважаємо також, що знайшов підтвердження попередній висновок про необхідність формування в САД під час початкової ПП навичок прийняття раціональних, конструктивних, ситуативних тощо ризикованих рішень.

Узагальнені ОФК професійних ДОПР, що визначають ставлення до ризику при визначенні робочого навантаження (кількості ПС, що одночасно знаходяться на керуванні), подані на рис. 4.18.

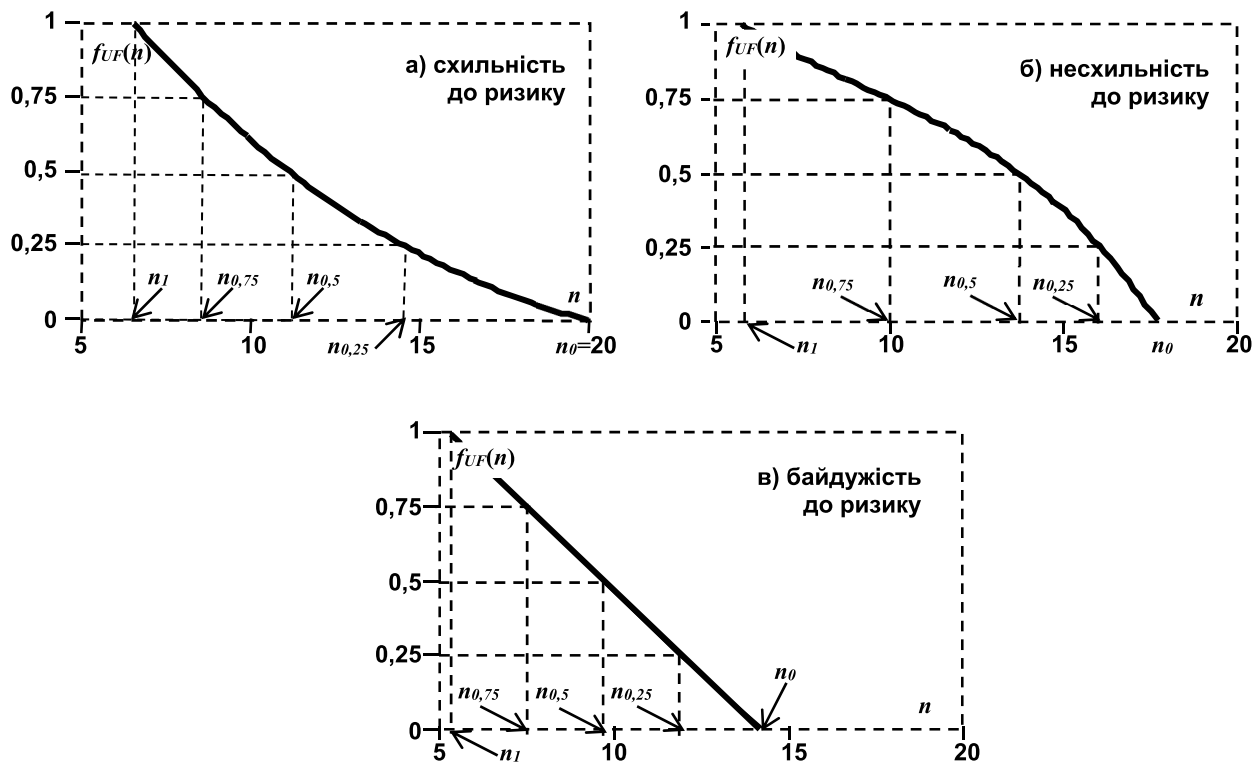


Рис. 4.18. Групові оціночні функції корисності кількості повітряних суден, що одночасно знаходяться на керуванні у авіадиспетчера

Використовуючи можливості пакету програм Microsoft Office-97, було отримано аналітичні залежності, що описують подані на рис. 4.18 оціночні функції ОДПР:

- для схильних до ризику ДОПР:

$$f_{UF}^{cx.}(n) = 0,5 \cdot 10^{-5} n^3 + 0,0061 n^2 - 0,201 n + 2,0811 \quad (4.26)$$

- для несхильних до ризику ДОПР:

$$f_{несх.}^{\theta}(n) = -0,0005 n^3 + 0,015 n^2 - 0,1913 n + 1,7045 \quad (4.27)$$

- для байдужих до ризику ДОПР:

$$f_{UF}^{байд.}(n) = -0,112 \cdot n + 1,5888 \quad (4.28)$$

що знову відкрило перспективи застосування формули (3.50) для визначення РД випробуваних ДОПР, але ж вже на кількісних показниках робочого навантаження.

Таким чином, проведені дослідження встановили, що байдужі до ризику АО «переднього краю» складають безумовну меншину (для пілотів – усього 3%, для ДОПР – 23.3%). Причому, якщо серед пілотів превалюють особи, несхильні до ризику, то серед ДОПР, навпаки, – схильні. Виявлена нелінійність мислення АО «переднього краю» дозволяє впритул підійти до пояснення причин ряду катастроф, пов'язаних з сигналізуючими відмовами АТ.

4.3. Визначення закономірностей прояву рівнів домагань на континуумі норм ешелонування

Як вже було обгрунтовано у п. 3.4.4, виявлення РД АО на показниках і характеристиках їх професійної діяльності разом з визначеними ОДПР становлять комплекс особливостей ПР в умовах ризику. Тому ставлення САД до виконання SOP's, зокрема дотримання НЕПС, має бути оцінено і через РД на континуумах тих самих норм.

Застосовуючи вираз (3.50) та аналітичний опис ОФК, побудованих за обмеженою кількістю точок для закритої ЗПР (табл. 4.11), нескладно встановити РД випробуваних САД на досліджуваних нами НЕПС. Адже дійсно, перша похідна від квадратичної функції (полінома другого ступеня, що описує ОДПР «схильність до ризику» і «несхильність до ризику», тобто нелінійна ОФК, призведе до звичайного лінійного рівняння, яке тривіально розв'язується, а перша похідна від лінійної функції, що описує ОДПР «байдужість до ризику», буде дорівнювати константі, що стоїть біля змінної L . Навіть якщо нелінійні ОФК було б аналітично описано поліномом третього ступеня, той в такому випадку перша похідна призвела б до квадратичного рівняння, яке теж нескладно розв'язати. Відповідні результати застосування виразу (3.50) для встановлення РД випробуваних САД подані у табл. 4.17.

Таблиця 4.17

Рівні домагань студентів-авіадиспетчерів на континуумі норм ешелонування літаків, встановлені з аналітичного опису оціночних функцій корисності

№ норми	Відстань між літаками, км	Ставлення до ризику	Рівні домагань, км
1	2	3	4
1	8	С	0,988
		Б	0,125
		НС	0,450
2-5	10	С	0,970
		Б	0,1
		НС	1,001
6	12	С	0,98
		Б	0,083
		НС	1,002
7-10	20	С	1,109
		Б	0,05
		НС	1,014
11	30	С	0,829
		Б	0,033
		НС	0,02

Як бачимо з табл. 4.17, застосування першої похідної до аналітичного опису ОФК, побудованих для встановлення ОДПР, призводить до отримання зникаюче малих РД, що не відповідає ані здоровому глузду, ані вимогам забезпечення належного рівня БП. І йдеться, насамперед, не про недостатню уяву САД безпечних процедур УПР, а про особливість побудови ОФК за обмеженою кількістю точок для закритих ЗПР, що автоматично накладає певні обмеження на відповідні результати. Вадою методу (3.50) є також і те, що усі випробувані, які продемонстрували ОДПР «байдужість до ризику», як вже зазначалося вище, мають мати однакові РД, що також не відповідає здоровому глузду.

Наведене переконливо пояснює справедливість запропонованого нами у пункті 3.4.4 методу побудови ОФК по формально необмеженій кількості точок на кшталт такої, що ілюструє рис. 3.17.

Отже, користуючись запропонованим нами способом побудови ОФК за формально необмеженою кількістю точок для відкритих ЗПР, ті самі САД з НАУ і КЛА, що вже приймали участь у наших дослідженнях, мали побудувати зростаючі ОФК $f_{OF}(L)$, особливу увагу акцентуючи на таких характерних точках:

L^* – тобто точці на континуумі конкретної досліджуваної НЕПС (див. табл. 4.5), що відповідає максимальному позитивному приросту (стрибку) корисності (бажаності, прийнятності) в уяві випробуваних і є, за визначенням, їх РД: $L^* = L_{PD}$;

L_0 – точці переходу негативної корисності (бажаності, прийнятності) відстані між ПС в позитивну;

L_- – точці, що визначає стрибок негативної корисності.

Така увага саме цим характерним точкам пояснюється, у тому числі, результатами досліджень [33; 338; 389; 423 та ін.], де встановлена їх кореляція з характерними точками ОФК, що будуються для закритої ЗПР, з розв'язання якої й встановлюються ОДПР. Результати відповідних досліджень опубліковані нами у працях [14; 58; 59; 62; 63; 67; 342; 353; 372; 381; 422; 532; 533]. Їх зміст полягає у наступному.

Полігони частот РД, встановлених по розроблених нами у п. 3.4.4 рекомендаціях на континуумах усіх досліджуваних НЕПС (табл. 4.5), подані на рис. 4.19-4.23. Як бачимо, на континуумах усіх досліджуваних полігонах частот можна виділити два чітко виражених максимуми: локальний ($L_{loc.}$) та глобальний ($L_{glob.}$). Їх відносні показники стосовно відповідної НЕПС подані у табл. 4.18.

Таблиця 4.18

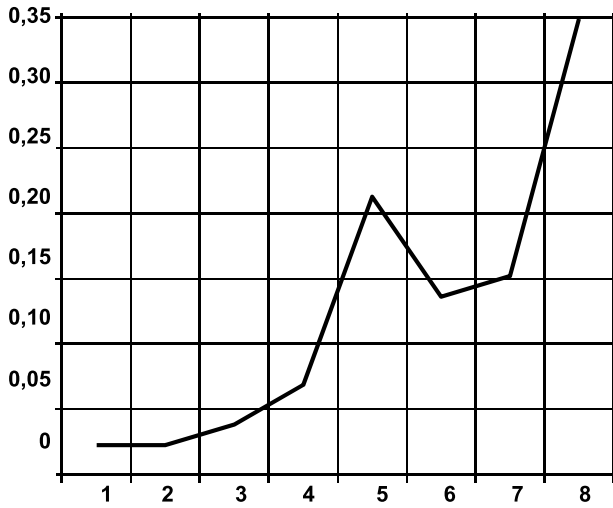
Показники локального та глобального максимумів для досліджуваних норм ешелонування

НЕПС	Максимум полігона частот		$\frac{L_{loc.} \cdot 100\%}{L_{glob.}}$
	$L_{glob.}$	$L_{glob.}$	
1	2	3	4
$L = 8 \text{ km}$	5 км	8 км	62,5
$L = 10 \text{ km}$	6 км	10 км	60
$L = 12 \text{ km}$	7 км	12 км	58,3
$L = 20 \text{ km}$	11 км	20 км	55
$L = 30 \text{ km}$	16 км	30 км	53,3
Середнє значення			57,8
Середнє геометричне значення			57,7

З аналізу рис. 4.19-4.23 та табл. 4.18 витікають такі закономірності розподілу РД випробуваних САД.

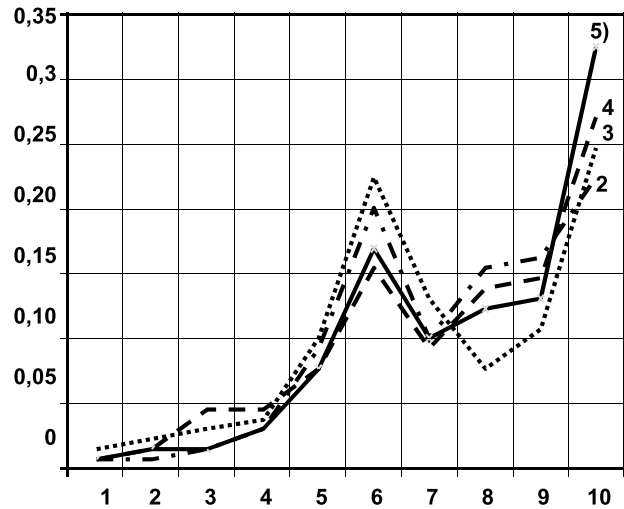
1) усі глобальні максимуми дорівнюють НЕПС.
2) усі співвідношення локальних і глобальних максимумів перевищують половину відстані НЕПС.
3) зазначене співвідношення має обернений зв'язок з НЕПС, що підтверджується незвичайно високим значенням коефіцієнта кореляції Спірмена $R_S = -0,95$.

4) оскільки локальні та глобальні пікові точки співпадають для відстані між ПС $L = 10 \text{ км}$ і $L = 20 \text{ км}$, незалежно від організації ОПР, а ми досліджуємо як повздовжні, так і бокові інтервали ешелонування для зазначених відстаней, то це ще раз підтверджує доведену на прикладі досліджень ОДПР (див. табл. 4.11) тезу, що молоді САД не відчувають різниці у складності УПР для такого роду професійних завдань.



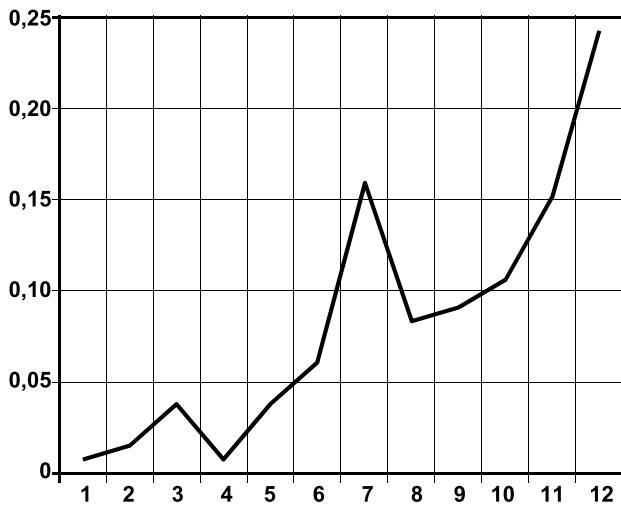
Континуум норми ешелонування літаків, км

Рис. 4.19. Полігон частот рівнів домагань на нормі ешелонування $L = 8 \text{ km}$



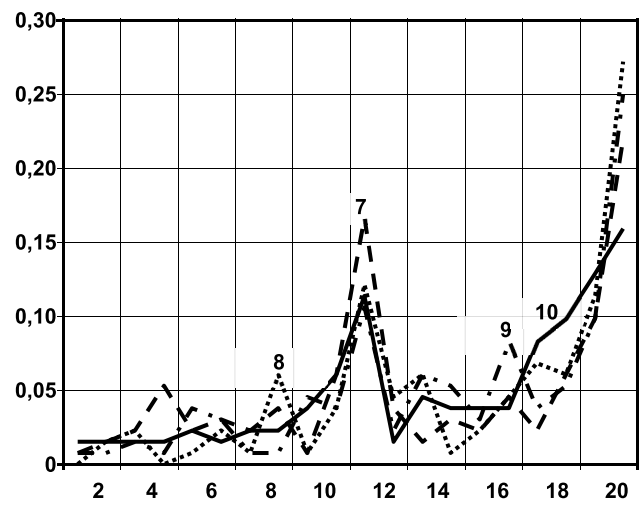
Континуум норми ешелонування, км

Рис. 4.20. Полігон частот рівнів домагань на нормі ешелонування $L = 10 \text{ km}$: НЕПС № 2-5



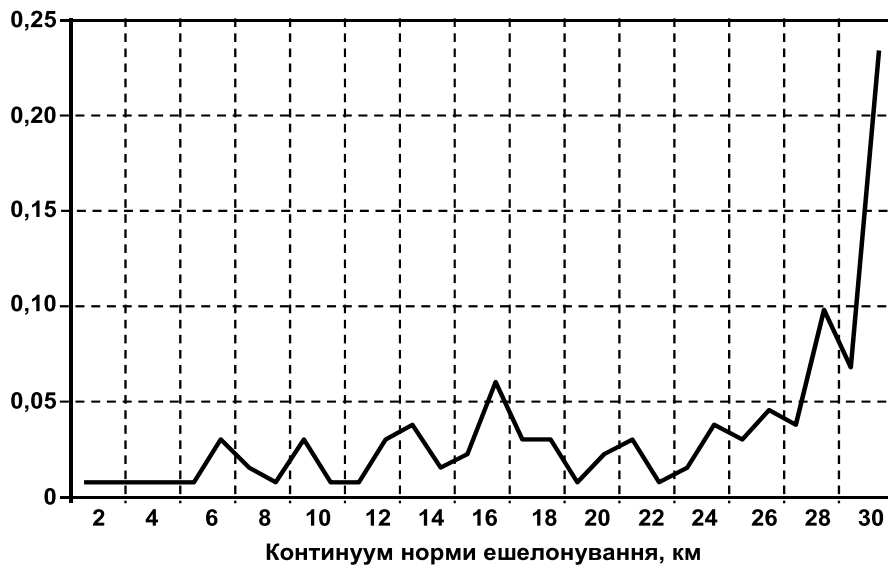
Континуум норми ешелонування, км

Рис. 4.21. Полігон частот рівнів домагань САД на нормі ешелонування $L = 12 \text{ km}$



Континуум норми ешелонування, км

Рис. 4.22. Полігон частот рівнів домагань САД на нормі ешелонування $L = 20 \text{ km}$: НЕПС № 7-10



Континуум норми ешелонування, км

Рис. 4.23. Полігон частот рівнів домагань САД на нормі ешелонування $L = 30 \text{ km}$

У табл. 4.19 подані результати статистичної обробки показників характерних точок, встановлених з ОФК, побудованих випробуваними САД на континуумах досліджуваних НЕПС для встановлення їх РД. При цьому вкажемо, що для зручності аналізу досліджувані показники \dot{L}^* , \dot{L}_0 , \dot{L}_- були пронормовані щодо відповідних НЕПС:

$$\dot{L}_i^* = \frac{L_i^*}{L_{i \text{ НЕПС}}}, \quad \dot{L}_0 = \frac{L_{0i}}{L_{i \text{ НЕПС}}}; \quad \dot{L}_- = \frac{L_{-i}}{L_{i \text{ НЕПС}}} \quad (4.29)$$

що дало змогу їх узагальнити незалежно від протяжності конкретної норми.

Як видно з думок САД, узагальнений РД має складати в середньому величину 0,85 від протяжності НЕПС: $\dot{L}^* = 0,85 \cdot \dot{L}_{\text{НЕПС}}$. Звідси, виходячи з прийнятого нами визначення РД, можна зро-

бити висновок, що саме така відстань між ПС абсолютно задовольняє (максимальний стрибок корисності, прийнятності, привабливості тощо) уявленням САД щодо достатності їх ЗУПН для забезпечення належного рівня БП.

Розподіл думок є дещо гостровершинним ($Ex > 3$), чому сприяв високий рівень узгодженості думок ($v_{\dot{L}^*} \ll 33\%$). Позитивне сприйняття корисності (бажаності) відстані між керованими ПС відбувається, якщо величина \dot{L}_0 не менше приблизно $\frac{2}{3} \frac{2}{3} L_{\text{НЕПС}}$: $\dot{L}_0 = 0,65 \cdot L_{\text{НЕПС}}$. Розподіл думок максимально наближений до нормального ($Ex \approx 3$) і є узгодженим ($v_{\dot{L}_0} < 33\%$). Вкрай негативне сприйняття відстані між ПС проявляється в САД, якщо $\dot{L}_- = 0,46 \cdot L_{\text{НЕПС}}$, адже в такому випадку не забезпечується належний рівень БП і складається катастрофічна ситуація в УПР.

Таблиця 4.19

Результати статистичної обробки показників характерних точок оціночних функцій корисності, побудованих для відкритих задач прийняття рішень

Характерні точки оціночної функції корисності	Статистичні показники					
	$\bar{\dot{L}}_i$	D	σ	As	Ex	$v, \%$
1	2	3	4	5	6	7
\dot{L}^*	0,85	0,0224	0,15	-1,03	3,63	17,6
\dot{L}_0	0,65	0,0234	0,15	-0,15	2,99	23,1
\dot{L}_-	0,46	0,0385	0,20	0,10	2,46	43,5

Враховуючи, що РД є системоутворюючим чинником особистості, який суттєво впливає на БП [299], нами були статистично досліджені показники РД, встановлених на конкретних континуумах НЕПС (табл. 4.20).

Як можна побачити з отриманих, статистично оброблених і поданих у табл. 4.20 результатів досліджень, введений показник відносного РД (остання графа табл. 4.20) не менше 70% від усіх досліджуваних НЕПС. Приблизно $\frac{3}{4} L_{\text{НЕПС}}$ цей показник складає для найменших відстаней серед досліджуваних норм ($L = 8 \text{ km}$ і $L = 10 \text{ km}$), що є цілком зрозумілим.

Розглядаючи послідовність норм

$$L = 20 \text{ km} \Rightarrow L = 12 \text{ km} \Rightarrow L = 10 \text{ km} \Rightarrow L = 8 \text{ km}$$

можна дійти висновку щодо певної тенденції у збільшенні показника \dot{L}^* , що, безумовно, пов'язано з уявленнями випробуваними необхідності забезпечення належного рівня БП у більш скрутних умовах професійної діяльності, а саме обмеженістю часу на УПР.

Застосовуючи вирази (4.9), (4.10), було статистично досліджено зв'язок між РД і характерними точками ОФК, що будується по обмеженій кількості точок для закритої ЗПР (табл. 4.21).

Як бачимо з табл. 4.21, незалежно від ставлення до ризику (типу ОДПР) та НЕПС на незвичайно високому рівні значущості $\alpha = 1\%$

спостерігається збіг усереднених показників РД і відповідних ДЕЛ з корисністю 0,75. Зазначений результат отримано уперше, він суттєво відрізняється від залежностей, встановлених для професійних ДОПР на спадаючих ОФК [389] і буде застосований далі для визначення інтегративного показника ставлення випробуваних САД до ризику (небезпек). І оскільки в процесах ПР САД нами досліджуються ще і ОДПР, то в табл. 4.22 були співвіднесені результати статистичної обробки показників характерних точок ОФК, побудованих для відкритих ЗПР з відповідними домінантами, що дозволяє оцінити їх взаємний вплив.

З аналізу змісту табл. 4.22 виявляється наступна закономірність впливу ОДПР на РД, з яким вони знаходяться у оберненому зв'язку: чим більш ризикованою є домінанта, тим менший за абсолютною величиною РД демонструють випробувані. Отже, в САД, схильних до ризику, спостерігається завищена СО по відношенню до студентів, які демонструють неохочість до ризику. Для САД, байдужих до ризику, РД займає проміжне значення.

Вплив ОДПР на показники РД (СО) САД ілюструє табл. 4.23. Як бачимо з неї, спостерігається майже та ж сама залежність для точки \dot{L}_0 переходу негативного сприйняття відстані між ПС в позитивне.

Результати статистичної обробки показників рівнів домагань студентів-авіадиспетчерів на континуумах норм ешелонування повітряних суден

№ НЕПС	$L_{НЕПС}$	Статистичні показники						$\frac{L^*}{L_{НЕПС}}, \%$
		L^*	D	σ	A_s	E_x	$v, \%$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$L = 8 \text{ км}$	6,22	3,5181	1,88	-0,83	3,10	30,2	77,7%
2	$L = 10 \text{ км}$	7,49	4,0924	2,02	-0,53	2,75	27,0	74,9%
3		7,16	5,3301	2,31	-0,43	2,54	32,2	71,6%
4		7,50	5,3366	2,31	-0,69	2,58	30,8	75,0%
5		7,73	5,0701	2,25	-0,86	3,16	29,1	77,3%
Середнє значення по відстані								74,7%
Середнє геометричне значення по відстані								74,5%
6	$L = 12 \text{ км}$	8,91	7,5262	2,74	-0,70	2,78	30,8	72,2%
7	$L = 20 \text{ км}$	13,50	32,126	5,67	-0,41	2,00	42,0	67,5%
8		14,91	24,8251	4,98	-0,72	2,49	33,4	74,5%
9		14,54	25,8331	5,08	-0,70	2,50	35,0	72,7%
10		14,1	27,1977	5,22	-0,68	2,47	37,0	70,5%
Середнє значення по відстані								71,3%
Середнє геометричне значення по відстані								71,2%
11	$L = 30 \text{ км}$	22,03	67,3014	8,20	-0,81	2,53	37,2	73,4%
Загальнє середнє значення								73,9%
Загальнє середнє геометричне значення								73,8%

Таблиця 4.21

Результати порівняння рівнів домагань з показниками основних доміант прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами

№ НЕПС	$L_i \text{ АІ } \tilde{N}$	Порівняння рівнів домагань з еквівалентами лотерей, які мають корисність 0,75
1	2	3
1	8 км	$|\dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75}| < t_{1\%, k=250} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow |0,27| < 0,716$
2	10 км	$|\dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75}| < t_{1\%, k=252} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow |0,47| < 0,746$
3		
4		
5		
6	12 км	$|\dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75}| < t_{1\%, k=248} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow |0,17| < 0,899$
7	20 км	$|\dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75}| < t_{1\%, k=254} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow |0,47| < 1,503$
8		
9		
10		
11	30 км	$|\dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75}| < t_{1\%, k=250} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow |1,2| < 2,05$

Завищена СО осіб, схильних до ризику, призвела до найменшого значення цього показника: $\dot{L}_0^{cx} = 0,57$. Але при цьому слід вказати, що САД, байдужі та несхильні до ризику мають майже однакові думки щодо цього значення відносного показника \dot{L}_0 :

$$\dot{L}_0^{байд.} = 0,65 \approx \dot{L}_0^{несх.} = 0,64 \quad (4.30)$$

Отже, явного впливу ОДПР на показник, що демонструє стрибок негативного сприйняття відстані між ПС, не виявлено.

Для виявлення можливих «білих плям» у початковій ПП САД, де вони виконують увесь спектр операторських функцій, що визначають специфіку їх професійної діяльності під час УПР (див. підрозділ 3.1), має суттєвий науковий і практичний інтерес виявлення РД ще й в професійних диспетчерів. Причому, для зручності порівняльного аналізу відповідні дослідження мають бути проведені по тій самій методології, що була застосована для САД.

**Результати статистичної обробки показників характерних точок оціночних функцій
корисності континуумів норм ешелонування повітряних суден**

НЕПС	ОДПР	Характерні точки	Статистичні показники						
			\bar{L}_i	D	δ	As	Ex	$v, \%$	$\frac{\bar{L}_i}{L_{НЕПС}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$L = 8 \text{ km}$	С	L^*	6,75	0,125	0,35	0	4,25	5,2	0,84
		L_0	5,5	3,125	1,77	-0,42	2,67	32,2	0,69
		L_-	4,5	2,125	1,46	-0,38	2,49	32,4	0,56
	Б	L^*	6,71	1,5274	1,24	-0,46	2,19	18,5	0,84
		L_0	5,71	2,6813	1,64	-1,41	2,73	28,7	0,71
		L_-	4,09	1,7366	1,32	-1,08	1,33	32,3	0,51
	НС	L^*	6,87	2,4537	1,57	-2,41	11,14	22,9	0,86
		L_0	5,43	3,1592	1,78	-1,98	5,03	32,8	0,68
		L_-	3,77	1,3638	1,17	-1,24	2,71	31,0	0,47
$L = 10 \text{ km}$	С	L^*	7,39	5,5889	2,36	-0,29	2,93	31,9	0,74
		L_0	5,22	3,1056	1,76	-0,37	2,27	33,7	0,52
		L_-	4,8	2,5676	1,60	-0,40	2,35	33,3	0,48
	Б	L^*	8,07	6,9101	2,63	-0,90	2,83	32,6	0,80
		L_0	6,71	4,8986	2,21	-1,01	2,43	32,9	0,67
		L_-	4,82	2,5698	1,60	-0,59	2,46	33,1	0,48
	НС	L^*	8,35	7,0978	2,66	-1,14	2,69	31,9	0,84
		L_0	6,68	4,0489	2,01	-0,98	2,78	30,1	0,67
		L_-	4,63	2,2057	1,49	-0,63	2,73	32,2	0,46
$L = 12 \text{ km}$	С	L^*	7,83	6,4083	2,53	-0,74	2,67	32,3	0,65
		L_0	7,33	6,0333	2,46	-0,84	1,81	33,6	0,61
		L_-	7,5	4,6333	2,29	-0,36	1,96	34,0	0,63
	Б	L^*	10,06	5,2778	2,30	-1,01	2,81	22,9	0,84
		L_0	8,11	6,9146	2,63	-1,26	1,96	32,4	0,68
		L_-	6	3,7660	1,94	-1,10	2,44	32,3	0,5
	НС	L^*	9,95	3,1346	1,77	-0,66	3,04	17,8	0,83
		L_0	7,83	5,6642	2,38	-1,46	2,59	30,4	0,65
		L_-	5,36	3,1715	1,78	-1,19	2,52	33,2	0,45
$L = 20 \text{ km}$	С	L^*	15,83	26,375	5,14	-0,32	2,43	32,5	0,79
		L_0	11,72	15,158	3,89	-0,51	2,77	33,2	0,59
		L_-	8,34	7,335	2,71	-0,38	3,02	32,5	0,42
	Б	L^*	16,34	29,538	5,43	-0,39	2,70	33,2	0,82
		L_0	12,20	15,832	3,98	-0,63	2,46	32,6	0,61
		L_-	8,89	7,5929	2,76	-0,61	2,84	31,0	0,44
	НС	L^*	16,98	30,018	5,48	-0,55	2,85	32,3	0,85
		L_0	12,33	15,571	3,95	-0,65	2,89	32,0	0,62
		L_-	8,71	8,3078	2,88	-0,61	2,74	33,1	0,44
$L = 30 \text{ km}$	С	L^*	22,5	39	6,24	0	3,04	27,7	0,75
		L_0	13	18,5	4,30	-0,78	2,90	33,1	0,43
		L_-	8,75	8,45	2,91	-0,76	2,84	33,3	0,29
	Б	L^*	25,88	53,063	7,28	-0,73	3,30	28,1	0,86
		L_0	17,25	32,104	5,67	-0,78	2,89	32,9	0,58
		L_-	11	12,021	3,47	-0,76	2,61	31,5	0,55
	НС	L^*	25,82	24,751	4,98	-1,22	3,42	19,3	0,86
		L_0	17,68	28,365	5,33	-1,25	2,73	30,1	0,59
		L_-	12,61	15,767	14,55	-1,19	2,52	31,48	0,42

Таблиця 4.23

**Вплив основної домінанти прийняття
рішень на показники вирішення
студентами-авіадиспетчерами
відкритих задач прийняття рішень**

Ставлення до ризику	Характерні показники оціночної функції корисності (відкрита задача прийняття рішень)		
	\dot{L}^*	\dot{L}_0	\dot{L}_-
1	2	3	4
С	0,75	0,57	0,48
Б	0,83	0,65	0,50
НС	0,85	0,64	0,45

До досліджень були залучені ті самі 70 професійних ДОПР – співробітників Головного центру Єдиної системи УПР Азербайджанської Республіки, які вже брали участь у випробуваннях з встановлення ОДПР і виявляли своє ставлення до ризику на континуумі НЕПС $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$. Результати статистичної обробки даних експерименту для характерних точок ОФК (рис. 3.19 а), що було проведено відповідно до формул (3.53-3.58) подані у табл. 4.24.

Як бачимо з табл. 4.24, думки ДОПР дійсно узгоджені, оскільки для всіх значень коефіцієнта варіації, обчислених для характерних точок ОФК, виконується умова (4.14). Цей результат указує на нормальність розподілу думок ДОВД.

З чого також виходить, що абсолютна більшість результатів групуються біля середнього значення, а суперечливі думки складають безумовну меншину [69; 87; 100 та ін.]. Причому, оскільки всі значення показників ексцесу для всіх досліджуваних характерних точок (L_- , L_0 , L^*) мають значення $Ex_i > 3$, то це показує на гостровершинність розподілу думок ДОПР, тобто, знову

ж таки про їх узгодженість. Асиметрія для найгіршої з погляду забезпечення БП характерної точки L_- є позитивною, що указує на прагнення випробовуваних отримати все ж таки більшу дистанцію між керованими ПС. Значення асиметрії для інших характерних точок є негативними, хоча і дуже невеликими по абсолютній величині, особливо для точки L_0 .

Таблиця 4.24

Аналітичний опис узагальнених оціночних функцій корисності горизонтальних норм ешелонування повітряних суден, побудованих для закритих задач прийняття рішень

№ з.п.	Характерна точка оціночної функції корисності	Статистичні показники					
		\bar{L}_i	D_{L_i}	σ_{L_i}	AS_{L_i}	Ex_{L_i}	$v_{L_i}, \%$
1	L_-	4,78	9,54	3,09	1,06	3,79	33,6
2	L_0	9,55	7,72	2,78	-0,14	4,69	29,52
3	L^*	12,57	12,21	3,49	-0,61	3,76	28,21

Вкажемо, що різкий стрибок негативної бажаності відстані між керованими ПС спостерігається для ситуації, коли ця дистанція дещо менше чверті (23,9%) від нормованої. Перехід негативної бажаності в позитивну виявлений для відстані між ПС, яка менше 47,75% від нормованої, а РД відповідає дистанції, не менше 62,85%. Отже, можна зробити висновок, що ДОПР вважають, що біля третини загальної НЕПС – це «перестраховка» її розробників, введена для забезпечення належного рівня БП при виникненні конфліктних ситуацій в зоні відповідальності. Проте, чи дійсно

вони в змозі у такому разі попередити перехід конфліктної ситуації в АП або хоч би СІ, можна перевірити тільки під час ТП.

Для виявлення закономірностей в прояві РД ДОПР при зміні НЕПС, розглянемо відповідні статистичні показники характерних точок ОФК, побудованих тими ж ДОПР для НЕПС $L = 10$ km, встановленої для зони відповідальності АРР ТМА (табл. 4.25). Для зручності порівняльного аналізу результати обчислень співвіднесені в табл. 4.25 з раніше розглянутими даними для зони відповідальності АСС АРР ($L = 20$ km) [235; 292].

