

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Шмельова Тетяна Федорівна

УДК 656.7.086: 656.7.052(043.3)

НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ПІДТРИМКИ
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АЕРОНАВІГАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

Спеціальність 05.22.13 – навігація та управління рухом

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України,
лауреат Державної премії України в галузі науки і
техніки
Харченко Володимир Петрович,
Національний авіаційний університет,
проректор з наукової роботи.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки
і техніки України, лауреат Державної премії України в
галузі науки і техніки
Баранов Георгій Леонідович,
Центральний науково-дослідний інститут навігації і
управління, заступник директора;

доктор технічних наук, професор, лауреат Державної
премії України в галузі науки і техніки
Сундучков Костянтин Станіславович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
професор кафедри інформаційно-телекомунікаційних
мереж;

доктор технічних наук, професор,
заслужений винахідник України
Харченко Вячеслав Сергійович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інсти-
тут», завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж.

Захист відбудеться 28 березня 2013 р. о 15.30 годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 26.062.03 при Національному авіаційному університеті за адресою:
03680, м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного авіаційного уні-
верситету, м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий «27» лютого 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.В. Павлова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. У складі транспортної системи України важливе місце належить авіації. Необхідною складовою авіаційного транспорту є аеронавігаційна система (АНС), призначена для ефективного та безпечного виконання польотів. Аеронавігаційна система являє собою складну людино-машинну систему (ЛМС). Статистичні дані про авіаційні події (АП) за останні десятиліття вказують на домінуючу роль впливу людського фактора на загальну кількість АП, що становить близько 80%, тому оцінювання, аналіз, прогнозування та підвищення ефективності людського фактора у забезпеченні безпеки польотів є актуальними. Значна частка АП (33%) припадає на свідомі порушення членами екіпажів повітряних кораблів (ПК) льотних законів, правил та інструкцій та порушення в процесі передпольотної підготовки (42%). Це свідчить, по-перше, що АНС за принципами функціонування слід вважати соціотехнічною системою (складною великомасштабною, високотехнологічною ЛМС, функціонування якої пов'язане з діяльністю оператора в умовах високого ризику/небезпеки, результати дії яких можуть бути небезпечними з точки зору втрати життя і майна), і, по-друге, що саме оптимізація соціально-психологічних факторів як у процесі виконання польоту, так і на стадії передпольотної підготовки обумовлює значні можливості скорочення кількості АП. Еволюцію авіаційних систем у бік соціотехнічних систем (СТС) можна дослідити за змінами та доповненнями відомої моделі людського фактора SHEL, інтерфейсами, пов'язаними з культурою людини-оператора – «SCHELL model and CRM».

Дослідженню питань підвищення ефективності функціонування транспортних систем присвячені розробки відомих учених: Т.Г. Анодіної (авіаційні транспортні системи), О.О. Бакаєва (моделі розвитку і функціонування складних систем управління в економіці, залізничному транспорті), Ю.С. Лігума (автоматизовані системи управління технологічними процесами автомобільного транспорту), В.О. Ігнатова (оптимальне управління в АНС), Г.О. Крижанівського (теорія управління повітряним рухом (УПР)), В.М. Казака (системи забезпечення надійності діяльності операторів в авіаційних транспортних системах) та ін. Проблемам розвитку та удосконалення систем аеронавігаційного обслуговування польотів в Україні на основі супутникових систем CNS/ATM присвячені роботи В.П. Харченка; системи навігаційного забезпечення координації руху транспортних засобів за допомогою сучасних супутникових технологій представлені в роботах Г.Л. Баранова; питання ефективності складних систем, насамперед, систем супутникового і радіорелейного зв'язку розглянуто в працях К.С. Сундучкова. Оцінювання функціональної стійкості розподілених інформаційно-керувальних систем досліджували О.А. Машков, О.В. Барабаш; забезпечення функціональної стійкості автоматизованих систем УПР – С.М. Неділько; теоретичні та практичні аспекти функціональної безпеки авіаційних інформаційно-керуючих систем, гарантоздатні системи та багатоверсійні обчислення в системах підвищеної безпеки – Харченко В.С. Оптимізації полієргатичних систем, розробці систем підтримки прийняття рішень (СППР) присвячені праці Б.М. Герасімова; І.Б. Сіроджи, В.М. Локазюка; Ситнікі В.Ф., питанням прийняття рішень (ПР) людиною-оператором (Л-О) в інформаційних системах та декомпозиційно-агрегативні підходи

розв'язання багатокритеріальних задач – у роботах А.М. Вороніна, Ю.К. Зіатдінова; ергономічні засади ПР при підготовці авіаційних фахівців розглянуто в працях О.М.Рєви. Розвиток інтелектуальних засобів для систем керування транспортом та автоматичним ПР у конфліктних ситуаціях, удосконалення системи аеронавігаційного обслуговування та дослідження АНС як СТС представлено в працях В.П. Харченка. Проте питання оцінювання, аналізу, прогнозування та підвищення ефективності АНС в контексті моделювання і оптимізації ПР в ЛМС, з урахуванням соціальних факторів та впливів зовнішнього середовища потребують подальших досліджень і узагальнень.

Дослідження процесів, пов'язаних з ПР Л-О, відноситься до задач: класичної та інженерної психології (моделювання операторської діяльності в авіації і космонавтиці – В.Ф. Венда, В.Г. Денисов, В.Ф. Оніщенко; моделювання динамічних характеристик Л-О – І.Є. Цибулевський; характеристики Л-О – М.А. Котик, Б.Ф. Ломов та ін.); соціальної психології (групове ПР – Г.М. Андрєєва, Д. Майєрс, Дж. Морено, Н.В. Бахарева; сприйняття інформації – К. Бріггс, І. Майєрс; інформаційний обмін особистості з середовищем – А. Аугустінавічюте), соціоніка із застосуванням в системі професійного відбору авіаційних фахівців – М.Ф. Михайлік). Математичні моделі людини в умовах морального вибору представлені теорією рефлексії В.О. Лефєвра, працями Т.А. Таран, В.М. Шемаєва. При цьому автори дотримуються різних уявлень про фундаментальні характеристики людської особистості, їх функції і значущість у процесі здійснення операторської діяльності, у тому числі взаємодій у колективі та з навколишнім середовищем. Дослідження спрямовані на вирішення окремих питань; інтеграція їх результатів у межах системного підходу ще не здійснена.

Таким чином, дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої проблеми створення теоретичних засад моделювання і оптимізації діяльності операторів та їх колективів в АНС як СТС з метою підвищення безпеки польотів.

В'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводились в рамках наступних держбюджетних науково-дослідних робіт: РК №0107U000965 „Моделювання комплексу для оцінювання ризику прийняття рішень авіадиспетчером з урахуванням індивідуальних якостей людини-оператора в автоматизованій системі з застосуванням методів штучного інтелекту” (2007-2008 рр., науковий керівник - Шмельова Т.Ф.); РК №0109U000970 „Розробка системи оцінювання ефективності прийняття рішень людиною-оператором авіаційної ергатичної системи в неочікуваних умовах експлуатації повітряного судна з урахуванням психофізіологічних якостей пілота і диспетчера” (2009-2010 рр., науковий керівник - Шмельова Т.Ф.); РК №0111U001981 „Розробка системи підтримки прийняття рішень людиною-оператором авіаційної ергатичної системи при виникненні особливих випадків в польоті” (2011-2012 рр., науковий керівник - Шмельова Т.Ф.). продовжується робота над НДР «Розробка комплексу оцінювання та прогнозування ситуації в соціотехнічних аеронавігаційних системах за умов ризику та невизначеності» (2013-2014 рр., науковий керівник – Харченко В.П.). Для забезпечення гармонізації із чинними міжнародними нормативними документами, дослідження виконуються в рамках концепцій ІКАО з проблем людського фактора, які можуть виникнути при впровадженні

систем CNS/ATM: «орієнтована на людину автоматизація», «ситуативна обізнаність», «контроль за помилками».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є вирішення проблеми моделювання і оптимізації діяльності оператора АНС як СТС у разі виникнення екстремальної ситуації з урахуванням індивідуальних особливостей оператора.

Для досягнення мети дисертаційної роботи необхідно вирішення наступних завдань:

1. Соціотехнічний аналіз АНС, виявлення, систематизація та формалізація факторів, які впливають на ПР оператора в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК. Декомпозиція процесу ПР оператором аеронавігаційної соціотехнічної системи.

3. Розроблення моделей ПР і розвитку польотної ситуації у разі виникнення аварійної ситуації, методики аналізу ПР і методології прогнозування розвитку аварійної ситуації.

5. Оцінювання, оптимізація ПР, розрахунок сценаріїв розвитку аварійної польотної ситуації.

6. Інформаційне забезпечення системи підтримки прийняття рішень (СППР) оператором АНС в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК.

7. Розроблення інформаційно-аналітичного діагностичного комплексу оцінювання дій оператора, прогнозування розвитку польотної ситуації, дослідження закономірностей діяльності операторів і їх колективів.

Об'єктом дослідження є процес прийняття рішень оператором АНС як СТС.

Предмет дослідження – моделі підтримки прийняття рішень і прогнозування розвитку польотної ситуації в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК.

Методи дослідження: теоретико-множинні та теоретико-експериментальні – для розробки математичних моделей інтелектуальної діяльності; теорії ймовірності, випадкових процесів та математичної статистики – для оброблення експериментальних даних; експертного оцінювання – для обробки експертних даних; дослідження операцій, нейронних мереж, дисперсійного аналізу, теорії графів, теорії рефлексії, нечіткої логіки – для побудови моделей поведінки операторів в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК; методи математичного та комп'ютерного моделювання для діагностики операторів та визначення ефективності ПР.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні проблеми моделювання і оптимізації ПР операторами АНС та їх колективами як складової частини СТС з урахуванням факторів, що не розглядалися раніше, які відносяться до соціально-психологічних, індивідуально-психологічних і психофізіологічних в позаштатних польотних ситуаціях, які характеризуються високим рівнем неповноти і невизначеності інформації, жорстким лімітом часу на ПР та напруженим психофізіологічним станом Л-О.

В процесі дослідження одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше проведено соціотехнічний аналіз АНС - з метою подальшого розвитку аеронавігаційна система представлена як СТС; класифіковані, системно узагальнені, формалізовані різномірні фактори, що впливають на ПР.

2. Подальшого розвитку дістала модель ПР (враховано інформаційний процесор рефлексивного вибору для діагностики і прогнозування розвитку польотної ситуації з урахуванням впливу соціального середовища).

3. Вперше розроблено метод узагальнення неоднорідних факторів, який дозволяє виявляти закономірності діяльності операторів в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК з урахуванням комплексного впливу індивідуально-психологічних, соціально-психологічних і психофізіологічних факторів.

4. Вперше отримані детерміновані, стохастичні, нейромережеві, марковські, GERT-моделі ПР Л-О в екстремальних ситуаціях в умовах стохастичного рефлексивного біполярного вибору з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів на ПР. Вирішення проблеми неповноти і невизначеності інформації здійснюється шляхом застосування методики, що базується на алгоритмічному структурно-логічному підході до моделювання діяльності операторів в умовах багатокритеріальності вибору.

5. Розроблено методологію моделювання розвитку аварійної ситуації, за допомогою якої отримано сценарії розвитку польотної ситуації з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів на ПР. Вперше отримано модель прогнозування польотної ситуації в умовах рефлексивного біполярного вибору, теоретично доведено передумови виникнення катастрофічної ситуації в даній системі.

6. Вперше розроблено моделі оцінювання стійкості ЛМС «пілот-ПК» з урахуванням поточного емоційного стану оператора, які дозволяють визначити деформації емоційного стану пілота при керуванні в екстремальних ситуаціях за допомогою параметрів пілотування (відхилення елеронів, руля напрямку). Результати діагностики пропонуються для використання в рамках програми аудитів безпеки польотів LOSA «Line operations Safety Audit» з метою створення бази даних дій екіпажів в реальних польотах.

Практичне значення одержаних результатів.

1. У рамках науково-методологічних основ підтримки ПР, створено методики аналізу ПР і прогнозування розвитку польотної ситуації в аеронавігаційній соціотехнічній системі, за допомогою яких отримані: оптимальні варіанти завершення польоту в екстремальних ситуаціях у вигляді рекомендацій для СППР авіадиспетчера; розрахунки сценаріїв розвитку польотної ситуації з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів.

2. Розроблено інформаційно-аналітичний діагностичний комплекс (ІАДК) для оцінювання дій оператора АНС і прогнозування розвитку польотної ситуації. Перспективним є застосування результатів діагностики: в системі професійного відбору; в тренажерній підготовці для оцінювання та індивідуального підходу до дій оператора; для інформаційної підказки оператору при ОПР; для формалізації аналізу розслідування АП.

3. Отримані свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерні програми: оптимізації вибору альтернативного варіанта завершення польоту ПК в позаштатних ситуаціях; вибору передпольотної інформації і ПР на виліт для АСППІ, діагностики соціонічної моделі; аналізу стійкості системи «пілот-ПК» з урахуванням поточного емоційного стану.

4. Економічна значимість роботи полягає в попередженні важких наслідків АП за рахунок своєчасного діагностування і прогнозування можливих дій оператора.

5. Отримано акти впровадження від тренажерного центру КЛІА НАУ, кафедри інформаційних технологій КЛІА НАУ. Впровадження роботи також здійснено у навчальному процесі при підготовці курсів лекцій та циклів лабораторних робіт з дисциплін "Теорія управління", «Основи наукових досліджень», «Оптимізація процесів авіаційної діяльності та їх математичне моделювання», «Основи теорії прийняття рішень», в тренажерній підготовці авіафахівців. Можливим є застосування СППР авіадиспетчера в реальному ОНР, СППР льотного диспетчера - в автоматизованій системі підготовки передпольотної інформації (АС ППІ).

Особистий внесок здобувача. Результати, що становлять основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. У всіх наукових працях, опублікованих із співавторами, здобувачем сформульовано проблему і постановку задачі, також йому належать: системний аналіз, формалізація факторів професійного та непрофесійного характеру [10, 11; 34 - 36; 51; 55; 59; 67]; аналіз і декомпозиція ПР Л-О в АНС як СТС на етапах еволюції польоту ПК, моделювання «інформаційного процесу рефлексивного вибору Л-О» [1; 2; 4; 27; 53; 71]; метод узагальнення неоднорідних факторів [1; 9; 10;]; детерміновані, стохастичні (дерева рішень, мережі GERT, марковські), графоаналітичні моделі ПР [1; 5, 10; 15 - 18; 23; 24; 31; 34; 37; 47]; методика моделювання ПР [1; 12; 19 43; 49]; методологія прогнозування розвитку аварійної ситуації [1; 2, 8; 50; 54]; сценарії розвитку польотної ситуації [1, 2, 3; 42; 44]; формалізація якісних характеристик рівня ризику [1; 12; 61; 65]; нейромережевий аналіз ПР [14; 22; 28, 29; 48; 63; 64; 68]; визначення соціонічної характеристики оператора АНС [7; 25]; діагностика емоційного стану Л-О АНС та аналіз стійкості системи «Л-О - ПК» [6, 13; 33; 45; 52; 56; 57; 60; 62; 66]; інформаційна модель та структура СППР авіадиспетчера, льотного диспетчера [14; 19; 20; 21; 58; 70]; аналітично-діагностичний комплекс оцінювання діяльності оператора і їх колективів в АНС [1; 3; 6; 7; 46].

1. **Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень доповідалися і обговорювалися 2 міжнародних науково-технічних конгресах, 29 конференціях, серед яких – IV Міжнародна НТК «АВІА–2002» (Київ, 2002); НТК «Застосування авіації в народному господарстві» (Кіровоград - 2001); Міжнародна НТК «Штучний інтелект» (с.Кацівелі, Таганрог-Донецьк, 2002); Міжнародна НТК «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем» (Кіровоград, 2003); Міжнародна НТК «Штучний інтелект» (Таганрог-Донецьк, 2003); V Міжнародна НТК «АВІА–2003» (Київ, 2003); VI Міжнародна НТК «АВІА–2004» (Київ, 2004); 11-та Міжнародна конференція з автоматичного управління Автоматика-2004 (Київ, 2004); Науково-практична конференція молодих учених та аспірантів «Інтегровані інформаційні технології та системи - 2005»; VII Міжнародна НТК «АВІА–2006» (Київ, 2006); Всеукраїнська НПК «Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці» (Луганськ, 2006); Міжнародна НПК «Професійна підготовка авіаційних фахівців за сучасними вимогами» (Кіровоград, 2006); Міжнародна НПК «Професійна підготовка авіаційних фахівців за сучасними вимогами» (Кіровоград, 2007); VII Міжнародна НК студентів та молодих учених

«Політ–2007» (Київ, 2007); VIII Міжнародна НТК «ABIA–2007» (Київ, 2007); III Міжнародна НПК «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем» (Кіровоград, 2008); Міжнародна НТК «Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення» (Севастополь, 2008); Міжнародна НК «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (Євпаторія, Херсон 2008); 15 Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика-2008» (Одеса, 2008); IV Міжнародна НПК «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем» (Кіровоград, 2009); IX Міжнародна НТК «ABIA–2009» (Київ, 2009); V Міжнародна НПК «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем» (Кіровоград, 2010); Міжнародна НТК «Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення» (Севастополь, 2010); Міжнародна НТК « Управління, автоматизація і навколишнє середовище» (Севастополь, 2010); X Міжнародна НТК «ABIA–2011» (Київ, 2011); VI Міжнародна НПК «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем» (Кіровоград, 2011); Міжнародна НМК «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM» (Київ, 2011); I Міжнародна НПК «Обчислювальний інтелект» (Черкаси, 2011); Міжнародна НПК «Аеропорти – вікно в майбутнє» (Київ, 2012); VII World Congress «Aviation in the XXIst century» (Kyiv, 2012), VII Міжнародна НПК «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем» (Кіровоград, 2012), Міжнародна НМК «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM» (Київ, 2012).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано в 71 друкованих наукових працях, з них: 1 монографія; 37 у фахових виданнях, з яких 4 без співавторів, 29 у матеріалах науково-технічних, науково-практичних конференцій, конгресів; отримано 4 а.с. на комп'ютерну програму.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шости розділів, висновків, списку використаних джерел, 9 додатків. Робота містить 418 сторінок, у тому числі 331 сторінок основного тексту, 132 рисунки, 79 таблиць, 407 найменувань літературних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи, визначено об'єкт і предмет дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, окреслено зв'язок з науковими програмами, згідно з якими виконувались дослідження.

У першому розділі наведено порівняльний аналіз ЛМС, досліджено еволюцію концептуальних моделей ЛФ в авіації, визначено людино-машинну АНС як полієргатичну СТС. В результаті проведеної декомпозиції ПР оператором АНС як СТС отримана ієрархічна модель ПР Л-О АНС, що містить «інформаційний процесор рефлексивного вибору» («ІПРВ») Л-О (рис.1). Блок ІПРВ дозволяє враховувати вплив факторів зовнішнього середовища при ПР Л-О, прогнозувати розвиток ситуації від

нормальної до катастрофічної і навпаки, в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК у разі виникнення особливого випадку в польоті (ОВП).

Проблему моделювання і оптимізації діяльності Л-О в АНС як СТС представлено у вигляді наступного кортежу:

$$\{X, T, F, A, S, G, E, \Phi(G_{c1}), \Phi(G_{c2})\} \rightarrow \{A^*\}, \quad (1)$$

де *вихідні дані (обмеження для моделювання ПР)*: $X = \{x\}$ – модель оператора; $T = \{t\}$ – технології ПР оператора; $F = \{F_i\}$ – множина факторів, що впливають на Л-О; $\Lambda = \{\lambda\}$ – рівень невизначеності задачі ПР; $S = \{s\}$ – ситуація, в якій виконується політ ПК; $E = \{e\}$ – еволюція польоту ПК; $G = \{G_{c1}, G_{c2}\}$ – очікувані (неочікувані) умови експлуатації ПК; $\Phi(G_{c1}), \Phi(G_{c2})$ – правило, принцип дії в очікуваних (неочікуваних) умовах експлуатації ПК; *розрахункові дані*: $C = \{c_i\}$ – множина цілей; $Z = \{z_i\}$ – множина критеріїв ПР; $A = \{a_i\}$ – множина альтернативних рішень; $Q = \{q_i\}$ – множина наслідків вибору альтернативи завершення польоту; $U = \{u_j\}$ – вектор характеристик наслідків $q \in Q$, результатів вибору альтернативи завершення польоту; $P = \{p_j\}$ – множина ймовірностей: виникнення наслідку ПР; станів ситуації, розвитку польотної ситуації у бік парировання і навпаки; $\gamma = \{\gamma_r\}$ – моделі поведінки оператора; $\rho = \{\rho_r\}$ – система переваг індивіда в конкретній ситуації вибору; $V = f(X, \gamma, \rho, F_i)$ – вектор поведінки оператора, розвитку польотної ситуації; Y_{np} – вектор ПР; Y_c – вектор ситуації; $Y_{G,Go}$ – вектор прогнозування розвитку ситуації; $\{A^*\}$ – множина оптимальних стратегій.

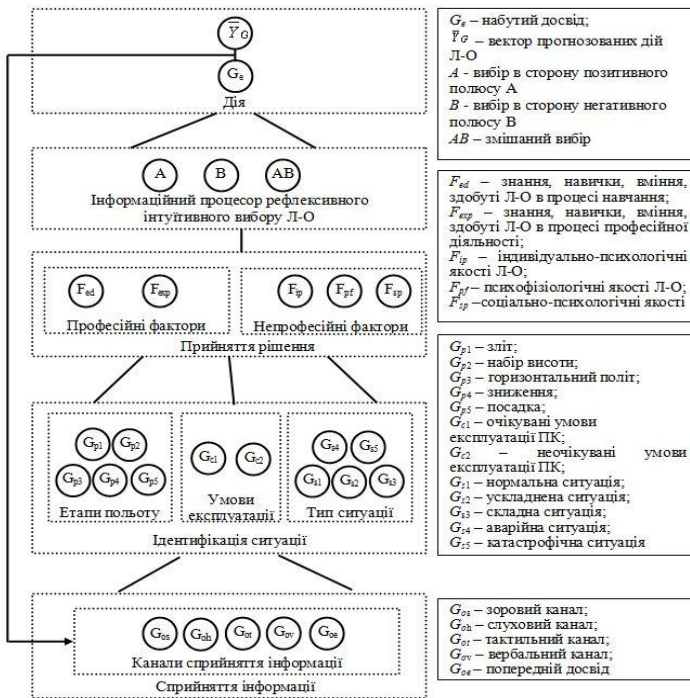


Рис. 1. Ієрархічна модель ПР Л-О АНС СТС

оператора АНС $\bar{Y} = \{A^*\}$ у разі виникнення позаштатної ситуації залежить від ви-

Моделювання оптимальної стратегії

значення складових процесу ПР (сприйняття інформації оператором \bar{G}_i^I ; ідентифікації ситуації \bar{G}_i^II (етапу польоту ПК \bar{G}_p , умов експлуатації ПК (очікувані G_{c1} , неочікувані G_{c1}), типу ситуації S), впливу факторів зовнішнього середовища \bar{F} при ПР \bar{G}_i^III і дії \bar{G}_i^IV) для стратегій розвитку ситуації $\bar{Y}_c(G)$ і ПР $\bar{Y}_{PP}(G) = F(\bar{G}, \bar{G}_0)$ за умов оптимізації впливу індивідуальних якостей $F_{G_0} = \{F_p, F_{np}\}$ в межах системи переваг:

$$\bar{Y} = Y(\bar{G}_i^I, \bar{G}_i^II, \bar{G}_i^III, \bar{G}_i^IV) = |\bar{Y}_c(\bar{G}) - \bar{Y}_{PP}(\bar{G}, \bar{G}_0)| \rightarrow opt \quad (2)$$

$$\inf F_{np} = f_{\min}^N, \sup F_{np} = f_{\max}^N$$

де $\bar{Y}_{PP}(G) = F(\bar{G}, \bar{G}_0)$ – вектор дії Л-О з урахуванням індивідуальних якостей \bar{G}_0 та етапів ПР; $\bar{Y}_c(G)$ – вектор розвитку ситуації; f_{\min}^N, f_{\max}^N мінімальне (максимальне)

значення факторів; $(\bar{G}_i^I, \bar{G}_i^II, \bar{G}_i^III, \bar{G}_i^IV)$ – етапи оброблення інформації: сприйняття інформації Л-О; ідентифікація ситуації; ПР з урахуванням впливу зовнішнього середовища, набутого досвіду і індивідуальних якостей Л-О, керувальної дії Л-О в ОВП як в очікуваних, так і в неочікуваних умовах експлуатації ПК.