Таблиця 4.25

Порівняльні результати статистичної обробки показників характерних точок оціночних функцій корисності, побудованих для відкритих задач прийняття рішень (континуум норми ешелонування $L = 20$ km і $L = 10$ km)

Характерна точка	Статистичні показники											
	\bar{L}_i		D_{L_i}		σ_{L_i}		AS_{L_i}		Ex_{L_i}		$v_{L_i}, \%$	
	для норми ешелонування											
	$L=20$ km	$L=10$ km	$L=20$ km	$L=10$ km	$L=20$ km	$L=10$ km	$L=20$ km	$L=10$ km	$L=20$ km	$L=10$ km	$L=20$ km	$L=10$ km
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L_-	4,78	4,44	9,54	1,68	3,09	1,29	1,06	0,01	3,79	2,35	34,6	29,1
L_0	9,55	5,84	7,72	1,81	2,78	1,35	-0,14	0,33	4,69	3,80	29,1	23,1
L^*	12,57	8,40	12,21	2,12	3,49	1,46	-0,61	-0,56	3,76	2,67	27,8	17,4

Як можна побачити з графі 3 табл. 4.25, середній рівень переходу негативного сприйняття корисності (бажаності) відстані між ПС в позитивне майже складає 58,4% від протяжності досліджуваної НЕПС $L = 10$ km. Що в цілому відповідає також критеріям ІСАО в частині, що стосується, небезпечного зближення ПС [122; 287; 397].

Результати обчислень підтверджують високий рівень узгодженості думок випробовуваних експертів-ДОПР, про що свідчать малі значення

коефіцієнтів варіації і низькі значення асиметрії. Значення ексцесу для характерної точки L_0 свідчать про гостровершинність розподілу думок. Для РД (L^*) розподіл значень майже нормальний, а для характерної точки L_- – має проміжне значення між нормальним і плосковершинним.

Середнє значення РД становить 84% від досліджуваної НЕПС $L = 10$ km. Таким чином, ДОПР, виходячи з СО індивідуальних ЗУПН, тим самим висловлюють думку про можливість за-

безпечення належного рівня БП при погіршенні повітряної обстановки.

Порівнюючи результати обчислень, представлених в табл. 4.25, слід виділити статистичні оцінки, які відповідають характерній точці L_- , адже на думку випробовуваних ДОПР саме вона відповідає ситуації в повітряному просторі, коли запобігти АП практично неможливо. Причому, як можна побачити, хоча досліджувані НЕПС відрізняються відстанями між ПС удвічі, статистичні показники середніх значень \bar{L}_- є дуже близькими по величині.

Щоби остаточно перекоонатися остаточно в цій близькості або навіть адекватності, застосуємо відому статистичну процедуру порівняння середніх [140; 240], яка вже розглядалася нами у підрозділі 4.2.

Отже, якщо виконується умова:

$$\left| \bar{L}_{-20\text{ km}} - \bar{L}_{-10\text{ km}} \right| < t_{1-\alpha, f} \sqrt{D(L_-) \left(\frac{1}{N_{L_- = 20\text{ km}}} + \frac{1}{N_{L_- = 10\text{ km}}} \right)} \quad (4.31)$$

то різниця між середніми значеннями є статистично-невірогідною і мова йде по однаковій за чисельними значеннями показників.

В формулі (4.31) прийняті такі позначення:

$N_{L_- = 20\text{ km}}, N_{L_- = 10\text{ km}}$ – кількість ДОПР, що взяли участь в дослідженнях. У нашому випадку $N_{L_- = 20\text{ km}} = N_{L_- = 10\text{ km}} = 70$;

$\alpha = 1\%$ – прийнятий рівень значущості;

$t_{1-\alpha, f}$ – випадкова змінна, що підкоряється розподілу Стюдента з $f = (N_{L_- = 20\text{ km}} + N_{L_- = 10\text{ km}}) - 2$ ступенями свободи на прийнятому рівні значущості. У відповідності з [240]: $t_{1-\alpha, f} = t_{99\%; 138} = 2,609$;

$D(L_-)$ – середньо зважена дисперсія, що визначається виразом:

$$D(L_-) = \frac{(N-1)D(L_- = 20\text{ km}) + (N-1)D(L_- = 10\text{ km})}{N+N-2} \quad (4.32)$$

Здійснивши нескладні математичні перетворення формул (4.29), (4.30) отримуємо та-

кий вираз для розрахунків та результати його застосування:

$$\left| \bar{L}_{-20\text{ km}} - \bar{L}_{-10\text{ km}} \right| < t_{1-\alpha, f} \sqrt{\frac{D(L_-^{20\text{ km}}) + D(L_-^{10\text{ km}})}{N}} \Leftrightarrow \Leftrightarrow |4,78 - 4,44| < 2,609 \sqrt{\frac{9,54 + 1,68}{70}} \Rightarrow |0,34| < 1,04. \quad (4.33)$$

Отже, можна зробити висновок про виявлення такої закономірності: випробовувані ДОПР встановили «межу неповернення», визначивши відстань між ПС, коли запобігти катастрофічним наслідкам фактично неможливо. Причому ця «межа» не залежить від норми ешелонування і складає величину, меншу 5 км.

З табл. 4.25 витікає, що перехід негативного сприйняття корисності відстані між ПС в позитивне відбувається, коли ця відстань дещо більше половини НЕПС. РД випробовуваних професійних ДОПР складає:

– на континуумі 20 км – $L_{20\text{ km}}^* = 62,85\%$;

– на континуумі 10 км – $L_{20\text{ km}}^* = 84\%$.

Для порівняльного аналізу РД САД і професійних ДОПР зведемо відповідні статистичні показники характерних точок L_-, L_0, L^* ОФК, що були побудовані для відкритих ЗПР, у табл. 4.26.

4.4. Виявлення закономірностей нечіткого ставлення студентів – авіадиспетчерів до небезпеки порушення норм ешелонування

Враховуючи результати досліджень підрозділу 3.5, нами були здійснені заходи з побудови нечітких моделей кваліметрії РН в умовах порушення НЕПС [14; 57; 58; 64; 326; 340; 366; 381; 383; 528-530]. Ще раз зазначимо, що наша пильна увага питанням саме нечіткої кваліметрії ЛЧ в процесах ПР пов'язана з наступним:

1) недостатнім обґрунтуванням ІСАО відповідних моделей кваліметрії РН і РЧ небезпечних подій (див. підрозділ 1.4);

Таблиця 4.26

Порівняльний аналіз статистичних показників характерних точок оціночної функції корисності, побудованої для відкритої задачі прийняття рішень

№ з.п.	Характерні точки оціночної функції корисності	НЕПС	Показники, встановлені для					
			студентів-авіадиспетчерів			професійних авіадиспетчерів		
			\bar{L}_i	D_i	N_i	\bar{L}_i	D_i	N_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	L_-	$L = 20\text{ km}$	5,87	7,73	127	4,78	9,54	70
		$L = 10\text{ km}$	4,75	2,44	127	4,44	1,68	70
2	L_0	$L = 20\text{ km}$	12,08	15,52	127	9,55	7,72	70
		$L = 10\text{ km}$	6,20	3,95	127	5,84	1,81	70
3	L^*	$L = 20\text{ km}$	14,26	27,36	127	12,57	12,21	70
		$L = 10\text{ km}$	7,47	4,93	127	8,40	2,12	70

2) професійна діяльність ДОПР, що розглядається, являє собою безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явних і неявних формах під впливом різноманітних чинників, особливо ризиків стохастичного і нестохастичного характеру;

3) мисленню АО не властиві «чорно-білі» категорії прийнятності / неприйнятності показників і характеристик професійної діяльності, у тому числі їх кваліметричних оцінок, тому відповідне сприйняття відбувається повільним переходом від «прийнятності» до «неприйнятності» з застосуванням саме нечітких ЛЗ.

Враховуючи суттєвішу роль когнітивних чинників в процесах ПР ДОПР, були проведені відповідні дослідження, до яких були залучені ті самі САД, які вже приймали участь в експериментах з встановлення ОДПР і РД в умовах порушення НЕПС. Користуючись модифікованою нами шкалою Купера–Харпера (рис. 3.19), випробувані САД відповідно до обґрунтованої нами шкали (3.61) нечіткої (лінгвістичної) кваліметрії РН загроз порушення НЕПС мали експлікувати на ній своє ставлення до відповідного ризику. Рисунок 4.24 ілюструє це ставлення САД_Н до РН порушень НЕПС $S=10$ км, встановленої ІСАО для польотів ПС, що прямують одним маршрутом на одному ешелоні у диспетчерському районі АС ТМА із використанням АС УПР [122; 265; 399], яка відповідає у табл. 4.4 НЕПС № 2.

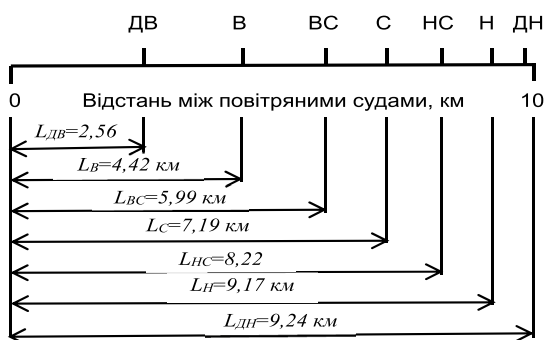


Рис. 4.24. Приклад застосування студентом N методики виявлення рівня небезпеки як точки на континуумі норми ешелонування

З рис. 4.24 видно, що отримана наведеним чином експертна інформація чітко відповідає процедурам застосування «матриці підказок» (підрозділ 3.5), що дозволяє будувати ФН з гладкими спадаючими фронтами. І оскільки завдання досліджень полягало не у встановленні випробуваними чіткого співвідношення «відстань – терм», а лише у визначенні тенденції у думках щодо небезпеки порушення НЕПС, то похибка вимірів РН складає усього 100 м, яка є нерозрізною в уяві САД під час безпосереднього УПР. Отримана наведеним чином експертна інформація формувалася у

спеціальну матрицю (табл. 4.27), яка будується на кшталт табл. 3.2.

Застосовуючи до даних табл. 4.27 формули (3.64) – (3.69), було отримано значення ФН (табл. 4.28), по яких й будувалися відповідні кваліметричні моделі РН порушення досліджуваної НЕПС (рис. 4.25 а). Як бачимо з нечіткої моделі кваліметрії РН, що ілюструє рис. 4.25 а), усі точки А–F перетину ФН сусідніх термів досліджуваної ЛЗ «РН» більші за «точку переходу»:

$$\mu_A(L = 3,1 \text{ км}) = 0,60 > 0,5;$$

$$\mu_B(L = 4,8 \text{ км}) = 0,75 > 0,5;$$

$$\mu_C(L = 6,3 \text{ км}) = 0,93 > 0,5;$$

$$\mu_D(L = 7,7 \text{ км}) = 0,98 > 0,5;$$

$$\mu_E(L = 8,6 \text{ км}) = 0,90 > 0,5;$$

$$\mu_F(L = 9,7 \text{ км}) = 0,74 > 0,5.$$

Отже, відповідні інтервали між цими точками, встановлені на континуумі НЕПС $L=10$ км, «скоріше належать» відповідному терму нечіткої шкали (3.61) кваліметрії РН. Тому, виходячи з наведеного, уявляється можливим провести комплексну кількісно-якісну кваліметрію РН порушення НЕПС (табл. 4.22 а).

Застосовуючи далі формулу (3.72), потрібну для здійснення нечіткої операції «об'єднання», отримані результати були перетворені відповідно до шкали РН ІСАО (1.1), що ілюструють рис. 4.25 б) та табл. 4.29 б). Якщо ввести відносний показник РН порушення НЕПС

$$\dot{R}_{РН} = \frac{L-L_{НЕПС}}{L_{НЕПС}} \quad (4.34)$$

то можна перекопати, що в уяві САД катастрофічний РН відповідає значенню введеного показника $\dot{R} = 0,52$, а мізерне його значення складає величину у 3,7 разів меншу: $\dot{R}_M = 0,14$.

Незначний РН, який теж є припустимим відповідно до вимог ІСАО (див. у підрозділі 1.4 критерії вирішення «трикутника ризиків»), має дорівнювати: $\dot{R}_{НЗ} \leq 0,23$.

За аналогією нами були побудовані і опрацьовані нечіткі моделі кваліметрії РН порушень усього спектру НЕПС, встановлених ІСАО для польотів ПС, що виконуються у горизонтальній площині (табл. 4.4). Відповідні результати подані у табл. 4.30.

З аналізу поданих у табл. 4.30 результатів нечіткої кваліметрії ставлення САД до порушень НЕПС у горизонтальній площині можна вказати на наступні закономірності.

1) для перших трьох НЕПС ($L = 8$ км, $L = 10$ км, $L = 12$ км) майже ідентичні абсолютні показники катастрофічного РН, а для останніх трьох ($L = 12$ км, $L = 20$ км, $L = 30$ км) – майже ідентичні відносні показники РН.

Таблиця 4.27

Початкова організація експертної інформації у матрицю рішень

Рівень небезпеки	Інтервали континууму норми ешелонування $L = 10 \text{ km}$									
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\tilde{R}_{ДВ}$	122	113	79	29	15	9	5	2	1	0
\tilde{R}_B	9	14	43	76	51	23	14	5	2	1
\tilde{R}_{BC}	0	4	5	18	46	55	35	16	8	3
\tilde{R}_C	0	0	4	8	15	36	39	42	27	18
\tilde{R}_{HC}	0	0	0	0	3	5	28	32	26	22
\tilde{R}_H	0	0	0	0	0	2	8	29	44	23
$\tilde{R}_{ДН}$	0	0	0	0	1	1	2	5	23	64

Таблиця 4.28

Значення функцій належності лінгвістичної змінної «рівень небезпеки» для умов порушень норми ешелонування повітряних суден $L = 10 \text{ km}$

\tilde{R}_i	Інтервали континууму норми ешелонування $L = 10 \text{ km}$									
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
$\tilde{R}_{ДВ}$	1	0,93	0,65	0,24	0,12	0,07	0,04	0,016	0,01	0
\tilde{R}_B	0,12	0,18	0,57	1	0,67	0,30	0,18	0,07	0,03	0,01
\tilde{R}_{BC}	0	0,07	0,09	0,33	0,84	1	0,64	0,29	0,15	0,05
\tilde{R}_C	0	0	0,09	0,19	0,36	0,85	1	0,94	0,64	0,43
\tilde{R}_{HC}	0	0	0	0	0,09	0,16	0,88	1	0,81	0,69
\tilde{R}_H	0	0	0	0	0	0,05	0,18	0,66	1	0,52
$\tilde{R}_{ДН}$	0	0	0	0	0,02	0,06	0,03	0,08	0,36	1

Таблиця 4.29

Нечітка кваліметрія ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпеки порушення норми ешелонування повітряних суден $L = 10 \text{ km}$

а)		б)	
Рівень небезпеки відповідно до пропонованої шкали	Відстань між повітряними судами, км	Рівень небезпеки відповідно до шкали ІСАО	Відстань між повітряними судами, км
1	2	3	4
$\tilde{R}_{ДВ}$	$0 < L \leq 3,1$	\tilde{R}_K	$0 < L \leq 4,8$
\tilde{R}_B	$3,1 < L \leq 4,8$		
\tilde{R}_{BC}	$4,8 < L \leq 6,3$	\tilde{R}_{HB}	$4,8 < L \leq 6,3$
\tilde{R}_C	$6,3 < L \leq 7,7$	\tilde{R}_C	$6,3 < L \leq 7,7$
\tilde{R}_{HC}	$7,7 < L \leq 8,6$	\tilde{R}_{H3}	$7,7 < L \leq 8,6$
\tilde{R}_H	$8,6 < L \leq 9,7$	\tilde{R}_M	$L < 8,6$
$\tilde{R}_{ДН}$	$L < 9,7$		

2) відносні показники катастрофічного РН \tilde{R}_K фактично співпадають з показником \tilde{L}_- (табл. 4.19), який відповідає негативному стрибку в уяві САД щодо сприйняття корисності відстані між ПС ($\tilde{R}_K = 0,47 \approx \tilde{L}_- = 0,46$), коли забезпечити належний рівень БП неможливо. Це свідчить як про високу кореляцію експериментальних даних, отриманих різними методами, так і про стабільність ставлення випробуваних до оцінювання РН під час порушень НЕПС.

3) абсолютні значення нижньої границі переходу рівня «незначного» ризику у «суттєвий» близькі для другої і третьої НЕПС ($L=10 \text{ km}$) відносні показники.

Таким чином, виходячи з отриманих, поданих і проаналізованих нових наукових результатів, завдання нечіткої кваліметрії ставлення САД до порушень НЕПС слід вважати вирішеним.

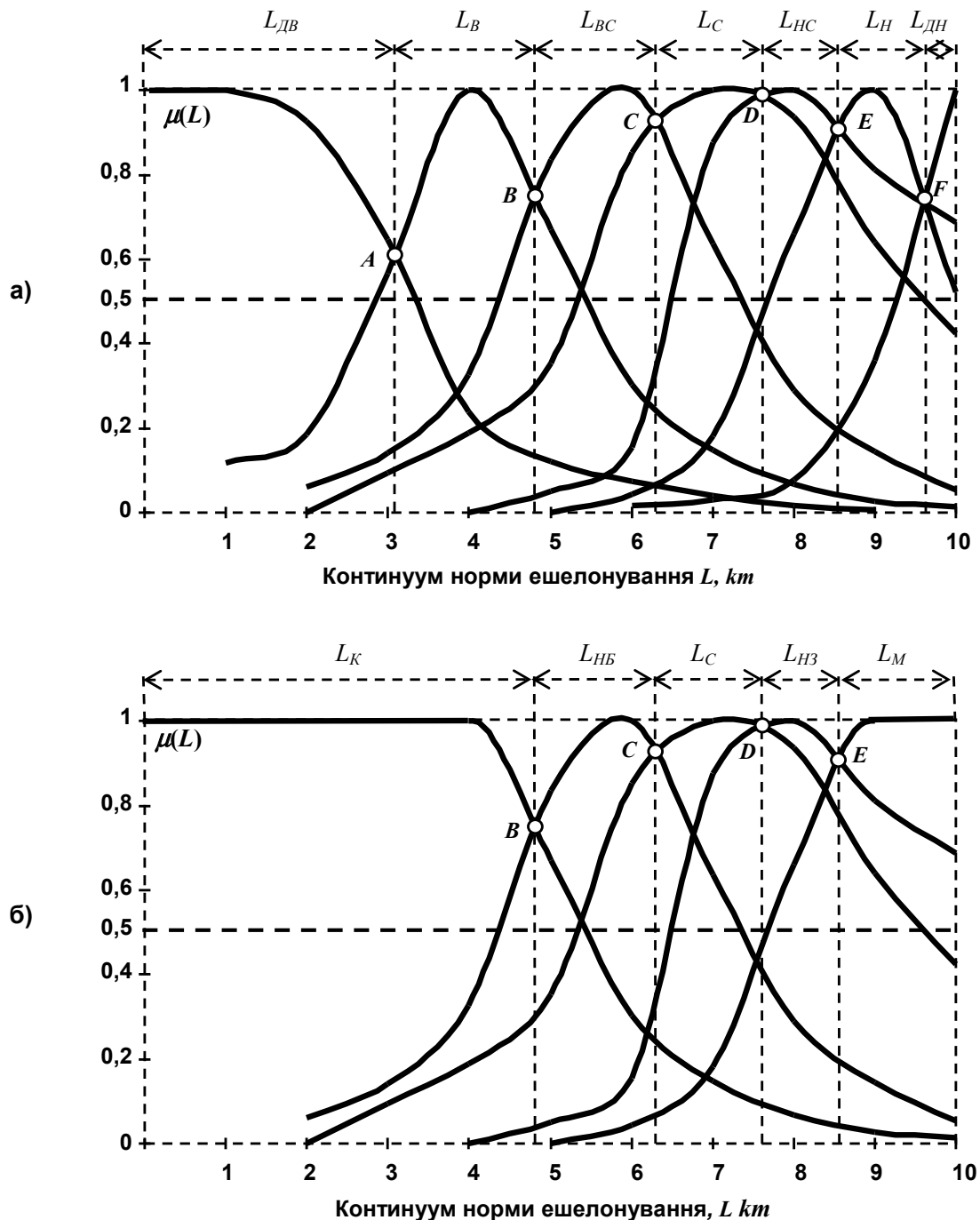


Рис. 4.25. Приклад нечіткої емпіричної моделі кваліметрії ставлення студентів-авіадиспетчерів до порушень норми ешелонування повітряних суден $L=10 km$: а) – для пропонованої лінгвістичної шкали «рівень небезпеки»; б) – відповідно до шкали «рівень небезпеки», рекомендованої ICAO

4.5 Ентропійні показники ступеня уявлення небезпеки порушень норм ешелонування повітряних суден

Досліджуючи стохастичні і нестохастичні кваліметричні моделі ПР САД з позицій ставлення до порушень НЕПС, слід привернути увагу на

необхідність встановлення міри розпізнавання ними відповідної небезпеки. З аналізу досвіду досліджень [153; 154; 179; 241; 248-250; 430; 469; 474 та ін.] витікає можливість застосування з зазначеною метою показників ентропії. Як відомо, ентропія будь-якої системи вимірює ступінь неупорядкованості компонентів системи щодо імовірності стану.

Показники рівнів небезпеки порушення норми ешелонування повітряних суден у горизонтальній площині

а)		б)		
Рівень небезпеки: пропонувана шкала	Відстань між літаками, км	Рівень небезпеки: шкала ІСАО	Відстань між літаками, км	Відносний показник небезпеки, \dot{R}
1	2	3	4	5
Норма ешелонування $L = 8 \text{ km}$				
$\tilde{R}_{ДВ}$	$0 < L \leq 2,38$	\tilde{R}_K	$0 < L \leq 4,27$	$\dot{R}_K > 0,47$
\tilde{R}_B	$2,38 < L \leq 4,27$			
\tilde{R}_{BC}	$4,27 < L \leq 5,31$	\tilde{R}_{HB}	$4,27 < L \leq 5,31$	$0,37 \leq \dot{R}_{HB} < 0,47$
\tilde{R}_C	$5,31 < L \leq 5,95$	\tilde{R}_C	$5,31 < L \leq 5,95$	$0,26 \leq \dot{R}_C < 0,37$
\tilde{R}_{HC}	$5,95 < L \leq 6,72$	\tilde{R}_{H3}	$5,95 < L \leq 6,72$	$0,16 \leq \dot{R}_{H3} < 0,26$
\tilde{R}_H	$6,72 < L \leq 6,79$	\tilde{R}_M	$L > 6,72$	$\dot{R}_M < 0,16$
\tilde{R}_{DH}	$L > 6,79$			
Норма ешелонування $L = 10 \text{ km}$				
$\tilde{R}_{ДВ}$	$0 < L \leq 3,1$	\tilde{R}_K	$0 < L \leq 4,8$	$\dot{R}_K > 0,52$
\tilde{R}_B	$3,1 < L \leq 4,8$			
\tilde{R}_{BC}	$4,8 < L \leq 6,3$	\tilde{R}_{HB}	$4,8 < L \leq 6,3$	$0,37 \leq \dot{R}_{HB} < 0,52$
\tilde{R}_C	$6,3 < L \leq 7,7$	\tilde{R}_C	$6,3 < L \leq 7,7$	$0,23 \leq \dot{R}_C < 0,37$
\tilde{R}_{HC}	$7,7 < L \leq 8,6$	\tilde{R}_{H3}	$7,7 < L \leq 8,6$	$0,14 \leq \dot{R}_{H3} < 0,23$
\tilde{R}_H	$8,6 < L \leq 9,7$	\tilde{R}_M	$L > 8,6$	$\dot{R}_M < 0,14$
\tilde{R}_{DH}	$L > 9,7$			
Норма ешелонування $L = 12 \text{ km}$				
$\tilde{R}_{ДВ}$	$0 < L \leq 2,65$	\tilde{R}_K	$0 < L \leq 4,21$	$\dot{R}_K > 0,65$
\tilde{R}_B	$2,65 < L \leq 4,21$			
\tilde{R}_{BC}	$4,21 < L \leq 6,26$	\tilde{R}_{HB}	$4,21 < L \leq 6,26$	$0,48 \leq \dot{R}_{HB} < 0,65$
\tilde{R}_C	$6,26 < L \leq 7,73$	\tilde{R}_C	$6,26 < L \leq 7,73$	$0,36 \leq \dot{R}_C < 0,48$
\tilde{R}_{HC}	$7,73 < L \leq 9,11$	\tilde{R}_{H3}	$7,73 < L \leq 9,11$	$0,24 \leq \dot{R}_{H3} < 0,36$
\tilde{R}_H	$9,11 < L \leq 10,84$	\tilde{R}_M	$L > 9,11$	$\dot{R}_M < 0,24$
\tilde{R}_{DH}	$L > 10,84$			
Норма ешелонування $L = 20 \text{ km}$				
$\tilde{R}_{ДВ}$	$0 < L \leq 2,2$	\tilde{R}_K	$0 < L \leq 8$	$\dot{R}_K > 0,6$
\tilde{R}_B	$2,2 < L \leq 8$			
\tilde{R}_{BC}	$8 < L \leq 12$	\tilde{R}_{HB}	$8 < L \leq 12$	$0,4 \leq \dot{R}_{HB} < 0,6$
\tilde{R}_C	$12 < L \leq 14,6$	\tilde{R}_C	$12 < L \leq 14,6$	$0,27 \leq \dot{R}_C < 0,4$
\tilde{R}_{HC}	$14,6 < L \leq 17,8$	\tilde{R}_{H3}	$14,6 < L \leq 17,8$	$0,11 \leq \dot{R}_{H3} < 0,27$
\tilde{R}_H	$17,8 < L \leq 19,2$	\tilde{R}_M	$L > 17,8$	$\dot{R}_M < 0,11$
\tilde{R}_{DH}	$L > 19,2$			
Норма ешелонування $L = 30 \text{ km}$				
$\tilde{R}_{ДВ}$	$0 < L \leq 5,14$	\tilde{R}_K	$0 < L \leq 11,1$	$\dot{R}_K > 0,63$
\tilde{R}_B	$5,14 < L \leq 11,1$			
\tilde{R}_{BC}	$11,1 < L \leq 16,03$	\tilde{R}_{HB}	$11,1 < L \leq 16,03$	$0,47 \leq \dot{R}_{HB} < 0,63$
\tilde{R}_C	$16,03 < L \leq 21,37$	\tilde{R}_C	$16,03 < L \leq 21,37$	$0,29 \leq \dot{R}_C < 0,47$
\tilde{R}_{HC}	$21,37 < L \leq 24,45$	\tilde{R}_{H3}	$21,37 < L \leq 24,45$	$0,19 \leq \dot{R}_{H3} < 0,29$
\tilde{R}_H	$24,45 < L \leq 28,56$	\tilde{R}_M	$L > 24,45$	$\dot{R}_M < 0,19$
\tilde{R}_{DH}	$L > 28,56$			

Якщо розглядати N станів E_1, E_2, \dots, E_N деякої системи, з якими пов'язана відповідна імовірність p_1, p_2, \dots, p_N , то тоді ентропія системи визначається так:

$$H(p_1, p_2, \dots, p_N) = -\sum_{i=1}^N p_i \ln p_i \quad (4.35)$$

Нескладно довести, що: $H = 0$, тобто ентропія системи мінімальна, якщо:

$$\forall \begin{cases} p_r = 1 \\ r \in \{1, 2, \dots, N\}: p_i = 0 \\ i \neq r \end{cases} \quad (4.36)$$

З іншого боку, якщо $P = 1$, то ентропія системи максимальна за умови:

Якщо застосувати відому формулу

$$p_1 = p_2 = \dots = p_N = \frac{1}{N} \quad (4.37)$$

$$H(p_1, p_2, \dots, p_N) = -\frac{1}{\ln N} \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i \quad (4.38)$$

то ентропія буде змінюватися у нормованому добро інтерпретованому інтервалі $[0, 1]$, тобто:

$$H_{\min} = 0; \quad H_{\max} = 1 \quad (4.39)$$

Вирази (4.35) – (4.39) були застосовані нами для визначення ентропії думок випробуваних САД під час кваліметрії їх ставлення до порушень НЕПС в процесі розв'язання закритих ЗПР, з яких виявляється ОДПР в умовах ризику, та відкритих ЗПР, з яких встановлюються їх РД на континуумах зазначених норм (табл. 4.31).

Розглянемо отримані результати. Отже, застосовуючи полігони частот РД (див. рис. 4.19-4.23) та вищенаведені формули, нескладно встановити ентропійні показники РД як проактивних СО студентів бажаних умов УПР (табл. 4.31). Як бачимо з табл. 4.31, усереднений показник ентропії розпізнавання РД складає величину 0,46 (0,45 – для більш «обережного» середнє геометричного) для усього спектру досліджуваних НЕПС. При цьому спостерігається закономірність (для наочності відповідні клітинки у табл. 4.31 виділені заливкою): спостерігається збільшення ентропії по мірі збільшення протяжності відстані між ПС, що пояснюється збільшенням часових резервів, які має у своєму розпорядженні ДОПР для виконання операцій з розв'язання ПКС, а отже, і певною невизначеністю.

Однак, досліджуючи ОДПР та РД САД ми привертати особливу увагу до характерних показників ОФК, що будувалися нами по обмеженій кількості точок для закритих ЗПР (тобто йдеться про ДЕЛ $L_{0,25}, L_{0,5}, L_{0,75}$) і по формально необмеженій кількості точок для відкритих ЗПР (L_{-}, L_{0}, L^{*}). Для зазначених точок відповідно

до формули (4.19) були обчислені показники ентропії їх розрізнення / не розрізнення САД на досліджуваних континуумах НЕПС (табл. 4.32).

Таблиця 4.31

Показники ентропії встановлення студентами-авіадиспетчерами рівнів домагань на континуумі норм ешелонування повітряних суден

№ норми ешелонування	Відстань між повітряними судами	Показник ентропії
1	2	3
1	$L = 8 \text{ km}$	0,35
2	$L = 10 \text{ km}$	0,40
3		0,41
4		0,41
5		0,39
Середнє по нормі		0,40
Середнє геометричне по відстані		0,40
6	$L = 12 \text{ km}$	0,44
7	$L = 20 \text{ km}$	0,53
8		0,50
9		0,53
10		0,55
Середнє по нормі		0,53
Середнє геометричне по відстані		0,53
11	$L = 30 \text{ km}$	0,58
Середнє по спектру норм		0,46
Середнє геометричне по спектру норм		0,45

Як бачимо, ступінь невизначеності думок зменшується по мірі збільшення привабливості ДЕЛ, які випробувані знаходять для побудови ОФК в закритих ЗПР (рис. 4.1, 4.4, 4.15). Така ж тенденція спостерігається і для ентропії визначення характерних точок ОФК, що будуються для відкритих ЗПР. Інтегративні показники ентропії в обох випадках близькі, однак є дещо більшими для процедур встановлення РД, оскільки йдеться про розв'язання саме відкритих ЗПР.

Розглядаючи нечіткі моделі ПР, виду, поданого на рис. 4.18, уявляється можливим виявити нечітку міру розпізнавання випробуваними САД РН на континуумах досліджених НЕПС. А саме. З аналізу праць [153; 154; 179; 241; 248; 430; 474; 539 та ін.] витікає різноманітність відповідних нечітких мір. Оглядаючи їх спектр, вважаємо доцільним орієнтуватися все ж на нечітку ентропію, оскільки її вимірність для оцінки як ефективності шкали відповідності ЛТХ тренажера і літака початкового навчання, так і ефективності шкали оцінки точності пілотування доведено у працях [339; 474].

Таблиця 4.32

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
1	2	3
Закрита: 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: 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

Застосування нечіткої ентропії для встановлення міри розпізнавання РН порушення НЕПС знайшло розвиток в дослідження і діяльності професійних ДОПР [250], і САД [57].

Розглянемо загальні рекомендації щодо застосування поняття нечіткої ентропії деякої підмножини. Спираючись на значення ФН кожного терму ЛЗ «РН», що утворює цю нечітку підмножину, вводиться такий показник [179]:

$$\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) = \frac{\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)}{\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)} \quad (4.40)$$

де $\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)$ – значення ФН j -го терму ЛЗ «РН» шкали (3.59), встановлене для i -го інтервалу НЕПС;

N_j – кількість значень ФН j -го терму ЛЗ «РН», отримані в процесі досліджень.

Тоді загальну формулу обчислень ентропії кожної нечіткої (лінгвістичної) оцінки шкали (3.61), можна подати у такому виді:

$$H(\pi_{\tilde{R}_1}(\Delta L_1), \pi_{\tilde{R}_2}(\Delta L_2), \dots, \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_{N_j})) = -\frac{1}{\ln N} \sum_{i=1}^{N_j} [\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)] = \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \right) \cdot \left(\ln \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \right) - \sum_{i=1}^{N_j} \left(\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \ln \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i) \right) \right]}{\ln N \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)} \quad (4.41)$$

Задля зручності застосування формул (4.40), (4.41) під час здійснення відповідних перетворень результатів досліджень і обчислення нечіткої ентропії розпізнавання випробуваними САД РН порушень НЕПС переформатуємо дані табл. 4.28 до виду табл. 4.33.

Обчислення знаменника виразу (4.40) тривіальні і подані у останньому рядку табл. 4.33. Розглянемо для прикладу знаходження показників (4.40) кожного значення ФН терму «дуже низький РН» ($\tilde{R}_{ДН}$).