Як показав соціотехнічний аналіз АНС, на оператора в процесі виконання професійних обов'язків впливають фактори \bar{F} , систематизація яких дозволяє оцінити якість ПР і ефективність роботи системи в цілому, а також оптимізувати діяльність операторів. При цьому, різноманітність факторів та їх природна нестабільність не дають можливості для застосування класичних методів агрегування, прийнятих для багатокритеріальних задач. Запропонований *метод узагальнення неоднорідних факторів* дозволяє врахувати: структурну ієрархічність, різноманітність, динамічну нестабільність факторів та визначити умови для їх оцінювання:

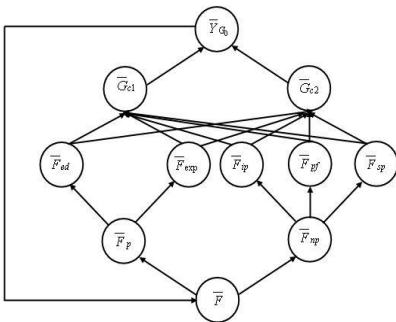


Рис. 2. Підграф G_0 факторів F

$$\bar{F} = \bar{F}_p \cup \bar{F}_{np} \cup \bar{F}_{st}, \quad (3)$$

де $\bar{F}_p = \{\bar{F}_{ed}, \bar{F}_{exp}\}$ – фактори професійної діяльності Л-О; $\bar{F}_{ed}, \bar{F}_{exp}$ – знання, навички, вміння, здобуті Л-О в процесі навчання і професійної діяльності відповідно; $\bar{F}_{np} = \{\bar{F}_{ip}, \bar{F}_{pf}, \bar{F}_{sp}\}$ – фактори непрофесійного характеру: \bar{F}_{ip} – множина

індивідуально-психологічних якостей Л-О,
 $\bar{F}_{ip} = \{f_{ipt}, f_{ipa}, f_{ipp}, f_{ipth}, f_{ipi}, f_{ipn}, f_{ipw}, f_{iph}, f_{exp}, f_{me}\}$ (темперамент f_{ipt} ; увага f_{ipa} ; сприйняття f_{ipp} ; мислення f_{ipth} ; уява f_{ipi} ; воля f_{ipw} ; здоров'я f_{iph} ; досвід f_{exp} ;

пам'ять f_{me}); \bar{F}_{pf} – множина психофізіологічних якостей Л-О, $\bar{F}_{pf} = \{f_{pft}, f_{pfn}, f_{pft}, f_{pfd1}, f_{pfd2}, f_{pfd3}\}$ (часова затримка сенсорної реакції Л-О $f_{pft}(T_\tau)$; нервово-м'язове запізнювання $f_{pfn}(T_n)$; коефіцієнт підсилення Л-О $f_{pft}(T_t)$, що залежить від часу на ПР; спонтанний тип діяльності Л-О $f_{pfd1}(D_1)$; емоційний тип діяльності Л-О $f_{pfd2}(D_2)$; розсудливий тип діяльності Л-О $f_{pfd3}(D_3)$; \bar{F}_{sp} – множина соціально-психологічних якостей Л-О, $\bar{F}_{sp} = \{f_{spm}, f_{spe}, f_{sps}, f_{spp}, f_{spl}\}$ (духовні та культурні орієнтири особистості f_{spm} ; економічні інтереси особистості f_{spe} ; соціальні пріоритети особистості f_{sps} ; політичні погляди особистості f_{spp} ; відношення до правових норм особистості f_{spl}); $\bar{F}_{st} = \{F_{st}\}$ – множина соціотипів Л-О. Для оцінювання якості ПР оператором АНС і прогнозування розвитку польотної ситуації розроблено графоаналітичні моделі ПР і розвитку польотної ситуації в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК – підграф факторів \bar{G}_0 (рис.2) і граф ПР \bar{G} (рис.3).

Порівнева декомпозиція і формалізація графоаналітичних моделей ПР Л-О АНС
 $\bar{G}_0 \in \bar{G}$:

Перший рівень (сприйняття інформації) можна описати множиною:

$\bar{G}_i^I = \{\bar{G}_{ii}^I\}$, де $\bar{G}_{ii}^I = \{\bar{G}_{is}^I, \bar{G}_{ie}^I, \bar{G}_{ih}^I, \bar{G}_{iv}^I, \bar{G}_{iint}^I\}$ – множина каналів сприйняття інформації Л-О: \bar{G}_{is}^I – зоровий канал; \bar{G}_{ie}^I – слуховий канал; \bar{G}_{ih}^I – тактильний канал; \bar{G}_{iv}^I – вербальний канал; \bar{G}_{iint}^I – інтуїція. При цьому $\bar{G}_{ii}^I \in N$ -мірним бінарним вектором:

$$\bar{G}_{ii}^I = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \bar{G}_{ii}^I \in \bar{Z}_{ii}^I, \\ 0, & \text{якщо } \bar{G}_{ii}^I \notin \bar{Z}_{ii}^I \end{cases}$$

де \bar{Z}_{ii}^I – множина отриманих сигналів (через зоровий, слуховий, тактильний, вербальний, інтуїтивний канали) на рівні сприйняття інформації.

Другий рівень (ідентифікація ситуації) можна подати у вигляді множини:

$\bar{G}_i^II = \{\bar{G}_{pj}^II, \bar{G}_{sk}^II, \bar{G}_{cr}^II\}$, де $\bar{G}_{pj}^II = \{\bar{G}_{p1}^II, \bar{G}_{p2}^II, \bar{G}_{p3}^II, \bar{G}_{p4}^II, \bar{G}_{p5}^II\}$ – підмножина етапів фу-

нкціонування складного ОК (етапів польоту ПК): \bar{G}_{p1}^II – зліт; \bar{G}_{p2}^II – набір висоти; \bar{G}_{p3}^II – горизонтальний політ; \bar{G}_{p4}^II – зниження; \bar{G}_{p5}^II – посадка; $\bar{G}_{cr}^II = \{\bar{G}_{c1}^II, \bar{G}_{c2}^II\}$ –

підмножина умов експлуатації об'єкту управління (ПК): \bar{G}_{c1}^II – очікувані умови експлуатації ПК; \bar{G}_{c2}^II – неочікувані умови експлуатації ПК;

$\bar{G}_{sk}^{II} = \{\bar{G}_{s1}^{II}, \bar{G}_{s2}^{II}, \bar{G}_{s3}^{II}, \bar{G}_{s4}^{II}, \bar{G}_{s5}^{II}\}$ – підмножина розвитку польотної ситуації на кож-

ному етапі функціонування об'єкту управління (ПК): \bar{G}_{s1}^{II} – нормальна ситуація; \bar{G}_{s2}^{II} – ускладнена ситуація; \bar{G}_{s3}^{II} – складна ситуація; \bar{G}_{s4}^{II} – аварійна ситуація; \bar{G}_{s5}^{II} – катастрофічна ситуація. При цьому вектор \bar{G}_{pj}^{II} залежить від параметрів польоту і може бути описаний функцією: $\bar{G}_{pj}^{II} = F(\psi, H, V, V_y, \beta, \gamma, \vartheta)$, де ψ – курс ПК; H – висота польоту ПК; V – горизонтальна швидкість польоту ПК; V_y – вертикальна швидкість польоту ПК; β – ковзання ПК; γ – крен ПК; ϑ – тангаж ПК.

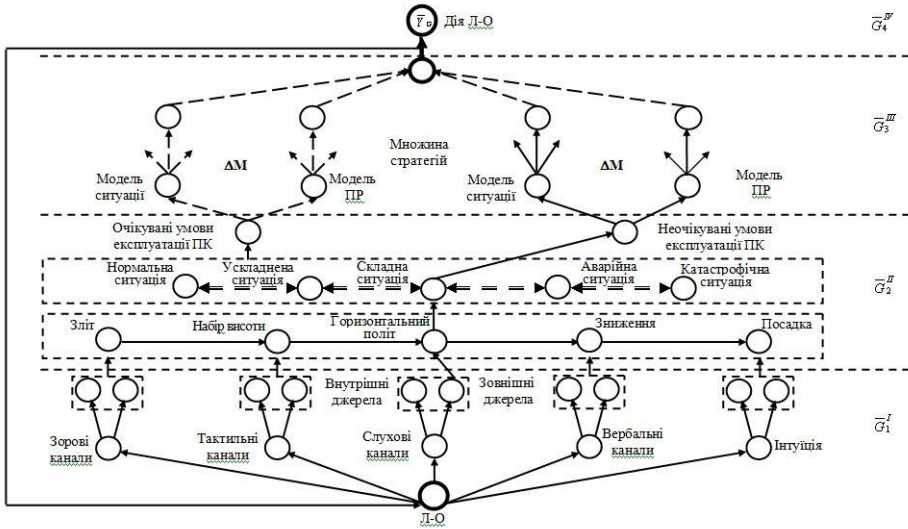


Рис. 3. Графоаналітична модель ПР оператором АНС \bar{G}

Третій рівень (ПР Л-О АНС) описується множиною: $\bar{G}_i^{III} = \{\bar{G}_{Mds}^{III}, \bar{G}_{Mdm}^{III}\}$, де

$\bar{G}_{Mds}^{III} = \{\bar{N}_{Mds}^{III}, \bar{M}_{Mds}^{III}, \bar{P}_{Mds}^{III}, \bar{C}_{Mds}^{III}, \bar{A}_{Mds}^{III}\}$ – підмножина стратегій розвитку ситуації:

\bar{N}_{Mds}^{III} – множина нормативних посилянь; \bar{M}_{Mds}^{III} – множина наслідків розвитку ситуації; \bar{P}_{Mds}^{III} – множина ймовірностей розвитку ситуації; \bar{C}_{Mds}^{III} – множина якостей Л-О; \bar{A}_{Mds}^{III} – множина стратегій розвитку ситуації;

$\bar{G}_{Mdm}^{III} = \{\bar{N}_{Mdm}^{III}, \bar{M}_{Mdm}^{III}, \bar{P}_{Mdm}^{III}, \bar{C}_{Mdm}^{III}, \bar{A}_{Mdm}^{III}\}$ – підмножина стратегій прийняття рішень Л-О: \bar{N}_{Mdm}^{III} – множина нормативних посилянь; \bar{M}_{Mdm}^{III} – множина наслідків дій Л-

О; \bar{P}_{Mdm}^{III} – множина ймовірних дій Л-О; \bar{C}_{Mdm}^{III} – множина якостей Л-О; \bar{A}_{Mdm}^{III} – множина стратегій дій Л-О.

Формалізацію третього рівня графоаналітичної моделі ПР Л-О АНС зображено функціональною схемою системи керування (рис. 4).

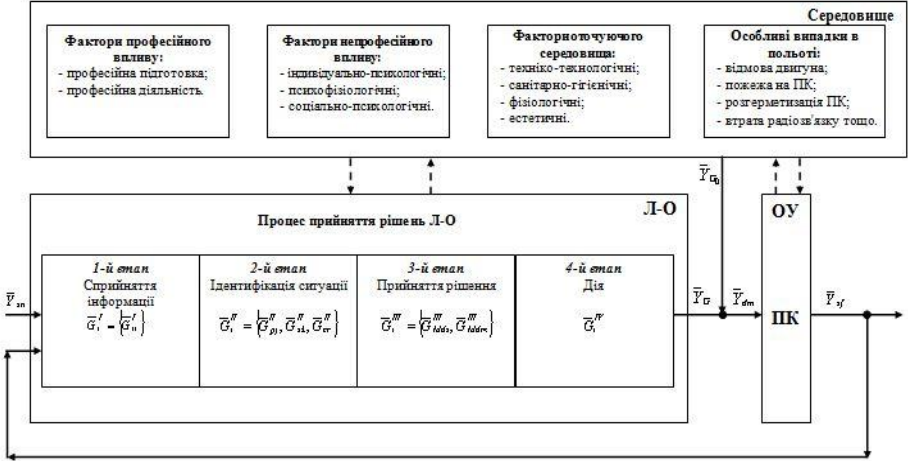


Рис.4. Система «Л-О – ПК – Середовище»

Четвертий рівень (дія Л-О) \bar{G}_i^{IV} полягає у виборі оптимальної дії керувальним елементом (Л-О), і може бути поданий функцією: $\bar{Y}_G = F(\bar{G}_i^I, \bar{G}_i^{II}, \bar{G}_i^{III}, \bar{G}_i^{IV})$,

де $\bar{G}_i^I, \bar{G}_i^{II}, \bar{G}_i^{III}, \bar{G}_i^{IV}$ – етапи оброблення інформації і ПР відповідно: сприйняття інформації Л-О, ідентифікація інформації, безпосередньо ПР, набутий досвід (зворотний зв'язок), керувальна дія Л-О в ОВП з урахуванням професійних та непрофесійних факторів, що впливають на людину як в очікуваних, так і в неочікуваних умовах експлуатації ПК. Процес ПР Л-О АНС можна описати функцією: $\bar{Y}_{dm} = F(\bar{Y}_G, \bar{Y}_{G_0})$, де \bar{Y}_G – вектор дій Л-О, зображений графоаналітичною моделлю ПР Л-О \bar{G} ; \bar{Y}_{G_0} – вектор дій Л-О з урахуванням впливу професійних і непрофесійних факторів, поданих підграфом обмежень \bar{G}_0 .

Вектор дії оператора \bar{Y} є множиною у вигляді графоаналітичних моделей \bar{G} , \bar{G}_0 ПР в очікуваних \bar{G}_{c1} (неочікуваних \bar{G}_{c2}) умовах експлуатації ПК:

$$\bar{Y}(\bar{G} \cup \bar{G}_0) = \bar{Y}(\bar{G}(\bar{G}_{c1} \vee \bar{G}_{c2}) \cup \bar{G}_0(\bar{F})) = \bar{Y}(\bar{G}(\bar{G}_{c1} \vee \bar{G}_{c2}) \cup \bar{G}_0(\bar{F}(\bar{F}_{ip} \wedge \bar{F}_{sp} \wedge \bar{F}_{pf}))); \quad (4)$$

$$\bar{G}_0(\bar{F}(\bar{F}_{ip} \wedge \bar{F}_{sp})) \in \bar{S}(x_1, x_2, x_3) = \bar{Y}(\bar{M}(\gamma(\rho(\bar{V})) \vee \bar{\gamma}(\rho(\bar{V}))) ;$$

$$\rho = S_p(F_{ip}) \cup S(F_{sp}); \quad \gamma = \rho(V) = V_A(F_{ip}) \cup V_A(F_{sp}); \quad \bar{\gamma} = \rho(V) = V_B(F_{ip}) \cup V_B(F_{sp}); \quad \text{за умов:}$$

$$\sum_{sp=1}^n S_p(F_{sp})=1; \sum_{sp=1}^n S_p(\bar{F}_{ip})=1; \quad V_{\max} < V_A(\bar{F}_{sp}) < V_{\min}; \quad V_{\max} < V_A(\bar{F}_{ip}) < V_{\min}; \quad V_{\min} \leq V_B(\bar{F}_{sp}) \leq V_{\max};$$

$V_{\min} \leq V_B(\bar{F}_{ip}) \leq V_{\max}$, де $\vec{Y}(\bar{G} \cup \bar{G}_0)$ - вектор дії оператора; \bar{G} - орієнтований граф ПР і розвитку польотної ситуації, \bar{G}_0 - підграф факторів, що впливають на ПР; \vec{G}_{c1} - очікувані умови експлуатації ПК; \vec{G}_{c2} - неочікувані умови експлуатації ПК; \bar{F} - фактори, що впливають на ПР в АНС; $\vec{F}(\bar{F}_{ip} \wedge \bar{F}_{sp} \wedge \bar{F}_{pf})$ - вплив індивідуально-психологічних \bar{F}_{ip} , соціально-психологічних \bar{F}_{sp} і психофізіологічних \bar{F}_{pf} факторів; $\vec{S}(x_1, x_2, x_3)$ - вектор-модель поведінки оператора АНС, x_1 - тиск зовнішнього середовища на Л-О, $x_1 \in [0, 1]$; x_2 - тиск попереднього досвіду, $x_2 \in [0, 1]$; x_3 - інтенція (вольовий вибір), $x_3 \in [0, 1]$; $\gamma(\rho(\vec{V}))$ - раціональна модель індивідуума; $\bar{\gamma}(\rho(\vec{V}))$ - нерациональна модель індивідуума; $\vec{M}(\gamma(\rho(\vec{V})) \vee \bar{\gamma}(\rho(\vec{V})))$ - модель поведінки індивідуума; $\rho = S_p(F_{ip}) \cup S(F_{sp})$ - переваги ЛПП значущості факторів; $\bar{V}_A(\bar{F}_{ip})$ - вибір у бік позитивного полюсу А; $\bar{V}_B(\bar{F}_{ip})$ - вибір у бік негативного полюсу В; V_{\min}, V_{\max} - мінімальне (максимальне) значення на векторі вибору \bar{V} (рис.5), який є кількісним оцінюванням моделі поведінки Л-О:

$$\overline{M_{PP}} = \{ \bar{F}_{sp \min}, \bar{F}_{sp}, V_{\min}, V, V_{\max}, \bar{F}_{sp \max} \} \quad (5)$$

$$V_{\max} \leq V(\bar{F}_{sp}) \leq V_{\min}$$

де $\bar{F}_{sp \min}, \bar{F}_{sp \max}$ - мінімальне (максимальне) значення вагового коефіцієнту; \bar{F}_{sp} - дійсне значення фактору; V - кількісна міра вибору; $V = (\bar{F}_{sp})$ - модель вибору; V_{\min}, V_{\max} - мінімальне (максимальне значення) позитивного вибору.

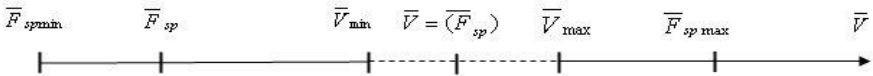


Рис. 5. Модель поведінки Л-О на прикладі діагностики впливу соціально-психологічних факторів

У **другому розділі** представлено моделі ПР оператором АНС в ОВП: детерміновані, стохастичні, нейромережеві, GERT, марковські в умовах невизначеності, нечіткого багатофакторного вибору; моделі Л-О (рефлексивні, експертні, соціонічні, емоційного стану), які характеризуються неоднорідністю параметрів і критеріїв (табл.1). Розроблено *методику аналізу ПР*, що базується на структурно-логічному алгоритмічному підході до зняття невизначеності при ПР у разі виникнення ОСП (рис.7). Представлено мережевий аналіз ПР оператором АНС, відповідно до технології роботи авіаційного спеціаліста (пілота, диспетчера), що відповідає чіткому алгоритму дій, прописаному у нормативних та регламентуючих документах, як в

штатних, так і позаштатних ситуаціях (наприклад, в ОВП, складних метеоумовах (СМУ), потенціально-конфліктних ситуаціях (ПКС)).

Таблиця 1

Вихідні параметри моделей ПР Л-О АНС в ОВП

№ з/п	Назва моделі	Критерій оптимізації	Параметри моделі
1	Детерміновані моделі ПР Л-О з детермінованим (імовірнісним) часом на виконання операційних процедур Л-О в ОВП	Час на парирування ОВП	$T_{кр}, T_{сер}, T_{мін}, T_{макс}$
2	Моделі ПР Л-О в ОВП, СМУ, ПКС в умовах ризику	Мінімізація ризику ПР, мінімум збитків	$M[t], R(A)$
3	Моделі ПР Л-О в ОВП, СМУ, ПКС в умовах і невизначеності	Мінімум збитків, витрат пального	$\{\lambda\}, \{U\}, \{A\}, A^*$
4	Нечіткі моделі ПР Л-О	Рівень ризику, величина потенційного збитку	$\mu(L), \mu(G)$
5	Нейронні багатофакторні моделі	Мінімізація ризику ПР	$\bar{P} = \{p_1, p_2, \dots\}$
6	GERT моделі розвитку польотних ситуацій	Час, ймовірність на перехід польотних ситуацій	$M[t_{ij}], \delta^2[t_{ij}], p_{ij}, p_{ji}, p_{ii}, W_{ij}(A), W_{ij}(B)$
7	Марковська мережа розвитку польотних ситуацій	Ймовірності станів польотних ситуацій	$p_{ij}(A), p_{ij}(B)$
8	Експертні моделі	Системи переваг	$S_p(F_{ip}), S(F_{sp})$
9	Рефлексивні моделі		$\vec{S}(x_1, x_2, x_3)$
10	Моделі емоційного стану	Спонтанний, емоційний, розсудливий типи діяльності	$F_{pf} = \{T_v, T_n, T_b, D_1, D_2, D_3\}$
11	Соціонічні моделі Л-О	Енерговитрати	TIM

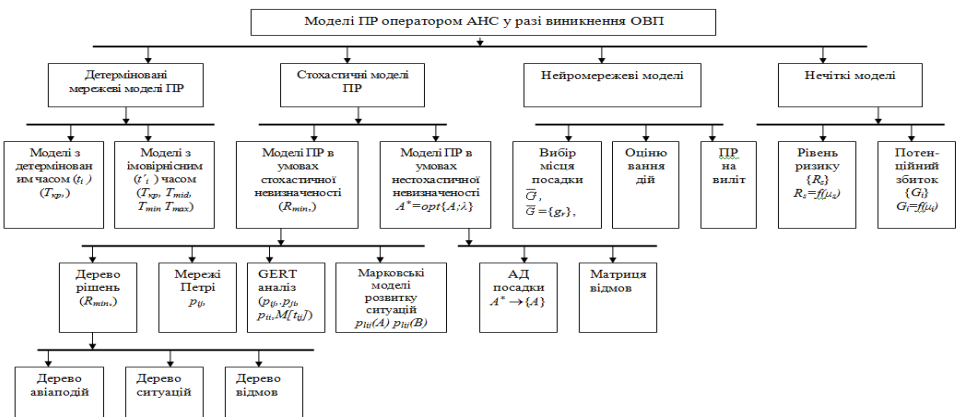


Рис. 7. Класифікація моделей ПР оператором АНС в ОВП

Оскільки ОВП (СМУ, ПКС) – це не одномоментна подія, а подія, що розвивається в часі, для моделювання ПР, визначення і оптимізації критичного часу, необхідного для парирування ОВП розроблено мережеві графіки з детермінованим і

ймовірнісним часом виконання операційних процедур Л-О відповідно до алгоритму дій у разі виникнення ОВП (СМУ, ПКС).

В результаті мережевого аналізу дій екіпажу ПК та авіадиспетчера в ОВП отримано: структурно-часову таблицю дій Л-О в ОВП (табл.2); мережевий графік виконання дій Л-О в ОВП (рис.8); критичний час на парювання ОВП $T_{кр}$, мінімальний $T_{мін}$, середній $T_{сер}$ та максимальний $T_{макс}$ час на виконання операційних процедур Л-О у разі виникнення ОВП.

Таблиця 2

Узагальнена структурно-часова таблиця технології роботи диспетчера в ОВП

№	Зміст роботи	Позн.	Множина робіт	Спирається на роботу	Час
1	Отримання інформації від екіпажу ПК про ОВП	A_1	$\{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}\}$	—	$\{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$
2	Підтвердження отримання інформації від екіпажу ПК про ОВП	A_2	$\{a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}\}$	A_1	$\{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2n}\}$
3	Передача інформації відповідним службам	A_3	$\{a_{31}, a_{32}, \dots, a_{3n}\}$	$A_1 \cap A_2$	$\{t_{31}, t_{32}, \dots, t_{3n}\}$
4	Отримання рішення командира ПК	A_4	$\{a_{41}, a_{42}, \dots, a_{4n}\}$	$A_1 \cup A_2 \cup A_3$	$\{t_{41}, t_{42}, \dots, t_{4n}\}$
5	Забезпечення умов безпечного завершення польоту	A_5	$\{a_{51}, a_{52}, \dots, a_{5n}\}$	$A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_4$	$\{t_{51}, t_{52}, \dots, t_{5n}\}$
6	Отримання інформації від екіпажу ПК про результат посадки	A_6	$\{a_{61}, a_{62}, \dots, a_{6n}\}$	$A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_4 \cap A_5$	$\{t_{61}, t_{62}, \dots, t_{6n}\}$

Моделювання ПР авіадиспетчером та побудова детермінованої моделі у вигляді мережевого графіка здійснюються за технологіями дій фахівця з обслуговування повітряного руху з використанням принципів ASSIST (Acknowledge, Separate, Silence, Inform, Support, Time) за «Типовими картами дій фахівців ОНР в аварійних та непередбачуваних ситуаціях». На підставі цих рекомендацій та за допомогою відповідних перетворень з упорядкування, визначено узагальнений комплекс дій (робіт, операційних процедур) авіадиспетчера, спрямованих на парювання ОВП і отримано узагальнену детерміновану модель ПР Л-О (диспетчером) у разі виникнення ОВП.

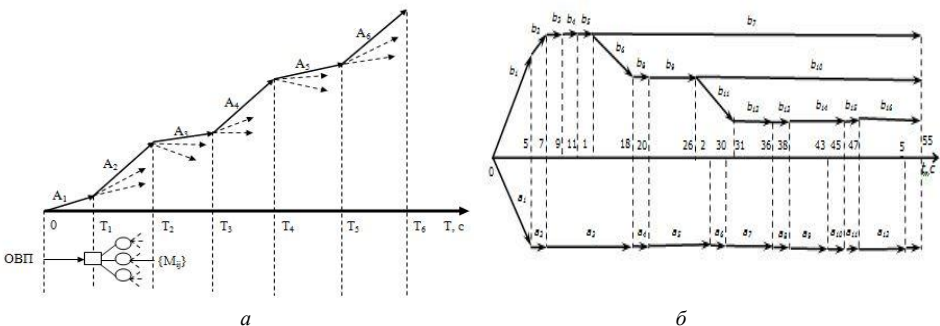


Рис. 8. Мережеві графіки виконання дій Л-О в ОВП: диспетчера (а); пілота/бортмеханіка у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «Продовжити зліт») (б)

Отримано критичний час виконання робіт у разі відмови двигуна на зльоті, розгерметизації ПК, проблем з гідравлікою, при відмові системи електропостачання тощо, а також критичний час дій екіпажу ПК у випадку відмови двигуна на зльоті (рис.9) і заході на посадку в складних метеоумовах. Розроблено *алгоритм розрахунку мережевого графіку з детермінованим часом виконання операційних процедур (дій)* у разі парирування ОВП з визначенням: повного резерву операції R_{pij} (максимальний час, на який можна збільшити чи зменшити тривалість дії t_{ij} , не змінюючи терміну початку події, що завершується) і вільного резерву R_{vij} (максимальний час, на який можна збільшити тривалість (i-j) дії відповідно: $R_{pij} = T_{pij} - t_{pij} = T_{pij} - T_{pi} - t_{ij}$; $R_{vij} = T_{pi} - t_{pij} = T_{pi} - T_{pi} - t_{ij}$, де T_{pij} , T_{pi} - пізній (ранній) термін початку виконання операції; резервного часу події R_i (різниця між подією, що є найбільш пізньою T_{pi} , та найбільш раннім T_{ri} терміном закінчення події $R_i = T_{pi} - T_{ri}$); повного резерву операції R_{pi} (максимальний час, на який можна збільшити чи зменшити тривалість дії (i-j), не змінюючи терміну початку події, що завершується $R_{pij} = T_{pij} - t_{pij} = T_{pij} - T_{pi} - t_{ij}$; вільного резерву R_{vij} (максимальний час, на який можна збільшити тривалість дії: $R_{vij} = T_{pi} - t_{pij} = T_{pi} - T_{pi} - t_{ij}$); критичних L_k (шлях, тривалість якого дорівнює критичному часу виконання операційних процедур Л-О в разі виникнення ОВП) та підкритичних шляхів L_{kp} . (шляхи, в яких повний резерв часу відрізняється не більш ніж задану величину); критичного часу T_{kp} (мінімальний час, за який виконується весь алгоритм операційних процедур Л-О в разі виникнення ОВП). Саме операції, що містяться на критичному шляху, дуже важливі і потребують негайного втручання. Повний резерв часу шляху $R[L_i]$ шляху L_i визначається як різниця між довжиною критичного шляху $t[L_k]$ та довжиною будь-якого повного шляху $t[L_i]$ дорівнює $R[L_i] = t[L_k] - t[L_i]$. Аналіз мережевих графіків дій Л-О у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «Продовжити зліт»), направлених на парирування ОВП, показав (табл. 3), що члени екіпажу ПК указали час на виконання комплексу дій, необхідних для парирування ОВП, в середньому на 39,4% більший, ніж диспетчери. Різницю в часі на парирування ОВП для пілота і диспетчера можна об'яснити різним характером професійної діяльності: індивідуальна (пілот) і групова діяльність (диспетчер), кількістю ПК на керуванні у диспетчера, різним відчуттям рівня ризику ЛПР та ін.