З табл. 4.33 встановлюємо, що ФН досліджуваного терму має шість значень ($N_{ДН} = 6$). Тоді за формулою (4.40), нескладно провести такі обчислення:

$$\pi_{\tilde{R}_{ДН}}(\Delta L_5) = \frac{0,02}{1,55} = 0,01;$$

$$\pi_{\tilde{R}_{ДН}}(\Delta L_6) = \frac{0,03}{1,55} = 0,02;$$

$$\pi_{\tilde{R}_{ДН}}(\Delta L_7) = \frac{0,06}{1,55} = 0,04;$$

$$\pi_{\tilde{R}_{ДН}}(\Delta L_8) = \frac{0,08}{1,55} = 0,05;$$

$$\pi_{\tilde{R}_{ДН}}(\Delta L_9) = \frac{0,36}{1,55} = 0,23;$$

$$\pi_{\tilde{R}_{ДН}}(\Delta L_{10}) = \frac{1}{1,55} = 0,65.$$

За аналогією обчислені показники $\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)$ для усіх значень ФН ЛЗ «РН», знайдених під час досліджень порушень НЕПС $L = 10 \text{ km}$ (табл. 4.33). Далі за допомогою виразу (4.41) розглянемо процедуру знаходження інтегративного показника нечіткої ентропії $H(\tilde{R}_j)$ для терму «дуже великий РН» шкали (3.61):

$$H(\pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_i)) = -\frac{1}{\ln N_{ДВ}} \sum_{j=1}^{N_{ДВ}=9} \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_j) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_j) = \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_1) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_1) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_2) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_2) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_3) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_3) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_4) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_4) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_5) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_5) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_6) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_6) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_7) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_7) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_8) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_8) + \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_9) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_9)$$

$$\begin{aligned}
& +\pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_6) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_6) & +\pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_8) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_8) + \\
& +\pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_7) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta L_7) + & +\pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta S_9) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_{ДВ}}(\Delta S_9) = 0,72
\end{aligned}$$

Таблиця 4.33

Приклад формування матриці значень функцій належності лінгвістичної змінної «рівень небезпеки» для обчислень нечіткої ентропії розпізнавання небезпек порушень норми ешелонування повітряних суден $L = 10$ km

Інтервали континууму норми $L = 10$ km	Значення функцій належності $\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)$ термів						
	$\tilde{R}_{ДВ}$	\tilde{R}_B	\tilde{R}_{BC}	\tilde{R}_C	\tilde{R}_{HC}	\tilde{R}_H	$\tilde{R}_{ДН}$
1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta L_i = 0 \div 1$ km	1	0,12	0	0	0	0	0
$\Delta L_i = 1 \div 2$ km	0,93	0,18	0,07	0	0	0	0
$\Delta L_i = 2 \div 3$ km	0,65	0,57	0,09	0,09	0	0	0
$\Delta L_i = 3 \div 4$ km	0,24	1	0,33	0,19	0	0	0
$\Delta L_i = 4 \div 5$ km	0,12	0,67	0,84	0,36	0,09	0	0,02
$\Delta L_i = 5 \div 6$ km	0,07	0,30	1	0,85	0,16	0,05	0,03
$\Delta L_i = 6 \div 7$ km	0,04	0,18	0,64	1	0,88	0,18	0,06
$\Delta L_i = 7 \div 8$ km	0,016	0,07	0,29	0,94	1	0,66	0,08
$\Delta L_i = 8 \div 9$ km	0,01	0,03	0,15	0,64	0,81	1	0,36
$\Delta L_i = 9 \div 10$ km	0	0,01	0,05	0,43	0,69	0,52	1
$\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)$	3,08	3,13	3,46	4,5	3,63	2,41	1,55

Аналогічно знайдені і подані у останньому рядку табл. 4.34 усі показники нечіткої ентропії оцінок ТМ ЛЗ «РН» порушення НЕПС $L = 10$ km.

Таким чином, таблиця 4.35 ілюструє результати досліджень зі встановлення нечіткої міри розпізнавання САД відповідних РН по усьому спектру досліджуваних НЕПС [57].

Отже, усереднений показник нечіткої ентропії розпізнавання РН порушень НЕПС по усьому їх спектру і для усіх нечітких лінгвістичних оцінок РН складає величину 0,83, причому виявлено пряму залежність зазначеної ентропії

від протяжності норми (виділено заливкою у табл. 4.35).

Найменш невизначеними в уяві САД (найбільш помітними) є оцінки «середнього РН (\tilde{R}_C)», про що свідчать незвичайно високі показники ентропії: $\bar{H}(\tilde{R}_C) = 0,93$.

Найбільш обізнаними виявилися випробувані є на граничних термах лінгвістичної шкали (3.61), оскільки їм відповідають найменші показники ентропії:

$$\bar{H}_{\min}(\tilde{R}_{ДВ}) = 0,7, \quad \bar{H}_{\min}(\tilde{R}_{ДН}) = 0,67.$$

Таблиця 4.34

Приклад переформатування матриці значень функції належності для обчислень нечіткої ентропії

Інтервали континууму норми $L = 10$ km	Значення $\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_i)$ термів						
	$\tilde{R}_{ДВ}$	\tilde{R}_B	\tilde{R}_{BC}	\tilde{R}_C	\tilde{R}_{HC}	\tilde{R}_H	$\tilde{R}_{ДН}$
1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta L_i = 0 \div 1$ km	0,32	0,04	–	–	–	–	–
$\Delta L_i = 1 \div 2$ km	0,30	0,05	0,02	–	–	–	–
$\Delta L_i = 2 \div 3$ km	0,21	0,17	0,03	0,02	–	–	–
$\Delta L_i = 3 \div 4$ km	0,08	0,30	0,10	0,04	–	–	–
$\Delta L_i = 4 \div 5$ km	0,04	0,20	0,24	0,08	0,02	–	0,01
$\Delta L_i = 5 \div 6$ km	0,03	0,09	0,29	0,19	0,04	0,02	0,02
$\Delta L_i = 6 \div 7$ km	0,1	0,05	0,18	0,22	0,24	0,07	0,04
$\Delta L_i = 7 \div 8$ km	0,1	0,02	0,08	0,21	0,28	0,27	0,05
$\Delta L_i = 8 \div 9$ km	0,003	0,01	0,04	0,14	0,22	0,41	0,23
$\Delta L_i = 9 \div 10$ km	–	0,003	0,01	0,10	0,19	0,22	0,65
$H(\tilde{R}_j)$	0,72	0,77	0,82	0,90	0,82	0,81	0,57

що дозволяє розглядати зазначені результати з позицій досягнення успіху / запобігання невдач.

Майже однаковими виявилися інтегративні показники ентропії для трьох найгірших (з позицій забезпечення належного рівня БП) термів ($\tilde{R}_{ДВ}, \tilde{R}_B, \tilde{R}_{BC}$) і трьох найкращих термів ($\tilde{R}_{НС}, \tilde{R}_H, \tilde{R}_{ДН}$):

$$\bar{H}(\tilde{R}_{ДВ}, \tilde{R}_B, \tilde{R}_{BC}) = 0,80 \approx \bar{H}(\tilde{R}_{НС}, \tilde{R}_H, \tilde{R}_{ДН}) = 0,82 \quad (4.42)$$

$$\tilde{H}(\tilde{R}_{ДВ}, \tilde{R}_B, \tilde{R}_{BC}) = 0,80 \approx \tilde{H}(\tilde{R}_{НС}, \tilde{R}_H, \tilde{R}_{ДН}) = 0,80 \quad (4.43)$$

де $\bar{H}(\cdot)$, $\tilde{H}(\cdot)$ – відповідно середнє і середнє геометричне значення зазначених лінгвістичних оцінок.

Порівнюючи отримані результати з показниками ентропії встановленими для вирішення закритих і відкритих ЗПР (табл. 4.32), слід констатувати, що побудова нечітких моделей кваліметрії РН порушення НЕПС супроводжується у середньому у 2,5 разів більшою невизначеністю. При цьому нечітка ентропія для найгіршої (з точки зору забезпечення належного рівня БП) лінгвістичної оцінки РН у 1,9 разів більша за усереднені показники $L_{0,25}$ і L_{-} , а для найкращої лінгвістичної оцінки – у 2,3 разів стосовно усередненого показника $L_{0,75}$ і L^* .

Таблиця 4.35

Показники нечіткої міри (ентропії) розпізнавання студентами-авіадиспетчерами небезпек порушення норм ешелонування повітряних суден

№ норми	$L_{НЕПС}$	Показники нечіткої ентропії розпізнавання лінгвістичних оцінок небезпек							Узагальнений показник	
		$\tilde{R}_{ДВ}$	\tilde{R}_B	\tilde{R}_{BC}	\tilde{R}_C	$\tilde{R}_{НС}$	\tilde{R}_H	$\tilde{R}_{ДН}$	Середнє	Середнє геом.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	$L = 8 \text{ km}$	0,65	0,81	0,88	0,97	0,93	0,76	0,58	0,80	0,78
2	$L = 10 \text{ km}$	0,65	0,78	0,82	0,93	0,90	0,85	0,59	0,79	0,78
3		0,67	0,81	0,87	0,93	0,91	0,80	0,55	0,79	0,78
4		0,68	0,80	0,86	0,92	0,87	0,80	0,72	0,81	0,80
5		0,68	0,81	0,80	0,90	0,90	0,84	0,66	0,80	0,79
	Середнє по відстані	0,67	0,8	0,84	0,92	0,90	0,82	0,63	0,80	0,79
	Сер. геометричне по відстані	0,67	0,80	0,84	0,92	0,89	0,82	0,63		
6	$L = 12 \text{ km}$	0,69	0,80	0,87	0,95	0,98	0,90	0,64	0,83	0,82
7	$L = 20 \text{ km}$	0,72	0,87	0,90	0,92	0,89	0,88	0,70	0,84	0,84
8		0,74	0,85	0,88	0,91	0,94	0,91	0,81	0,86	0,86
9		0,73	0,85	0,87	0,92	0,95	0,86	0,66	0,83	0,83
10		0,73	0,89	0,90	0,93	0,93	0,89	0,65	0,85	0,84
	Середнє по відстані	0,73	0,87	0,89	0,92	0,93	0,89	0,71	0,85	0,84
	Сер. геометричне по відстані	0,73	0,86	0,89	0,92	0,93	0,88	0,70		
11	$L = 30 \text{ km}$	0,76	0,89	0,90	0,92	0,90	0,92	0,81	0,87	0,87
	Середнє по спектру норм	0,70	0,83	0,87	0,93	0,92	0,86	0,67	0,83	0,82
	Середнє геом. по спектру норм	0,70	0,83	0,87	0,93	0,92	0,85	0,66		
	Сер. по трьох термах	0,80			0,82			-		
	Сер. геометричне по трьох термах	0,80			0,80					

4.6 Висновки по розділу 4

Узагальнюючи отримані і подані в розділі 4 нові наукові результати з розробки емпіричних моделей кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ шляхом виявлення ставлення САД і професійних

ДОПР до ризику порушення НЕПС, вкажемо на такі найбільш важливі положення.

1. Уточнена методика аналізу ОФК, побудованих для закритих ЗПР і вдосконалений метод визначення НР, по якій встановлюється ОДПР в умовах ризику. Метод на відміну від

загальновідомого уперше орієнтується не на одну характерну точку ОФК, яка відповідає ДЕЛ з корисністю 0,5, а інтегративно ураховує усі п'ять характерних точок L_0 , $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$, L_1 , по яких й будується ОФК континууму НЕПС.

Ефективність пропонованої моделі підтверджується тим, що 17,8% від спочатку встановлених ОДПР були змінені після їх уточнення за допомогою наших рекомендацій.

2. Уперше комплексно дослідженні ОДПР САД, виявлені на усьому спектрі НЕПС, встановлених ІСАО для горизонтальної площини польоту. А саме:

- визначено, що абсолютна більшість (86,3%) випробуваних є неохочими до ризику, що характеризує їх мотивацію на запобігання невдачі, абсолютну меншість (3,9%) складають особи, схильні до ризику, для яких характерна мотивація на досягнення успіху. Помітним є прошарок САД, байдужих до ризику (9,8%);

- статистично обґрунтовано, що САД, незалежно від особливості умов організації ОПР, однаково ставляться до континууму НЕПС $L = 10$ km і $L = 20$ km;

- виявлено закономірність, коли по мірі ускладнення НЕПС (зменшення відстані між керованими літаками) відсоток осіб, схильних до ризику зменшується, а неохочих до ризику, навпаки, збільшується.

3. В професійних ДОПР маємо таке співвідношення осіб, неохочих, байдужих і схильних до ризику у пропорції НСР : БР : СР $\Leftrightarrow 1 : 2,8 : 4$ для НЕПС $L = 20$ km і НСР : БР : СР $\Leftrightarrow 1 : 4,5 : 12$ для НЕПС $L = 10$ km. Отже, на відміну від САД більш важливою визначається ОДПР «схильність до ризику». За умов погіршення умов УПР прошарок осіб, схильних до ризику збільшується.

4. Підтверджено превалювання ДОПР з нелінійною ЮФК: для НЕПС $L = 20$ km їх кількість складає 64,3%, для НЕПС $L = 10$ km – 74,3%.

5. Уперше комплексно дослідженні закономірності прояву РД САД на спектрі континуумів НЕПС, встановлених ІСАО для горизонтальної площини польоту:

- на полігонах частот РД, встановлених на континуумах досліджуваних НЕПС виявлені локальний (53,3-62,5% від норми) і глобальний (100% норми) максимуми. Причому перші з них мають обернений зв'язок з довжиною НЕПС (коефіцієнт кореляції Спірмена дорівнює $R_s = -0,95$). Виявлено, що усі локальні та глобальні пікові точки співпадають на полігонах частот для відстані між ПС $L = 10$ km і $L = 20$ km, незалежно від особливості організації ОПР, що підтверджує попередній висновок щодо нерозрізненості САД складності дотримання зазначених норм, сформульований в результаті дослідження ОДПР;

- виявлено, що введений нами показник відносного РД не менше 70% від усіх дослі-

джуваних НЕПС. Приблизно $\frac{3}{4}$ від норми цей показник складає для найменших відстаней серед досліджуваних норм ($L = 8$ km і $L = 10$ km). Спостерігається також обернена тенденція у збільшенні відносного показника РД по мірі зменшення відстані між ПС;

- обґрунтований взаємний вплив показників ОДПР і РД: ДЕЛ з корисністю 0,75 незалежно від виявленої ставлення до ризику (ОДПР) на рівні значущості $\alpha = 1\%$ статистично-вірогідно співпадає з РД.

6. Виявлений обернений вплив ОДПР на РД: чим більш ризиковану поведінку демонструють випробувані САД, тим вища їх СО і, відповідно, нижче абсолютне значення РД, тобто бажана відстань між ПС, яку вони вважають достатньою для розв'язання ПКС польоту.

7. Для професійних ДОПР встановлено, що початку позитивного сприйняття відстані між ПС відповідає приблизно 50% протяжності $L = 20$ km і 58% $L = 10$ km, а РД дорівнюють відповідно 63% і 84% від НЕПС.

8. Уперше комплексно досліджені нечіткі кваліметричні моделі ставлення САД до порушень НЕПС, встановлених для горизонтальної площини:

- спираючись на модифіковану шкалу Купера–Харпера реалізована методика збору експертної інформація у виді точки на континуумі НЕПС, що дало змогу застосувати «матрицю підказок» і отримати ФН ЛЗ лінгвістичної змінної «РН» з гладкими спадаючими фронтами для усього спектру норм;

- проведений комплексний аналіз співвідношень якісних оцінок пропонованої нами шкали вимірів РН з кількісними показниками континуумів усіх досліджуваних НЕПС;

- черговий раз знайшла підтвердження нерозрізненості САД НЕПС, встановлених для відстані $L = 10$ km і $L = 20$ km, незалежно від специфіки організації ОПР для цих відстаней;

- за допомогою нечіткої операції об'єднання експериментальна шкала редукована до розмірності, рекомендованої ІСАО;

- введений відносний показник РН, що дозволяє здійснювати порівняльний аналіз НЕПС, незалежно від відстаней між літаками. При цьому встановлено, що НЕПС $L = 8$ km, $L = 10$ km і $L = 12$ km мають майже ідентичні абсолютні показники катастрофічного РН, а для норм $L = 12$ km, $L = 20$ km і $L = 30$ km – ідентичні відносні показники РН. Абсолютні значення нижньої границі переходу незначного ризику у суттєвий близькі для НЕПС $L = 10$ km і $L = 12$ km, а для норм $L = 8$ km і $L = 10$ km близькі відносні показники;

- виявлений незвичайно високий рівень збігу показників \hat{R}_K і L_- , що свідчить як про узгодженість експериментальних даних, так і про стабільність ставлення випробуваних до РН порушення НЕПС.

9. Для професійних ДОПР встановлено, що для НЕПС $L = 20 \text{ km}$ катастрофічна небезпека відповідає відстані між ПС, меншій 17,5% від норми, незначна небезпека – коли ця відстань не менше половини норми, мізерна – 90%. Водночас для НЕПС $L=10 \text{ km}$ катастрофічна небезпека виникає за умов, що відстань між ПС менше 26,2% норми, незначна небезпека, коли ця відстань – приблизно $\frac{3}{4}$ норми, мізерна – 95% норми.

10. Знайшли подальший розвиток процедури застосування чіткої і нечіткої ентропії для встановлення ступеня розрізненості САД континуумів НЕПС, на яких вони встановлювали ОДПР, РД та РН їх порушень, зокрема:

– отримані показники ентропії характерних точок ОФК, що будуються для закритих і відкритих ЗПР. Встановлено тенденцію: невизначеність думок зменшується як по мірі збільшення привабливості ДЕЛ, які випробувані знаходять під час побудови ОФК в закритих ЗПР, так і по мірі збільшення привабливості характерних точок ОФК, що виявляються в процесі розв'язання відкритих ЗПР. Найменші показники ентропії виявлено для ДЕЛ з корисністю 0,75: $H(L_{0,75}) = 0,28$ і РД: $H(L^* = L_{РД}) = 0,30$;

– побудова нечітких моделей кваліметрії РН порушення НЕПС супроводжується у середньому у 2,5 разів більшою невизначеністю, ніж в процедурах дослідження ОДПР і РД. При цьому нечітка ентропія для найгіршої (з точки зору забезпечення належного рівня БП) лінгвістичної оцінки РН у 1,9 разів більша за усереднені показники $L_{0,25}$ і L_- , а для найкращої лінгвістичної оцінки – у 2,3 разів щодо усередненого показника $L_{0,75}$ і L^* ;

– найбільш визначеними в уяві випробуваних є лінгвістичні оцінки РН, встановлені для найгіршого (з позицій забезпечення належного рівня БП) і найкращого терму відповідної шкали. Оцінка, що відповідає «середньому (звичайному ризику)» має найбільшу нечітку ентропію.

11. Достовірність поданих в розділі 4 наукових результатів визначається обсягом вибірки випробовуваних САД, строгістю використовуваного математичного апарату і його адекватністю завданням досліджень, близькістю результатів, отриманих різними методами досліджень, даними перевірки статистичних гіпотез, а також можливістю відтворення експерименту.

Розділ 5

РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПОЛЬОТІВ ЗА КВАЛІМЕТРИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА

5.1. Інтегральна оцінка ставлення до небезпеки порушення норм ешелонування

У розділі 4 нами було кваліметрично досліджено закономірності ставлення САД до ризику порушення НЕПС шляхом виявлення і аналізу ОДПР, РД, а також нечітких оцінок САД РН такого роду порушень. Отримані результати корелюють між собою, що вказує на правильність вибраного математичного апарату і моделей досліджень. Разом з тим, не менш цікавим завданням як з наукової, так і з практичної точки зору, є визначення інтегральної (агрегованої, узагальненої) оцінки ставлення до ризику, яка б могла реалізувати цілісний підхід до шуканої оцінки ризику, якій і лише якій притаманна системна властивість емерджентності [26; 31; 36; 222; 232; 241; 281; 349; 367 та ін.].

Розглянемо показники ставлення до ризику, що мають бути агреговані у цілісний показник, а потім і саму функцію агрегації.

Виходячи з результатів попередніх досліджень, нескладно встановити, що найбільш зручними для узагальнення в агрегований показник є такі однорідні, відносні, частинні показники ставлення САД до ризику [232; 349; 393]:

1. Показник, що враховує ОДПР в умовах ризику, що встановлюється в процесі вирішення для закритої ЗПР:

$$R_{\text{ОДПР}} = \frac{L_i}{L_{\text{НЕПС}}} \quad (5.1)$$

де L_i – ДЕЛ, що не лише найкращим чином характеризує ОДПР випробуваного, але ж і є кількісним показником цієї домінанти.

Зазначений ДЕЛ має бути обґрунтованим і певним чином корелювати з іншими показниками ставлення до ризику. Для професійних ДОПР на рівні значущості $\alpha = 0,05$ встановлено такий зв'язок між ДЕЛ і РД для спадаючих ОФК (досліджувалося ставлення до робочого навантаження – кількості ПС, що одночасно знаходяться на керуванні) [337; 358; 389]:

$$\left. \begin{aligned} n_{\text{сх.}}^* &= n_{0,5\text{сх.}} \\ n_{\text{несх.}}^* &= n_{0,75\text{несх.}} \\ n_{0,75\text{байд.}}^* &\leq n_{\text{байд.}}^* \leq n_{0,5\text{байд.}}^* \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

Однак, результати наших досліджень (підрозділі 4.3) вказують на інші закономірності, характерні саме для специфіки початкової ПП САД. Було встановлено, що ДЕЛ з корисністю 0,75 ($L_{0,75}$) незалежно від виявленої ОДПР на рівні значущості $\alpha = 1\%$ статистично-вірогідно співпадає з РД (L^*). Тому вираз (5.1) перетворюється на такий:

$$R_{\text{ОДПР}} = \frac{L_{0,75}}{L_{\text{НЕПС}}} \quad (5.3)$$

2. Оскільки нами обґрунтований зв'язок між кількісними показниками ДЕЛ і РД, введемо й такий відносний показник ставлення до небезпеки:

$$R_{\text{РД}} = \frac{L^* = L_{\text{РД}}}{L_{\text{НЕПС}}} \quad (5.4)$$

3. Дослідивши нечіткі моделі ПР під час порушень НЕПС (підрозділ 4.4), що характеризуються відповідними кваліметричними показниками РН, нами було обґрунтовано кількісно-якісну відповідність між лінгвістичними оцінками шкали РН виду (3.61) та відповідними кількісними інтервалами континууму НЕПС.

За допомогою нечіткої операції об'єднання шкала (3.61) була редукована до шкали небезпек ІСАО виду (1.1), що ілюструє рис. 4.25 б). З такого роду нечітких моделей нескладно встановити, що ризик порушення НЕПС (відстань між ПС) буде припустимим, якщо він буде не більшим «незначного», що відповідає абсцисі точки D перетину ФН сусідніх термів: «незначного РН» і «суттєвого РН». Тому мова йде про ще один нормований показник ставлення до небезпеки:

$$R_{\text{НЗ}} = \frac{L_{\text{НЗ}}}{L_{\text{НЕПС}}} = \frac{L_D}{L_{\text{НЕПС}}} \quad (5.5)$$

Очевидно, що чим більші значення показників $R_{ОДП}$, $R_{РД}$, $R_{НЗ}$, тим більші відстані між ПС, наближені до нормативних, прагнуть отримати випробувані САД, а отже і більший резерв часу і функціональних можливостей для забезпечення належного рівня БП, а отже, тим гірше вони ставляться до порушень НЕПС. Тому наведені показники (5.3) – (5.5) саме проактивно характеризують надійність САД, причому у добре уявленому і інтерпретованому інтервалі $R = [0, 1]$.

Пропонований нами підхід до оцінки надійності САД шляхом кваліметричного виявлення їх ставлення «до небезпечних дій або умов» дозволяє не лише спиратися на цілком зрозумілі характеристики та показники їх професійної діяльності, але ж і ефективно порівнювати ці однорідні показники. Розглянемо підходи до об'єднання в інтегральну оцінку частинних показників ставлення до небезпеки вигляду (5.3)-(5.5), якій і лише якій притаманна системна властивість емерджентності. У СА і теорії ПР зазначена проблема зв'язується з вирішенням однокрокової ЗПР з векторним показником ефективності [143; 144; 232; 241; 367 та ін.], що, у свою чергу, зводиться до вибору адекватної завданням досліджень функції агрегації.

Зазвичай широко цитується і аналізується адаптована нами для потреб досліджень така, найбільш загальна функція агрегації [241]:

$$\varphi_{PH}(L) = \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot R_i^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (5.6)$$

де p – показник умовного «компромісу», що відображає припустимий ступінь компенсації невеликих значень одних частинних показників РН великими значеннями інших показників;

k – кількість частинних показників РН, що об'єднуються функцією агрегації ($k = 3$);

R_i – РН, встановлений для i -го показника по виразах (5.3) – (5.5);

α_i – коефіцієнт «ваги» i -го показника РН.

Показники $R_{ОДП}$, $R_{РД}$, $R_{НЗ}$ є взаємопов'язаними і орієнтуються, насамперед, на ПР, тому вважатимемо їх рівноцінними і в подальшому будемо їх розглядати без надання відповідних коефіцієнтів «ваги».

Розглянемо, які частинні функції агрегації можуть з'явитися з виразу (5.6) за певних умов ставлення до показника «компромісу» p і яка саме з них може вважатися найбільш прийнятною для цілей нашого дослідження.

Отже, якщо $p = 1$, то йдеться про адитивне узагальнення частинних показників РН, що відповідатиме такому виду агрегуючої функції:

$$\varphi_{PH}(L) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k=3} R_i \quad (5.7)$$

Функція агрегування виду (5.7) проста і часто застосовується у практиці економічних до-

сліджень, однак, виходячи з особливостей ПП і діяльності АО «переднього краю», спрямованих, насамперед, на забезпечення належного рівня БП, її застосування недоцільне. Адже дійсно, адитивна агрегація виду (5.7) припускає можливість абсолютного «компромісу», тобто компенсації скільки завгодно невеликих значень одних досліджуваних показників РН, скільки завгодно великими по інших, що є неприпустимим саме з позицій забезпечення належного рівня БП [232].

$$\varphi_{PH}(L) = \min_i \{R_i\} \quad (5.8)$$

Якщо «компроміс» є неприпустимим, тобто $p \rightarrow \infty$, то отримуємо агрегуючу функцію, умовно звану «планування за вузьким місцем»

«Планування за вузьким місцем», зазначене у виразі (5.8), вказує на відмову від будь-якої компенсації і вимагає рівномірного «підтягування» показників ПП і діяльності АО «переднього краю» по усьому їх можливому спектру. Цей підхід орієнтується на вибір найгіршого показника для інтегральної оцінки ставлення до ризику і є незвичайно важливим з точки зору забезпечення належного рівня БП. Однак, вважаємо що застосування «планування за вузьким місцем» є доцільним лише для остаточних етапів сертифікації, ПП і діяльності АО, адже в процесі формування професійних ЗУПН, особливо під час початкової ПП, результати їх контролю, отримані за допомогою виразу (5.8), будуть недостатньо мотивувати молодих АО «переднього краю» на покращення відповідних результатів, оскільки поточні результати будуть недостатньо задовільними, а їх оперативне покращення буде проблематичним із-за недостатнього рівня ЗУПН, сформованих саме на початковому етапі ПП.

Якщо навпаки, йдеться про необхідність забезпечення приблизно однакових рівнів окремих показників ПП чи професійної діяльності, то «компроміс» їх взаємної компенсації буде визначатися значенням $p \rightarrow 0$. Наведене значення «компромісу» призведе до перетворення загального виду функції агрегації (5.8) до граничного виду вже мультиплікативної функції агрегації:

$$\varphi_{PH}(L) = \prod_{i=1}^k R_i \quad (5.9)$$

Мультиплікативний підхід виду (5.9), є також простим, не викликає труднощів під час застосування і знайшов широке розповсюдження в практиці досліджень технічних і гуманістичних (у розумінні Л. Заде [129]) систем [2; 143; 144; 147; 232; 393; 449; 532], у тому числі завдяки КБ і шкалі бажаності Харрінгтона (ШБХ), які ми вже застосовували у підрозділі 1.4 для вирішення «трикутника ризиків» ІСАО. В контексті наших досліджень для отримання інтегральної оцінки РН АО вираз (5.9) перетворюється на такий:

$$\varphi_{PH}(L) = k \prod_{i=1}^k R_i \quad (5.10)$$

Вкажемо, що мультиплікативні функції агрегації вигляду (5.9), (5.10) припускають можливість вже не абсолютної, як у випадку реалізації адитивного підходу, а відносної часткової компенсації невисоких значень РН за одними досліджуваними показниками небезпек, високими значеннями по інших, що в цілому відповідає практиці професійної діяльності АО «переднього краю», тобто ЛЕ і ОПР, а також їх ПП. При цьому, звертаючись до результатів досліджень, узагальнених у праці [2], можна вважати, що формула (5.10) дійсно може бути кількісним, однозначним, єдиним і універсальним показником рівня надійності ДОПР. А враховуючи ще і притаманні їй властивості адекватності, ефективності і статистичній чутливості, узагальнену функцію бажаності (5.10) дійсно можна застосовувати як критерій оптимізації. Тому, з урахуванням наведеного, агрегована (цілісна) оцінка ставлення ДОПР до небезпеки при порушенні НЕПС матиме такий вигляд [230; 349; 393]:

$$\begin{aligned} R_{\text{ОДПР}}(L_i \text{ НЕПС}) &= \sqrt[3]{R_{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot R_{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot R_{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС})} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}} \cdot \frac{L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}} \cdot \frac{L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}}} = \frac{1}{L_i \text{ НЕПС}} \sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.несх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})} \end{aligned} \quad (5.12)$$

Узагальнюючи вираз (5.12) для усього спектру досліджуваних НЕПС, встановлених для горизонтальної площини виконання польотів, матимемо:

$$\begin{aligned} R_{\text{ОДПР}} &= \sqrt[n=1]{\prod_{i=1}^{n=11} R_{\text{ОДПР}}(L_i \text{ НЕПС})} = \\ &= \sqrt[n=1]{\prod_{i=1}^{n=11} \left[\frac{1}{L_i \text{ НЕПС}} \sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})} \right]} = \\ &= \frac{1}{L_i \text{ НЕПС}} \sqrt[n=1]{\prod_{i=1}^{n=11} \sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})}} \end{aligned} \quad (5.13)$$

Знаходження показника $R_{\text{РД}}$ у межах i -тої норми $L_i \text{ НЕПС}$ тривіальне і визначається так:

$$R_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС}) = \frac{L_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}} \quad (5.14)$$

Також просто обчислюється цей інтегральний показник і для усієї сукупності НЕПС:

$$\begin{aligned} R_{\text{РД}} &= \sqrt[n=1]{\prod_{i=1}^{n=11} R_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС})} = \\ R &= \sqrt[3]{R_{\text{ОДПР}} \cdot R_{\text{РД}} \cdot R_{\text{НЗ}}} = \left\{ \left\{ \sqrt[n=1]{\prod_{i=1}^{n=11} \left[\frac{1}{L_i \text{ НЕПС}} \sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})} \right]} \right\} \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt[3]{R_{\text{ОДПР}} \cdot R_{\text{РД}} \cdot R_{\text{НЗ}}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{L_{\text{ОДПР}}}{L_{\text{НЕПС}}} \cdot \frac{L_{\text{РД}}}{L_{\text{НЕПС}}} \cdot \frac{L_{\text{НЗ}}}{L_{\text{НЕПС}}}} = \\ &= \frac{1}{L_{\text{НЕПС}}} \sqrt[3]{L_{\text{ОДПР}} \cdot L_{\text{РД}} \cdot L_{\text{НЗ}}} \end{aligned} \quad (5.11)$$

Однак, встановлені нами показники РН ($R_{\text{ОДПР}}$, $R_{\text{РД}}$, $R_{\text{НЗ}}$), у свою чергу, є складеними, тому розглянемо отримання кожного з них у межах конкретної НЕПС, а потім – по усій сукупності норм, встановлених ІСАО для горизонтальної площини виконання польотів.

Отже, у межах будь-якої НЕПС слід отримати спочатку інтегральний показник, що враховує ОДПР у ставленні випробуваних САД до РН.

Як вже нами було неодноразово визначено, йдеться про доміанти схильності, несхильності та байдужості до ризику. І нами вже було встановлено, що, незалежно від виявленої доміанти, найбільш наближеної до РД є ДЕЛ з корисністю 0,75. З наведеного витікає:

$$= \sqrt[n=1]{\prod_{i=1}^{n=11} R \frac{L_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}}} \quad (5.15)$$

Показник ставлення до ризику $R_{\text{НЗ}}$, що визначається з нечітких моделей ПР, для конкретної i -тої НЕПС має вид:

$$R_{\text{НЗ}}(L_i \text{ НЕПС}) = \frac{L_{\text{НЗ}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}} = \frac{L_{\text{D}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}} \quad (5.16)$$

Тоді для усіх НЕПС:

$$R_{\text{НЗ}} = \sqrt[n=1]{\prod_{i=1}^{n=11} \frac{L_{\text{D}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}}} \quad (5.17)$$

Таким чином, виходячи з пропонованих формул для визначення складених показників $R_{\text{ОДПР}}$, $R_{\text{РД}}$, $R_{\text{НЗ}}$, інтегральний показник ставлення до ризику відповідно до формули (5.13) буде мати наступний вигляд:

$$\times \left\{ \sqrt[n=11]{\prod_{i=1}^{n=11} R \frac{L_{PD}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}}} \right\} \times \left\{ \sqrt[n=11]{\prod_{i=1}^{n=11} \frac{L_D(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (5.18)$$

Тим не менше, має безпосередній інтерес виявлення показника інтегрального ставлення

до ризику по кожній окремі НЕПС. Для такого випадку матимемо:

$$\begin{aligned} R(L_i \text{ НЕПС}) &= \sqrt[3]{R_{\text{ОДПР}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot R_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot R_{\text{НЗ}}(L_i \text{ НЕПС})} = \\ &= \sqrt[3]{\left(\sqrt[3]{\frac{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}}} \cdot \frac{L_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}} \cdot \frac{L_D(L_i \text{ НЕПС})}{L_i \text{ НЕПС}} \right)} = \\ &= \sqrt[3]{\left(\sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_D(L_i \text{ НЕПС})} \right)} \\ & \qquad \qquad \qquad L_i \text{ НЕПС} \end{aligned} \quad (5.19)$$

Водночас інтегральний показник ставлення випробуваних до ризику для сукупності усіх до-

сліджуваних НЕПС, встановлених для горизонтальної площини польоту матиме вид:

$$\begin{aligned} R &= \sqrt[n=11]{\prod_{i=1}^{n=11} R(L_i \text{ НЕПС})} = \\ &= \sqrt[n=11]{\prod_{i=1}^{n=11} \sqrt[3]{\left(\sqrt[3]{L_{0,75}^{\text{сх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{байд.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{0,75}^{\text{несх.}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_{\text{РД}}(L_i \text{ НЕПС}) \cdot L_D(L_i \text{ НЕПС})} \right)}} \end{aligned} \quad (5.20)$$

Результати відповідних обчислень, отримані як для кожної окремої норми, так і для усієї їх досліджуваної сукупності, подані у табл. 5.1. Як з неї бачимо, інтегральний показник ставлення до ризику (надійності), визначений через ставлення САД до порушень НЕПС, складає величину $R = 0,72$ для усієї сукупності досліджуваних норм.

Отже, випробувані вважають, що зможуть забезпечити належний рівень БП, якщо кількісне значення приведенного показника ризику буде задовольняти умові:

$$R_{\text{БП}} \geq 0,72 \quad (5.21)$$

Причому максимальне його значення припадає на НЕПС, що відповідають відстані між літаками $L = 10 \text{ km}$:

$$\begin{aligned} R_{\text{max}}(\cdot) &= R(L_{\text{НЕПС}}^{(4)} = 10 \text{ km}) = \\ &= R(L_{\text{НЕПС}}^{(5)} = 10 \text{ km}) = 0,75 \end{aligned}$$

а мінімальне – $L = 20 \text{ km}$:

$$R_{\text{min}}(\cdot) = R(L_{\text{НЕПС}}^{(7)} = 20 \text{ km}) = 0,60$$

Вкажемо також, що показники $R_{\text{ОДПР}}$ і $R_{\text{РД}}$ у загальному випадку мають однакові значення, що пояснюється вибором для встановлення першого з них ДЕЛ з корисністю 0,75 ($L_{0,75}$), який є максимально наближеним до РД. Причому усі частинні показники ставлення до ризику також мають критеріальний зміст.