Таблиця 3

Мережевий аналіз ПР у разі виникнення ОВП

Мережевий графік дій Л-О у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «Продовжити зліт»)	Час на виконання операцій, T_{kp} , с		
	Екіпаж ПК	Диспетчер	Різниця в часі, $t_{EPK} > t_d$, %
Максимальний час на виконання операцій, t_{max}	94	51	46
Середній час на виконання операцій, t_s	71	44,1	38
Мінімальний час на виконання операцій, t_{min}	55	36	34
Середня різниця в часі, %	-	-	39,4

Розроблено *алгоритм розрахунку мережевого графіка з імовірнісним часом виконання дій*, за яким отримуються очікуваний час виконання дій авіадиспетчера (пілота) t_{ojij} та дисперсії σ_{ij}^2 ; найбільш ранній можливий строк завершення останньої дії авіадиспетчера (пілота) з парирування ОВП T_{pk} ; ймовірність виконання дії

авіадиспетчера (пілота) з парировання ОВП у наперед заданий строк T_d за визначеним аргументом x .

В неочікуваних умовах експлуатації ПК процес упорядкування з розвитком

польотної ситуації змінюється і має місце динамічна стохастична задача впорядкування дій ЛПР. Пропонується підхід до оцінювання якості виконання оператором відповідних завдань, що враховує як безпомилковість і своєчасність дій Л-О, так і ризик виникнення небажаних наслідків у результаті реалізації оператором певного рішення (рис.9). Спосіб кількісної оцінки ризику залежить від якості даних, що використовуються для опису ситуації, в якій приймається рішення. Для формалізації поведінкової діяльності Л-О АНС у

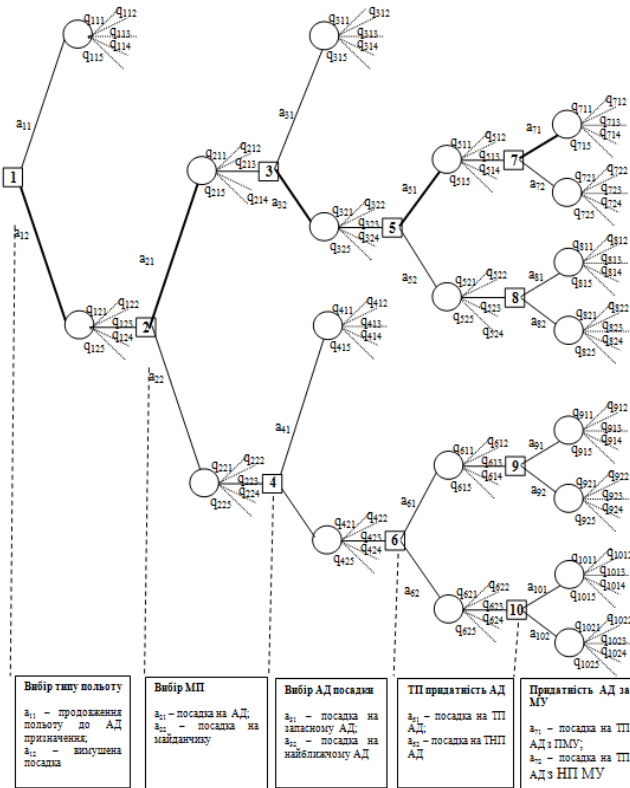


Рис. 9. Структурне зображення процесу ПР в задачі вибору оптимального варіанта завершення польоту

польотних ситуацій зручними є моделі, що становлять процес появи окремих передумов і розвитку їх у причинний ланцюг подій у вигляді відповідних діаграм причинно-наслідкових зв'язків.

В умовах стохастичної невизначеності для відображення динаміки розвитку ситуації з позицій системного підходу, особливо в разі виникнення ОВП, послідовність дій оператора відображається у вигляді дерева рішень, що дає можливість провести структурний аналіз проблеми, знайти оптимальну альтернативну дію і запобігти розвитку ситуації за неправильною схемою.

Структурно-логічні моделі ПР Л-О $M_{\text{ПР}}$ та розвитку польотної ситуації M_c описані множинами можливих альтернатив ПР Л-О \bar{A} , розвитку ситуації \bar{S} , а також ймовірних результатів \bar{Q} дерева рішень, де маємо ПР щодо: 1 – можливості продовження польоту до аеродрому призначення і оцінка критичного часу польоту ПК; 2

– типу потенційного місця посадки (аеродром, підібраний з повітря або попередньо визначений майданчик); 3, 4, 5 – технічну придатність потенційного місця посадки; 6, 7, 8 – можливості посадки в наявних метеоумовах. Спосіб оцінки ефективності альтернативних рішень дозволяє визначити оптимальний варіант з мінімальним ризиком R_{min} при обмеженому часі польоту $t_{пол}$ до місця посадки, який не перевищує критичний час $t_{крит}$ (табл.4):

$$A_{opt}(t) = \min\{R_i\} = \min\left\{\sum_{j=1}^m g_{ij} p_{ij}\right\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{з обмеженням } t_{пол} \leq t_{крит}, \quad (6)$$

де g_{ij} – величина потенційного збитку j -го наслідку при реалізації i -го альтернативного рішення; p_{ij} – ймовірність виникнення j -го наслідку в результаті реалізації i -го альтернативного рішення.

Реалізація оператором авіаційної ЛМС i -ї альтернативи завершення польоту a_i може привести до m -вимірному векторному простору різних *можливих наслідків* $\bar{Q}_i = \{q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}, q_{i4}, q_{i5}\} = \{q_{ij}\}$, ступінь важкості яких зумовлюється ступенем відхилення від нормального функціонування ПК, екіпажу, служб управління і забезпечення польотів, впливом зовнішнього середовища. Кожний наслідок q_{ij} характеризується величиною потенційного збитку g_{ij} і ймовірністю p_{ij} виникнення j -го збитку в результаті реалізації i -ї альтернативи $\bar{Q} = f(\bar{G}, \bar{P})$. Величина потенційного збитку g_{ij} , що залежить від важкості можливих наслідків, отримано за допомогою апарату теорії нечітких множин (табл.4), ймовірності виникнення j -го збитку визначені за допомогою нейромережевої моделі $\bar{G}, \bar{G} = \{g_r\}, r = \overline{1, 5}$ (рис.10).

Таблиця 4

Параметри ШНМ оцінювання ефективності альтернативних варіантів завершення польоту

Входи ШНМ – характеристики потенційних місць посадки ПК (аеродром, майданчик)			
Аеродром	\bar{B}	$B = \{b_i\}, i = \overline{1, 3}$	Технічна придатність аеродрому
	\bar{C}	$C = \{c_j\}, j = \overline{1, 3}$	Придатність аеродрому за метеоумовами
Майданчик	\bar{D}	$D = \{d_k\}, k = \overline{1, 1}$	Тип майданчика
	\bar{E}	$E = \{e_l\}, l = \overline{1, 5}$	Вид підстилаючої поверхні
	\bar{F}	$F = \{f_m\}, m = \overline{1, 3}$	Придатність майданчика за метеоумовами
Критерій ефективності – величина потенційного збитку			
$\bar{G} = \{g_r\},$ $r = \overline{1, 5}$	g_1	Витрати пального – 10 од.	Дуже малий збиток
	g_2	Інцидент – 30 од	Малий збиток
	g_3	Поломка – 50 од	Середній збиток
	g_4	Аварія – 80 од	Великий збиток
	g_5	Катастрофа – 100 од	Дуже великий збиток
Виходи ШНМ – альтернативні варіанти завершення польоту Y_G			
Аеродром	$Y_{Гаер}$	$f_G((\bar{B} \cup \bar{C})P_{BC,G})$	Ефективність завершення польоту на АД
Майданчик	$Y_{Гмайд}$	$f_G((\bar{D} \cup \bar{E} \cup \bar{F})P_{DEF,G})$	Ефективність завершення польоту на майданчик

За критерій ефективності альтернативних варіантів завершення польоту Y_G прийнятий потенційний збиток внаслідок вибору певного альтернативного рішення

при обмеженому часі польоту $t_{\text{пол}} \leq t_{\text{крит}}$. Оптимальний варіант завершення польоту з мінімальним ризиком обирається на основі мінімізації потенційного збитку:

$$Y_{\text{Гаер}} =; Y_{\text{Гмайд}} = f_G([\bar{D} \cup \bar{E} \cup \bar{F}]P_{\text{DEF},G}), \quad (7)$$

$$Y_{\text{Гопрт}} = \min f_G(\bar{G})$$

де f_G – активаційна функція, яка застосовується поелементно до компонентів вектор-рядка, що розміщений у дужках; $P_{BC,G}$, $P_{\text{DEF},G}$ – вагові коефіцієнти штучної нейромережі (ШНМ), що є ймовірностями p_{ij} реалізації певного рішення на дереві рішень (рис.9). Навчання ШНМ відбувалось шляхом модифікації вагових коефіцієнтів зв'язків між нейронами до моменту, коли помилка досягає мінімального значення й перестає зменшуватись за допомогою алгоритму градієнтного спуску зі збуренням, який дозволяє подолати локальні нерівності поверхні помилки і не зупинятися на локальних мінімумах. Метод зворотного поширення з урахуванням збурення реалізує таке нарощення вагових коефіцієнтів: $\delta W_{ij}(t) = \phi \delta W_{ij}(t-1) + (1-\phi)\eta g(t)$, де δ – приріст вектора ваг; ϕ – параметр збурення; η – коефіцієнт швидкості навчання, $0 < \eta < 1$; $g(t)$ – вектор градієнта функціонала помилки на t -й ітерації.

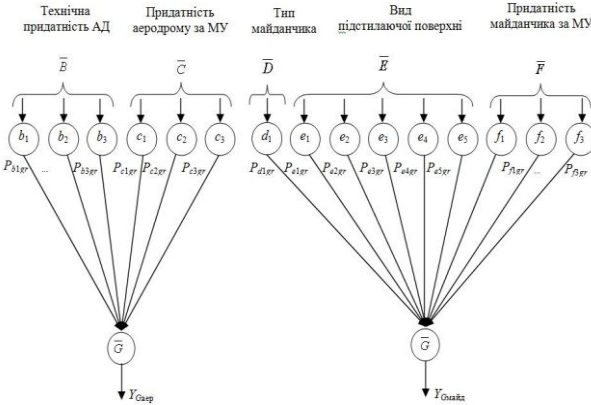


Рис. 10. Нейромережева модель оцінювання ефективності стратегій завершення польоту

Ефективність залежить від типу потенційного місця посадки та від того, які саме фактори його характеризують. Вхідні компоненти \bar{B} , \bar{C} , \bar{D} , \bar{E} , \bar{F} і відповідний їм вихід \bar{G} задані зі статистичних даних за 8-річний період з бюлетенів стану безпеки польотів. Розроблено також нейромережеві моделі ПР Л-О АНС, які застосовуються в автоматизованій системі підготовки передпольотної інформації (АС ППІ) для ПР на виліт та в СППР авіадиспетчера для оцінювання ефективності потенційних альтернатив завершення польоту в реальному УПР; допуску студентів до навчання в системі передтренажерної підготовки; діагностики помилкових дій авіадиспетчера у навчанні для оптимізації процесу здобування інформації й отримання необхідних висновків у критичних і аварійних польотних ситуаціях, які вимагають від оператора прийняття оперативних рішень в умовах багатфакторності вибору (рис.11).