5.2. Розроблення рекомендацій щодо комплексного вирішення «трикутника ризиків» ІСАО по показниках небезпеки

Повторно зазначимо, що з аналізу рекомендацій ІСАО щодо розв'язання «трикутника ризиків» (підрозділ 1.4) видно, що вони спираються лише на здоровий глузд розробників і не мають наукового обґрунтування. Наша спроба застосувати з відповідною метою $КБ_{\text{РН}}$ і $КБ_{\text{РЧ}}$ погроз дала результат, максимально наближений до рекомендацій ІСАО лише за умов, що зазначені КБ мають лінійний взаємозв'язок, що є неприпустимим з позицій забезпечення належного рівня БП. Але було доведено, що розв'язання «трикутника» має бути здійснене у добре уявлюваних і зрозумілих фізичних одиницях. Дослідження [14; 234-236;

238; 292; 340; 366; 383; 389; 423; 527; 529; 530; 531 та ін.], проведені під керівництвом проф. О. М. Рєви вченими та фахівцями України та Азербайджану з САД та професійними ДОПР,

вказують, що зазначена проблема розв'язується, у крайньому разі, стосовно показників РН погроз, спираючись на кваліметричні оцінки ставлення до ризику АО.

Таблиця 5.1

Інтегративні показники проактивного ставлення студентів-авіадиспетчерів до порушень норм ешелонування повітряних суден

№ норми	Відстань між повітряними судами	Показники ставлення до ризику			Інтегративний показник $R^{(i)}$
		$R_{ОДПР}^{(i)}$	$R_{РД}^{(i)}$	$R_{НЗ}^{(i)}$	
1	2	3	4	5	6
1	$L = 8 \text{ km}$	0,74	0,72	0,74	0,73
2	$L = 10 \text{ km}$	0,78	0,75	0,66	0,73
3		0,78	0,72	0,66	0,72
4		0,79	0,75	0,70	0,75
5		0,80	0,77	0,69	0,75
	Узагальнення у межах відстані	0,79	0,75	0,68	0,74
6	$L = 12 \text{ km}$	0,75	0,72	0,76	0,74
7	$L = 20 \text{ km}$	0,70	0,68	0,60	0,66
8		0,65	0,75	0,73	0,71
9		0,72	0,73	0,62	0,69
10		0,70	0,71	0,69	0,70
	Узагальнення у межах відстані	0,69	0,71	0,66	0,69
11	$L = 30 \text{ km}$	0,68	0,73	0,71	0,71
	Узагальнення по сукупності норм	0,73	0,73	0,69	0,72

Розроблення відповідних рекомендацій полягає у необхідності співвіднести рівні погроз з характерними точками моделей ПР (ОФК для закритих та відкритих ЗПР, а також нечітких моделей) на кшталт, як це було зроблено у графі 5 табл. 4.30).

Координати зазначених точок були нами отримані і детально розглянуті у підрозділах 4.2 – 4.4, що наочно ілюструє табл. 5.2, показники якої встановлені, спираючись на дані табл. 4.7 – 4.9, 4.19 та 4.30.

Мультиплікативно узагальнюючи критеріальні показники РН, подані у табл. 5.2, нескладно отримати остаточні критерії розв'язання «трикутника ризиків» ІСАО по показниках небезпеки загроз (табл. 5.3).

Ще раз зазначимо, що запропонований авторами цієї монографії підхід є більш «обережним» стосовно адитивного, що є незвичайно важливим з позицій забезпечення належного рівня БП.

Як бачимо з табл. 5.3, САД, виходячи з уявлення досягнутого рівня ЗУПН, узагальнено вважають, що катастрофічна ситуація під час УПР

виникає, якщо відстань між керованими ПС не перевищує 0,38 від встановленої протяжності НЕПС. При цьому мізерний ризик спостерігається, якщо ця відстань більше величини 0,94. Припустимий ризик виникає, якщо $L > 0,77$. Зазначимо також, що запропоновані нами критерії розв'язання «трикутника ризиків» уперше встановлені у добре зрозумілих ДОПР фізичних показниках відстані між ПС, що може бути використано під час розробки проактивних заходів з профілактичного забезпечення БП, організації УПБ, а також особистісно-орієнтованої ТП.

5.3. Розроблення рекомендацій щодо організації особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки авіадиспетчерів

Отримані і подані у розділі 4 результати кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ під час ПР в АНС є, за суттю, мотиваційними моделями ставлення САД до небезпек порушення НЕПС і сприяють самоактуалізації їх ПП. Враховуючи

результати наукових досліджень, проведених під керівництвом проф. О. М. Реви за тою самою методикою, вже с професійними ДОПР [113; 234- 236; 238; 292; 372; 389; 423 та ін.], слід констатувати необхідність певного корегування зазначеного ставлення в САД, насамперед, у частині, що стосується мотивації на досягнення

успіхів / запобігання невдач, а також відповідних РД. Адже в професійних ДОПР виявився найбільший прошарок осіб, саме схильних до ризику, тоді як у САД – несхильних до ризику. Природно, що ставлення до ризику відбивається й на показниках РД, які найкращим чином характеризують адекватність СО.

Таблиця 5.2

Критеріальні моделі розв’язання «трикутника ризиків» ICAO при порушеннях норм ешелонування повітряних суден

Рівні ризиків		Критерії рівнів небезпек, встановлені з емпіричних моделей прийняття рішень, що визначають		
		основні домінанти прийняття рішень	рівні домагань	нечітке ставлення до ризику
1		2	3	4
Неприпустимий	R_K	$L_K < L_{0,25} \Leftrightarrow \Leftrightarrow \dot{L}_K < 0,31$	$L_K < L_- \Leftrightarrow \Leftrightarrow \dot{L}_K < 0,46$	$0 < L_K < L_B \Leftrightarrow \Leftrightarrow 0 < \dot{L}_K < 0,42$
	$R_{НБ}$	$L_{0,25} < L_{НБ} < L_{0,25} \Leftrightarrow \Leftrightarrow 0,31 < \dot{L}_K < 0,53$	$L_- < L_{НБ} < L_0 \Leftrightarrow \Leftrightarrow 0,46 < \dot{L}_{НБ} < 0,65$	$L_B < L_{НБ} < L_{BC} \Leftrightarrow \Leftrightarrow 0,42 < \dot{L}_{ЕБ} < 0,56$
	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	$R_{НЗ}$	$L_{0,75} \leq L_{НЗ} < L_{НЕПС} \Leftrightarrow \Leftrightarrow 0,74 < \dot{L}_{НЗ} < L_{НЕПС}$	$L^* < L_{НЗ} < L_{НЕПС} \Leftrightarrow \Leftrightarrow 0,85 < \dot{L}_{НЗ} < L_{НЕПС}$	$L_C < L_{НЗ} < L_H \Leftrightarrow \Leftrightarrow 0,72 < \dot{L}_{НЗ} < 0,83$
	R_M	$\dot{L}_M \geq L_1 = L_{НЕПС}$	$\dot{L}_M \geq L_{НЕПС}$	$L_M \geq 0,83$

Таблиця 5.3

Остаточні критерії вирішення «трикутника ризиків» ICAO по показниках небезпеки подій

Рівні ризиків		Критеріальні оцінки
1		2
Неприпустимий	Катастрофічний	$\dot{L}_K < 0,39$
	Небезпечний	$0,39 \leq \dot{L}_{НБ} < 0,58$
	Суттєвий	$0,58 \leq \dot{L}_C < 0,77$
Припустимий	Незначний (прийнятний)	$0,77 \leq \dot{L}_{НЗ} < 0,94$
	Мізерний	$\dot{L}_M \geq 0,94$

Враховуючи досвід урахування ставлення студентів вищих навчальних закладів до результатів навчання і організації їх особистісно-орієнтованої підготовки, спираючись саме на основні навчальні домінанти (введений в практику досліджень у дидактиці еквівалент досліджуваних нами ОДПР) та РД [143; 144] та технічні характеристики сучасних тренажерних комплексів [56], здійснимо алгоритмізацію особистісно-орієнтованої ПП вже САД. При цьому під алгоритмом розумітимемо впорядкований, чітко визначений, закінчений план (порядок) дій, тобто інструкції для виконавця – інструктора диспетчерського тренажера, що сприяє отриманню БКР. Зазначимо також, що під час розроблення алгоритму (рис. 5.1) ми прагнули забезпечити його відповідність критеріям (властивостям) [137; 165; 175 та ін.] (не ранжируючи):

– циклічності – алгоритм передбачає багатократне повторення інструктором тих самих дій (операцій) над новими початковими даними – кваліметричними показниками закономірностей ПР, властивими кожному випробуваному САД.

Цикл підготовки – послідовність команд (серія, тіло циклу), яка може виконуватися багаторазово (для нових початкових даних) для досягнення БКР, тобто забезпечення належного рівня БП під час УПР, що пов’язується в контексті наших досліджень або із зміною ОДПР САД на більш ризиковану за схемою «несхильність → байдужість → схильність до ризику», або встановленню адекватної СО особистісних ЗУПН через показники РД на континуумі НЕПС;

– детермінованості (визначеності, точності, однозначності) – встановлює, що за умов кільк-

разового завдання одних і тих же вихідних даних побудований алгоритм буде виконуватися абсолютно однаково і завжди буде отримано той самий результат (тенденція зміни ОДПР чи адекватності СО САД, а також показників РН), що забезпечує достовірність отриманих результатів ПП та кваліметричної оцінки закономірностей прояву ЛЧ під час ПР. Властивість детермінованості проявляється також і в тому, що на кожному кроці виконання алгоритму завжди точно відомо, що робити далі, а кожна дія однозначно зрозуміла виконавцю-інструктору і не може бути витлумачена невизначено;

– дискретності – означає, що алгоритм складається з послідовних окремих кроків – елементарних дій, які нескладно виконати. Саме завдяки цій властивості алгоритм може бути реалізований на ЕОМ;

– масовості – за допомогою алгоритму вирішується не одна конкретна задача (тренувальна вправа), а будь-яке завдання з деякого кластеру однотипних завдань виявлення закономірностей прояву ЛЧ під час ПР в процесі УПР при всіх допустимих значеннях вихідних даних, що охоплюють введені РН порушення НЕПС, а також особистісні властивості САД (ОДПР та РД);

– остаточності (фінітності) – визначає, що послідовність елементарних дій алгоритму є кінцевою (обмеженою);

– коректності – наш алгоритм створений, спираючись на обґрунтовану ідеологію врахування закономірностей прояву ЛЧ в АНС через кваліметричні показники ставлення ДОПР до небезпечних дій або умов. Він відповідає вирішенню кожної встановленої тренувальної вправи, тому для всіх вихідних даних, пов'язаних з особливостями ставлення САД до порушень НЕПС під час ПР, буде завжди давати правильний (згідно зазначеної ідеології створення і реалізації алгоритму) результат і ні для яких вихідних даних не буде отриманий неправильний результат;

– результативності (спрямованості) – виконання алгоритму обов'язково призведе до вирішення поставленого завдання, або до повідомлення про те, що при заданих вихідних величинах (особистісного рівня ЗУПН, ОДПР та РД САД) забезпечення належного рівня БП під час УПР в процесі ПП неможливо.

Отже, звертаючись до розроблених пропозицій щодо алгоритмізації процесу особистісно-орієнтованої (індивідуалізованої) ТП САД, формалізованих на рис. 5.1, визначимося також із застосованою ідеологією моделювання складності тренувальних вправ.

1. Вхідними даними для реалізації алгоритму є кваліметричні показники ОДПР та РД, кількість випробувань САД, НЕПС, що моделюються на тренажерному засобі.

2. Послідовно для кожної i -тої НЕПС формуються спеціальні лотереї на кшталт поданих на

рис. 4.1, 4.4 та будуються за обмеженою кількістю точок (закрита ЗПР) ІОФК. За формулою (4.10) встановлюється НР та виявляються ОДПР САД: схильність, несхильність або байдужість до ризику.

3. Далі послідовно для кожної i -тої НЕПС будуються за формально необмеженою кількістю точок вже для відкритої ЗПР ІОФК (на кшталт рис. 3.18), з аналізу якої встановлюється РД випробувань САД.

4. Для застосування у порівняльному аналізі під час проведення розбору польотів після завершення тренування будуються ГОФК;

5. Оскільки, як ми вже зазначали, схильність до ризику свідчить про мотивацію професійних ДОПР на досягнення успіху, то реалізація алгоритму у загальному випадку має привести або до наступної динаміки зміни ОДПР:

$$\text{несхильність} \Rightarrow \text{байдужість} \Rightarrow \\ \Rightarrow \text{схильність до ризику},$$

або до збільшення РД САД (зменшення абсолютної величини $L_j^* = L_j^{PD}$) у межах ОДПР;

6. Для відпрацювання на тренажері вибирається така послідовність НЕПС, яка передбачає повільне їх ускладнення за мірою формування відповідних ЗУПН, що відповідає поступовому зменшенню нормативної відстані між ПС в процесі УПР:

$$L = 30 \text{ km} \rightarrow L = 20 \text{ km} \rightarrow L = 12 \text{ km} \rightarrow \\ \rightarrow L = 10 \text{ km} \rightarrow L = 8 \text{ km}.$$

За рахунок наведеної реалізації одного з головних принципів методики льотної навчання (МЛН) «від простого – до складного» [94; 152] випробуванням САД від самого початку тренувань забезпечуються сприятливі за психофізіологічним і психологічним навантаженням умови праці (УПР);

7. Оскільки ми розглядаємо лише початкову ТП САД з відповідним рівнем ЗУПН, то незалежно від характеру ОДПР, встановленого РД та НЕПС під час моделювання умов ТП не застосовуються показники відстані між ПС, що відповідають катастрофічному РН, тобто завжди виконується умова $L > L_{кр}$;

8. Оскільки йдеться про особистісно-орієнтовану ТП, то відстань між ПС встановлюється з урахуванням усереднених показників РД для осіб з однаковою ОДПР (табл. 5.4).

Як бачимо з табл. 5.4, під час відпрацювання тренувальних завдань у межах певної НЕПС пропонується відмовитися від вищезначеного принципу МЛН «від простого – до складного», що підтверджується результатами досліджень [336; 339], в яких доведено, що під час початкової ТП остаточні результати ТП є більш високими для курсантів-пілотів, які проходять тренування на більш чутливих до керуючих впливів тренажерів, що формує в них певний психофізіологічний резерв, який грає позитивну роль під час переходу в процесі ПП на «стандартні» за налаштуванням тренажери.

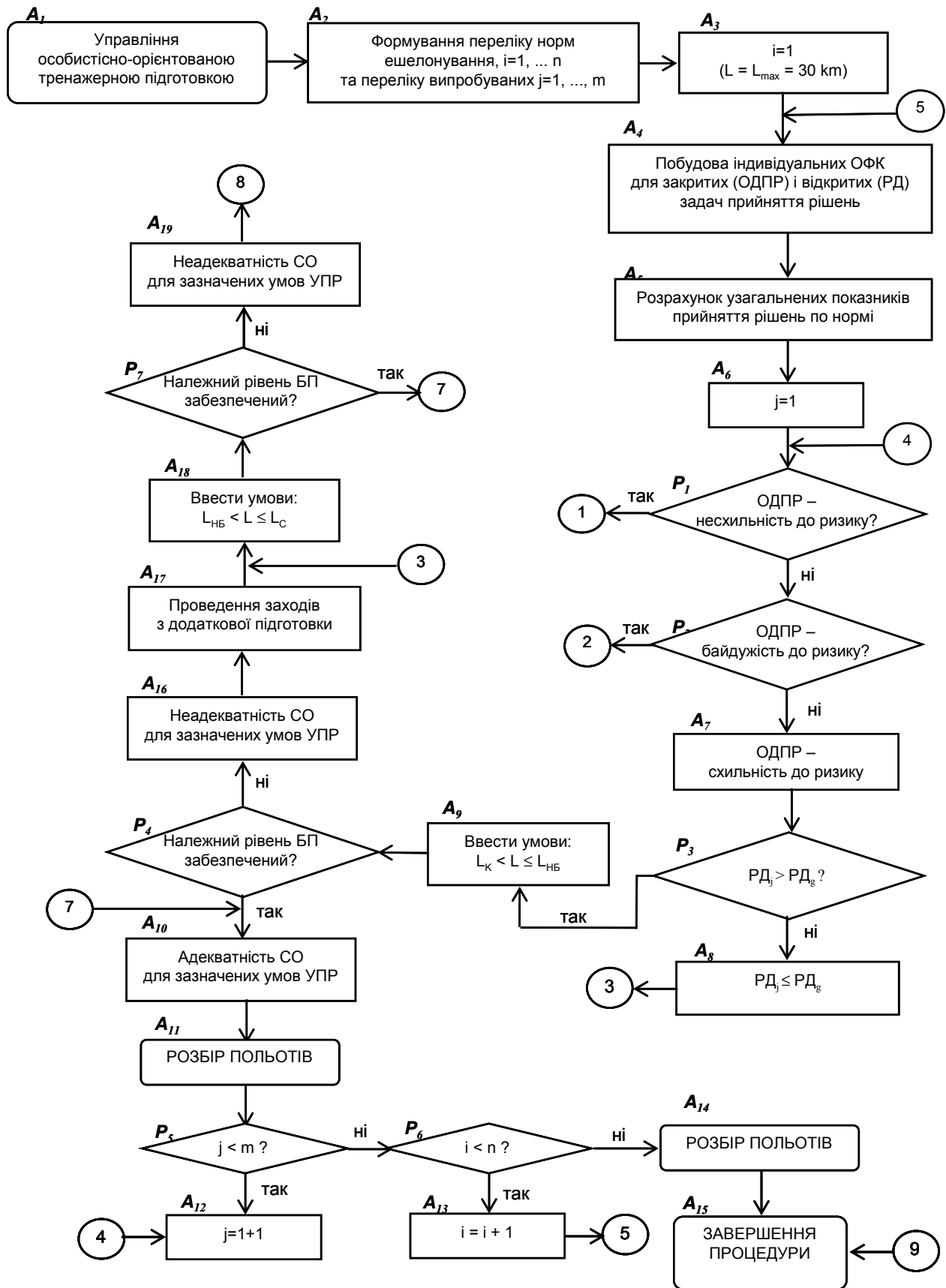


Рис. 5.1. Алгоритмізація організації особистісно-орієнтованої на людський чинник тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів

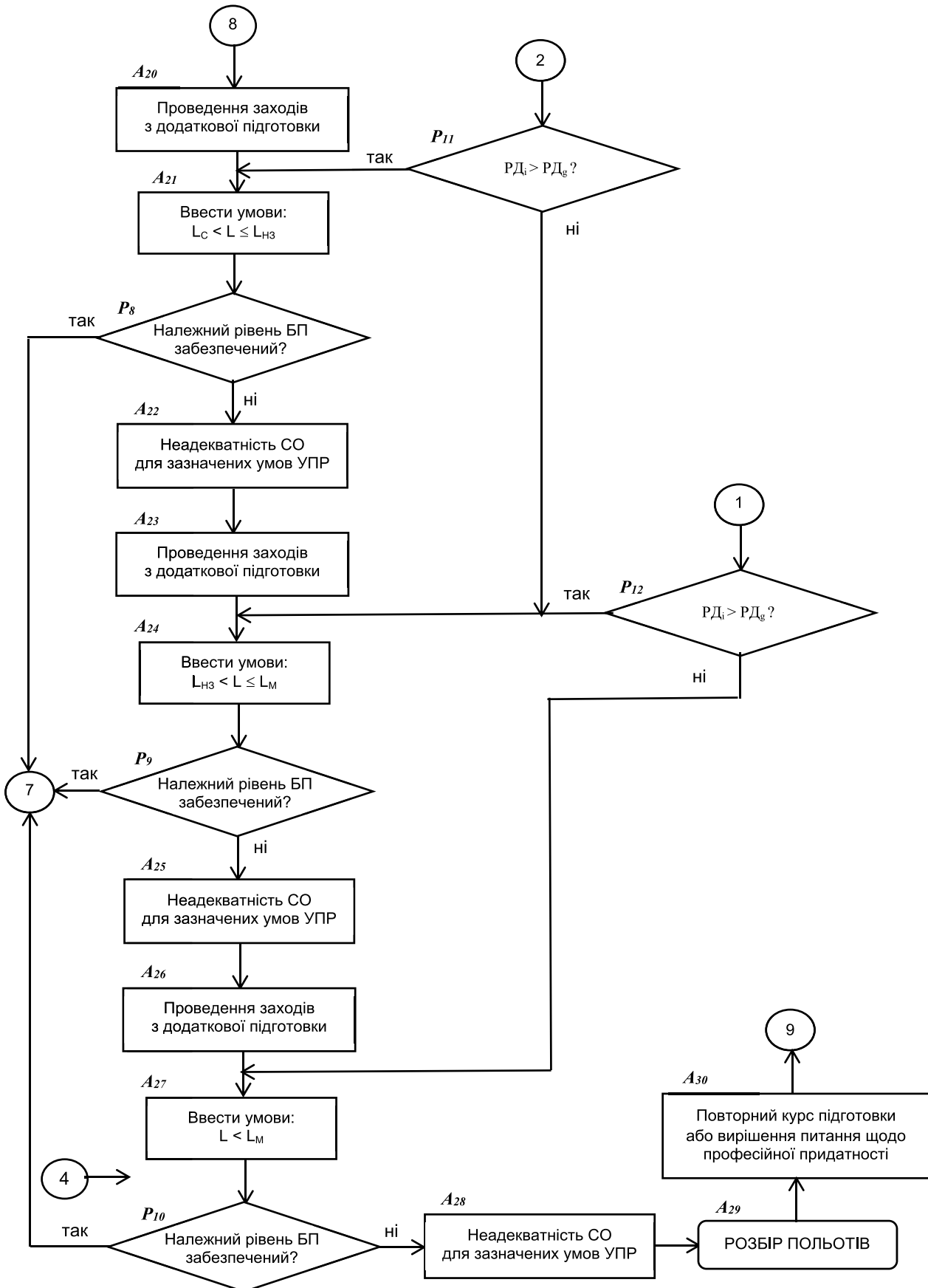


Рис. 5.1. Алгоритмізація організації особистісно-орієнтованої на людський чинник тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів (завершення)

Умови встановлення відстаней між повітряними судами під час тренажерної підготовки студентів-авіадиспетчерів

Основна домінанта прийняття рішень	Значення рівня домагань	Послідовність встановлення відстаней між літаками
1	2	3
Схильність до ризику	$L_j^* < \bar{L}_g$	$L_{НБ} \Rightarrow L_C \Rightarrow L_{НЗ} \Rightarrow L_M$
	$L_j^* \geq \bar{L}_g$	$L_C \Rightarrow L_{НЗ} \Rightarrow L_M$
Байдужість до ризику	$L_j^* < \bar{L}_g$	$L_C \Rightarrow L_{НЗ} \Rightarrow L_M$
	$L_j^* \geq \bar{L}_g$	$L_{НЗ} \Rightarrow L_M$
Несхильність до ризику	$L_j^* < \bar{L}_g$	$L_{НЗ} \Rightarrow L_M$
	$L_j^* \geq \bar{L}_g$	L_M

З іншого боку, саме такі пропозиції орієнтовані на об'єктивізацію СО через встановлені РД САД. І якщо СО не є адекватною, то САД переводяться на умови тренування, які більшим чином відповідають реально сформованим ЗУПН. В такому випадку збільшуються шанси успішного виконання тренувальної вправи, що позитивно впливатиме на мотивацію САД.

9. Особливістю пропонованої організації ТП САД є також те, що якщо випробуваному САД властиві достатні для опанування професією ДОПР психофізіологічні якості та в нього сформовані потрібні рівні ЗУПР, то він обов'язково виконає тренувальну справу, незважаючи на виявлене протиріччя між його СО (РД) та реальними результатами підготовки. Наведене, безумовно, мотивуватимемо його як на більш адекватну оцінку особистісних ЗУПН, що позитивно впливатиме на забезпечуваний ним рівень БП, так і на подальше опанування вибраною професією ДОПР.

10. Розробленим алгоритмом управління ТП передбачається можливість порушення питання щодо професійної придатності САД, які не змогли опанувати тренувальними вправами на рівні модельованих умов професійної діяльності, що відповідають нормативним.

Надамо кваліметричну оцінку відповіді на питання, а чи спроможній інструктор тренажера, який в силу своїх професійних обов'язків виконує різноманітні операторські функції (технолога, спостерігача (контролера), дослідника, керівника, маніпулятора [198; 271; 283; 405; 472; 473; 480]), ще й додатково виконувати запропонований нами алгоритм особистісно-орієнтованої ТП САД. Тому кваліметрична оцінка ступеня прийнятності для нього алгоритму на рис. 5.1 має враховувати зазначені особливості його операторської діяльності. Виходячи з аналізу наукових джерел [134; 176; 244-246; 263; 271; 420; 470; 480 та ін.], вважаємо доцільним застосування певних ергономічних алгоритмічних показників професійної діяльності Л-О щодо реалізації процедур особистісно-орієнтованої ТП (рис. 5.1). Зокрема,

йдеться про нормовані показники стереотипності діяльності Z_n і логічної складності діяльності L_n .

Як можна побачити з рис. 5.1, алгоритм ТП, особистісно-орієнтованої на показники прояву ЛЧ під час ПР САД, складається з $N = 42$ членів, з яких $N_0 = 30$ – кількість елементарних операторів, розподілених по $n_0 = 16$ групам і $N_{log} = 12$ логічних умов, розподілених по $n_{log} = 21$ групам. Далі алгоритм розбивається на комплексні групи, що включають по одній групі елементарних операторів і логічних умов.

Нехай кожна комплексна група містить m елементів, з яких m_0 – елементарних операторів і m_{log} – логічних умов.

Стереотипність алгоритму визначає:

– кількість елементарних операторів в алгоритмі: якщо $N = const$, то чим більше N_0 , тим більше виражений стереотипний компонент;

– кількість груп операторів: якщо $N = const$ і $N_0 = const$, то із зменшенням показника n_0 збільшується стереотипний компонент алгоритму;

– загальна кількість членів алгоритму: якщо $N = const$ і $n_0 = const$, то із зростанням загальної кількості членів алгоритму N (з додаванням логічних умов) зменшується стереотипний компонент алгоритму;

– розподіл операторів по комплексних групах.

Зазначені чинники можна врахувати відношеннями:

N_0/N , що характеризує частку елементарних операторів в алгоритмі;

m_0/N_0 і m_0/m_i , що характеризують розподіл операторів по групах.

Тоді вираз для нормованого коефіцієнта стереотипності Z_n можна записати у вигляді суми множення цих відношень:

$$Z_i = \sum_{j=1}^{n_0} \left(\frac{N_0}{N} \cdot \frac{m_{0i}}{N_0} \cdot \frac{m_{0i}}{m_i} \right) \quad (5.22)$$

або після певних перетворень

$$Z_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{n_0} \frac{m_{0i}^2}{m_i} \quad (5.23)$$

Нормований коефіцієнт логічної складності L_n буде мати вид:

$$L_i = \frac{I}{N^*} \sum_{j=1}^{n_{\log}} \frac{m_{\log j}^2}{m_j} \quad (5.24)$$

Розбиття алгоритму на рис. 5.1 на комплексні групи під час обчислення Z_n проводиться, починаючи з першої групи операторів, а при обчисленні L_n – з першої групи логічних умов, тобто попередня група елементарних операторів, що стоїть перед логічною умовою, не враховується. Тому у виразі (5.24) замість N записане N^* .

Оскільки показники Z_n і L_n є нормованими, то природно, що вони змінюються у межах: $Z_n = [0, 1]$ і $L_n = [0, 1]$.

Якщо виконуються умови [271]:

$$\left. \begin{array}{l} a): 0,25 \leq Z_n \leq 0,85 \\ b): L_n \leq 0,20 \end{array} \right\} \quad (5.25)$$

то вважається, що конкретний алгоритм досить повно враховує можливості Л-О щодо його реалізації.

Якщо виконується умова:

$$\left. \begin{array}{l} a): Z_i \geq 0,9 \\ b): L_i > 0,2 \end{array} \right\} \quad (5.26)$$

то вважається необхідним передати функції Л-О (у нашому випадку – інструктору тренажера) машині (ЕОМ). Тобто, йдеться про необхідність розробки інтелектуального модулю СППР інструктора.

Позначивши на рис. 5.1 оператори символів A_i , а логічні умови, – відповідно, P_i , – розіб'ємо алгоритм на комплексні групи таким чином, щоб кожна з них закінчувалася логічною умовою [345]:

$$\begin{aligned} &A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 P_1 P_{12}; \quad A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 P_1 P_2 P_{11}; \\ &A_7 P_7; \quad A_8 A_{18} P_7; \quad A_9 P_4; \quad A_{10} A_{11} P_5 P_6; \\ &A_{12} P_1 P_{12}; \quad A_{12} P_1 P_2 P_{11}; \quad A_{13} A_4 A_5 A_6 P_1 P_{12}; \\ &A_{13} A_4 A_5 A_6 P_1 P_2 P_{11}; \quad A_{14} A_{15}; \quad A_{16} A_{17} A_{18} P_7; \\ &A_{19} A_{20} A_{21} P_8; \quad A_{22} A_{23} A_{24} P_9; \quad A_{25} A_{26} A_{27} P_{10}; \\ &A_{28} A_{29} A_{30} A_{15}. \end{aligned}$$

Далі відповідно до формули (5.23) нескладно встановити нормований коефіцієнт стереотипності дій інструктора під час реалізації особистісно-орієнтованого на ЛЧ алгоритму ТП САД:

$$\begin{aligned} Z_n = \frac{1}{42} \left(2 \frac{I^2}{2} + \frac{2^2}{2} + \frac{I^2}{3} + \frac{2^2}{3} + \frac{I^2}{4} + \frac{2^2}{4} + 4 \frac{3^2}{4} + \right. \\ \left. + \frac{4^2}{4} + \frac{4^2}{6} + \frac{4^2}{7} + \frac{6^2}{8} + \frac{6^2}{9} \right) = 0,77. \end{aligned}$$

Як бачимо з отриманого результату, розраховане значення коефіцієнта стереотипності

$Z_n = 0,77$, з одного боку, задовольняє умові (5.25a), що робить його прийнятним для застосування «звичайним» інструктором-оператором. Однак, з іншого боку, орієнтуючись на медіану діапазону прийнятних значень коефіцієнта стереотипності ($Z_{med} = 0,55$), слід вказати на його тяжіння до максимального значення діапазону.

Розіб'ємо алгоритм на рис. 5.1 на комплексні групи таким чином, щоб кожна з них починалася з логічної умови [345]:

$$\begin{aligned} &P_1 P_2 A_7; \quad P_1 P_{12} A_{24}; \quad P_1 P_2 P_{11} A_{21}; \quad P_3 A_8 A_{18}; \\ &P_3 A_9; \quad P_4 A_{10} A_{11}; \quad P_4 A_{16} A_{17} A_{18}; \quad P_5 P_6 A_{14} A_{15}; \\ &P_5 P_6 A_{13} A_4 A_5 A_6; \quad P_5 A_{12}; \quad P_7 A_{19} A_{20} A_{21}; \\ &P_8 A_{22} A_{23} A_{24}; \quad P_8 A_{10} A_{11}; \quad P_9 A_{25} A_{26} A_{27}; \\ &P_9 A_{10} A_{11}; \quad P_{10} A_{10} A_{11}; \quad P_{10} A_{28} A_{29} A_{30} A_{15}; \\ &P_{11} A_{21}; \quad P_{11} A_{24}; \quad P_{12} A_{24}; \quad P_{12} A_{27}. \end{aligned}$$

Далі, застосовуючи формулу (5.23), отримуємо таке значення нормованого коефіцієнту логічної складності дій інструктора під час реалізації особистісно-орієнтованого на ЛЧ алгоритму ТП САД:

$$\begin{aligned} L_n = \frac{1}{36} \left(6 \frac{I^2}{2} + 5 \frac{I^2}{3} + 2 \frac{2^2}{3} + 4 \frac{I^2}{4} + \frac{2^2}{4} + \frac{3^2}{4} + \right. \\ \left. + \frac{I^2}{5} + \frac{2^2}{6} \right) = 0,35. \end{aligned}$$

Порівнюючи набуте значення нормованого коефіцієнту логічної складності $L_n = 0,35$ з критеріальним (5.25b), бачимо, що воно в 1,75 разів більше за максимальне припустиме. Отже, дійсно, як зазначалося вище, порушується питання про розробку інтелектуального модулю СППР інструктора.

5.4. Алгоритмізація процедури самооцінки ризику прийняття рішень під час порушень норм ешелонування

Отже, професійна діяльність ДОПР, які безпосередньо відповідають за забезпечення належного рівня БП в АНС [32; 138; 270; 462 та ін.], – суть безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явних і неявних формах та під впливом різноманітних чинників (внутрішніх / зовнішніх, об'єктивних / суб'єктивних), у тому числі ризиків стохастичного і нестохастичного характеру [337; 364; 381 та ін.]. При цьому процеси фактичного ПР ДОПР як Л-О в досліджуваній СПЦОАСУ «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» рідко передбачають наявність чіткого алгоритму дій. Лише в окремих (як правило, аварійних) випадках чітко виписана послідовність дій ДОПР, наприклад, під час пожежі на борту ПС чи здійсненні ПС вимушеної посадки. Всі інші рішення прийма-

ються в умовах ризику – на основі різноманітної і різнопланової інформації, надійність, валідність та актуальність якої у загальному випадку достеменно невідома. Навіть впровадження АС УПР та інтелектуальних СППР не вирішує зазначену проблему [462]. Внаслідок цього рішення ДОПР

має бути прогностичним (проактивним), тобто знаходження способу розв'язання складної ситуації у повітряному просторі досягається за допомогою оперативного мислення, яке для полегшення процедури прийняття адекватного рішення має бути системно структурованим (алгоритмізованим).