Для формалізації поведінки Л-О АНС у позаштатних ситуаціях та моделювання відповідного розвитку польотних ситуацій розроблено моделі у вигляді стохастичної мережі типу GERT (Graphical Evaluation and Review Technique – метод графічної оцінки й аналізу), які дозволяють моделювати розвиток польотних ситуацій в

бік ускладнення і навпаки. Можливі кілька наслідків розвитку аварійної ситуації: її ліквідація, локалізація і розвиток аварійної ситуації в бік погіршення. У мережевій моделі розвитку польотної ситуації GERT вузлом є стадія ситуації (нормальна, ускладнена, складна, аварійна або катастрофічна), а дугами – процес переходу між стадіями ситуації. Розроблено *алгоритм розрахунку параметрів розвитку польотних ситуацій* за допомогою застосування стохастичних мереж типу GERT з визначенням математичного очікування часу t_{ij} на перехід від i -ї польотної ситуації до j -ї польотної ситуації і навпаки; дисперсії часу t_{ij} розвитку польотної ситуації $\delta^2[t_{ij}]$; імовірностей розвитку ситуації p , розвитку ситуації в бік ускладнення, парирування стабілізації відповідно: $p_{ij} p_{ii} p_{ii} p_{ii}$.

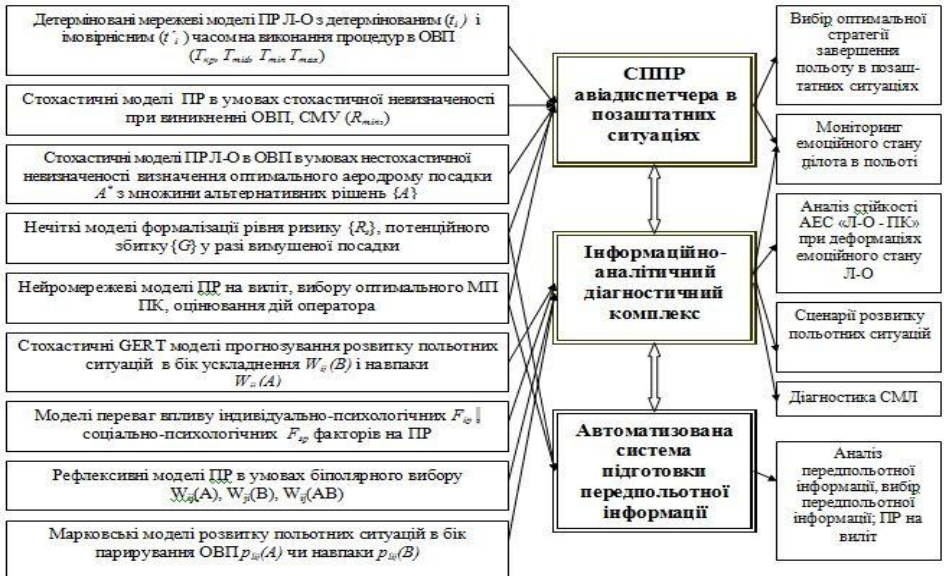


Рис.11. Практична реалізація моделей ПР

Згідно з даними Бюро безпеки на транспорті (NTSB) за останні 10 років 21,3% АП під час виконання авіаційних перевезень трапилось через погодні умови, з них 39,1% – у (складних метеоумовах) СМУ. При цьому основною причиною АП в СМУ (68%) визнається неправильне і несвоєчасне ПР екіпажем ПК. Аналіз розвитку катастрофічної ситуації у СМУ за допомогою дерева рішень та стохастичної мережі GERT представлено на рис.12, де маємо наступні позначення A – позитивний вибір; B – негативний вибір; W_{ij} – W -функція, коефіцієнт пропускання (i, j) - дуги; $W_E(s)$ – коефіцієнт пропускання відкритої мережі; $W_A(s)$ – коефіцієнт пропускання фіктивної дуги; G_1 – нормальна ситуація; G_2 – ускладнена ситуація; G_3 – складна ситуація; G_4 – аварійна ситуація; G_5 – катастрофічна ситуація; p_{ii} ($p_{11}, p_{22}, p_{33}, p_{44}$) – імовірність стабілізації i -ї польотної ситуації, $i = 1; n-1$; $p_{i(i+1)}$ ($p_{12}, p_{23}, p_{34}, p_{45}$) – імовірність розвитку i -ї польотної ситуації в бік ускладнення; $p_{i(i-k)}$ (p_{21}, p_{32}, p_{43} – петлі 1-го порядку; p_{31}, p_{42} – петлі 2-го порядку; p_{41} – петля 3-го порядку) – імовірність парирування ОБП, $k = 1; 3$.

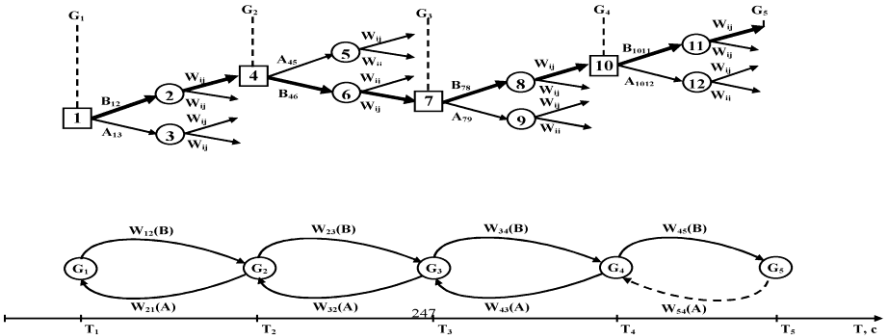


Рис.12. Аналіз розвитку катастрофічної ситуації у СМУ

За допомогою очікуваних ризиків R_A і R_B визначаються W -функції розвитку
польотної ситуації від аварійної до нормальної і навпаки: $R_{\text{ІПР}} = \begin{cases} R_A \succ R_B, \\ R_B \succ R_A, \end{cases}$

де R_A – очікуваний ризик ПР Л-О з урахуванням критерію мінімізації очікуваного значення; R_B – очікуваний ризик ПР Л-О з урахуванням моделі переваг ρ (розділ 3).

Перехід від однієї польотної ситуації до іншої подано у вигляді марковського процесу загибелі і розмноження. Щоб визначити ймовірності стану системи в будь-який моменту часу, необхідно скористатися математичними моделями марковських процесів з неперервним часом (неперервних марковських процесів). Розроблено методику моделювання марковського процесу розвитку польотних ситуацій з безперервним часом t_{ij} ; з визначенням коефіцієнтів інтенсивності (пропускання) (i, j) -дуги в прямому напрямку $W_{ij}(A)$ і зворотному напрямку $W_{ij}(B)$, граничних ймовірностей розвитку польотних ситуацій у бік парирування і погіршення польотної ситуації відповідно:

$$\prod W_{ij}(A) \quad . \quad \prod W_{ij}(B) \quad .$$

$$p_{ij}(A) = \frac{\prod_{\{G_i\}} W_{ij}(A)}{\prod_{\{G_i\}} W_{ij}(B)} p_{ij}(B) \quad p_{ij}(B) = \frac{\prod_{\{G_i\}} W_{ij}(B)}{\prod_{\{G_i\}} W_{ij}(A)} p_{ij}(A)$$

Методи вирішення класу задач нестохастичної невизначеності, де наявність функції розподілу ймовірності не гарантується і оптимальне рішення знаходиться за допомогою матриці рішень розглянуто на моделях ПР в умовах невизначеності. Зокрема, розглянуто варіанти: ПР в ОВП (відмова в технічній частині ПК – генератора, двигуна, гідравліки); вибору запасного аеродрому і оптимального аеродрому посадки; вибору оптимального місця посадки в разі аварійного зниження; визначення оптимального запасу на складі пально-мастильних матеріалів для забезпечення безперервного споживання пального за мінімальних витрат на зберігання та збитках при його дефіциті; вибір під тиском зовнішнього середовища і попереднього досвіду на Л-О у бік позитивної (негативної) альтернативи в момент вибору;

модельовання конфліктних ситуацій типу «людина-машина» та ін. Зроблено порівняльний аналіз ПР в умовах невизначеності за допомогою критеріїв Вальда, Лапласа, Гурвіца, Севіджа та в умовах ризику за критерієм очікуваного значення.

Третій розділ присвячено побудові моделей прогнозування розвитку польотних ситуацій і розробці методології прогнозування розвитку польотної ситуації під впливом зовнішнього середовища. Для дослідження закономірностей діяльності Л-О в АНС, як СТС особливу значущість мають особистісні властивості Л-О і відповідні моделі переваг. Для отримання моделей переваг Л-О під впливом навколишнього середовища визначені кількісні значення факторів соціально-психологічного (F_{sp}) та індивідуально-психологічного (F_{ip}) характеру у вигляді вагових коефіцієнтів, що являють систему переваг Л-О (пілота, диспетчера). Системи переваг визначено за анкетами респондентів з-поміж пілотів, диспетчерів різних вікових категорій, з різним професійним досвідом.

Отримані результати показали, що респонденти-пілоти приділяють найбільшу увагу соціальним показникам і найменшу – нормативно-правовим принципам. У свою чергу, респонденти-диспетчери максимум уваги приділяють економічним показникам і значно більше уваги, порівняно з пілотами, – нормативно-правовим принципам. Найменшими впливами із зазначених є духовно-релігійні та політичні. Системи переваг пілота (диспетчера):

$$S_{pp} = f_{sps} \succ f_{spe}, f_{spp} \succ f_{spl} \succ f_{spm}, \quad S_{pd} = f_{sps}, f_{spe} \succ f_{spl} \succ f_{spp} \succ f_{spm}, \quad (8)$$

де f – ваговий коефіцієнт фактору відповідно до моделі переваг Л-О; S_{pp} – система переваг пілота; S_{pd} – система переваг диспетчера.

Проведено дослідження з військовими пілотами і штурманами щодо значущості впливу індивідуально-психологічних факторів у разі розвитку польотної ситуації від нормальної до аварійної (рис.13). Результати аналізу систем переваг пілотів і штурманів показали, що в разі виникнення позаштатної польотної ситуації, досвід, воля, здоров'я, сприйняття інформації є найбільш значущими для штурманів; для пілотів військової авіації такими є здоров'я, досвід темперамент, воля. Система переваг пілота на множині індивідуально-психологічних факторів \bar{F}_{ip} , що відображає об'єктивну характеристику рішення і психологію мислення індивіда, якою він керувався при раціональних діях, у випадках простої і катастрофічної ситуацій формалізується як:

$$(f_{iph}, f_{exp}) \succ f_{ipa} \succ f_{ipw} \succ f_{ipt} \succ f_{ipi} \succ f_{ipp} \succ f_{ipth} \succ f_{ipn}$$

$$(f_{iph}, f_{exp}) \succ (f_{ipt}, f_{ipp}) \succ f_{ipa} \succ f_{ipw} \succ f_{ipth} \succ f_{ipi} \succ f_{ipn},$$

де f_{iph} – здоров'я; f_{ipexp} – досвід; f_{ipa} – увага; f_{ipw} – воля; f_{ipt} – темперамент; f_{ipi} – уява; f_{ipp} – сприйняття; f_{ipth} – мислення; f_{ipn} – натура.

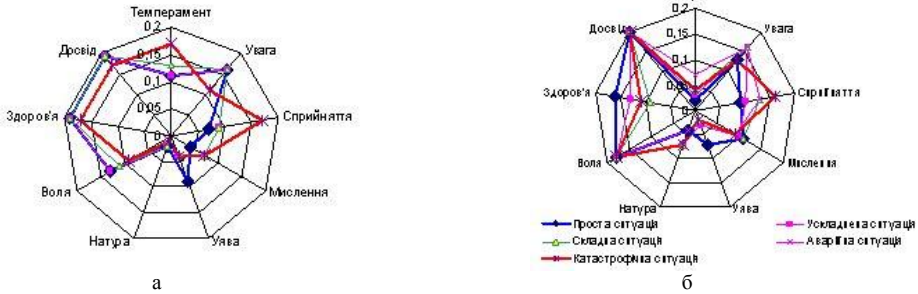


Рис.13. Графічна інтерпретація зміни вагових коефіцієнтів значущості індивідуально-психологічних факторів військових пілотів (а) і штурманів (б)

В основу моделювання поведінкової діяльності Л-О в АНС як СТС покладено теорію рефлексії В.О. Лефевра. Рефлексивна модель визначає ймовірність ПР Л-О вибору в бік позитивного чи негативного полюсів та дає змогу формалізувати різницю між автоматичним чи вольовим вибором. Якщо Л-О діє автоматично (як правило, в неочікуваних умовах експлуатації ПК) вона знаходиться під тиском зовнішнього середовища. Має значення лише попередній досвід Л-О і вона не встигає проявити волю (інтенцію). Тобто в автоматичному режимі ПР, в умовах швидкої рефлексії має значення характер суспільства – зовнішнього середовища. Розрахунків одного із сценаріїв розвитку польотної ситуації при заході на посадку в СМУ в табл.5.