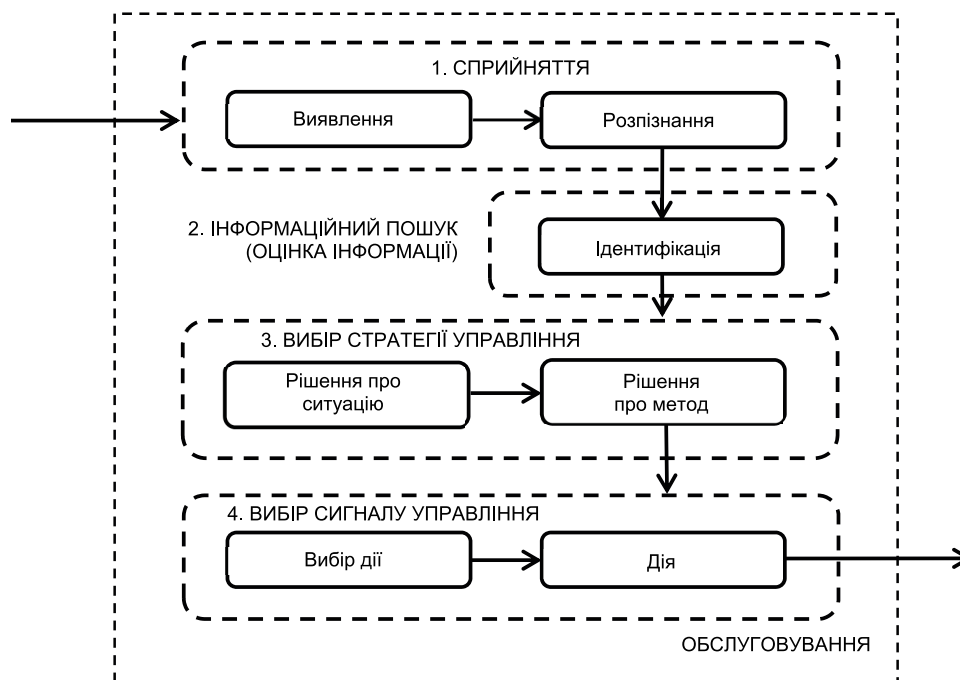


Рис. 5.2. Схема вирішення авіадиспетчером як людиною-оператором задачі управління

Прийняття рішень ДОПР завжди пов'язано з передбаченням, прогнозуванням поведінки об'єкта управління (ПС чи групи ПС) у зоні відповідальності чи системи в цілому після дії керуючого впливу, тобто відповідної команди льотному екіпажу. Сам процес вибору керуючої дії часто уявляють як певну послідовність кроків з: упізнання, аналізу, оцінки інформації про себе, стан ПС чи РТЗ УПР, навколишнє середовище тощо (рис. 5.2) [17; 95; 364; 379].

На I етапі (рис. 5.2) ДОПР як Л-О, сприймає на своєму РМ інформацію про стан об'єкта управління – ПС у просторі середовища, що забезпечується РТЗ УПР. Процес сприйняття інформації містить операції:

- 1) виявлення сигналу;
- 2) виділення у ньому окремих ознак, що відповідають поставленому завданню забезпечення належного рівня БП;
- 3) знайомство з виділеними ознаками;
- 4) розпізнавання сигналу.

Прийом інформації з екрану ЗВІ може здійснюватися і як цілісне предметне сприйняття. Тоді в ньому в скритому вигляді будуть наявні перелічені операції. При цьому вкажемо, що в процесі ПП у ДОПР виробляється здібність *одномоментного* сприйняття оперативних одиниць інформації, які розглядаються як певні семантичні утворення, що містять різну кількість ознак [17].

На II етапі діяльності ДОПР оцінює і аналізує інформацію в порівнянні з заданими значеннями контрольованих параметрів ПС, наприклад дотримання НЕПС. На цьому етапі він виділяє критичні ситуації (ПКС) та об'єкти управління (ПС), які вони характеризують, встановлює пріоритетність обслуговування ПС.

III етап діяльності пов'язаний з вирішенням ДОПР задачі відпрацювання стратегії управління ПС. Етап передбачає оцінку взаємного розташування керованих літаків у просторі середовища зони відповідальності, і вибір методу впливу на ПС. У ряді випадків діяльність на цьому етапі визначена заздалегідь заданим та відомим оператору алгоритмом (технологією роботи).

IV етап охоплює операції, сукупність яких забезпечує належне виконання прийнятого рішення. Реалізація рішення передбачає активний вплив на об'єкти управління (ПС) чи систему управління в цілому шляхом вводу управляючих сигналів, які вироблені ДОПР як Л-О.

Американські вчені І. Дженіс та Л. Манн (I. Jenis & L. Mann) запропонували методіку ретельної оцінки, огляду та зважування варіантів поведінки Л-О під час ПР в умовах ризику (табл. 5.5), яка побудована у зручній для запам'ятовування формі. Крім того, наведена у табл. 5.5 схема має за мету подолання людської інертно-

сті у ситуації вибору. Питання: «Чи великий буде ризик, якщо я нічого не зміню?» нагадує Л-О про

її ледачість та примушує знову аналізувати ситуацію та шукати оптимальний вихід з неї [515].

Таблиця 5.5

Стадії прийняття рішень. Схема кроків і питань (I. Jenis & L. Mann)

№ з.п.	Кроки рішення	Контрольні питання для самоаналізу
1	2	3
1	Оцінка проблеми	Чи великий буде ризик, якщо я не буду втручатись в ситуацію?
2	Огляд варіантів	Чи дозволить вирішити проблему лише цей варіант дії? Чи є достатньою розглянута кількість альтернатив?
3	«Зважування» варіантів	Який варіант найкращий? Чи пов'язаний він із якими-небудь суттєвими вимогами?
4	Повідомлення про вибрану дію. Узяття на себе певних обов'язків.	Чи слід повідомляти інших?
5	Прийняття рішення, незважаючи на ризик	Чи буде ризик великим, якщо я нічого не зміню?

Як алгоритм рішення І. Дженіс та Л. Манн пропонують низьку ситуацій, що виникають в залежності від тих дій, за допомогою яких ЛПР надасть відповідь сама собі на відповідні запитання [424; 515]. Це дозволяє проаналізувати по окремих компонентах внутрішній конфлікт ДОПР, що пов'язаний із ПР в процесі УПР [17].

З урахуванням вимог ІСАО щодо УБП [403] та результатів наших досліджень, зазначений алгоритм з праці [17] було перетворено для потреб початкової ПП САД до виду, поданого на рис. 5.3 [379].

Для оцінки якості рішення САД пропонуються такі правила, що мають процедурний характер. У центрі стоять два принципи:

1) зважити ризик, виходячи з особистісного ставлення до нього, а також цінність альтернатив подолання небезпечної ситуації;

2) шукати інформацію для успішного подолання небезпечної ситуації.

Слід констатувати, що наші пропозиції щодо подальшого розвитку алгоритму І. Дженіса та Л. Манна (рис. 5.3), стосуються, у тому числі, необхідності оцінювання випробуваними САД РН, що виникають внаслідок порушення НЕПС, із застосуванням усього спектру небезпек, введених ІСАО. Це формує в них ЗУПН розпізнавання небезпек, долання яких відпрацьовується під час ТП з урахуванням саме їх показників (рис. 5.1).

Вкажемо також, що САД, здійснюючи вибір, мають проявити всі свої здібності і реалізувати накопичені ЗУПН, збираючи та оцінюючи інформацію щодо порушення НЕПС у зона відповідальності.

Вважається, що рішення буде ефективним, якщо задоволені всім критеріям якості, спеціально розроблених для оцінювання ефективності операторської діяльності [17; 424; 515], які адаптовані нами для потреб ПП САД так:

1) САД як ЛПР має ретельно відібрати і детально оглянути широкий спектр варіантів ви-

конання дій з подолання небезпечної ситуації, пов'язаної з порушенням НЕПС;

2) розглянути весь спектр цілей з забезпечення належного рівня БП та ефективності УПР ту врахувати ті цінності (матеріальні і моральні, – см. рис. 2.7), що безпосередньо стоять за кожним варіантом вибору;

3) ретельно «зважити» все, що відомо про «ціну» та ризик, пов'язаними з ціллю: ціною яких втрат буде досягнута мета розв'язання конфліктної ситуації під час УПР;

4) почати інтенсивний пошук нової інформації, що дозволяє більш точно оцінити різні варіанти дій;

5) правильно використати і врахувати будь-яку нову інформацію або думку експерта-фахівця (старшого ДОПР зміни, ДОПР-інструктора, КП тощо), навіть якщо вони не відповідають тому розвитку ситуації, якому б віддавав перевагу сам САД, зайнятий безпосереднім УПР;

6) повторно проаналізувати позитивні і негативні наслідки всіх відомих варіантів розв'язання ПКС при УПР, включаючи ті, що спочатку розглядалися як неприйнятні, і тільки після цього зробити остаточний вибір;

7) ментально передбачити до найменших деталей наслідки застосування рішення або виконання вибраної дії, привертаючи особливу увагу на випадкові обставини, що не піддаються передбаченню, але ж можуть виникнути, якщо розвиток польотної ситуації піде в небезпечному напрямку.

Слід констатувати, що на жаль, професійні ДОПР неохоче виконують розглянуті вимоги та процедури. Вони обмежуються одним-двома такими звичними правилами та процедурами, які, з одного боку, вважаються їм найбільш надійними, а, з іншого боку, завжди їх виручали у складний час. Тому особливо важливою є початкова ПП САД, під час якої формується фундамент їх подальшої професійної діяльності. З іншого боку,

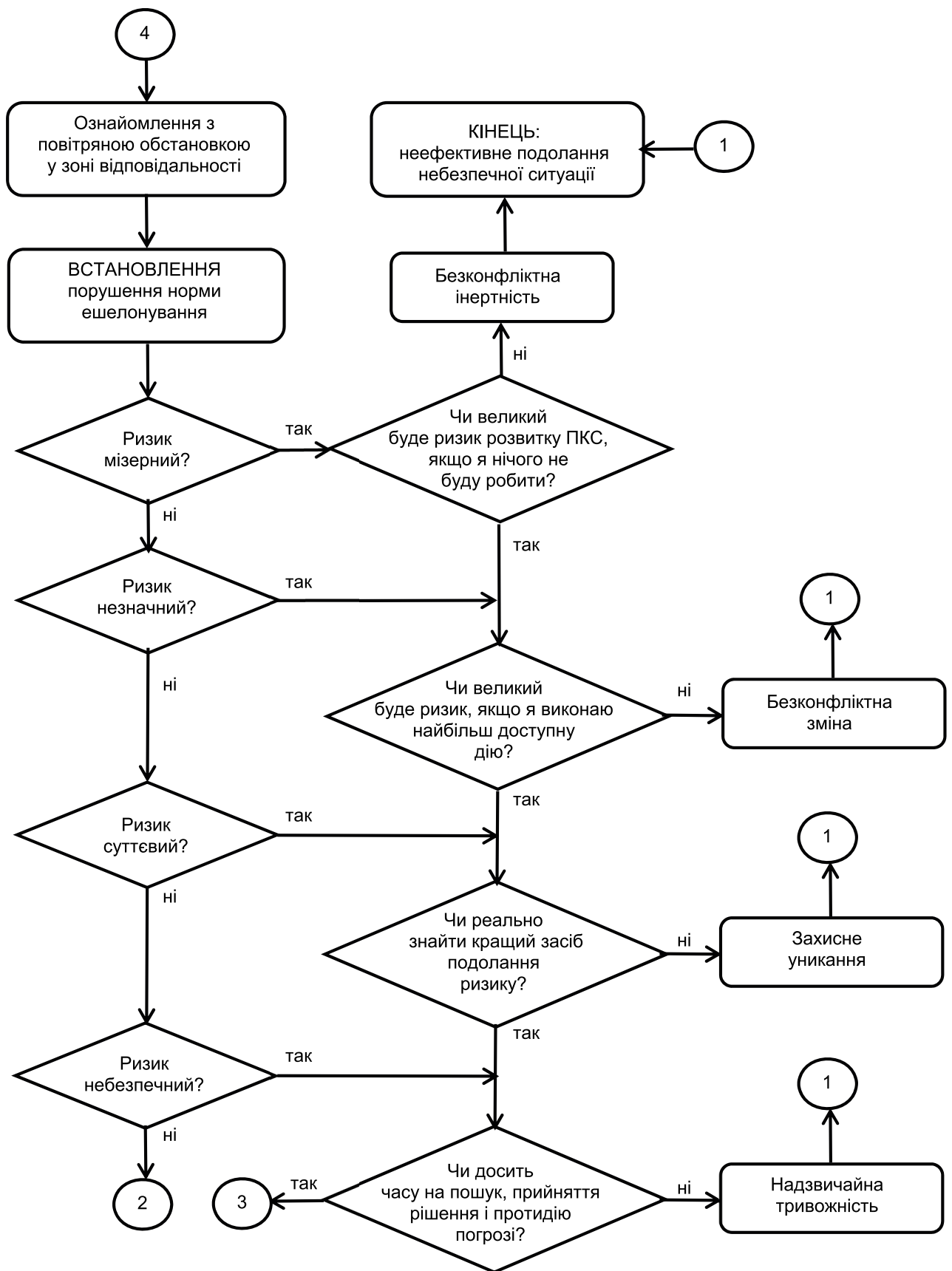


Рис. 5.3. Покрокова схема прийняття рішень студентом-авіадиспетчером щодо небезпек порушень норм ешелонування

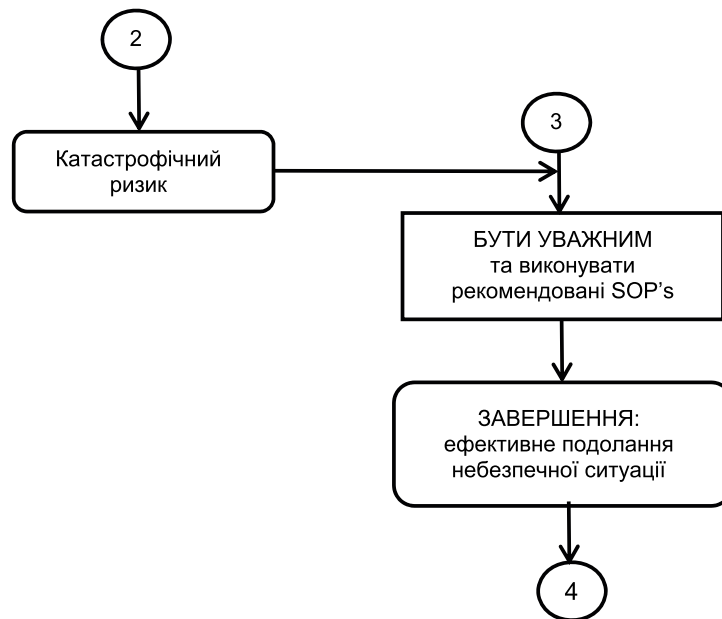


Рис. 5.3. Покрокова схема прийняття рішень студентом-авіадиспетчером щодо небезпек порушень норм ешелонування (завершення)

застосування таких процедур в системі УПР має враховувати швидкість зміни польотної ситуації в зоні відповідальності. Оскільки зі статистики БП при УПР відомі випадки, коли пошук «найкращого» рішення гірше, ніж швидке прийняття «пристойного» рішення з причин жорсткого дефіциту часу, якщо воно розглядається як «проміжне», і яке може бути в подальшому скоригованим в напрямку «найкращого».

Звісно, конфлікт, що супроводжує рішення складної ЗПР під час здійснення УПР, викликає стрес та накладає певні обмеження на раціональність вибору САД як ЛПР [10], що має бути обов'язково враховане у їх ПП.

5.5. Висновки по розділу 5

Розглядаючи отримані і подані у цьому розділі нові наукові результати з розробки рекомендацій щодо УБП та ПП САД за кваліметричними показниками ЛЧ, вкажемо на такі найбільш суттєві результати.

1. Обґрунтований і реалізований мультиплікативний підхід до вирішення однокрокової векторної ЗПР, пов'язаної з визначенням інтегральної (агрегованої, цілісної) оцінки ставлення САД до ризику в умовах порушень НЕПС. Уперше в якості частинних показників ризику застосовано нормовані значення характеристик ОДПР, РД та показника «незначного рівня небезпеки», встановленого з нечітких моделей ПР. Виявлено, що інтегральний показник складає величину $R=0,72$ для усієї сукупності досліджуваних норм.

Отримані частинні показники для окремих норм також мають критеріальний зміст.

2. Уперше обґрунтовані і реалізовані критеріальні моделі вирішення «трикутника ризиків» ІКАО по показниках РН, в яких відображені результати досліджень ОДПР, РД та нечітких моделей ПР САД в умовах ризику. Мультиплікативне узагальнення моделей дозволило отримати остаточні критерії рішення «трикутника ризиків», яке відрізняється від пропонуваного ІКАО добре зрозумілими і фізично вимірюваними показниками відстані між ПС. Запропоновано застосувати отримані результати під час розробки і реалізації заходів з профілактичного забезпечення БП, а також особистісно-орієнтованої ТП.

3. Обґрунтована алгоритмізація процесу організації особистісно-орієнтованої на ЛЧ (ОДПР та РД) ТП САД, яка задовольняє критеріям циклічності, детермінованості, дискретності, масовості, фінітності, коректності, результативності (спрямованості). З урахуванням отриманої достовірної статистики прояву ОДПР в досвідчених професійних авіадиспетчерів, які забезпечують належний рівень БП і в яких переважаючий акцент має прояв «схильності до ризику», відповідний алгоритм спрямований на розвиток в САД саме мотивації на досягнення успіху. Алгоритм базується на введенні у тренувальну вправу експериментально встановлених відстаней між ПС, що відповідають уявленням випробуваних щодо небезпечного, суттєвого, незначного та мізер-

ного рівня небезпеки НЕПС. Алгоритм також реалізує як основний принцип МЛН «від простого – до складного», так і запропоновану методику об'єктивізації СО в САД.

4. Вплив додаткових операторських функцій, виконуваних інструктором тренажера в процесі реалізації запропонованої нами особистісно-орієнтованої ТП САД, на ефективність його праці перевірено ергономічними методами алгоритмічного аналізу професійної діяльності осіб операторського профілю. Встановлено, що для пропонованого алгоритму нормований показник стереотипності дій «середнього» інструктора дорівнює величині $Z_n = 0,77$ і відповідає встановленим критеріальним нормам, хоча й тяжіє до максимального значення. Нормований показник логічної складності дій дорівнює величині $L_n = 0,35$ і в 1,75 разів перевищує нормативне

значення, встановлене для «звичайної» Л-О. Отримані результати обґрунтовують нагальну потребу розроблення інтелектуального модулю СППР інструктором тренажера, що має значно полегшити його працю.

5. Враховуючи вплив ЛЧ на БП при УПР та орієнтуючись на уявлення професійної діяльності авіадиспетчерів як безперервний ланцюг рішень, розглянута схема кроків і питань, що дозволяють їм здійснювати безперервний самоаналіз своїх дій в процесі вибору.

6. Для потреб формування в САД професійних ЗУПН безпосереднього УПР під час порушень НЕПС, знайшов подальший розвиток алгоритм ПР, розроблений І. Дженісом і Л. Маном, для врахування у зазначеному самоаналізі ризику безконфліктної інертності та зміни, захисного уникання та надзвичайної тривожності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Підсумовуючи отримані і подані в цій монографії нові наукові результати вкажемо, що під час досліджень ми прагнули дистанціюватися від лабораторно-фрагментарного підходу до вивчення диспетчерської праці і орієнтувалися саме на предметний бік професійної діяльності ДОПР, тобто ПР. Адже фактично зазначена діяльність – суть безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються у явних та неявних формах під впливом багатьох чинників різноманітної природи і джерел виникнення, у тому, числі ризиків стохастичного і нестохастичного характеру. Наведене дало змогу відмовитись також від застосування в дослідженнях феномену «чорної шухляди», оскільки усі наукові результати, що ілюструють закономірності прояву ЛЧ і його вплив на БП, отримані для зрозумілих і фізично вимірюваних показників професійної діяльності ДОПР, зокрема НЕПС, добре відомих випробуванням САД, як СЕП, що мають виконуватися для усунення їх порушень.

Пильна увага процесам ПП саме САД визначається можливістю проактивної кваліметрії і виправлення неправильного їх ставлення до порушень НЕПС і оцінювання відповідних ризиків на тому етапі, коли лише закладається фундамент професійного ДОПР. Саме тому в САД відсутні сталі стереотипи професійної діяльності, що відповідають так званому «мотиву зручності» (у класифікації Т. Томашевського), а вже сформовані ЗУПН є гнучкими, динамічними і піддаються корекції, що є незвичайно важливим для подальшого забезпечення ними належного рівня БП під час практичного УПР.

Найбільш важливими, на наш погляд, окремими результатами досліджень є такі.

1. З проведених теоретично-аналітичних досліджень прояву ЛЧ в авіаційних системах витікає, з одного боку, його перманентний і сталий впродовж десятиліть вплив на БП, що формулює завдання нагальної системної оптимізації діяльності АО «переднього краю», зокрема ДОПР, особливо під час ПР, які віднесені ІСАО до кваліфікаційних вимог для зазначеної категорії авіаційних фахівців. З іншого боку, йдеться про протиріччя між сучасним станом літакобудування, готовністю користувачів повітряних перевезень оплачувати належний рівень БП та сучасні цивілізаційні уявлення суспільства щодо цінності людського життя.

2. Суттєва увага ІСАО, яка випустила кілька десятків циркулярів з проблем впливу ЛЧ на БП, провідних авіакомпаній світу та широкого

прошарку науковців та фахівців у зазначеній галузі досліджень сприяли певним позитивним зрушенням, однак мають загальні упущення, оскільки, по-перше, відповідні рекомендації припускають лише ідеальне їх виконання авіаційним персоналом, внаслідок чого явно недостатньо уваги приділяється неправильному, помилковому виконанню професійних обов'язків. По-друге, деякі рекомендації є явно абстрактними, наприклад, незрозумілі у фізичному сенсі пропозиції щодо розв'язання «трикутника ризиків» ІСАО. По-третє, недостатньо дослідженими є питання проактивної кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ, що певним чином обмежує ефективність профілактичних заходів з УБП.

3. Враховуючи притаманне АО «переднього краю» розумінням небезпеки, було визначено провідну роль показників ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов під час ПР та впливу цього ставлення на взаємодію інших складових концепції БП ІСАО. Встановлено, що до зазначених показників слід віднести такі характеристики прояву ЛЧ під час ПР в АНС, як ОДПР, РД та нечіткі оцінки ризику, що й визначило напрям подальших досліджень.

4. Спираючись на ПСА, критерії цілеспрямованості та раціональності систем вироблення рішень, класифікаційні ознаки ЗПР, здійснено обґрунтування ергономічних основ системно-інформаційної кваліметрії ЛЧ з урахуванням особливостей професійної діяльності ДОПР і робочого середовища прийняття ними рішень в АНС. Запропоновано під дефініцією «системна кваліметрія» розуміти системно організований збір якісно-кількісної інформації про особливості і закономірності прояву ЛЧ під час ПР ДОПР. Оскільки ДОПР ПР з урахуванням особливостей функціонування усіх складових складної полієргатичної організаційної і активної системи управління «льотний екіпаж – повітряне судно – середовище – орган ОПР», то це вказує на ергономічний зміст системно-інформаційної кваліметрії закономірностей прояву ЛЧ.

Побудовано структурну модель ергономічної системно-інформаційної кваліметрії професійної діяльності ДОПР, що спрямована на виявлення закономірностей прояву ЛЧ під час ПР. Особливістю вимірюваних показників ЛЧ є їх проактивність, що має позитивний вплив на уявлення ДОПР щодо правильного ставлення до небезпечних дій або умов професійної діяльності.

5. Здійснено теоретично-методологічне забезпечення кваліметрії ЛЧ під час ПР ДОПР

в умовах ризику, що враховує особливості робочого середовища та умови їх професійної діяльності, визначені специфікою отримуваної аеронавігаційної інформації (загальної, постійної, загальновідомої, оперативної, тактичної, поточної), а також полієргатичністю, монофункціональністю, дистанційністю керуючих впливів, динамічністю керованих ПС і параметрів оточуючого середовища, що обумовлює прогностичність його праці і підвищений рівень емоційної напруженості. Обґрунтовано, що головним професійним завданням ДОПР є дотримання НЕПС в зоні відповідальності. Тому закономірності порушення зазначених норм з позицій прояву ЛЧ під час ПР мають стати об'єктом кваліметричних досліджень.

6. Проведено обґрунтування та розробка теоретичної стохастичної кваліметричної методології виявлення закономірностей прояву ЛЧ в процесі ПР САД в умовах ризику порушення НЕПС під час ОПР. Наведеному сприяв формальний опис ризику і проблемних ситуацій, уявлених кортежем, розширеним стосовно типового на 90%, що дало змогу більш повно і всебічно розглядати професійну діяльність ДОПР. З аналізу моделі виявлено, що стосовно професійної діяльності ДОПР та АНС в цілому найменш досліджуваними складовими зазначеного кортежу є ті, що визначають їх ставлення до ризику (ОДПР, РД), а також їх СП на показниках та характеристиках професійної діяльності.

7. Розроблено теоретичне обґрунтування побудови на континуумі НЕПС ОФК за обмеженою кількістю точок, що відповідає розв'язанню закритої ЗПР і сприяє виявленню схильності, несхильності та байдужості до ризику. Зазначені ОФК будуються по характерних точках, що виявляються з віртуальних лотерей, тому прагнення грати у лотерею визначає схильність до ризику і мотивацію на досягнення успіху. Водночас відмова від лотереї чи згода отримати її умовний виграв визначає несхильність до ризику і мотивацію на запобігання невдач. Запропоновано інтегративний метод аналізу ОФК, що на 17,8% покращив ефективність встановлення ОДПР.

8. Вдосконалено метод встановлення РД на континуумі НЕПС шляхом розв'язання відкритої ЗПР і побудови ОФК за формально необмеженою кількістю точок.

9. Враховуючи пропозиції ІСАО щодо лінгвістичних показників РН, проведено обґрунтування та розробка теоретичних нестохастичних моделей ПР для кваліметрії загроз БП за умов порушення НЕПС. Подана методика застосування адаптованої для потреб досліджень шкали «Купера–Харпера», а також «матриці» підказок для побудови ФН ЛЗ «РН» з гладкими спадаючими фронтами. Виявлені специфічні особливості і обґрунтовано застосування модифікатора

«дуже» для побудови шкали – ТМ ЛЗ «РН», а також показана можливість її редукції до розмірності, запропонованої ІСАО за допомогою нечіткої операції «Об'єднання». Наведені рекомендації щодо аналізу емпіричних ФН, спираючись на «точку переходу» Л. Заде.

10. Експериментально виявлено закономірності прояву ОДПР САД під час розв'язання закритих ЗПР в умовах порушень НЕПС, встановлених для горизонтальної площини організації повітряного простору. Встановлено, що:

- закономірність співвідношення САД, схильних, байдужих та несхильних до ризику знаходиться в пропорції: С : Б : НС \Leftrightarrow 3,9% : 9,8% : 86,3%, що має обернений характер до показників, встановлених для професійних ДОПР;
- випробувані САД незалежно від умов організації ОПР однаково ставляться до континууму НЕПС $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$ (вірогідно співпадають показники характерних точок ОФК);
- за умов ускладнення НЕПС, тобто зменшення відстані між ПС, відсоток осіб, схильних до ризику зменшується, а несхильних до ризику, навпаки, збільшується, що також має обернений характер відповідно до результатів, отриманих для професійних ДОПР.

11. Експериментально виявлені закономірності прояву РД під час вирішення САД відкритих ЗПР в умовах порушень НЕПС. Встановлено, що:

- на полігонах частот РД визначаються локальний і глобальний максимуми;
- нормований усереднений показник РД складає величину 0,85 від НЕПС, показник, що характеризує перехід від негативного сприйняття відстані між ПС – до позитивного – складає величину 0,65 від норми, а показник вкрай негативного ставлення до відстані між ПС, - 0,46 від норми;
- спостерігається обернена тенденція у збільшенні відносного показника РД по мірі зменшення відстані між ПС;

12. Незалежно від специфіки організації повітряного простору для САД є нерозрізненіми ОДПР на континуумах НЕПС для $L = 10 \text{ km}$ (чотири норми) і $L = 20 \text{ km}$ (чотири норми). Така ж сама закономірність встановлена і для РД на континуумах НЕПС для $L = 10 \text{ km}$ (чотири норми) і $L = 20 \text{ km}$ (чотири норми).

13. Незалежно від ставлення до стохастичного ризику РД випробуваних САД співпадає с ДЕЛ з корисністю 0,75 ($L_{0,75}$), що відрізняється від показників, встановлених для професійних ДОПР. Виявлений обернений вплив ОДПР на РД: чим більш ризиковану поведінку демонструють випробувані САД, тим вища їх СО і, відповідно, нижчий (за абсолютною величиною) РД, тобто бажана відстань між ПС, яку вони вважають достатньою для розв'язання ПКС у просторі середовища.

14. Проведено експериментальну кваліметрію закономірностей нечіткого критеріального ставлення САД до небезпек порушень усіх досліджуваних горизонтальних НЕПС. Оскільки точки перетину ФН сусідніх термів виявилися більшими за «точку переходу» Л. Заде, то це сприяло встановленню критеріїв взаємної кількісно-якісної відповідності інтервалів НЕПС і якісних лінгвістичних оцінок шкали РН. Також виявлений незвичайно високий рівень збігу показників катастрофічного нормованого критерію катастрофічної небезпеки \hat{R}_k з показником найгіршої характерної точки ОФК \hat{L}_- , побудованої для відкритої ЗПР. Наведені приклади редукції термів пропонованої шкали РН до розмірності ІСАО.

15. Проведено обґрунтування і експериментальна перевірка ентропійної міри ступеня уявлення САД небезпеки порушень НЕПС. Відповідні показники встановлені для характерних точок ОФК, побудованих для розв'язання закритих і відкритих ЗПР (чітка ентропія), а також для ФН ЛЗ «РН» (нечітка ентропія). Виявлено тенденцію зменшення ентропії (більш чіткого уявлення РН порушень НЕПС) по мірі збільшення привабливості характерних точок відповідних ОФК. Показники нечіткої ентропії є найменшими для крайніх термів запропонованої шкали виміру РН.

16. Здійснене наукове обґрунтування мультиплікативного підходу до вирішення багатокритеріальної ЗПР і експериментально визначено інтегральну (цілісну) оцінку ставлення САД до ризику порушень НЕПС, в якій ураховуються нормовані показники характеристик ОДПР, РД та характерної точки переходу суттєвого рівня небезпеки у незначний, встановленої з нечітких моделей ПР. Специфіка підходу, на відміну від адаптивного, полягає у можливості лише відносної часткової компенсації значень низьких частинних показників РН – високими, що сприяє запобіганню помилок I-II роду. Отримані інтегративні показники РН як для окремої НЕПС, так і для усієї їх сукупності, для яких відповідний показник складає величину $R = 0,72$.

17. Розроблено методологію застосування результатів досліджень ОДПР, РД та нечітких моделей РН порушень НЕПС для комплексного вирішення «трикутника ризиків» ІСАО по показниках небезпечності (серйозності) погроз, спираючись на фізично вимірювані показники і характеристики ставлення САД

до РН порушень цих норм, що відкриває перспективи як для здійснення ефективних заходів з УБП, так і організації особистісно-орієнтованої ТП САД.

18. Розроблено рекомендацій щодо алгоритмізації особистісно-орієнтованої на ЛЧ ТП САД. Ступінь прийнятності алгоритму для інструктора тренажера як Л-О перевірена за допомогою ергономічних показників стереотипності дій і логічної складності дій. Встановлено, що нормований показник логічної складності дій дорівнює величині $L_i = 0,35$, що в 1,75 разів перевищує нормативні значення, встановлені для «звичайної» Л-О. Наведене вказує на нагальну потребу розроблення інтелектуального модулю СППР інструктором тренажера, що має значно полегшити його працю.

19. Для поглибленого вивчення проблем прояву ЛЧ під час порушень НЕПС вдосконалено алгоритм самоаналізу ризиків, пропонований американськими вченими І. Дженісом і Л. Манном. Особливість наших пропозицій полягає у застосуванні випробуваними в процесі аналізу ситуації у просторі середовища усього спектру РН, пропонованих ІСАО.

20. Достовірність отриманих і поданих у монографії наукових результатів забезпечується:

- обсягом вибірки випробуваних САД, 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, технологій і процедур;
- можливістю відтворення експерименту на іншій вибірці САД і підтвердження відповідних тенденцій прояву ЛЧ;
- результатами застосування статистичних процедур перевірки гіпотез.

21. Подальші дослідження закономірностей прояву ЛЧ в АНС вважаємо доцільним проводити в таких напрямках:

- застосування методів нечіткої математики, у тому числі нечітких лотерей, для виявлення ставлення АО «переднього краю» до ризику, а також нечітких оцінок РД;
- побудова інтелектуального модулю СППР інструктором тренажера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматическое зависимое наблюдение и применение линий передачи данных в целях обслуживания воздушного движения : Циркуляр ICAO 256 – AN/152. – Монреаль: ICAO, 1995.
2. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 278 с.
3. Азгальдов Г. Г. Квалиметрия для всех : учеб. пособ. / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. – М. : Издательский дом «ИнформЗнание», 2012. – 165 с.
4. Азгальдов Г. Г. Квалиметрия для инженеров-механиков / Г. Г. Азгальдов, В. А. Зорин, А. П. Павлов. – М. : МАДИ, 2006. – 220 с.
5. Азгальдов Г. Г. Квалиметрия жизни / Г. Г. Азгальдов, В. Н. Бобков, В. Я. Емельянов. – Ижевск : Издательство УдГУ, 2006. – 820 с.
6. Азгальдов Г. Г. Количественная оценка качества (Квалиметрия) / Г. Г. Азгальдов, Л. А. Азгальдова. – М. : Изд-во стандартов, 1971. – 176 с.
7. Азгальдов Г. Г. О возможности оценки красоты в технике / Г. Г. Азгальдов, Р. П. Повилейко. – М. : Стандарты, 1977. – 120 с.
8. Азгальдов Г. Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман ; под ред. А. В. Гличева. – М. : Изд-во стандартов, 1973. – 172 с.
9. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г. Г. Азгальдов. – М. : Экономика, 1982. – 256 с.
10. Азгальдов Г. Г. Что такое качество? / Г. Г. Азгальдов, А. В. Гличев, В. П. Панов. – М. : Экономика, 1968. – 135 с.
11. Айвазян С. А. Классификация многомерных наблюдений / С. А. Айвазян, З. И. Бежаева, О. В. Староверов. – М. : Статистика, 1974. – 240 с.
12. Акимов В. А. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике / В. А. Акимов, В. В. Лесных, Н. Н. Радаев. – М. : Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
13. Акофф Р. О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери ; пер. с англ. Г. В. Рубальского ; под ред. И. А. Ушакова. – М. : Советское радио, 1974. – 272 с.
14. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО/ А. Н. Рева, В. И. Вдовиченко, С. П. Борсук [та ін.] // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: IV Всеукр. наук.-практ. конф., Херсон, 9-11 жовтня 2013 р., – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 334-338.
15. Алгоритми визначення типу ставлення авіаційного оператора до ризику / О. М. Рева, С. І. Корж, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // Людський чинник у транспортних системах : м-ли. II Міжнар. наук. конф. (ЛЧТС), Київ, 23 червня 2010 р. – К. : ДНДЦ ЗТУ, 2010. – С. 30-31.
16. Алгоритмізація процедури визначення ставлення авіаційного оператора до ризику / О. М. Рева, С. І. Корж, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 1 (88). – С. 109-114.
17. Алгоритмізація самоаналізу авіадиспетчером процесів прийняття рішень в умовах ризику / Ю. Ю. Бірюков, І. А. Гасанов, Ш. Ш. Насиров, П. Ш. Мухтаров // «АВІА-2009»: м-ли IX Міжнар. наук.-техн. конф., – Київ, 21-23 вересня 2009 р., – К. : НАУ, 2009. – С. 15.21-15.24.
18. Александров А. Е. Основы теории эвристических решений. Подход к изучению естественного и построению искусственного интеллекта / А. Е. Александров ; под ред. П. Г. Кузнецова. – М. : Советское радио, 1975. – 256 с.
19. Алтунин А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях : монография / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин. – Тюмень : ТГУ, 2000. – 352 с.
20. Анастаси А. Психологическое тестирование : в 2-х кн. / А. Анастаси ; пер. з англ. ; под ред.: К. М. Гуревича, В. И. Лубовского. – Кн. 1. – М. : Педагогика, 1982. – 320 с.; Кн. 2. – М. : Педагогика, 1982. – 336 с.
21. Андрианов Ю. М. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении / Ю. М. Андрианов, А. И. Субетто. – Л. : Машиностроение, 1990. – 216 с.
22. Анохин А. Н. Новое поколение человекомашинных интерфейсов для управления технологическими процессами / Психология и эргономика: единство теории и практики. Пленарные доклады VII Междун. конф. (Тверь, 18-20 авг. 2011 г.) / А. Н. Анохин // Человеческий фактор : сер. Проблемы психологии и эргономики, 2011. – № 3 (58). – С. 47-52.
23. Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса / П. К. Анохин. – М. : Наука, 1968. – 548 с.
24. Антонов О. К. К вопросу об эргономическом проектировании кабины экипажа /

- О. К. Антонов // *Авиационная эргономика : межвуз. сб. науч. тр.* – К. : КИИГА, 1975. – С. 24-27.
25. *Ануфриенко С. А.* Введение в теорию множеств и комбинаторику : учеб. пособ. / С. А. Ануфриенко. – Екатеринбург : УрГУ, 1998. – 62 с.
26. *Анфилатов В. С.* Системный анализ в управлении : учеб. пособ. / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин ; под ред. А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
27. *Бабкина Л. Н.* Применение квалиметрического подхода в управлении региональной экономикой / Л. Н. Бабкина, О. В. Скотаренко // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки.* – 2013. – № 4 (175). – С. 45–52.
28. *Багринцов С. А.* Квалиметрия групповой деятельности операторов сложных систем управления / С. А. Багринцов, А. В. Бондаренко, В. В. Обносков; под ред. чл.-корр. РАН Б. С. Алешина. – ФМЗМАТЛИТ, 2006. – 384 с.
29. *Баранов В. А.* Теория систем и системный анализ в управлении организациями : справочник / В. А. Баранов, Л. С. Болотова, В. Н. Волкова ; под ред.: В. Н. Волковой, А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 848 с.
30. *Батищев Д. И.* Методы оптимального проектирования : учеб. пособ. для вузов / Д. И. Батищев. – М. : Радио и связь, 1984. – 248 с.
31. *Батищев Д. И.* Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений / Д. И. Батищев, Д. Е. Шапошников. – Нижний Новгород : ИПФ РАН, 1994. – 92 с.
32. *Безпека авіації / В. А. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов [та ін.].* – К. : Техніка, 2004. – 584 с.
33. *Бекмухамбетов А. А.* Совершенство деятельности оператора на базе теории и практики управления рисками при обеспечении безопасности полетов : автореф. дис... кандидата техн. наук. Специальность 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта. – СПб., 2005. – 26 с.
34. *Беллман Р.* Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // *Вопросы анализа и процедуры принятия решений.* – М. : Мир – 1976. – С.172-215.
35. *Беляев Л. С.* Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности / Л. С. Беляев. – Новосибирск : Наука, 1978. – 126 с.
36. *Березовский Б. А.* Бинарные отношения в многокритериальной оптимизации / Б. А. Березовский, В. И. Борзенко, Л. М. Кемпнер. – М. : Наука, 1981. – 150 с.
37. *Берж К.* Теория графов и ее применение / К. Берж ; пер. с франц. – М. : ИЛ, 1962. – 320 с.
38. *Бернштейн Н. А.* Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой / Н. А. Бернштейн // *Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии.* – М.: Наука. 1963. – С. 299–322.
39. *Бесекерский В. А.* Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб : Изд-во «Профессия», 2004. – 752 с.
40. *Бешелев С. Д.* Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.
41. *Бичківський Р. В.* Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: Підручник / Р. В. Бичківський, П. Г. Столярчук. – Львів : Львівська політехніка, 2004. – 560 с.
42. *Бірюков В. В.* Загальні принципи формування невеликої групи авіаційних операторів / В. В. Бірюков // *Науковий прогрес на рубежі тисячоріч – 2007 : Матеріали II Міжнародної наук.-прак. конф., Дніпропетровськ, 1-15 червня 2007 р.* – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2007. – Т. 7. Педагогічні науки. Психологія і соціологія. – С. 51-61.
43. *Блаумберг И. В.* Проблема целостности и системный подход / И. В. Блаумберг. – М. : Эдиториал УРСС, 1997. – 440 с.
44. *Блюмберг В. А.* Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов/ В. А. Блюмберг, В. Ф. Глущенко. – Л. : Лениздат, 1982. – 160 с.
45. *Боднер, В. А.* Оператор и летательный аппарат / В. А. Боднер. – М : Машиностроение, 1976. – 221 с.
46. *Бодров В. И.* Математические методы принятия решений / В. И. Бодров, Т. Я. Лазарева, Ю. Ф. Мартемьянов. – Тамбов : ТГТУ, 2004. – 124 с.
47. *Болотов В. А.* Системы оценки качества образования : учеб. пособ. / В. А. Болотов, Н. Ф. Ефремова. – М. : Логос, 2007. – 192 с.
48. *Бондаренко Н. И.* Методология системного подхода к решению проблем: история, теория, практика / Н. И. Бондаренко. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского университета экономики и финансов, 1997. – 388 с.
49. *Бондарчук И. Е.* О повышенной подверженности части лиц летного персонала риску «попадания в инциденты» / И. Е. Бондарчук, Н. М. Грицаенко // *Безопасность полетов и человеческий фактор в авиации : тез. докл. VI науч.-практ. конф., Ленинград, 15-17 окт. 1991 г.* – Л. : АГА, 1991. – Секция 1, 2. – С. 70-71.
50. *Борисов А. Н.* Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров. – Рига : Зинатне, 1990. – 184 с.

51. Борсук С. П. Визначення основної доміанти поведінки студентів диспетчерів в умовах порушення норм ешелонування / С. П. Борсук // Наукоємні технології. – Київ, 2015. – №3 (27). – С. 261-265.
52. Борсук С. П. Випадкова складова показника нестационарного стохастичного процесу професійної підготовки авіаційного оператора / С. П. Борсук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : Вид-во ХМДА, 2013. – № 2 (9). – С. 249-257.
53. Борсук С. П. Інформаційне забезпечення інтелектуального модуля підтримки рішень інструктора диспетчерського тренажера за людським чинником / С. П. Борсук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Одеса, 2015. – №17. – С. 55-62.
54. Борсук С. П. Комп'ютерна програма «Програмне забезпечення для системи контролю знань з віддаленим завантаженням контрольних завдань» / С. П. Борсук, О. Г. Яременко. – Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 43525 від 28.04.2012.
55. Борсук С. П. Многомерные таблицы для регистрации успеваемости на тренажёрах / С. П. Борсук // Електроніка та системи управління : наук. ж., 2012. – № 1 (31). – С. 155–159.
56. Борсук С. П. Навчальні властивості сучасних тренажерних комплексів для підготовки авіаційних диспетчерів (аналітичний огляд) / 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. ХДМА, 2013. – Т. 2. – С. 6-10.
57. 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. – Вип. 3. – К. : НАУ-друк, 2015. – С. 14-18.
58. Борсук, С. П. Особливості ставлення диспетчерів керування повітряним рухом до поздовжніх та поперечних норм ешелонування / С. П. Борсук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Одеса, 2015. – № 17. – С. 55-62.
59. Борсук С. П. Оценка уровня притязаний студентов авиадиспетчеров при нарушении норм эшелонирования в 12 километров / С. П. Борсук // Международный научный институт "Educatio", – ежемесечный научный журнал № 3, 2015. – Ч. 3. – С. 168-171.
60. Борсук С. П. Прийнятність мір центральної тенденції до оцінювання успішності авіаційного оператора / С. П. Борсук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков : ЧП «Технологический центр», 2015. – № 1/3 (73). – С. 49-52.
61. Борсук С. П. Регистрация «плавающей» успеваемости операторов при помощи таблиц принадлежности / С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Харківський національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 10 (97). – С. 187-191.
62. Борсук, С. П. Рівні домагань студентів-диспетчерів на базі горизонтальної поздовжньої норми ешелонування 30 кілометрів / С. П. Борсук // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 24-26 травня 2016 р. – Херсон: ХДМА, 2015. – С. 258-259.
63. Борсук, С. П. Рівні домагань студентів – авіаційних диспетчерів при порушенні норми горизонтального ешелонування у 8 кілометрів / С.П.Борсук // Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві: освіта, наука, практика (SLA) : матеріали II Міжнародної наук.-практ. конф., Херсон, 17-18 вересня 2015 р., – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 70-72.
64. Борсук С. П. Свойства модификаторов составных термов лингвистических переменных / С. П. Борсук // Електроніка та системи управління : наук. ж., 2012. – № 3 (33). – С. 152-157.
65. Борсук С. П. Системно-організаційні характеристики процесів тренажерної підготовки авіадиспетчерів / С. П. Борсук // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Х. : ХНАМГ, 2013. – Вип. 107. – Сер. Технічні науки та архітектура. – С. 467-484.
66. Борсук С. П. Складові стохастичних показників навченості для чотирьох режимів роботи авіаційного оператора / С. П. Борсук // Штучний інтелект : наук.-техн. ж. – Донецьк : ІПШИ «Наука і освіта» 2013. – № 2 (60). – С. 100-108.
67. Борсук С. П. Способи аналізу максимумів оціночної функції корисності при визначенні рівнів домагань студентів-авіадиспетчерів на показниках норми ешелонування повітряного простору / С. П. Борсук // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2015) : м-лы Междун. науч. конф., с.м.т. Залізний Порт, 18-22 травня 2015 р., – Херсон : Вид-во ХНТУ, 2015. – С. 138-140.
68. Борсук С. П. Стохастична модель виявлення моменту припинення тренувань авіаційних операторів / С. П. Борсук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : Вид-во ХМДА, 2013. – № 1. – С. 208-215.
69. Бронштейн И. Н. Справочник по математике (для инженеров и учащихся вузов) / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев ; пер. с нем. ; под ред.: Г. Гроше, В. Циглера. – Лейпциг : Тойбнер ; М. : Наука, 1981. – 719 с.

70. *Бурдун И. Е.* Некоторые свойства и применение модели нечеткого управления самолетом / И. Е. Бурдун // Проблемы полета самолета гражданской авиации при заходе на посадку в сложных метеоусловиях : сб. науч. тр. – К. : КИИГА, 1984. – С. 26-30.
71. *Бурков В. Н.* Механизмы функционирования организационных систем / В. Н. Бурков, В. В. Кондратьев. – М. : Наука, 1981. – 384 с.
72. *Бурков В. Н.* Теория активных систем: состояние и перспективы [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с.
73. *Бурлачук Л. Ф.* Словарь-справочник по психодиагностике / Л. Ф. Бурлачук, С. М. Морозов. – К. : Наукова думка, 1989. – 200 с.
74. *Бусленко Н. П.* Лекции по теории сложных систем / Н. П. Бусленко, В. В. Калашников, И. Н. Коваленко. – М. : Советское радио, 1973. – 440 с.
75. *Буш Г. Я.* Стратегии эврилогии / Г. Я. Буш. – Рига : Общество «Знание» ЛатвССР, 1986. – 64 с.
76. *Буянов В. П.* Рискология (управление рисками) : учеб. пособ. / В. П. Буянов, К. А. Кирсанов, Л. М. Михайлов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во «Экзамен», 2003. – 384 с.
77. *Вайлетт Патрик Р.* Невезучие летчики – судьба или свойства характера / Патрик Р. Вайлетт // Авиатранспортное обозрение. – 2007. – № 76. – С. 71-74.
78. *Варжапетян А. Г.* Квалиметрия : учеб. пособ. / А. Н. Варжапетян. – СПб : СПбГУАП, 2005. – 176 с.
79. *Василенко В. О.* Теорія і практика розробки управлінських рішень : навч. посіб. / В. О. Василенко. – К. : ЦУЛ, 2002. – 420 с.
80. *Васильев В. И.* Основы квалиологии и квалиметрии образования / В. И. Васильев, Т. Н. Тягунова. – М. : Изд. центр ЕАОИ, 2007. – 280 с.
81. *Васильев В. И.* Распознающие системы : справочник / В. И. Васильев. – К. : Наук. думка, 1983. – 423 с.
82. *Васин А. А.* Модели динамики коллективного поведения / А. А. Васин. – М. : МГУ, 1989. – 153 с.
83. *Ватутин Э. И.* Основы дискретной комбинаторной оптимизации / Э. И. Ватутин, В. С. Титов, С. Г. Емельянов. – М. : Аргамак-Медиа, 2016. – 270 с.
84. Вдосконалення моделі проблемної ситуації у аеронавігаційних системах / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мірзоев // Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві: освіта, наука, практика (SLA) : матеріали II Міжнародної наук.-практ. конф., Херсон, 17-18 вересня 2015 р., – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 155-162.
85. 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. Мірзоев // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2015 : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 24-25 вересня 2015 р., – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 291-294.
86. *Вентцель Е. С.* Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1988. – 208 с.
87. *Вентцель Е. С.* Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
88. 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 і технології та обладнання для їх обслуговування. 5-а Міжнародна науково-практична конференція, 1-3 жовтня 2014. – Херсон : ХДМА. – С. 411-413.
89. *Вилкас Э. Й.* Оптимальность в играх и решениях / Э. Й. Вилкас. – М. : Наука, 1990. – 256 с.
90. *Воробьев В. М.* Механизм процессов образования информационных потоков систем пожарной сигнализации ЛА / Дис Аль-Аммори, В. М. Воробьев, А. Н. Аль-Аммори, О. М. Аль-Аммори // Проблемы управления технической эксплуатацией АТ : сб. науч. тр. – К. : КМУГА, 1996. – С. 127-132.
91. *Воробьев Ю. Л.* Управление риском и устойчивое развитие. Человеческое измерение / Ю. Л. Воробьев, Г. Г. Малинецкий, Н. А. Махмутов // Общественные науки и современность. – 2000. – № 6. – С. 150–162.
92. *Воронин А. А.* Оптимальные иерархические структуры / А. А. Воронин, С. П. Мишин. – М. : ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
93. Выдача свидетельств авиационному персоналу: Приложение 1 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Изд-е одиннадцатое. – Монреаль, Канада, июль 2011.
94. *Гандер Д. В.* Профессиональная психопедагогика / Д. В. Гандер. – М. : «ВОЕНТЕХНИЗДАТ», 2007. – 336 с.
95. *Гасов В. М.* Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ. В 7 кн. – Кн. 1. Инженерно-психологическое проектирование взаимодействия человека с техническими средствами : практич. пособ. / В. М. Гасов, Л. А. Соломонов ; под ред. В. Н. Четверикова. – М. : Высшая школа, 1990. – 127 с.
96. *Гвашиани Д. М.* Организация и управление / Д. М. Гвашиани – М. : Наука, 1972. – 536 с.

97. Герасимов Б. М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации / Б. М. Герасимов, Г. Г. Грабовский, Н. А. Рюмшин. – К. : Техніка, 2002. – 140 с.
98. Герасимов Б. М. Організаційна ергономіка: Методи та алгоритми досліджень і проектування : монографія / Б. М. Герасимов, В. В. Камишин. – К. : ТОВ «Інформаційні системи», 2009. – 212 с.
99. Гладун В. П. Партнерство с компьютером (Человеко-машинные целеустремленные системы) / В. П. Гладун. – К. : Port-Royal, 2000. – 128 с.
100. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стенли ; общ. ред. Ю. П. Адлера ; пер. с англ. Л. И. Харусовой. – М. : Прогресс, 1976. – 496 с.
101. Гличев А. В. Качество, эффективность, нравственность : учеб. пособ. / А. В. Гличев. – М : Премиум Инжиниринг, 2009. – 358 с.
102. Гличев А. В. Квалиметрия (ее содержание, задачи, методы) / А. В. Гличев, Я. Б. Шор, И. Б. Погожев [та ін.] // Стандарты и качество. – 1970. – № 11. – С. 30–34.
103. Глобальный план обеспечения безопасности полетов (2017-2019): Док. ICAO 10104. – Монреаль, Канада, 2016.
104. Горелик А. А. Методы распознавания : учеб. пособ. для вузов / А. А. Горелик, В. А. Скрипкин. – М. : Высшая школа, 1977. – 222 с.
105. Горячев В. А. Новый подход к подготовке летного состава за рубежом / В. А. Горячев, Н. Н. Коростелева // Проблемы безопасности полетов : ежемес. реф. сб. – М. : ВИНТИ, 1990. – № 10. – С. 3-22.
106. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – М. : Стандарты, 1975. – 26 с.
107. Грабарь М. И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях / М. И. Грабарь, К. А. Краснянская. – М. : Педагогика, 1997. – 136 с.
108. Гриценко В. И. Распределенные информационные системы. Состояние. Перспективы развития / В. И. Гриценко, О. О. Урсатьев // Управляющие системы и машины. – 2003. – № 4. – С. 11–21.
109. Губанов А. А. Введение в системный анализ : учеб. пособ. / А. А. Губанов, В. В. Захаров, А. Н. Коваленко ; науч. ред. Л. А. Петросян. – Л. : ЛГУ, 1988. – 288 с.
110. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем / А. И. Губинский. – Л. : Наука, 1982. – 270 с.
111. Губко М. В. Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников / М. В. Губко. – М. : ИПУ РАН, 2003. – 140 с.
112. Денисов Д. В. Теория риска / Д. В. Денисов. – М., 2006. – 84 с.
113. Динамика основной доминанты принятия решений авиадиспетчером при усложнении условий деятельности / А. Н. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев [та ін.] // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT – 2014) : зб. мат-лів VI Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 180-річчю з дня заснування Херсонської державної морської академії, Херсон, 27-29 травня 2014 р. – Херсон : Вид-во ХДМА, 2014. – С. 86-89.
114. Дмитренко Г. А. Оценка управленческого и инженерного труда / Г. А. Дмитренко, В. В. Якимчук. – К. : Будівельник, 1989. – 112 с.
115. Дубицкая Г. В. Геометрические методы квалиметрии: теория и применение : учеб. пособ. / Г. В. Дубицкая. – М. : АСМС, 2006. – 164 с.
116. Дубров А. М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе [: учеб. пособ. / А. М. Дубров, Б. А. Лагоша, Е. Ю. Хрусталева ; под ред. Б. А. Лагоши. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 176 с.
117. Дугин Г. С. Перспективы использования теории катастроф для определения причин авиационных происшествий / Г. С. Дугин // Проблемы безопасности полетов: обзорная информ. – М. : ВИНТИ, 2005. – Вып. 5. – С. 3-8.
118. Дулесов А. С. Субъективная вероятность в определении меры неопределенности состояния объекта / А. С. Дулесов, М. Ю. Семенова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3. – С. 81-86.
119. Дэвид Г. Метод парных сравнений / Г. Дэвид ; пер. с англ. – М. : Статистика, 1978. – 144 с.
120. Евдокимов В. Г. Мониторинг и обеспечение безопасности полетов с учетом изменения функциональных свойств и факторов риском сложных технических систем (Авиационных систем) : автореф. дис... к.т.н. по специальности 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта, 05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях (на воздушном транспорте). – М., 2013. – 38 с.
121. Евланов Л. Г. Экспертные оценки в управлении / Л. Г. Евланов, В. А. Кутузов. – М. : Экономика, 1978. – 133 с.
122. Единые принципы моделирования риска столкновения в обоснование Руководства по методике планирования воздушного пространства для определения минимума эшелонирования : Cir. ICAO 319 – AN / 181 (Док. 9689). – Монреаль, Канада, 2009.
123. Енциклопедія освіти / голов. ред. В. Г. Кремень. – К. : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.

124. *Ермоленко А. Н.* Реабилитация аксиологии в современной западной философии / А. Н. Ермоленко // *Онтологічні проблеми культури*. – К. : Наукова думка, 1994. – 217 с.
125. *Ешелонування повітряних кораблів : навч. посіб.* / В. П. Харченко, О. Є. Луппо, Г. Ф. Аргунов, С. А. Загора. – К. : НАУ, 2008. – 218 с.
126. *Жулев, В. И.* Безопасность полетов летательных аппаратов (Теория и анализ) / В. И. Жулев, В. С. Иванов. – М. : Транспорт, 1986. – 224 с.
127. *Журавлева Л. А.* Концепція системної безпеки як основа дослідження відмово-безпеки системи «повітряне судно – екіпаж – середовище» / Л. А. Журавлева // *Проблеми аеронавігації : Тематич. зб. наук. пр. – Вип. III – Ч. II*. – Кіровоград : ДЛАУ, 1997. – С. 91-100.
128. *Завалова Н. Д.* Образ в системе психической регуляции деятельности / Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов, В. А. Пономаренко. – М. : Наука, 1986. – 170 с.
129. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Заде Л. ; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского ; пер. с англ. Н. И. Ринго. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
130. *Занковский А. Н.* Организационная психология : учеб. пособ. для вузов по специальности «Организационная психология» / А. Н. Занковский. – 2-е изд. – М. : Флинта : МПСИ, 2002. – 648 с.
131. *Занюк С. С.* Психологія мотивації : навч. посіб. / С. С. Занюк. – К. : Либідь, 2002. – 304 с.
132. *Занюк С. С.* Психология мотивации. Теория и практика мотивирования. Мотивационный тренинг / С. С. Занюк. – М. : Ника-Центр ; Эльга-Н, 2001. – 352 с.
133. *Звонников В. И.* Современные средства оценивания результатов обучения : учеб. пособ. / В. И. Звонников, М. Б. Челышкова. – М. : Академия, 2007. – 224 с.
134. *Зигель А.* Модели группового поведения в системе «человек – машина» / А. Зигель, Д. Вольф. – М. : Мир, 1973. – 261 с.
135. *Зиньковская С. М.* Понимание концепции управления безопасностью полетов и концепция риска / С. М. Зиньковская // *Актуальные вопросы психологии в области человеческого фактора: м-лы II Междун. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 20-22 марта 2008 г. / ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т»; ГОУ ВПО «Урал. ин-т гос. противопож. службы»*. – Екатеринбург, 2008. – С. 3-8.
136. *Иваненко В. И.* Проблема неопределенности в задачах принятия решений / В. И. Иваненко, В. А. Лабковский. – К. : Наукова думка, 1990. – 134 с.
137. *Игошин В. И.* Математическая логика и теория алгоритмов / В. И. Игошин. – 2-е изд., стер. – М. : ИЦ «Академия», 2008. – 448 с.
138. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // *Человеческий фактор : сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.*
139. *Инамов Д. Д.* Введение квалиметрического подхода в национальную систему образования / Д. Д. Инамов // *Актуальные вопросы современной педагогики : материалы IV Междун. науч. конф., (Уфа, нояб. 2013 г.)*. – Уфа : Лето, 2013. – С. 160–162.
140. *Инженерная психология [Текст]: учеб. пособ.* / Г. К. Середа, С. П. Бочарова, Г. В. Репкина, В. А. Смирнов; под ред. Г. К. Середы. – К. : Вища школа, 1976. – 308 с.
141. *Казаков И. Е.* Анализ стохастических систем в пространстве состояний / И. Е. Казаков, С. В. Мальчиков. – М. : Наука, 1983. – 384 с.
142. *Калман Р.* Очерки по математической теории систем / Р. Калман, Ф. Фалб, М. Арбиб. – М. : Мир, 1971. – 400 с.
143. *Камишин В. В.* Методы системного анализа у квалиметрії навчально-виховного процесу : монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. – К. : ТОВ «Інформаційні системи», 2012. – 270 с.
144. *Камишин В. В.* Теоретико-методологічні основи системно-інформаційної квалиметрії в управлінні навчально-виховним процесом : автореф. дис... доктора педагогічних наук. Спеціальність 13.00.06 – теорія та методика управління освітою. – К., 2014. – 39 с.
145. *Камишин В. В.* Формування абсолютних шкал тестової квалиметрії знань в рішеннях однокрокової задачі прийняття рішень з векторним показником ефективності / В. В. Камишин // *Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр. – К. : НАУ-друк, 2012. – № 4. – С. 28–33.*
146. *Камышин В. В.* Источники неопределенности человеческого фактора в дидактике / В. В. Камышин // *International Journal «INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE» Volume 6, Number 4, 2012. Printed in Bulgaria, Publisher ITHEA. P. 385-397.*
147. *Камышин В. В.* Совершенствование шкалы Харрингтона для интегральной оценки академической одаренности / В. В. Камышин, А. Н. Рева // *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: м-ли Міжнар. наук.-практ. конф., 26-30 вересня 2013 року, смт. Гаспра, АР Крим. – К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2013. – С. 23-33.*
148. *Кантор Г.* Труды по теории множеств / Г. Кантор. – М. : Наука, 1985. – 430 с.

149. Карелин А. А. Большая энциклопедия психологических тестов / А. А. Карелин. – М. : ЭКСМО, 2007. – 416 с.
150. Кармалеев Б. А. Риски в управлении летной работой : учеб.-метод. пособ. для вузов гражданской авиации / Б. А. Кармалеев. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2010. – 82 с.
151. Карпенко А. П. современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновенные природой. – М. : МТГУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 446 с.
152. Картамышев П. В. Методика летного обучения / П. В. Картамышев, М. В. Игнатович, А. И. Оркин. – М. : Транспорт, 1987. – 278 с.
153. Касьянов В. А. Безопасность полетов как объект субъективного анализа / В. А. Касьянов, К. Шафран, Т. В. Шипитяк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4. – Т. 2. – С. 47-53.
154. Касьянов В. А. Субъективный риск для предметных и рейтинговых предпочтений / В. А. Касьянов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 4. – С. 30-41.
155. Квалиметрия и управление качеством. Инструменты управления качеством : учеб. пособ. / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, Б. И. Герасимов, А. В. Трофимов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 80 с.
156. Квалиметрия: методы количественного оценивания качества различных объектов (курс лекций и практических занятий) : учеб. пособ. / под общ. и науч. ред. д.э.н., профессора Г.В. Астратовой ; ГОУ ВПО ХМАО – Югры «Сургут. гос. пед. ун-т». – Сургут : РИО СурГ-ПУ, 2014. – 160 с.
157. Кини Р. Л. Принятие решений при многих критериях : предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа ; пер. с англ. ; под ред. И. Ф. Шахнова. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.
158. Кириллов В. И. Квалиметрия и системный анализ : учеб. пособ. / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 440 с.
159. Китаев Н. Н. Групповые экспертные оценки / Н. Н. Китаев. – М. : Знание, 1975. – 64 с.
160. Класифікація повітряного простору обслуговування повітряного руху України : Наказ Укравіатрансу №280 від 19.05.2004.
161. Клебельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг; пер. с нем. А. Б. Тарасова. – М. : Транспорт, 1989. – 367 с.
162. Клиланд Д. Системный анализ и целевое управление / Д. Клиланд, В. Кинг ; пер. с англ. М. М. Горяинова, А. В. Горбунова ; под ред. И. М. Верещагина. – М. : Сов. радио, 1974. – 280 с.
163. Клир Дж. Системология: Автоматизация решения системных задач / Дж. Клир ; пер. с англ. М. А. Зуева ; под ред. А. И. Горлина. – М. : Радио и связь, 1990. – 544 с.
164. Кнорринг В. И. Теория, практика и искусство управления : учеб. для вузов / В. И. Кнорринг. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Норма, 2007. – 544 с.
165. Кнут Д. Искусство программирования. – Т. 1. Основные алгоритмы = The Art of Computer Programming, vol. 1. Fundamental Algorithms / Дональд Кнут. – 3-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – С. 720.
166. Ковальчук Г. О. Активізація навчання в економічній освіті : навч. посіб. / Г. О. Ковальчук – 2-е вид. – К. : КНЕУ, 2005. – 298 с.
167. Коваленко И. Н. Анализ редких событий при оценке эффективности и надежности систем / И. Н. Коваленко. – М. : Советское Радио, 1980. – 209 с.
168. Кови С. Р. Семь навыков высокоэффективных людей: мощные инструменты развития личности / Стивен Р. Кови ; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2009. – 374 с.
169. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова ; пер. с польск.: Г. Е. Минца, В. Н. Поруса. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.
170. Козелецкий Ю. Человек многомерный (психологические эссе) / Ю. Козелецкий; пер. с польск. С. А. Чачко. – К. : Лыбидь, 1991. – 285 с.
171. Козлов В. В. Безопасность полетов: от обеспечения к управлению / В. В. Козлов. – М. : Оперативная Полиграфия, 2010. – 270 с.
172. Козлов В. Системный анализ причин ошибочного действия пилота при расследовании авиационного события: методическое пособие / В. Козлов. – М. : ОАО «Аэрофлот РА», 2007. – 68 с.
173. Колмогоров А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа. – изд. четвертое, переработанное / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – М. : Наука, 1976. – 544 с.
174. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением: Cir. ICAO 314 – AN / 178. – Монреаль, Канада, 2008.
175. Кормен Т. Х. / Алгоритмы: построение и анализ / Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. – 3-е издание = Introduction to Algorithms, Third Edition. – М. : Вильямс, 2013. – 1328 с.
176. Котик М. А. Курс инженерной психологии. – 2-е изд., испр. и доп. – Таллинн : Валгус, 1978. – 364 с.
177. Котик М. А. Психология и безопасность / М. А. Котик. – Таллинн. : Валгус, 1989. – 448 с.
178. Котик М. А. Саморегуляция и надежность человека-оператора / М. А. Котик. – Таллинн : Валгус, 1974. – 166 с.

179. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман ; под ред. С. И. Травкина ; пер. с франц. В. Б. Кузьмина. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
180. Красильников В. В. Квалиметрия как теоретическая база оценки качества образования [Электронный ресурс] / В. В. Красильников, В. С. Тоискин, А. В. Шумакова. – Режим доступа : // <http://econf.rae.ru/article/8049>
181. Кросскультурные факторы и безопасность полетов // Человеческий фактор: сборник материалов № 16 : Cir. ICAO 302 – AN / 375. – Монреаль, Канада, 2004.
182. Крыжановский Г. А. Введение в прикладную теорию управления воздушным движением : учеб. пособ. для вузов граждан, авиации / Г. А. Крыжановский. – М. : Машиностроение, 1984. – 368 с.
183. Кузьмин В. Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких бинарных отношений / В. Б. Кузьмин. – М. : Наука, 1982. – 168 с.
184. Кунцевич В. М. О неопределенности в современном естествознании и информатике / В. М. Кунцевич // Методологические проблемы кибернетики и информатики. – К. : Наукова думка, 1986. – С. 138-144.
185. Куратовский К. Теория множеств / К. Куратовский, А. Мостовой ; пер. с англ. М. И. Кратко под ред. А. Д. Тайманова. – М. : Мир, 1970. – 416 с.
186. Курашвили В. А. Некоторые вопросы профессионального отбора и психологической подготовки летного состава / В. А. Курашвили, Д. И. Шпаченко, Л. И. Туркаль // Проблемы безопасности полетов : ежемес. бюл. – М. : ВИНТИ, 1984. – № 8. – С. 35-41.
187. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.
188. Ланге О. Оптимальные решения (основы программирования): Пер. с польск. В. Д. Меникера / О. Ланге. – М. : Изд-во МГУ, 1967. – 284 с.
189. Ланкастер П. Теория матриц / П. Ланкастер; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Наука, 1982. – 272 с.
190. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах : учебник / О. И. Ларичев. – М. : Логос, 2000. – 296 с.
191. Латыпов Н. Н. Инженерная эвристика / Н. Н. Латыпов, С. В. Ёлкин, Д. А. Гаврилов ; под ред. А. А. Вассермана. – М. : Астрель, 2012. – 320 с.
192. Левашов С. П. Методика экспертной оценки профессионального риска / С. П. Левашов // Безопасность жизнедеятельности: науч.-практ. и учеб.-метод. ж., 2009. – № 1. – С. 14-16.
193. Левин К. Уровень притязаний / К. Левин, Т. Дембо, Л. Фестингер, П. Сирс // Психология личности: тексты. – М. : МГУ, 1982. – С. 86–92.
194. Лейченко С. Д. Человеческий фактор в авиации : монография в 2-х кн. / С. Д. Лейченко, А. В. Малышевский, М. Ф. Михайлик. – Кн. 1. – СПб – Кировоград, 2006. – 480 с.; Кн. 2. – СПб – Кировоград, 2006. – 512 с.
195. Литвак Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б. Г. Литвак. – М. : Патент, 1996. – 272 с.
196. Ломоносов Г. Г. Горная квалиметрия : учеб. пособие для вузов / Г. Г. Ломоносов. – 2-е изд., стер. – М. : Горная книга : Изд-во МГГУ, 2007. – 203 с.
197. Лотов А. В. Многокритериальные задачи принятия решений : учеб. пособ. / А. В. Лотов, И. И. Поспелова. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
198. Луцкий М. Г. Метод створення програмного забезпечення пульта інструктора авіаційного тренажера / М. Г. Луцкий, Ю. М. Рябокін // Інформатика, управління та обчислювальна техніка : Вісник НТУ «КПІ». – № 50. – 2010. – С. 80-85.
199. Львов В. М. Проблемы обеспечения психологической безопасности личности в производственной сфере. В 2-х кн. Книга 1. Концептуальные и методологические основы / В. М. Львов, С. А. Багрецов, Н. Л. Шлыкова ; под общ. ред. В. М. Львова. – Изд-е 2-е, испр. и доп. – Тверь : «РТС-Импульс», 2003. – 136 с.
200. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул : учеб. пособие для вузов / Е. Н. Львовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1988. – 239 с.
201. Лыноградский Л. А. Горизонты системного анализа / Л. А. Лыноградский. – Самара : ИЭКА «Поволжье», 2000. – 244 с.
202. Льюис Р. Д. Игры и решения: Введение и критический обзор / Р. Д. Льюис, Х. Райфа ; под ред. Д. Б. Юдина ; пер. с англ. – М. : И-Л., 1961. – 642 с.
203. Мазалов В. В. Математическая теория игр и приложения : учеб. пособ. / В. В. Мазалов. – СПб. : Лань, 2010. – 446 с.
204. Мандель И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
205. Мануйлов Ю. С. Методология системных исследований / Ю. С. Мануйлов, Е. А. Новиков. – СПб. : ВКА им. А. Ф. Можайского, 2008. – 159 с.
206. Маригодов В. К. Педагогика и психология: аспекты активизации творчества и го-

товности к профессиональной деятельности / В. К. Маригодов, С. Е. Моторная. – К. : Професионал, 2005. – 192 с.