Таблиця 5

Результати розрахунку сценаріїв розвитку польотної ситуації

Сценарій, S	Імовірність розвитку ситуації, p	Наслідки розвитку ситуації, U	Очікувані ризики, R
S_{4B}	0,7	60	597
	0,3	59	
S_{3-4B}	0,7	28	874
	0,3	27	
S_{2-3-4B}	0,7	12	991
	0,3	11	
$S_{1-2-3-4B}$	0,7	4	1028
	0,3	3	
S_{1A}	0,7	2	17

Вибір у бік негативного полюсу B за сценарієм $S_{1-2-3-4B}$ приводить до максимального очікуваного ризику $R = 1028$ у.о. Вибір у бік позитивного полюсу A у разі виникненні ОВП на першому етапі ПР Л-О АНС (наприклад, політ на запасний аеродром) має ризик в 60,5 разів менший $R = 17$ у.о. (рис.14)

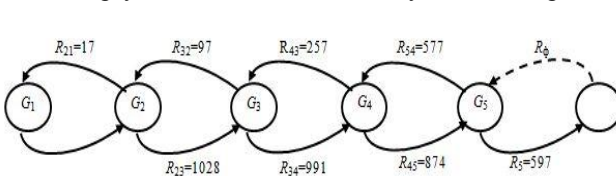


Рис. 14. Марковська мережа для розрахунку сценаріїв розвитку польотної ситуації

Моделюванням ПР Л-О АНС у разі виникнення складної ситуації в польоті на етапі горизонтального польоту в неочікуваних умовах експлуатації ПК отримуємо функціонал дії Л-О \bar{Y} :

$$\bar{Y} = F(\bar{G}_y, \bar{G}_{p3}, \bar{G}_{s3}, \bar{G}_{c2}, \bar{G}_{Mdm}, \bar{G}_i^I (F_{inp} \langle f_{ipt}, f_{ipa}, f_{ipp}, f_{ipth}, f_{ipi}, f_{ipn}, f_{ipw}, f_{iph}, f_{exp} \rangle, F_{ip})),$$

з якого маємо наступні етапи ПР Л-О: слухове сприйняття інформації за допомогою зовнішніх джерел - \bar{G}_y^I ; ідентифікація ситуації $\bar{G}_i^I = \{\bar{G}_{pj}^I, \bar{G}_{sk}^I, \bar{G}_{cr}^I\}$ (горизонтальний політ \bar{G}_{p3}^I ; складна польотна ситуація \bar{G}_{s3}^I); неочікувані умови експлуатації ПК - \bar{G}_{c2}^I . Модель ПР Л-О:

$$\begin{aligned} \bar{G}_i^I &= \{\bar{G}_{Mds}^I, \bar{G}_{Mdm}^I\} = \{\bar{G}_{Mdm}^I\} = F(\bar{N}_{Mdm}, \bar{M}_{Mdm}, \bar{P}_{Mdm}, \bar{G}_{Mdm}, \bar{A}_{Mdm}) = \\ &= \left\{ \begin{aligned} R_A &= \min\{R_{ij}\}; \\ R_B &= \{\gamma, \rho\} = \bar{F}_{ip} = \{f_{ipt}, f_{ipa}, f_{ipp}, f_{ipth}, f_{ipi}, f_{ipn}, f_{ipw}, f_{iph}, f_{exp}\} \end{aligned} \right\}, \end{aligned}$$

де \bar{N}_{Mdm} - нормативні посилання; \bar{M}_{Mdm} - множина наслідків; \bar{P}_{Mdm} - множина ймовірних дій Л-О; \bar{G}_{Mdm} - множина якостей Л-О; \bar{A}_{Mdm} - множина стратегій Л-О.

Очікуваний ризик ПР Л-О, якщо Л-О здійснює вибір в сторону негативного полюсу B під впливом, наприклад, економічних факторів f_{spe} :

$$R_{\text{ПР}} = R_B = \{\bar{\gamma}, \rho(f_{spe} \succ f_{spe} \succ f_{spl} \succ f_{spp} \succ f_{spm})\} = \{\bar{\gamma}, \rho(f_{spe})\},$$

де R_B – очікуваний ризик ПР Л-О з урахуванням його моделі переваг; $\bar{\gamma}$ – концепція нерациональної поведінки індивіда під впливом економічних факторів f_{spe} . Розроблено *методологію прогнозування розвитку ситуації* з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів на ПР Л-О АНС в ОВП (рис.15).

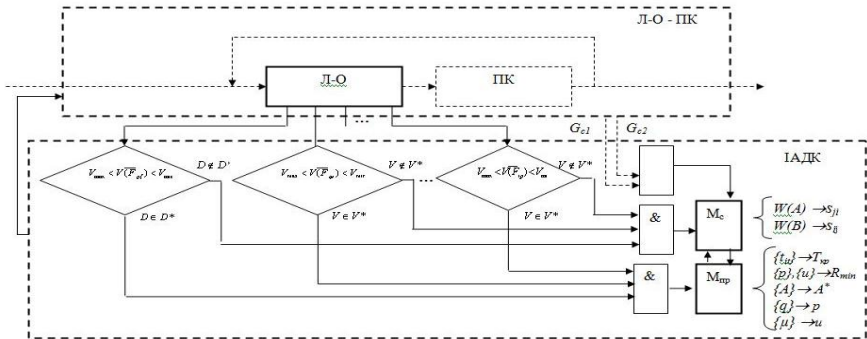


Рис. 15. Структурна схема моделювання ПР і управління розвитком польотної ситуації
Структурна схема моделювання ПР і управління розвитком польотної ситуації

відповідно до методу узагальнення неоднорідних факторів.

Вибір Л-О в бік позитивного A чи негативного полюсу B визначається системою переваг Л-О, під якою розуміють упорядкування множини F , тобто усунення невизначеності вибору деякого елементу $f^* \in F$ на основі правила вибору K , $\{\gamma, \rho\} \rightarrow K$. Якщо один з факторів множин \bar{F}_{sp} і \bar{F}_{ip} виходить за межі системи переваг ρ , то виникає ймовірність вибору Л-О в сторону негативного полюсу B . Наприклад, пілот, диспетчер і суспільство діють у бік негативного полюсу B , тоді моделі переваг можуть утворювати площину катастрофи $K(w_p(B), w_d(B), w_s(B))$:

$$w_p(B) = S_p = f_{sps} \succ f_{spe}, f_{spp}, f_{spl}, f_{spm};$$

$$w_d(B) = S_p = f_{spe} \succ f_{sps}, f_{spp}, f_{spl}, f_{spm};$$

$$w_s(B) = S_p = f_{spm} \succ f_{sps}, f_{spp}, f_{spl}, f_{spe} \text{ (рис.16).}$$

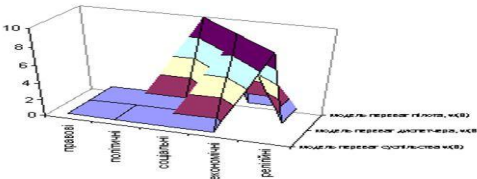


Рис. 16. Графічна інтерпретація моделі катастрофи

Метою аналізу аварійних ситуацій є отримання висновків щодо правильності або ефективності реакції системи (спрацювання засобів функціональної безпеки, адекватних дій персоналу та ін.) на руйнівні дії розвитку небезпеки. Розвиток аварійних ситуацій призводить до матеріальних збитків і інших небажаних

наслідків. Тому виникає проблема розроблення моделі аварійної ситуації – узагальненої схеми виникнення і розвитку аварійної ситуації, застосування якої до конкретних аварій сприяло б виявленню факторів і дій, що зумовили заподіяння шкоди на кожному етапі розвитку подій. Практична цінність проведених досліджень полягає в розробленні методики проведення пролонгованої соціально-психологічної корекції Л-О АНС в процесі навчання та професійної діяльності, а також застосування підходу до оцінки діяльності Л-О у ході розслідування АП.

В четвертому розділі обґрунтовано інформаційну модель СППР авіадиспетчера у разі позаштатної ситуації на прикладах відмови двигуна і пожежі на борту ПК. Згідно з визначеними вимогами до СППР авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях сформовано принципи її побудови, подана структура СППР з відокремленням підсистем, що відповідають за вирішення певних задач вимірювання, та БД, які забезпечують систему необхідною інформацією. В СППР введено модуль «Інформаційно-аналітичний діагностичний комплекс для дослідження поведінки оператора при керуванні ПК». Здійснено структурну декомпозицію задачі вибору оптимальної альтернативи завершення польоту на підзадачі, окреслені логікою ПР оператором в позаштатних польотних ситуаціях, що потребують вимушеної посадки ПК (рис.17) з оцінкою можливості продовження польоту; критичного часу польоту ПК; типу потенційного МП; виду й придатності підстилаючої поверхні; технічної придатності аеродромів; метеорологічних умов потенційного МП; ефективності потенційних альтернатив і формування оптимального варіанта завершення польоту.

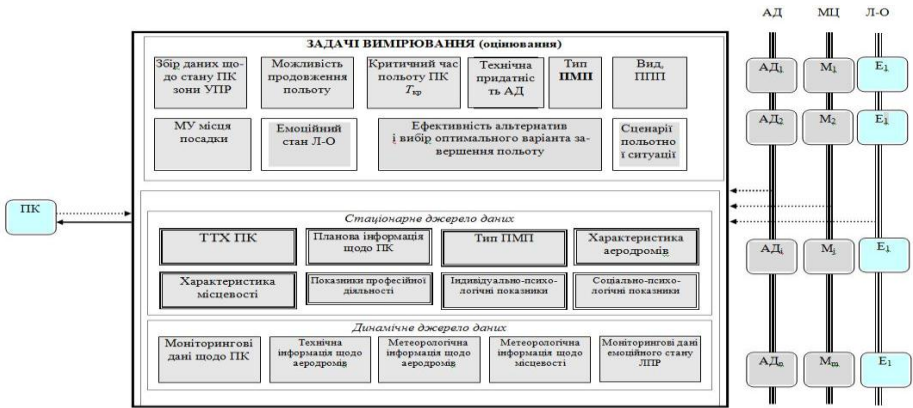


Рис. 17. Структура СПДР авіадиспетчера

Відповідно до результатів структурної декомпозиції розроблено моделі й алгоритми формування рішень в СПДР авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях. Запропоновано інформаційну модель СПДР, в якій систематизовані структурні складові системи інформаційної підтримки та взаємозв'язки між ними, що дозволяє комплексно реалізувати задачі вимірювання при виборі оптимальної альтернативи завершення польоту в позаштатних ситуаціях, які потребують вимушеної посадки ПК. Моделі ПР і розвитку польотної ситуації використовуються у складі СПДР для кількісного оцінювання варіантів розвитку ОВП і обрання стратегії з мінімальним рівнем потенційного збитку в умовах неповноти і невизначеності наявної інформації.

В п'ятому розділі за допомогою соціонічних і соціометричних методик в колективі операторів та моніторингу емоційного стану пілота виявлено закономірності діяльності операторів та їх колективів в аеронавігаційній системі. Згідно з документами, що регламентують льотну експлуатацію і УПР, остаточне рішення у разі виникнення позаштатних ситуацій приймає командир ПК, але в зв'язку з великою часткою прийняття екіпажем ПК неадекватних рішень, що складає 90% причин АП у світі для всіх типів ПК, відповідальність за своєчасні й правильні рекомендації в позаштатних ситуаціях покладено на авіадиспетчера. Для цього важливо для диспетчера володіти оперативною інформацією щодо розвитку позаштатної ситуації; поточного емоційного стану Л-О, що керує ПК; кількісної оцінки прогнозу розвитку позаштатної ситуації з урахуванням можливостей Л-О, що діє в екстремальних умовах.

Моніторинг поточного емоційного стану Л-О і переходів до небезпечних типів діяльності Л-О (розсудливого чи емоційного) в екстремальних ситуаціях, визначення стійкості ЛМС «Л-О-ПК» дозволить своєчасно попередити розвиток польотної ситуації в сторону погіршення. Отримана інформація пропонується для використання в рамках програми аудитів безпеки польотів LOSA з метою створення бази даних дій екіпажів в реальних польотах. Розроблено алгоритми ідентифікації поточного емоційного стану пілота і визначення стійкості ЛМС «Диспетчер – Пілот – ПК» із застосування методів дисперсійного аналізу, фазової площини, динамічного

модельовання (критерій Найквіста на рис.18). Розроблено методику визначення соціонічної моделі авіаційного фахівця, що включає діагностику характеристик Л-О

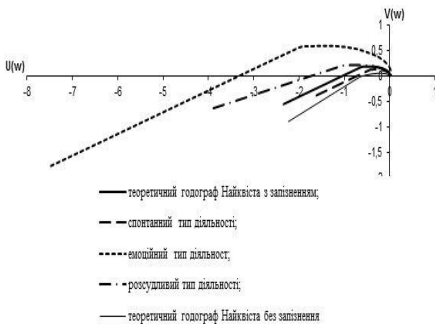


Рис. 18. Годографи Найквіста діагностики емоційного стану Л-О

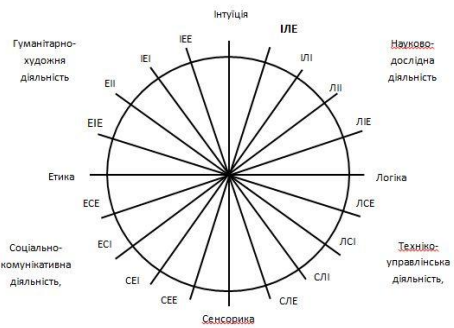


Рис. 19. Діагностика соціонічної моделі оператора АНС

за ТІМ, психологічною дихотомією, видом професійної діяльності особистості за критерієм енерговитрат, тобто, здатності вирішувати професійні завдання і повністю реалізувати свій потенціал (рис.19). За основу психодіагностичних обстежень в дослідженні було взято тест ММ-1, розроблений С.Д. Лейченком, О.В. Малишевським і М.Ф. Михайліком.