207. *Маригодов В. К.* Системный подход к классификации методов научных исследований в педагогике / В. К. Маригодов, А. А. Слободянюк, Д. Э. Мочалов // *Специалист*. – 2002. – № 6. – С. 27–30.

208. *Маригодов В. К.* Эргономико-эвристический подход к вузовской педагогике : учеб. пособ. / В. К. Маригодов, А. А. Слободянюк. – Севастополь : Изд-во СевГТУ, 1998. – 171 с.

209. *Марченко Д. Л.* Визначення рівнів домагань студентів на множині навчальних досягнень з дисципліни «Математика для економістів» / Д. Л. Марченко // *Вісник НАУ. Сер. Педагогіка. Психологія* : зб. наук. пр. – К. : НАУ-друк, 2009. – Вип. 2. – С. 22–24.

210. *Марченко Д. Л.* Удосконалення процедури кваліметриї рівнів домагань студентів на множині академічних успіхів / Д. Л. Марченко // *Креативність і творчість* : Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. – К., 2009. – С. 99–103.

211. *Марченко Е. К.* Методы квалиметрии в педагогике / Е. К. Марченко. – М. : Знание, 1979. – 33 с.

212. *Маслоу А. Г.* Мотивация и личность / А. Г. Маслоу ; пер. с англ. А. М. Талыбаевой. – СПб. : Евразия, 1999. – 478 с.

213. Математические основы теории автоматического регулирования / В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко. – М. : Высшая школа, 1971. – 808 с.

214. Математичне моделювання в психологічних та соціологічних дослідженнях: підручник / М. Б. Євтух, М. С. Кулік, Е. В. Лузік, Т. В. Ільїна. – К. : ТОВ «Інформаційні системи», 2012. – 428 с.

215. Материалы международного семинара по сокращению количества авиационных происшествий при заходе на посадку и посадке (ALAR Tool Kit – Руководство ALAR). – Россия, Москва, 29-30 июля 2003 г.

216. *Медведенко О. М.* Загальна характеристика прийняття рішення при сигналізованих відмовах авіаційної техніки / О. М. Медведенко // *Наукові праці академії*. – Вип. V. – Ч. I. – Кіровоград : ДЛАУ, 2000. – С. 209-216.

217. *Мельников Г. П.* Системология и языковые аспекты кибернетики / Г. П. Мельников. – М. : Советское Радио, 1978. – 368 с.

218. *Месарович М.* Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара ; пер. с англ. под ред. И. Ф. Шахнова – М. : Мир, 1973. – 344 с.

219. Метод необходимого разделения параллельных трасс : Циркуляр ICAO 120 – AN/89/2. – Монреаль: ICAO, 1975.

220. Методи теорії графів у структурно-функціональному аналізі організації діяльності диспетчерської зміни, як невеликої групи авіаційних операторів / О. М. Рева, А. М. Невиницин, Ю. Ю. Бірюков, Н. А. Савонина // *Науковий вісник Херсонської державної морської академії* : наук. ж. – Херсон : Вид-во ХМДА, 2013. – № 1. – С. 267-275.

221. Методи теорії розпізнавання образів у визначенні однорідності думок викладачів / О. М. Рева, М. В. Сидоров, Л. М. Липчанська, О. В. Висотчина // *Наукові праці академії*. – Вип. VIII. – Кіровоград : ДЛАУ, 2004. – С. 82-94.

222. 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 та виробництві – освіта, наука, практика (SLA-2017)*: збірка матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон, 14-16 вересня 2017 року, – Херсон: ХДМА, 2017. – С. 284-288.

223. Методы инженерно-психологических исследований в авиации / Ю. П. Доброленский, Н. Д. Завалова, В. А. Пономаренко, В. А. Туваев ; под ред. Ю. П. Доброленского. – М. : Машиностроение, 1975. – 280 с.

224. Метрологія, стандартизація та управління якістю / Л. П. Клименко, Л. В. Пізінцалі, Н. І. Александровська, В. Д. Євдокимов. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 244 с.

225. Метрологія, стандартизація, сертифікація та управління якістю в системах зв'язку / Л. В. Коломієць, П. П. Воробієнко, М. Т. Козаченко [та ін.]. – Одеса : ТОВ «ВМВ», 2009. – 376 с.

226. *Микинелов А. Л.* Оптимизация летной эксплуатации : учеб. пособие для студентов вузов ГА / А. Л. Микинелов, В. Е. Чепига. – М. : Воздуш. трансп., 1992. – 192 с.

227. *Миркин Б. Г.* Проблема группового выбора / Б. Г. Миркин. – М. : Наука, 1974. – 256 с.

228. *Михеев В. И.* Моделирование и методы теории измерений в педагогике / В. И. Михеев. – М. : Высшая школа, 1987. – 200 с.

229. Моделирование авиационных систем : сб. тр. конф., Москва, 21-22 ноября 2013 г. – М. : ГосНИИ Га, 2013. – 192 с.

230. Модель інтегративної оцінки ставлення авіадиспетчерів до порушення норми ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мірзоев, В. З. Султанов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія* : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – № 8 (125). – С. 123-130.

231. *Морозов В. П.* Элементы теории управления ГАП: математическое обеспечение / В. П. Морозов, Я. С. Дымерский. – Л. : Машиностроение, 1984. – 334 с.

232. Мультипликативный подход к интегральной оценке уровня профессиональной подготовки авиационных операторов / А. Н. Рева, В. А. Шульгин, С. П. Борсук [и др.] // *Elmi məstüələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, – Bakı, İyal-Sentyabr 2014, Bakı. – Cild 16. – № 3. С. 42-51.
233. Муратов А. С. Синергизм и эмерджентность: генезис их гармонизации в экономике и управлении / А. С. Муратов, И. П. Поварич // *Вестник КемГУ*, 2012. – № 1. – С. 271-275.
234. Мухтаров П. Ш. Динаміка основної доміанти прийняття рішень авіадиспетчером при ускладненні умов діяльності / П. Ш. Мухтаров // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT – 2014) : зб. м-лів VI Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 180-річчю з дня заснування Херсонської державної морської академії, Херсон, 27-29 травня 2014 р. – Херсон : ХДМА, 2014. – С. 86-89.*
235. Мухтаров П. Ш. Людський чинник в аеронавігації: рівні домагань авіадиспетчерів при оцінці бажаності відстані між повітряними судами / П. Ш. Мухтаров // *Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : ХДМА, 2014. – № 1. – С. 283-288.*
236. Мухтаров П. Ш. Нечітка модель оцінювання ставлення авіадиспетчерів до порушення норми ешелонування повітряного простору // П. Ш. Мухтаров // *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. пр. – Вип. 9 / Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Національного авіаційного університету. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2014. – С. 26-35.*
237. Мухтаров П. Ш. Обобщенная модель иерархизации процесса принятия решений авиадиспетчером / П. Ш. Мухтаров // *Elmi məstüələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, Bakı, Oktyabr-Dekabr 2013. – Cild 15. – № 4. – С. 104-110.
238. Мухтаров П. Ш. Основные доминанты в принятии решений авиадиспетчером при оценке полезности-безопасности нормы эшелонирования воздушного пространства / П. Ш. Мухтаров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – X. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – № 9. – С. 143-150.*
239. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер ; пер. с нем. В. М. Ивановой – М. : Мир, 1990. – 208 с.
240. Мюллер П. Таблицы по математической статистике / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 278 с.
241. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. – Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крюкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.
242. Найт Ф. Х. Риск, неопределенность, прибыль / Ф. Х. Найт ; пер. с англ. М. Я. Каждана ; науч. ред. перевода Г. В. Гребенников. – М. : Дело, 2003. – 360 с.
243. Насиров Ш. Ш. Багатокрокова процедура виявлення статистично-узгодженої системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок їх діяльності / Ш. Ш. Насиров // *Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Вип. 105. – Сер. Технічні науки і архітектура. – X. : ХНАМГ, 2012. – С. 461-475.*
244. Невиницын А. Н. Алгоритмические модели как средство исследования факторного резонанса и соответствия процедур деятельности психофизиологическим возможностям авиационных операторов / А. Н. Невиницын, И. В. Старченко // *Проблеми аеронавігації : тематич. зб. наук. пр. – Кіровоград : ДЛАУ, 1997. – Вип. III. Удосконалення процесів діяльності та професійної підготовки авіаційних операторів. – С. 69-75.*
245. Невиницын А. Н. Алгоритмическое моделирование деятельности диспетчера ОВД в особых случаях полета // *Застосування авіації в народному господарстві : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, Кіровоград, 15-17 жовтня 1998 р. – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – С. 102-111.*
246. Невиницын А. М. Оцінка професійної діяльності авіадиспетчера алгоритмічними показниками / А. М. Невиницын // *Проблеми развития систем аэронавигационного обслуживания и авионики воздушных судов (Аэронавигация и авионика – 98) : м-лы Междун. наук.-практ. конф., – Киев, 29 сент. – 1 окт. 1998 г. – К. : КМУГА, 1998. – С. 136.*
247. Недбай С. В. Системологія невизначеності процесів льотної експлуатації повітряних суден / С. В. Недбай // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – X : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2010. – № 7. – С. 135-146.*
248. Нечеткие множества в задачах управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин, А. Ф. Блишун [и др.] ; под ред. Д. А. Поспелова. – М. : Наука, 1986. – 312 с.
249. Нечеткие множества и теория возможностей : последние достижения : пер. с англ. В. Б. Кузьмина ; под ред. С. И. Травкина / под ред. Р. Р. Ягера. – М. : Радио и связь, 1986. – 408 с.
250. Нечітка міра розпізнавання авіадиспетчерами небезпеки норм порушень норм ешелонування повітряних суден / О. М. Рева, В. А. Шульгин, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – X. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – № 7 (124). – С. 141-147.*

251. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай ; за ред. О. М. Реви. – Рівне : Овід, 2010. – 106 с.
252. *Новиков Д. А.* Институциональное управление организационными системами [Текст] / Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 2004. – 68 с.
253. *Новиков, Д. А.* Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем [Текст] / Д. А. Новиков. – М. : Фонд «Проблемы управления», 1999. – 161 с.
254. *Новиков Д. А.* Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами / Д. А. Новиков, Н. П. Глотова. – М. : Институт управления образованием РАО, 2004. – 142 с.
255. *Новиков Д. А.* Теория управления организационными системами [Текст] / Д. А. Новиков. – М. : МПСИ, 2005. – 584 с.
256. *Новиков П. П.* Принятие решений человеком в авиационных системах управления / П. П. Новиков. – М. : МГА, 1980. – 350 с.
257. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева [и др.]. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
258. Обследование состояния безопасности полетов при работе в нормальных условиях : Док. ICAO 9910 – AN / 473. – Монреаль, Канада, 2008.
259. Обслуживание воздушного движения : Приложение 11 к Конвенции о международной гражданской авиации. – изд-е 14. – Монреаль, Канада, июль 2016 г.
260. *Овчаров В.* Человеческий фактор: вечные проблемы / В. Овчаров // Гражданская авиация, 1996. – № 11. – С. 18-21.
261. *Оглезнева Л. А.* Кваліметрія : учеб. пособ. / Л. А. Оглезнева. – Томск : ТПУ, 2012. – 215 с.
262. *Одерій Л. П.* Кваліметрія вищої освіти: методологія та інструментарій : монографія / П. П. Одерій. – К. : МКА. УЗМН, 1996. – 264 с.
263. Оптимизация деятельности инструктора авиационного тренажера: научно-практические рекомендации / А. Н. Рева, В. А. Горячев, В. А. Кузнецов [и др.] ; под ред. В. А. Бодрова, А. Н. Ревы. – М. : ИПАН СССР, 1990. – 126 с.
264. Оптимум мотивации // Экспериментальная психология; под. / под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже. – Москва : Прогресс, 1975. – Вып. 5. – С. 119-125.
265. Организация воздушного движения : Правила аэронавигационного обслуживания : Док. ICAO 4444 – ATM / 501. – Изд-е пятнадцатое. – Монреаль, Канада, 2007.
266. *Орлов А. И.* Теория принятия решений : учеб. пособ. / А. И. Орлов. – М. : Экзамен, 2005. – 656 с.
267. *Орловский С. А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. – М. : Наука, 1981. – 208 с.
268. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов: Док. ICAO 9806 – AN / 763. – Монреаль, Канада, 2002.
269. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов: Док. ICAO 9824 – AN / 450. – Монреаль, Канада, 2003.
270. Основные принципы учета человеческого фактора в системах организации воздушного движения : Док. ICAO 9758 – AN / 966. – Монреаль, Канада, 2000.
271. Основы инженерной психологии : учеб. для вузов / Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, В. Ф. Рубахин [и др.] ; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высшая школа, 1986. – 448 с.
272. *Оуэнс Ч. А.* Летная эксплуатация (Организация работы экипажа) : пер. с англ. И. М. Алявзина / Ч. А. Оуэнс. – М. : Транспорт, 1987. – 237 с.
273. Оцінка ефективності функціональної організації диспетчерської зміни методами теорії графів / О. М. Рева, Б. Ф. Сагун, С. Д. Кульназаров [та ін.] // Наукові праці академії. – Вип. III. – Ч. II. Моделювання та управління в аеронавігаційних системах. – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – С. 30-35.
274. Ошибки пилота: Человеческий фактор: пер. с англ. А. С. Щebroва. – М.: Транспорт, 1986. – 262 с.
275. *Павлов И. П.* Избранные произведения / И. П. Павлов. – М. : Изд. АН СССР. 1949. – 639 с.
276. *Павлов И. П.* Лекции о работе Больших Полушарий Головного Мозга / И. П. Павлов. – Л. : ОГИЗ, 1937. – 457 с.
277. *Павлов И. П.* Полное собрание сочинений / И. П. Павлов. – Т. III. – Кн. 1. – М.- Л., 1951. 438 с.
278. *Пегат А.* Нечеткое моделирование и управление [Электронный ресурс] / А. Пегат ; пер. с англ. – 2-е изд. (эл.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.
279. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б. М. Бим-Бад. – М. : Большая рос. энцикл., 2002. – 528 с.
280. Педагогічний словник / за ред. дійсного члена АПН України М. Д. Яремченка. – К. : Педагогічна думка, 2001. – 514 с.
281. *Перегудов Ф. И.* Введение в системный анализ : учеб. пособ. / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
282. *Петросян Л. А.* Теория игр / Л. А. Петросян, Н. А. Зенкевич, Е. В. Шевкопляс. – СПб: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.

283. Пикала И. Инженерная психология / И. Пикала // Психология труда : пер. со словац. ; общ. ред. и предисл. К. К. Платонова. – М.: Профиздат, 1979. – С. 190-210.
284. Пиотровский Я. Теория измерений для инженеров / Я. Пиотровский ; под ред. Р. Н. Овсянникова ; пер. с польск. А. В. Левицкого – М. : Мир, 1989. – 335 с.
285. Питерс Т. В поисках эффективно-го управления / Т. Питерс, Р. Уотерс. ; пер. с англ.: В. Зотова, Д. Васильева. – М. : Прогресс, 1986. – 423 с.
286. Плотников Н. И. Зарубежная практика профессиональной подготовки летного персонала / Н. И. Плотников. – М.: ЦНТИ ГА, 1989. – 42 с.
287. Плотников Н. И. Проектирование транспортных комплексов. Воздушный транспорт / Н. И. Плотников. – Новосибирск : ЗАО ИПЦ АвиаМенеджер, 2010. – 393 с.
288. Плотников Н. И. Ресурсы воздушного транспорта / Н. И. Плотников. – Новосибирск : Академия экономики и управления, 2003. – 328 с.
289. Подготовка летного экипажа: оптимизация работы экипажа в кабине (CRM) и летная подготовка в условиях, приближенных к реальным (LOFT) // Человеческий фактор: сборник материалов № 2 : Cir. ICAO 217 – AN / 132. – Монреаль, Канада, 1989.
290. Поддьяков А. Н. Непереходность (не-транзитивность) отношений превосходства и принятие решений / А. Н. Поддьяков // Психология : журнал Высшей школы экономики. – 2006. – № 3. – С. 88-111.
291. Подиновский В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, И. Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 254 с.
292. Показники рівнів домагань авіадиспетчерів при зміні норми ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мірзоев, Ш. Ш. Насіров // Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві: м-ли міжнар. наук.-техн. конф., присвяченої 180-річчю Херсонської державної морської академії, Херсон, 18-19 вересня 2014 р., – Херсон: ХДМА, 2014. – С. 136-142.
293. Положенець Г. А. Вплив експлуатаційних чинників на безпеку польотів з урахуванням їх взаємодії [Рукопис] : автореф. дис. к.т.н. 05.22.20, Нац. авіаційний ун-т. – К. : НВФ Славутич-Дельфі, 2013. – 20 с.
294. Положення про використання повітряного простору України. Затв. Постановою КМ України від 6 грудня 2017 р. № 954.
295. Поляков В. Е. Эргономические аспекты формирования схем ввода отказов функциональных систем самолета (ФСС) на тренажере / В. Е. Поляков, А. Н. Рева // Эргономика и труд в гражданской авиации : сб. науч. тр. – К. : КИИГА, 1984. – С. 45-48.
296. Пономаренко В. А. Человеческий фактор и безопасность полетов / В. А. Пономаренко // Проблемы безопасности полетов : Обзорная информация. – М. : ВИНТИ, 1993. – Вып. 1. – С. 36-42.
297. Поспелов Д. А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов / Д. А. Поспелов. – М. : Радио и связь, 1989. – 114 с.
298. Правила виконання польотів та обслуговування повітряного руху в повітряному просторі України зі скороченим мінімумом вертикального ешелонування : Наказ Мінтрансу України №9 від 11.01.2002.
299. Правила медичного розслідування авіаційних подій. Затв. Наказом Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації 05.12.2005, № 919.
300. Правила метеологічного забезпечення авіації : Затв. спільним наказом Державної служби з нагляду за забезпеченням безпеки авіації, Міністерства охорони навколишнього середовища, Міноборони від 14.11.2005 № 851/409/661.
301. Правила полетов : Приложение 2 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Монреаль, Канада, июль 2005.
302. Правила польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України : Наказ Мінтрансу України №293 від 16.04.2003.
303. Правила радіолокаційного обслуговування : Наказ Мінтрансу України №311 від 15.04.2004.
304. Практическая психодиагностика: Методики и тесты : учеб. пособ. / редактор-составитель Д. Я. Райгородский. – Самара : Издательский Дом «БАХРАХ-М», 2001. – 672 с.
305. Прикладные вопросы квалиметрии : научное издание / А. В. Гличев [и др.] ; общ. ред. А. В. Гличева. – Москва : Изд-во стандартов, 1983. – 136 с.
306. Про введення в дію системи вертикального ешелонування ICAO : Наказ Мінтрансу та Міноборони №441/241 від 13.07.2001.
307. Про встановлення у повітряному просторі України типу RNP і розміру буферних зон : Наказ Укравіатрансу №417 від 20.07.2004.
308. Про застосування назв рівнів при польотах повітряних суден на абсолютній висоті переходу 3050 м (10 000 футів) та нижче : Наказ Державіаслужби №193 від 23.11.04.
309. Проактивна модель комплектування диспетчерської зміни за показниками безпомилковості, своєчасності і взаємозамінності / О. М. Рева, Ю. Ю. Бірюков, В. А. Шульгін,

С. І. Корж // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х. : Харківський національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського. 2009. – № 8. – С. 89-94.

310. Проактивне визначення впливу досвіду управління повітряним рухом на ставлення до ризику [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, П. Ш. Мухтаров // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2018. – № 5. – С. 80-87.

311. Проактивне управління ризиками за людським фактором у цивільній авіації / О. М. Рева, С. І. Осадчий, О. М. Медведенко, Ю. М. Фоменко // Залізничний транспорт України : наук.-практ. ж. – 2008. – № 6. – С. 54-59.

312. Проблеми забезпечення раціональної групової діяльності диспетчерської зміни як невеликої групи авіаційних операторів / О. М. Рева, Ю. Ю. Бірюков, Ш. Ш. Насіров, Н. А. Савонина // Транспортные проблемы крупнейших городов: м-лы Междун. науч.-практ. конф., Харьков, 12-16 марта 2012 г. – Х. : ХНАМГ, 2012. – С. 137-143.

313. Проведение проверок при производстве полетов авиакомпаниями (программа LOSA): Doc. ICAO 9803 AN/761. – Монреаль, Канада, 2002.

314. Прогноз развития воздушного транспорта до 2025 года : Cir. ICAO 313 – AT / 134. – Монреаль, Канада, 2007.

315. Производство полетов воздушных судов : Doc. ICAO 8168. – Т. 2. Построение схем визуальных полетов по приборам. – 4-е изд. – Монреаль, Канада, 2001. – 619 с.

316. Професійні ситуативні вправи діагностики і корекції небезпечних стратегій прийняття рішень авіадиспетчерами / О. М. Рева, Б. М. Мирзоев, Ш. Ш. Насіров, П. Ш. Мухтаров // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT – 2013) : збірка матеріалів V Міжнар. наук.-практ. конф. конф., Херсон, 28-30 травня 2013 р.; У 2-х т. – Т. 2. – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 23-26.

317. Процедура фазифікації / дефазифікації балів шкал оцінювання / В. В. Камишин, О. М. Рева, Л. М. Макаренко, О. М. Медведенко // Електроніка та системи управління : наук. ж. – К. : НАУ-друк, 2012. – № 3 (33). – С. 53-62.

318. Психологические аспекты проблемы человеческого фактора в авиационной аварийности: анализ и стратегия профилактики / А. В. Клюев, А. Н. Качалкин, Э. Б. Диденко [и др.] – М. : НТЦ МАК, 1996. – 85 с.

319. Психология труда / Петер Крбатя, Й. Мюллнер [и др.] ; общ. ред. и предисл. К. К. Платонова ; пер. со словац. – М. : Профиздат, 1979. – 216 с.

320. Психология : підручник / Ю. Л. Трофімов, В. В. Рибалка, П. А. Гончарук [та ін.] ; за ред. чл.-кор. АПН України Ю. Л. Трофімова. – К. : Либідь, 2005. – 560 с.

321. Пушкин В. Н. Эвристика – наука о творческом мышлении / В. Н. Пушкин. – М. : Политиздат, 1967. – 272 с.

322. Райчев С. Г. Влияние ошибок авиадиспетчера на уровень безопасности воздушного движения Болгарии : Автореф. дис... к.т.н. по специальности 05.22.13 – «Навигация и управление воздушным движением». – К. : НАУ, 2008.

323. Райфа Х. Анализ решений (Введение в проблему выбора в условиях неопределенности) / Х. Райфа ; пер. с англ. – М. : Наука, 1977. – 408 с.

324. Рева А. Н. Влияние индивидуальных качеств личности авиационного оператора на безопасность профессиональной деятельности / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов // Актуальные проблемы транспортно-коммуникационного комплекса на пороге третьего тысячелетия : тр. Междун. науч.-практ. конф., посв. 10-летию образования Министерства транспорта и коммуникаций Республики Казахстан в год десятилетия независимости Казахстана, Алматы, 15-16 марта 2001г. – Алматы: АИЭС, 2001. – С. 379-382.

325. Рева А. Н. Достаточная степень соответствия информационных моделей тренажера и самолета первоначального обучения / А. Н. Рева // Проблеми розробки і застосування в навчальному процесі вищих навчальних закладів спеціалізованих тренажерів, автоматизованих робочих місць та автоматизованих навчальних систем : тези доп. наук.-метод. конф., Кіровоград, 14–16 верес. 1994 р., – Кіровоград : ДЛАУ, 1994. – С. 18.

326. Рева А. Н. Нечеткая оценка риска нестыковки блоков «человек – процедуры» модели SHELL ИКАО / А. Н. Рева, С. П. Борсук // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы обчислювального інтелекту : м-ли Міжнар. наук. конф., присвяченої пам'яті професора Ф. Б. Рогальського, – с.м.т. Залізний Порт Херсонської обл., 28-31 травня 2014 р., – Херсон : ХНТУ, 2014. – С. 153-155.

327. Рева А. Н. Опасные позиции принятия решения и их коррекция / А. Н. Рева // Актуальные вопросы медицины транспорта : тез. докл. Украинской Межведомственной науч.-практ. конф. с междун. участием, Одесса, 22-24 сент. 1993 г., – Одесса : ОГУ, 1993. – С. 315.

328. Рева А. Н. Отношение пилотов к риску в принятии решений при отказе двигателя / А. Н. Рева, М. К. Байжуманов, Н. Р. Садуакасова // 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. 78-81.

329. *Рева А. Н.* Показатели структурной эффективности организации диспетчерской смены как малой группы авиационных операторов / О. М. Рева, С. Д. Кульназаров // Перспективы развития гражданской авиации и подготовка высококвалифицированных кадров : сб. тр. 1-й Междун. конф. – Алматы, 18-22 сентября 2000 г. – Алматы : КазГУ, 2000. – Ч.1. – С. 83-92.

330. *Рева А. Н.* Применение алгоритмов распознавания образов в диагностике опасных позиций принятия решений авиационным оператором / А. Н. Рева, С. Н. Неделько, А. А. Смирнов // Методы управления системной эффективностью электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов: тез. докл. II Междун. науч.-практ. конф., Киев, 18-21 мая 1993 г. – К.: КИИГА, 1993. – С. 72-73.

331. *Рева А. Н.* Психологическая надежность авиационных операторов и диагностика опасных качеств оперативного мышления / Г. А. Крыжановский, А. Н. Рева, С. Н. Неделько // Оптимизация летной эксплуатации и профессиональной подготовки летного состава гражданской авиации : межвуз. тематич. сб. науч. тр. – СПб.: АГА, 1994. – С. 106-118.

332. *Рева, А. Н.* Решение треугольника рисков ИКАО для нормы воздушного эшелонирования в 12 км / А. Н. Рева, С. П. Борсук // Сборник трудов общества независимых расследователей авиационных происшествий. – Вып. 27. – М., 2015. – С. 367-370.

333. *Рева А. Н.* Риск, конфликт и неопределенность конфликтных ситуаций при принятии решений оператором авиационной эргатической системы / А. Н. Рева // Методы управления системной эффективностью электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов : тез. докл. II Междун. науч.-практ. конф., Киев, 18 21 мая 1993 г. – К. : КИИГА, 1993. – С. 76-77.

334. *Рева А. Н.* Синтез деятельности и кибернетический анализ информационной нагрузки авиадиспетчера при высокой интенсивности воздушного движения / А. Н. Рева, И. М. Устищенко, А. П. Плясовских // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – № 10. – С. 145-157.

335. *Рева А. Н.* Теоретическая модель выявления основной доминанты деятельности авиационного оператора в условиях риска / А. Н. Рева, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // Elmi məsələlər : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin, – Bakı, Oktyabr – Dekabr 2012. – № 4. – С. 64-73.

336. *Рева А. Н.* Формирование летных навыков курсантов на тренажере с варьируемыми динамическими характеристиками /

А. Н. Рева, В. А. Свиркин // Методы эргономической эксплуатации и обслуживания авиационной техники : сб. науч. тр. – К. : КИИГА, 1986. – С. 53-59.

337. *Рева А. Н.* Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния): монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006.– 242 с.

338. *Рева А. Н.* Эргономика первоначальной профессиональной подготовки пилотов : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2000. – 272 с.

339. *Рева А. Н.* Эргономические основы первоначальной профессиональной подготовки пилотов : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта: в 2 т. / Киевский международный университет гражданской авиации. Т. 1. – Киев, 1996. – 376 с. – Т. II. – Киев, 1996. – 104 с.

340. *Рева О. М.* 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 : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – № 9. – С. 151-156.

341. *Рева О. М.* Вплив на безпеку польотів особливостей взаємодії елементів ергатичної системи “екіпаж (пілот) – повітряне судно – орган управління повітряним рухом” / О. М. Рева, А. А. Бекмухамбетов, Г. М. Селезньов // Наукові праці академії. – Вип. VI. – Ч. I. – Кіровоград : ДЛАУ, 2002. – С. 147-155.

342. *Рева О. М.* Вплив специфіки застосування норми ешелонування на особливості прояву рівнів домагань авіадиспетчерів / О. М. Рева, С. П. Борсук // Науковий Вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : ХДМА, 2015. – № 1. – С. 281-289.

343. *Рева О. М.* До основ системного аналізу в педагогіці: класифікаційні ознаки задач прийняття рішень в початково-виховному процесі / О. М. Рева, С. О. Дудник, О. В. Сіроштан // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. – К. : ІТЗО МОН України, 2007. – Вип. 53. – С. 68–75.

344. *Рева О. М.* Досвід ІКАО і провідних авіакомпаній світу щодо врахування людського фактора та індивідуалізації професійної підготовки льотного персоналу / О. М. Рева, Г. О. Рева, А. А. Чабак // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. – К. : НМЦ ВО, 2003. – Вип. 34. – С. 56 71.

345. *Рева О.М.* Ергономічне оцінювання ступеня прийнятності для користувача-інструктора алгоритму особистісно-орієнтованої підготовки студента-авіадиспетчера / О.М. Рева, С.П. Бор-

сук, В.О. Липчанський // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Національний аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2017. – № 9. – С. 119-130.

346. *Рева О. М.* Ефективність інтегративного методу виявлення ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до порушень стандартних експлуатаційних процедур / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мірзоев // *Вісник двигунобудування : наук.-техн. ж.* – Запоріжжя : АО «Мотор Січ», 2016. – № 2. – С. 9-18.

347. *Рева О. М.* Загальна характеристика процесів прийняття рішень в гуманістичних системах : Тексти лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень» для студентів денної форми навчання спеціальності 7.050108 «Маркетинг» / О. М. Рева. – Кіровоград : КІК, 2001. – 32 с.

348. *Рева О. М.* Індивідуальні якості особистості та безпека професійної діяльності / О. М. Рева, О. В. Михайлов, Г. М. Селезньов // *Надзвичайна ситуація.* – 2005. – № 6. – С. 40-42.

349. *Рева О. М.* Інтегративна оцінка ставлення студентів-авіадиспетчерів до небезпеки порушення норм ешелонування / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Наукоємні технології.* – Київ – 2016. – № 1. – С. 96-101.

350. *Рева О. М.* Ірраціональність групової поведінки та групові деформації працівників у процесі спільної праці / О. М. Рева, С. В. Бойко // *Вчені записки Університету «КРОК».* – Вип. 19. – К. : Дорадо, 2009. – С. 225-234.

351. *Рева О. М.* Кількісна і лінгвістична відповідність рівнів сформованості компетентності студентів / О. М. Рева, В. В. Камишин, О. В. Тімець // *Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія і практика : зб. наук. пр.* – Вип. 14. – К. : ІОД, 2010. – С. 88–101.

352. *Рева О. М.* Колективні рішення у невеликій групі авіаційних операторів: Конспект лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – 33 с.

353. *Рева О. М.* Комплексне визначення рівнів домагань студентів-диспетчерів на континуумі норм ешелонування 10 кілометрів / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2015): зб. м-лів VI Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 26-28 травня 2015 р., – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 68-71.*

354. *Рева О. М.* Комплексний підхід у визначенні особистісних властивостей диспетчерів керування повітряним рухом / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Безпека праці: освіта, наука, практика: збірник матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф., 20 листопада 2014. – Харків: НУЦЗУ, 2014. – С. 70-71.*

355. *Рева О. М.* Критерії безпеки польотів в моніторингу авіаційних подій (Аналітичний

огляд) / О. М. Рева, О. М. Медведенко // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж.* – Х. Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2008. – № 8 (57). – С. 204-212.

356. *Рева О. М.* Лінгвістично-статистичний підхід до формування відповідей респондентів на тестові завдання / О. М. Рева, Л. М. Макаренко, Р. П. Бідненко // *Людський чинник у транспортних системах : матеріали II Міжнар. наук. конф. (ЛЧТС), (Київ, 2–3 черв. 2010 р.).* – К., 2010. – С. 51–52.

357. *Рева О. М.* Людський фактор: парадокс психологічної домінанти діяльності пілота в умовах стохастичного ризику / О. М. Рева // *Проблеми аеронавігації: Тематичний збірник наукових праць.* – Вип. 3. Удосконалення процесів діяльності та професійної підготовки авіаційних операторів. – Кіровоград: ДЛАУ, 1997. – С. 40-49.

358. *Рева О. М.* Людський фактор та безпека польотів : рівень домагань авіадиспетчерів у професійній діяльності / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // *Створення системи забезпечення психологічної та психофізіологічної надійності персоналу. Організація та проведення психопрофілактичної роботи в органах внутрішніх справ України : III Всеукр. наук.-практ. семін. : м-ли конф.* – К., 2005. – С. 121-128.

359. *Рева О. М.* Матриця підказок для побудови функції належності лінгвістичної змінної «подібність (відповідність)» літака та тренажерного засобу / О. М. Рева // *Наукові праці академії.* – Кіровоград : ДЛАУ, 1999. – Вип. IV, ч. I. – С. 151–160.

360. *Рева О. М.* Медіана Кемені як групова система переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок / О. М. Рева, В. В. Камишин, Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 4. – С. 106-115.

361. *Рева О. М.* Методи апріорного вияву відношення авіаційного оператора, як людини, що приймає рішення, до ризику : конспект лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград: ДЛАУ, 1999. – 45 с.

362. *Рева О. М.* Методи прикладної теорії інформації в оцінці ефективності структурної організації невеликої групи авіаційних операторів / О. М. Рева, Н. В. Борота // *Вісник Київського міжнародного ун-ту цивільної авіації.* – К. : КМУЦА, 1999. – № 2. – С. 272- 278.

363. *Рева О. М.* Методи теорії ігор в процесах прийняття управлінських рішень : Тексти лекцій з курсу «Теорія прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград: КІК – НРЦ, 2005. – 39 с.

364. *Рева О. М.* Модель проблемної ситуації в системах управління повітряним рухом /

- О. М. Рева, Г. М. Селезньов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2008. – № 6. – С. 30-35.
365. *Рева О. М.* Модель управління процесами прийняття рішень у вищих навчальних закладах на рівні вертикальної декомпозиції навчально-виховного процесу / О. М. Рева, О. В. Сіроштан // *Проблеми освіти : наук. зб.* – К. : ІТЗО, 2009. – Вип. 61. – С. 8–16.
366. *Рева О. М.* Нечітка модель ставлення авіадиспетчера до ризику настання потенційно-конфліктної ситуації / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж.* – Х. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – № 10. – С. 214-221.
367. *Рева О. М.* Однокрокові методи рішення задач з векторним показником ефективності : метод. вказівки з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1996. – 23 с.
368. *Рева О. М.* Основні джерела невізначеності та помилок операторів авіаційних ергатичних систем : Конспект лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева, Л. А. Журавльова. – Кіровоград: ДЛАУ, 1998. – 40 с.
369. *Рева О. М.* Оцінка небезпечних властивостей поведінки, оперативного мислення та прийняття рішень у майбутніх юристів / О. М. Рева, О. В. Михайлов // *Проблеми пенітенціарної теорії і практики : Бюлетень Київського ін-ту внутр. справ.* – К. : КІВС, 1999. – № 4.– С. 193-196.
370. *Рева О. М.* Парадокс психологічної домінанти діяльності авіадиспетчера в умовах стохастичного ризику [Текст] / О. М. Рева, Т. Ф. Шмельова // *Проблеми розвитку систем аэронавигационного обслуговування воздушных судов (Аэронавигация и авионика – 98): м-лы Междун. науч.-техн. конф.* – К.: КМУГА, 1998. – С. 135.
371. *Рева О. М.* Пілоти-«аварійники»: аналітичний огляд причин авіаційних подій за людським фактором / О. М. Рева, В. П. Булава // *Залізничний транспорт України : наук.-практ. ж.*, 2008. – № 6. – С. 37-41.
372. *Рева О. М.* Пілотний аналіз рівнів домагань авіадиспетчерів на спектрі горизонтальних норм ешелонування повітряного простору / О.М. Рева, С. П. Борсук // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – № 9. – С. 153-160.
373. *Рева О. М.* Показники топологічної ефективності малих виробничих структур / О. М. Рева, С. В. Бойко, Л. А. Пономарьова // *Управління проектами, системний аналіз і логістика.* – К. : НТУ, 2008 – Вип. 4. – С. 364-374.
374. *Рева О. М.* 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.
375. *Рева О. М.* Прапори катастроф в етіології авіаційних подій / О. М. Рева, М. Ф. Михайлік, О. М. Медведенко // *Вісник НАУ : наук. ж.* – К. : НАУ-друк, 2008. – № 3. – С. 99-107.
376. *Рева О. М.* Прийняття рішень в умовах небезпеки і ризику / О. М. Рева, Т. Ф. Шмельова // *Конспект лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень».* – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – 52 с..
377. *Рева О. М.* Проактивне оцінювання ставлення льотного персоналу до ризику та безпечної діяльності / О. М. Рева // *Вісник НАУ : наук. ж.* – К. : НАУ, 2007. – № 2. – С. 36-42.
378. *Рева О. М.* Проблеми формування у пілота навичок долання наслідків відмов авіаційної техніки в режимі синхронного генератора [Текст] / О. М. Рева, С. О. Дмитрієв, О. М. Дмитрієв // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж.* – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2009. – № 2. – С. 97-102.
379. *Рева О.М.* Системно-інформативна алгоритмізація процедури аналізу і оцінювання авіадиспетчерами небезпек порушень норм ешелонування / О.М. Рева, С.П. Борсук // *Наукоємні технології.* – Київ, 2017. – № 3. – С. 261-265.
380. *Рева О. М.* Стандартні графіки основної домінанти поведінки студентів диспетчерів визначені за методом подвійної лотереї / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика (SLA-2016) : тези допов. III Міжнародної наук.-практ. конф., Херсон, 13-15 вересня 2016 року,* – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 144-148.
381. *Рева, О. М.* Сучасні проблеми людського чинника в авіації : навч. посіб. [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін; под ред. О. М. Реви. – К. : УкрІНТЕІ, 2018. – 124 с.
382. *Рева О. М.* Теоретико-статистичні моделі розпізнавання істинних відмов авіаційної техніки / О. М. Рева, С. О. Дмитрієв, О. Я. Біло // *Вісник Національного авіаційного ун-ту : наук. ж.* – К. : НАУ, 2009. – № 2. – С. 22-29.
383. *Рева О. М.* 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 Між-*

нар. наук.-практ. конф., Херсон, 27-29 травня 2014 р., – Херсон : ХДМА, 2014. – С. 82-85.

384. *Рева О. М.* Усталеність основної домінанти діяльності авіадиспетчера в умовах стохастичного ризику / О. М. Рева, Г. Н. Селезньов // Застосування авіації в народному господарстві: м-ли конф. / за ред. С. Ф. Колесниченка. – Кіровоград: ДЛАУ, 2001. – С. 129-135.

385. *Рева О. М.* 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 : Матеріали VII Міжнародної наук.-практ. конф., Херсон, 22-23 вересня 2016 року, – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 136-139.

386. *Рева О. М.* Формування професійних розумових здібностей – основа прийняття рішень курсантами в процесі льотної діяльності / А. О. Комаров, О. М. Рева, В. Е. Стрижак // Научные труды академии. – Кировоград : ГЛАУ, 1997. – Вып. II. – С. 132-141.

387. *Рева О. М.* Чинники прийняття рішень авіадиспетчером в процесі управління повітряним рухом / О. М. Рева, С. О. Дмитрієв, Г. М. Селезньов // Вісник НАУ : наук. ж. – К. : НАУ, 2009. – Вип. 1. – С. 13-19.

388. *Рева О. М.* Шляхом Болонського процесу: Рівень домагань викладачів на множині об'єктивних успіхів студентів в умовах запровадження 100-бальної шкали вимірювання знань / О. М. Рева, Н. О. Василенко, В. В. Федієнко // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : наук. монографія / под ред. проф. С. С. Єрмакова. – Х. : Харківська державна академія дизайну і мистецтв, 2006. – № 9. – С. 128–135.

389. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження / О. М. Рева, Б. М. Мирзоев, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – № 8. – С. 273-281.

390 *Роббинс С. П.* Основы организационного поведения. – 8-е изд-е / Стивен П. Роббинс; пер. с англ. – М. : Филинь, 2006. – 448 с.

391. *Робер М.-А.* Психология индивида и группы / М.-А. Робер, Ф. Тильман ; пер. с фр. – М.: Прогресс, 1988. – 255 с.

392. *Розенберг Н. М.* Проблемы измерений в дидактике / Н. М. Розенберг ; под ред. Д. А. Сметанина. – К. : Вища школа, 1979. – 175 с.

393. Розробка 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 VI міжнар. наук.-практ. конф., – Херсон, 26-28 травня 2014 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2015. – С. 72-75.

394. Розробка методичного забезпечення процедур діагностики і корекції небезпечних стратегій прийняття рішень авіадиспетчерами / О. М. Рева, Б. М. Мирзоев, Ш. Ш. Насіров, П. Ш. Мухтаров // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : Вид-во ХМДА, 2013. – № 1. – С. 90-96.

395. Роль человеческого фактора при техническом обслуживании и инспекции воздушных судов // Человеческий фактор: сборник материалов №12 : Cir. ICAO 253 – AN / 151. – Монреаль, Канада, 1995.

396. Романюк В. В. Програмний MATLAB-МОДУЛЬ для побудови колективного порядку з використанням узагальненого правила Борда у суспільно-економічних задачах ранжування за допомогою методів голосування / В. В. Романюк, В. П. Нездоровін // Наука й економіка : наук. журн. – 2011. – № 1. – С. 163–170.

397. Руководство по методике планирования воздушного пространства для определения минимумов эшелонирования : Doc ICAO 9689-AN/953. – 1-е изд. – Монреаль: ICAO, 1998.

398. Руководство по обучению в области человеческого фактора. – Изд-е первое. – Doc. ICAO 9683 – AN / 950. – Монреаль, Канада, 1998.

399. Руководство по планированию обслуживания воздушного движения : Doc. ICAO 9426 – AN / 924. – Издание первое. – Монреаль, Канада, 1984.

400. Руководство по построению схем полетов по приборам : Doc. ICAO 9368. – Монреаль, Канада, 1984. – 328 с.

401. Руководство по предотвращению авиационных происшествий : Doc. ICAO 9422 – AN / 923. – Изд-е первое. – Монреаль, Канада, 1984.

402. Руководство по совместной организации потоков воздушного движения : Doc. ICAO 9971. – Монреаль, Канада, 2014.

403. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. – Монреаль, Канада, 2013.

404. Руководство по шаблонам для схемы ожидания, обратной схемы и схемы типа “ипподром” : Doc. ICAO 9371. – Монреаль, Канада, 1986.– 156 с.

405. Руководство по эргономическому обеспечению разработки техники. – Ч. 1. Общие эргономические требования / под ред. В. М. Мунипова и др. – М. : ВНИИТЭ, 1979. – 260 с.

406. Руководящие принципы подготовки расследователей авиационных происше-

ствий : Cir. ICAO 298 – AN / 172. – Монреаль, Канада, 2003.

407. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 314 с.

408. *Самохвалов Ю. Я.* Экспертное оценивание: методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. – К. : ДУИКТ, 2007. – 362 с.

409. *Селезньов Г. М.* Основні тенденції у схильності (несхильності) до ризику у авіадиспетчерів / Г. М. Селезньов // Наукові праці академії. – Вип. VIII. – Кіровоград : ДЛАУ, 2004. – С. 162-171.

410. *Селезньов Г. М.* Системний підхід до профілактики авіаційних подій за людським фактором при управлінні повітряним рухом / Г. М. Селезньов // Залізничний транспорт України : наук.-практ. ж. – 2008. – № 6. – С. 51-53.

411. *Сеченов И. М.* Рефлексы головного мозга / И. М. Сеченов. – СПб. : Типография А. Головачева, 1866. – 186 с.

412. *Скотт П.* Психологические оценки и принятие решений / Плаус Скотт. – М. : ИИД «Филинь», 1998. – 368 с.

413. *Скрипец А. В.* Инженерная психология, эргономика та людський чинник в авіації : підручник / А. В. Скрипец, О. Ю. Буров, В. В. Павлов ; за заг. ред. проф. А. В. Скрипця. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 696 с.

414. *Слободской А. Л.* Риски в управлении персоналом : учеб. пособ. / А. Л. Слободской ; под ред. заслуженного деятеля науки РФ, д-ра экон. наук, проф. В. К. Потемкина. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2011. – 155 с.

415. *Словарь иностранных слов.* – М. : Русский язык, 1989. – 624 с.

416. *Соболь И. М.* Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболь. – М. : Дрофа, 2006. – 175 с.

417. *Социальная квалиметрия, оценка качества и стандартизация социальных услуг : учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / И. С. Романьчев, Н. Н. Стрельникова, Л. В. Топчий [и др.].* – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2014. – 184 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=511977>

418. *Спивак В. А.* Организационное поведение и управление персоналом / В. А. Спивак. – СПб. : Питер, 2001. – 416 с.

419. *Сплайн-модель формирования профессиональных навыков у авиационных операторов / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, В. В. Камишин // Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasının, – Bakı, yanvar-mart 2013. – Cild. 15. – № 1. – С. 89-97.*

420. *Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова.* – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.

421. *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.* – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2018. – С. 73.

422. *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 (MINTT-2016): матеріали VIII Міжнародної наук.-практ. конф., Херсон, 24-26 травня 2016 р.* – Херсон: ХДМА, 2016. – С. 90-97.

423. *Стійкість основної доминанти прийняття рішень авіадиспетчером в умовах ризику / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев [та ін.] // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – № 10. – С. 147-153.*

424. *Стрелков Ю. К.* Инженерная и профессиональная психология : учеб. пособ. / Ю. К. Стрелков. – М. : Издательский центр «Академия»; Высшая школа, 2001. – 360 с.

425. *Структурно-функціональний аналіз організації діяльності диспетчерської зміни як невеликої групи авіаційних операторів / О. М. Рева, А. М. Невиньцин, Ю. Ю. Бірюков, Н. А. Савонина // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2013) : зб. м-лів V Міжнар. наук.-практ. конф. У 2-х т., Херсон, 28-30 травня 2013 р., – Т. 2. – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 27-31.*

426. *Субетто А. И.* Введение в квалиметрию высшей школы. – Кн. 1. Общие основания квалиметрии высшей школы / А. И. Субетто. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1991. – 84 с.

427. *Субетто А. И.* Квалиметрия : малая энциклопедия / А. И. Субетто. – Вып. 1. – СПб. : ИПЦ СЗИУ – фил. РАНХиГС, 2015. – 244 с.

428. *Супес П.* Основы теории измерений / П. Супес, Р. Зинес // Психологически измерения. – М.: Мир, 1967. – С. 9-110.

429. *Суходольский Г. В.* Основы математической статистики для психологов / Г. В. Суходольский. – СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1998. – 464 с.

430. *Сявавко М. С.* Математика прихованих можливостей : навч. посіб. / М. С. Сявавко. – Острог : Вид-во Нац. ун-ту «Острозька академія», 2011. – 396 с.

431. *Таха Х. А.* Введение в исследование операций / Х. А. Таха ; пер. с англ. – 6-е изд. – М. : Вильямс, 2001. – 912 с.

432. 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. 8-ма Міжнародна науково-практична конференція, 28-29 вересня 2017 р. – Херсон : ХДМА. – С. 127-132.
433. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи / В. Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов [и др.] – М. : Радио и связь, 1983. – 248 с.
434. *Тиц С. Н.* Человеческий фактор [Электронный ресурс: электронное учебное пособие / С. Н. Тиц. – Самара, 2012.
435. *Трухаев Р. И.* Модели принятия решения в условиях неопределенности / Р. И. Трухаев. – М. : Наука, 1981. – 258 с.
436. *Уёмов А. И.* Системный подход и общая теория систем / А. И. Уёмов. – М. : Мысль, 1978. – 272 с.
437. Управление безопасностью полетов: Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Монреаль, Канада, июль 2013.
438. Уточненная аналитическая модель описания проблемной ситуации в аэронавигационных системах / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, П. Ш. Мухтаров // *Elmi məstüələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, – Bakı, iyul – Sentyabr 2015. – Child 17-3. – С. 24-31.
439. *Фишберн П.* Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн ; пер. с англ. – М. : Наука, 1978. – 352 с.
440. *Фоменко Ю. М.* Ієрархічний підхід до аналізу процесу прийняття рішень авіадиспетчером / Ю. М. Фоменко // Наукові праці академії : зб. наук. пр. – Вип. XI. – Кіровоград : ДЛАУ, 2006. – С. 578-586.
441. *Фоменко Ю. М.* Трикутник ризику в системному аналізі професійної діяльності авіадиспетчерів / Ю. М. Фоменко // Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр. – К. : НАУ, 2006. – № 3. – С. 147-151.
442. *Фон Нейман Дж.* Теория игр и экономическое поведение / Дж. Фон Нейман, О. Моргенштерн. – М. : Наука, 1970. – 708 с.
443. *Фор А.* Восприятие и распознавание образов / А. Фор; пер. с франц. А. В. Середницкого; под ред. Г. П. Катыса. – М. : Машиностроение, 1989. – 272 с.
444. Фрейми інтелектуальної системи аналізу помилок авіадиспетчерів / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, Ш. Ш. Насіров [та ін.] // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2011. – № 6. – С. 102-110.
445. Фундаментальные концепции человеческого фактора // *Человеческий фактор: сб. м-лов № 1.* – Циркуляр ИКАО 216 AN / 131. – Монреаль, Канада, 1989. – 34 с.
446. *Хаккер В.* Инженерная психология и психология труда: Психологическая структура и регуляция видов трудовой деятельности : пер. с нем. В. К. Гайды, И. А. Гайды / В. Хаккер ; под ред. В. Ф. Венды, А. А. Крылова. – М. : Машиностроение, 1985. – 376 с.
447. Характеристика ергатичної системи «інструктор – авіаційний тренажер – льотний екіпаж» / О. М. Рева, О. М. Дмитрієв, О. М. Медведенко, О.Я.Било // *Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж.* – Х. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є.Жуковського «ХАІ», 2009. – № 7. – С. 175-187.
448. *Харченко, В. П.* Обслуговування повітряного руху на цивільних аеродромах України : навч. посіб. / В. П. Харченко, Г. Ф. Аргунов, О. Є. Луппо. – К. : НАУ-друк, 2013. – 250 с.
449. *Харченко В. П.* Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В. П. Харченко, Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда. – Кіровоград : КЛА НАУ, 2012. – 292 с.
450. *Харченко, В. П.* Принципи організації повітряного простору : навч. посіб. / В. П. Харченко, О. Є. Луппо, В. П. Колотуша. – К. : НАУ, 2006. – 124 с.
451. *Хекхаузен Х.* Мотивация и деятельность / Х. Хекхаузен ; пер. с нем. – СПб. : Питер, 2003. – 860 с.
452. *Хекхаузен Х.* Психология мотивации достижения / Хайнц Хекхаузен ; пер. с англ. – СПб. : Речь, 2001. – 256 с.
453. *Ходаков В. Є.* Вступ до комп'ютерних наук / В. Є. Ходаков, Н. В. Пилипенко, Н. А. Соколова; за ред. В. Є. Ходакова. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 496 с.
454. Хрестоматия по инженерной психологии : учеб. пособ. / сост.: Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, Б. А. Смирнов; под ред. Б. А. Душкова. – М. : Высшая школа, 1991. – 287 с.
455. *Циба В. Т.* Основы теории кваліметрії : навч. посіб / В. Т. Циба. – К. : ІЗМН, 1997. – 160 с.
456. Цифровая связь «воздух-земля» для УВД // *Проблемы безопасности полетов : Ежемесяч. бюл.* – М. : ВИНТИ, 1994. – № 11. – С. 43-46.
457. *Чекмарев А. Н.* Кваліметрія и управление качеством. Ч. 1. Кваліметрія : учеб. пособие / А. Н. Чекмарев. – Самара : Изд-во Самар, гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 172 с.
458. Человеческий фактор. В 6 т. – Т. 1. Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина: пер. с англ. / Ж. Кристенсен,

- Д. Мейстер, П. Фоули [и др.]; под. ред. Г. Салвенди. – М. : Мир, 1991. – 599 с.
459. Человеческий фактор в обеспечении безопасности в пассажирском салоне // Человеческий фактор : сборник материалов № 15. – Cir. ICAO 300 – AN / 173. – Монреаль, Канада, 2003.
460. Человеческий фактор в системах CNS / ATM // Человеческий фактор: сборник материалов № 11. – Cir. ICAO 249 – AN / 149. – Монреаль, Канада, 1994.
461. Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации: Doc. ICAO 9808 – AN / 765. – Монреаль, Канада, 2002.
462. Человеческий фактор при управлении воздушным движением // Человеческий фактор: сборник материалов № 8. – Циркуляр ИКАО 241 – AN / 145. – Монреаль, Канада, 1993. – 51 с.
- 463 *Черчмен У.* Введение в исследование операций / У. Черчмен, Р. Акофф, Л. Арноф ; пер. с англ. – М. : Наука, 1968. – 486 с.
464. *Чинченко Ю. В.* Оцінка загроз та ризиків на робочих місцях авіадиспетчерів за допомогою нечітких множин / Ю. В. Чинченко // Вісник НАУ. – 2011. – № 2. – С. 44-49.
465. *Чуев В. И.* Прогнозирование количественных характеристик процессов / В. И. Чуев, Ю. Б. Михайлов, В. И. Кузьмин. – М. : Сов. радио, 1975. – 400 с.
466. *Шапиро Д. И.* Принятие решений в системах организационного управления: Использование расплывчатых категорий / Д. И. Шапиро. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.
467. *Шаров В. Д.* Методология управления риском безопасности полетов на уровне авиапредприятия : дис... д.т.н. Специальность 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта. – М., 2016. – 286 с.
468. *Шегда А. В.* Менеджмент : навч. посіб. / А. В. Шегда. – К. : Знання, 2002. – 583 с.
469. *Шеридан Т. Б.* Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором / Т. Б. Шеридан, У. Р. Феррел ; под ред. К. В. Фролова ; пер.с англ. – М. : Машиностроение, 1980. – 400 с.
470. *Шибанов Г. П.* Количественная оценка деятельности человека в системах «человек-техника» / Г. П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.
471. *Шостак И. В.* Количественное оценивание типовых блоков принятия решений в составе интегрированной экспертной системы / И. В. Шостак // Системи обробки інформації : наук. ж., 2008. – Вип. 5. – С. 177-181.
472. *Шульгін В. А.* Комплексна оцінка ефективності професійної діяльності інструктора авіаційного тренажера / В. А. Шульгін // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : Вид-во ХМДА, 2013. – № 1. – С. 302-308.
473. *Шульгін В. А.* Модель оцінки ефективності діяльності інструктора авіаційного тренажера / В. А. Шульгін // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT – 2013) : зб. м-лів П'ятої міжнар. науково-практ. конф. У 2-х тт. – Херсон, 28-30 травня 2013 р., – Т. 2. – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 38-41.
474. *Шульгін В. А.* Нечітка ентропія як міра розпізнавання пілотами оцінок точності пілотування [Текст] / В. А. Шульгін // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – № 10 (107). – С. 231-235.
475. *Шульгін В. А.* Передумови розробки нечітких оцінок рівня професійної підготовки і ефективності діяльності пілотів та наповнення їх кількісним змістом В. А. Шульгін // Наука та освіта – 2006 : м-ли ІХ Міжнар. наук.-практ. конф., Дніпропетровськ, 23-31 січня 2006 року, – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2006. – Т. 14. Філософія, психологія (Психологія праці). – С. 47-53.
476. *Эдвардс У.* Принятие решений // Человеческий фактор. В 6-ти т. – Т. 3. Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов. – Часть I. – Модели психической деятельности / У. Эдвардс. – М. : Мир, 1991. – С. 5-89.
477. Эксплуатационные последствия автоматизации в оборудованных передовой техникой кабинах экипажа // Человеческий фактор: сборник материалов № 5 : Cir. ICAO 234 – AN / 142. – Монреаль, Канада, 1992.
478. Эмпирические модели оценки риска-неопределенности групповых систем предпочтений авиадиспетчеров / А. Н. Рева, Ш. Ш. Насиров, Б. М. Мирзоев, С. В. Недбай // Elmi məstuaələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin, – Bakı, iyul – sentyabr 2012. – Cild. 14. – № 3. – С. 46-60.
479. Эргономика // Человеческий фактор : Сборник материалов № 6. – Циркуляр ИКАО 238 – AN / 143. – Монреаль, Канада, 1992. – 46 с.
480. Эргономические методы и средства тренажерной подготовки летного состава: научно-практические рекомендации / А. Н. Рева, А. А. Комаров, В. А. Кузнецов [и др.]; под ред. А. Н. Ревы, М. И. Рубца. – Кировоград : ГЛАУ, 1995. – 106 с.
481. *Яхьяева Г. Э.* Нечётные множества и нейронные сети : учеб. пособ. / Г. Э. Яхьяева. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 315 с.

482. ATM Contribution to Aircraft Accidents / Incidents – Review and Analysis of Historical Data // EUROCONTROL – SRC DOC 2 / Edition : 4.0, 31 May 2005.
483. *Azgal'dov G. G.* The ABC of Qualimentary: The Toolkit for measuring immeasurable / Garry G. Azgal'dov, Alexander V. Kostin, Alvaro E. Padilla Omiste ; interpreter Eric Azgal'dov. – Ridero, 2015. — 167 p.
484. *Blake R.* Grid / Cockpit resource management / Robert Blake, S. Jane, 1989. –150 p.
485. Borsuk S. P. Adaptation of trainers : monograph / S. P. Borsuk. – K. : NAU, 2012. – 128 p.
486. *Borsuk S. P.* Control system algorithms for groups of UAVs / S.P.Borsuk, I. O. Tretyakov // Electronics and control systems. – K. “Osvits Ukraini”, 2016. – №2(48). – P. 58-62.
487. *Borsuk S. P.* Corrected algorithms for pilots testing system based on education process limitations / S.P.Borsuk, A. V. Kusiuk // Electronics and control systems. – K. “Osvits Ukraini”, 2016. – № 2. – P. 127-131.
488. *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. – Trans Tech Publications. – Vol. 763. – 2015. – PP. 146-149.
489. *Borsuk S. P.* Simulator as teaching system / S. P. Borsuk // Електроніка та системи управління : наук. ж.. – К. : Освіта України, 2013. – № 1. – С. 136–141.
490. *Brecher B. R.* A Question of Judgment / B. R. Brecher // Flying. – 1981. – Vol. 108. – № 5.– P. 48-52.
491. *Cooper G. E.* Understanding and interpreting pilot opinion / G. E. Cooper // Aeronautical Engineering Review. – 1957. – № 3. – P. 47–51.
492. *Cox L.* What's Wrong with Risk Matrices? / L. Cox // Risk Analyses, Vol. 2008. – Vol. 28. – № 2. – P. 497-512.
493. Development and Demonstration of a Prototype Free Flight Cockpit Display of Traffic Information // W.W. Johnson, V. Battiste, S. Delzell a.o. Proc. of the SAE/AIAA World Aviation Congr. – 1997. – 19 p.
494. Eurocontrol.. Action Plan 1. Principles of Operation for the Use of Airborne Separation Assurance Systems. – 2001. – 52 p.
495. Eurocontrol. Airspace strategy for the ECAC states. ASM.ET 1. ST 03.4000 – EAS – 01-00. – Luxembourg, Eurocontrol, 2001. – 74 p.
496. Eurocontrol. Air Traffic Management Strategy for the years 2000+. – 2003. – Vol. 2. – 130 p.
497. Eurocontrol. CARE/ASAS Action Plan 1. Principles of Operation for the Use of Airborne Separation Assurance Systems. Ver.7.1. – 2001. – 52 p.
498. Eurocontrol. ESARR 1. Safety Oversight in ATM. – 2004. – 24 p.
499. Eurocontrol. Long-Term Forecast of Flights (2004 – 2025). – 2004. – 32 p.
500. Eurocontrol. Manual for airspace planning. – 2003. – 203 p.
501. Eurocontrol manual for airspace planning, common guidelines. – Vol. 2. Luxembourg, Eurocontrol, – 2003. – 95 p.
502. Eurocontrol. Towards a Controller-Based Conflict Resolution Tool: – A Literature Review. – 2002. – 113 p.
503. Extended Rules-Of-The Air to Apply to the Resolution of Encounters in Autonomous Airborne Separation. EUROCONTROL Experimental Centre V. Duong, E. Hoffman, L. Floc'hic A.O. – 1996.
504. FAA. Advancing Free Flight Through Human Factors // Federal Aviation Administration (Aug.). 1995.
505. Glover F. Handbook of Metaheuristics / F. Glover, G. A. Kochenberger. – New York : Kluwer Academic Publishers, 2003. – 560 p.
506. *Guastello S. J.* Chaos, Catastrophe, and Human Affairs: Applications of Nonlinear Dynamics to Work, Organizations, and Social Evolution / S. J. Guastello. – Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum. 1995.
507. *Guastello S. J.* Managing emergent phenomena: Nonlinear dynamics in work organizations / S. J. Guastello. – Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 2002.
508. *Guastello S. J.* Self-organization and Leadership Emergence in Emergency Response Teams / S. J. Guastello // Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences. 2010. – Vol. 14. – № 2. – P. 179–204.
509. Guidelines document for the implementation of the concept of the flexible use of airspace. ASM.ET 1. ST 08.5000 – GUI – 02-00. – Luxembourg, Eurocontrol, 2003. – 43 p.
510. Guidelines on Runway Capacity Enhancement : European Air Traffic Management Programme, 13 February 2002. – 104 p.
511. *Harrington E. C.* Desirability Function / E. C. Harrington // Industrial Quality Control, april 1965. – Vol. 21. – № 10. – P. 494-498.
512. *Hoppe F.* Erfolg and Misserfolg / F. Hoppe // Psychol. Forsch. – 1930. – Bd. 14. – P. 162.
513. Human Factors Module – A Business Case for Human Factors Investment // EUROCONTROL – HUM.ET1.ST13.4000-REP-02 / 13.12.1999.
514. Introduction to Safety Management Systems for Air Operators: Advisory Circular No 120-92, FAA USA, 2006.

515. *Jenis I.* Decision Making: A psyche logical analysis of conflict, choice and complement / I. Jenis & L. Mann. – N.-Y. : Free Press, 1977. – 500 p.
516. *Jensen R. S.* Aeronautical Decision Making for Instrumental Pilot / R. S. Jensen, J. Andrien, R. Lawton. DOT / FAA / PM-86/42.
517. *Kay H.* Accidents: Some facts and Theories / H. Kay // Warr P. B. (Ed.) Psychology and work, Harmonds worth, 1971. – P. 121-125.
518. *Kuchar, J. K.* Review of Conflict Detection and Resolution Modeling Methods / J. K. Kuchar, L. C. Yang // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2000. – Vol. 1. – 4. – P. 179–189.
519. *Miller G.* The magical number seven, plus or minus two : some limits on or capacity for processing information / G. Miller // Psychological Review. – 1956. – N 63. – P. 81–97.
520. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation / Oleksii Reva, Sergii Borsuk, Bala Mirzayev, Peyman Mukhtarov // 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. – PP. 137-150.
521. Radio Technical Committee on Aeronautics (RTCA). Final Report of RTCA Task Force: Free Flight Implementation. – 1995.
522. PHARE Ground Human Machine Interface (GHMI) project: Summary report // EUROCONTROL – PHARE/NLR/GHMI-7/FR/1.0/DOC 99-70-02
523. *Rasmussen J.* Proactiv Risk management in a Dynamic Society / Jens Rasmussen, Inge Svedung. – Karlstad, Sweden : Swedish Rescue Services Agency, 2000. – 160 p.
524. *Rasmussen J.* The human as a system component / J. Rasmussen. – New York: Academic Press, 1980.
525. *Reason J.* Managing the Risks of Organizational Accidents / J. Reason. – Ashgate Aldershot, 1998. – 266 p.
526. *Reason J. T.* Human Error / J. T. Reason. – Cambridge : Cambridge University Press, 1990.
527. *Reva A.* Features of ICAO «risk triangle» solution of human factors complicated standards of the airspace separation / A Reva, B. Mirzayev, P. Mykhtarov, Sh. Nasirov // Aviation in the XXI-st century: The sixth world congress. Safety in Aviation and Space Technologies, – September, 23-25, 2014, Kyiv, Ukraine, – K.: NAU, 2014. – P. 9.272-9.276.
528. *Reva O.* Air traffic controllers attitude to the aircraft flight level norms violation / O. Reva, S. Borsuk // Materials of the 2014 International Conference on Industrial Electronics and Engineering (ICIEE 2014), held in Hong Kong, 1-2 may 2014, – WIT Transactions on Engineering Sciences, Vol. 93. – PP. 575-582.
529. *Reva O.* ATC risk level estimation of distance between aircraft during flight level rules violation / O. Reva, S. Borsuk // Aviation in the XXI-st century: The sixth world congress. Safety in Aviation and Space Technologies, – September, 23-25, 2014, Kyiv, Ukraine, – K. : NAU, 2014. – P. 9.11-9.13.
530. *Reva O.* Fuzzy Model of Air Traffic Controller Attitude to the Risk During Decision Making / Alexey M. Reva & Sergey P. Borsuk // 5-th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE – 2014), Kraków, Poland 19-23 July 2014. – P. 6229-6238.
531. *Reva O.* 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, – Poland, Wroclaw: The International University Of Logistics and Transport, 2015. – No 1. – P. 63-69.
532. *Reva O.* Research of air traffic control students proportion concerning their attitude to risk / O. Reva, S. Borsuk // International Conference on Industrial Technology and Management Science (ITMS 2015) March 27-28, 2015 Tianjin, China. / Atlantis Press, Computer Science Research (volume 34). – P. 1631-1634.
533. *Reva O. M.* Air Traffic Control Students Tendencies of Desirability Levels during Flight Norms Violations / O. M. Reva, S. P. Borsuk // 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 26-30 July, Las Vegas, Nevada, USA, Procedia Manufacturing. – 2015. – Vol. 3. – P. 3049-3053.
534. *Reva O. M.* 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: наук.-техн. ж. – X. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – № 7 (134). – С. 157-163.
535. *Rosenblueth A.* Behavior, Purpose and Teleology / A. Rosenblueth, N. Wiener, H. Bigelow // Philosophy of Science. – N 11. – 1943. – P. 18–24.
536. *Schwarz D.* Cockpit management – safety window / D. Schwarz // FSF, Inc 30th CA Seminar. – 1985, April 14-16.
537. The Human Factors Case : Guidance for Human Factors Integration// EUROCONTROL – Edition 1.0 / 27.08.2004.538. Thom R. Topological models in biology / R. Thom // Topology. – 1969. – Vol. 8. – P. 313-336.
539. *Wang Zh.* Fuzzy Measure Theory / Zhenyuan Wang, George J. Klir // Plenum Press, New York, 1991.
540. *Yerkes, R. M.* The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation / R. M. Yerkes, D. Dodson // J.comp. neurol. psychol. – 1908. – № 18. – P. 458-482.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Рева Олексій Миколайович,
Борсук Сергій Павлович,
Камишин Володимир Вікторович,
Шульгін Валерій Анатолійович,
Пархоменко Володимир Дмитрович,
Липчанський Володимир Олександрович

СИСТЕМНО-ІНФОРМАЦІЙНА МЕТОДОЛОГІЯ ПРОАКТИВНОЇ КВАЛІМЕТРІЇ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

МОНОГРАФІЯ

Підписано до друку 08.11.2019. Формат 60×84 ¹/₈
Папір офс. 80 г/м². Друк цифровий. Умов. друк. арк. 19,30
Наклад 300 прим. Зам. 0111.

Віддруковано в ДНУ «Український інститут
науково-технічної експертизи та інформації» (УкрІНТЕІ)
03150, м. Київ, вул. Антоновича, 180. Тел. (044) 521-00-10,
e-mail: uintei@uintei.kiev.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5332 від 12.04.2017 р.