Проблема підготовки авіаційних фахівців і формування груп авіаційних фахівців (екіпажу ПК, диспетчерської зміни тощо) з високою ефективністю взаємодії безпосередньо залежить від достовірності діагностики типу особистості члена групи, інтертипних відносин у групі та узгодженості членів групи. Зараз проблема порушення взаємодії вирішується переважно навчанням методам ефективної взаємодії за допомогою програм Cockpit (Crew) Resource Management (CRM) і Line Oriented Flight Training (LOFT) за окремими методиками аналізу та оцінювання психологічного клімату у групі, визначення сумісності членів групи за методикою комплектування груп Я.Л. Морено, визначення професійної спрямованості особистості за допомогою соціонічних підходів В.В. Гуленко. За даними Санкт-Петербурзького державного університету цивільної авіації, у пілотів і диспетчерів мають місце переважно логіко-сенсорний та сенсорно-логічний ТІМ (88,1% і 87,0% відповідно), причому, більшість з них (60,2% і 60,3%) екстраверти. Проведені дослідження серед пілотів і диспетчерів України підтвердили соціонічний портрет професії.

В шостому розділі наведено програмну реалізацію моделей ПР оператором АНС за допомогою СППР авіадиспетчера в позаштатних ситуаціях і інформаційно-аналітичного діагностичного комплексу для дослідження поведінки оператора АНС при керуванні ПК в екстремальних умовах. Інформаційно-аналітичний діагностичний комплекс для дослідження закономірностей діяльності Л-О АНС включає в себе: спеціалізований програмний комплекс «Підказка» для інформаційної підтримки диспетчера у разі виникнення ОВП; програмний комплекс оцінювання психофізіологічних властивостей Л-О за допомогою комп'ютерної програми «Діа-

гностика емоційного стану людини-оператора»; автоматизований модуль «Діагностика соціонічної моделі Л-О» для визначення соціонічної моделі Л-О; програмний комплекс „Вибір передпольотної інформації і прийняття рішення на виліт”

Програмний комплекс "Підказка" дозволяє (рис.20): видавати рекомендації щодо можливості подальшого продовження польоту або необхідності виконання вимушеної посадки ПК за допомогою зручного для користувача інтерфейсу; визначати область досяжності ПК у випадку необхідності виконання вимушеної посадки; формувати оцінку потенційних альтернатив завершення польоту і визначати оптимальний варіант за критерієм мінімізації потенційного збитку.

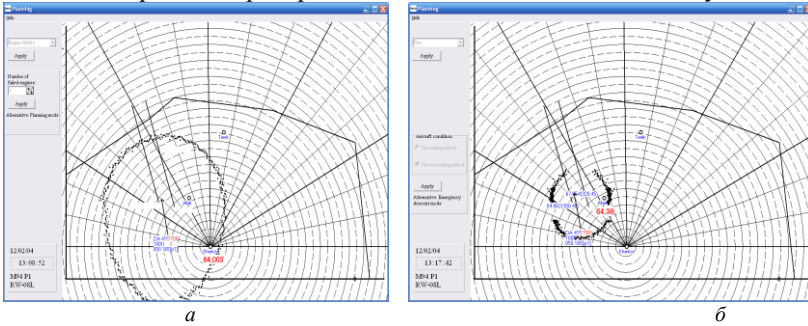


Рис. 20. Область досяжності й визначений потенційний збиток для декількох варіантів завершення польоту у випадку повної відмови двигунів на ПК(а), пожежі(б)

Порівняльний аналіз збитку і часу ПР авіадиспетчером при застосуванні СППР та без застосування системи в таблиці 6.

Таблиця 6

Порівняльний аналіз збитку і часу ПР

Порівняльні характеристики	Пожежа		Відмова двигунів	
	Без системи	З системою	Без системи	З системою
Кількість ситуацій, в яких була обрана альтернатива з мінімальним збитком (з 125), K_{Gmin}	98 (78,4%)	123 (98,4%)	99 (79,2%)	124 (99,2%)
Середній час, на ПР, $t_{ПР}$, с	15,04	10,02	13,03	8,00

Програмний комплекс оцінювання психофізіологічних властивостей Л-О за допомогою комп'ютерної програми «Діагностика емоційного стану людини-оператора» дозволяє (рис.21а): диференціювати та визначити поточний емоційний стан Л-О за амплітудою та темпом відхилення елеронів і руля напрямку; діагностувати спонтанне (оптимальне) пілотування, яке характеризується правильністю та своєчасністю дій пілота; здійснювати моніторинг дій Л-О, діагностувати ріст емоційної напруги при виникненні позаштатної ситуації шляхом визначення деформацій емоційного досвіду пілота, тобто, переходу до потенційно небезпечних видів психічної діяльності (емоційної з випередженням дій відносно реального часу; розсудливої з запізненням дій відносно реального часу); визначати стійкість системи «Л-О – ПК» (рис.21б).

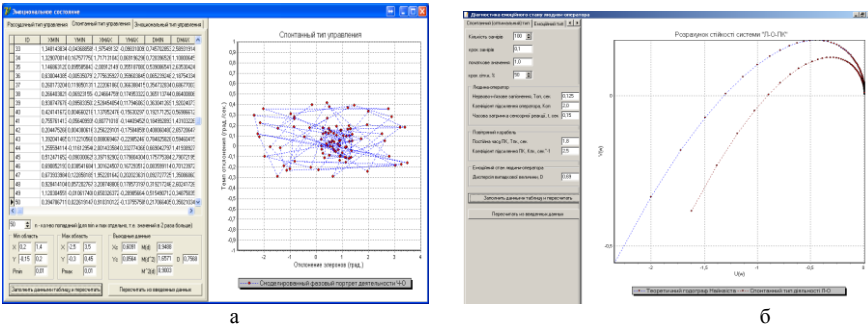


Рис. 21 Інтерфейс програми діагностики спонтанного типу управління ПК (а) і визначення стійкості системи «Л-О - ПК» (б).

Автоматизований модуль «Діагностика соціонічної моделі людини-оператора» дозволяє визначити (рис.19): соціонічний тип Л-О (тип інформаційного метаболізму (TIM)); за психологічними дихотоміями (ПД) "екстраверсія-інтроверсія", "етика-логіка", "сенсорика-інтуїція", "раціональність-ірраціональність" – психічний тип оператора: екстраверт; інтроверт; етик, логік, сенсорик, інтуїт, раціонал, ірраціонал; професійну спрямованість – вид професійної діяльності особистості за критерієм енерговитрат, тобто здатність вирішувати професійні завдання і повністю реалізувати свій потенціал: науково-дослідна діяльність, гуманітарно-мистецька діяльність, соціально-комунікативна діяльність, техніко-управлінська діяльність. Визначення соціонічних характеристик авіаційних фахівців за допомогою автоматизованого модуля дозволяє реалізувати адаптивний підхід в системі навчання і професійної діяльності. Визначення соціонічних моделей Л-О в процесі виконання професійних задач дає можливість оптимізувати колективну роботу авіаційних фахівців. Можливим є застосування автоматизованого модуля «Діагностика соціонічної моделі Л-О» в системі професійного відбору для визначення професійно важливих якостей авіаційних фахівців.

Програмний комплекс «Вибір передпольотної інформації і прийняття рішення на виліт» призначений для автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації для працівників системи ОПР як допоміжний модуль, що забезпечує скорочення часу на ПР на виліт ПК та забезпечує підбір і розподіл інформації відповідно до виду польоту. А також як модуль, що реєструє і акумулює інформацію про виконані дії операторів. Підсистема прийняття рішення на виліт реалізована у вигляді режиму роботи «Можливість вильоту». Після авторизації для входу в режим «Можливість вильоту» з'являється вікно з його функціоналом (рис.22).

Основна діаграма «Павук-ЦІС» – графічно вказує на можливість ПР на виліт і відзначає відповідність умов нормам. Застосування розроблених алгоритмів і програм дозволяє: диспетчеру із забезпечення польоту або пілоту оперативно отримувати необхідну вибірку інформації залежно від потреб (виду польоту або за запитом); аналізувати можливість виконання польоту за діаграмою в полярних координатах, де відображений стан усіх факторів, що впливають на ПР.



Рис. 22 Інтерфейс головного вікна режиму «Можливість вильоту», відображення умов, невідповідних (а) і відповідних (б) для ПР

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі проведено системний аналіз та формалізовано фактори, що впливають на діяльність операторів аеронавігаційної системи, в результаті чого вперше виявлено закономірності групи операторів аеронавігаційної системи як соціотехнічної системи в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації повітряного корабля. За допомогою розробленої методології прогнозування розвитку польотної ситуації отримані детерміновані, стохастичні, нейромережеві графоаналітичні моделі прийняття рішень, які дозволяють:

- вирішити проблему оптимізації прийняття рішень операторами аеронавігаційної системи та їх колективами за рахунок розробки і впровадження моделей прийняття рішень і розвитку польотних ситуацій, що дасть змогу покращити якість отриманих рішень в позаштатних польотних ситуаціях, які характеризуються високим рівнем неповноти і невизначеності інформації, жорстким лімітом часу на прийняття рішення та напруженим психофізіологічним станом людини-оператора;
- розрахувати і прогнозувати сценарії польотних ситуацій у разі виникнення позаштатної ситуації; що дасть можливість попереджувати негативний розвиток аварійної ситуації;
- синтезувати нове поняття області катастрофічної ситуації, на базі якого розроблений інформаційно-аналітичний діагностичний комплекс дослідження закономірностей діяльності операторів і їх колективів.

При виконанні роботи отримано наступні головні наукові результати:

1. Вперше проведено соціотехнічний аналіз АНС, виходячи з її представлення як СТС; класифіковані, узагальнені та формалізовані різномірні фактори, що впливають на ПР з метою оптимізації ПР і подальшого розвитку АНС як СТС.
2. Подальшого розвитку дістала модель ПР (враховано інформаційний процесор рефлексивного вибору для діагностики і прогнозування розвитку польотної ситуації з урахуванням впливу соціального середовища). Розроблені теоретичні засади для моделювання і оптимізації ПР в АНС як СТС.
3. Вперше розроблено метод узагальнення неоднорідних факторів, який дозволяє виявляти закономірності діяльності операторів в очікуваних і неочікуваних умовах

експлуатації ПК з урахуванням комплексного впливу індивідуально-психологічних, соціально-психологічних і психофізіологічних факторів.

4. Вперше отримані детерміновані, стохастичні, нейромережеві, марковські, GERT-моделі ПР Л-О в екстремальних ситуаціях в умовах стохастичного рефлексивного біполярного вибору з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів на ПР. Вирішення проблеми неповноти і невизначеності інформації здійснюється шляхом застосування методики, що базується на алгоритмічному структурно-логічному підході до моделювання діяльності операторів в умовах багатокритеріальності вибору.

5. Вперше отримано модель прогнозування польотної ситуації в умовах рефлексивного біполярного вибору. Розроблено методологію моделювання розвитку аварійної ситуації, вперше отримано модель прогнозування польотної ситуації в умовах рефлексивного біполярного вибору, за допомогою якої отримано сценарії розвитку польотної ситуації з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів на ПР; вперше теоретично доведено передумови виникнення катастрофічної ситуації в даній системі.

6. Для дослідження закономірностей діяльності колективів операторів у системах навігаційного обслуговування й управління рухом розроблено методику визначення соціонічної моделі авіаційного фахівця, що включає характеристики Л-О за типом інформаційного метаболізму, психологічною дихотомією, видом професійної діяльності особистості за критерієм енерговитрат, тобто, здатності вирішувати професійні завдання і повністю реалізувати свій потенціал.

7. Вперше розроблено моделі оцінювання стійкості ЛМС «пілот-ПК» з урахуванням поточного емоційного стану оператора, які дозволяють визначити деформації емоційного стану пілота при керуванні в екстремальних ситуаціях за допомогою параметрів пілотування (відхилення елеронів, руля напрямку).

Практична значимість роботи полягає у розробленні інформаційно-аналітичного діагностичного комплексу для оцінювання дій оператора АНС і прогнозування розвитку польотної ситуації (на окремі програми отримано авторські свідоцтва). Перспективним є застосування результатів діагностики: в системі професійного відбору; в тренажерній підготовці для оцінювання та індивідуального підходу до дій оператора; для інформаційної підказки оператору при ОПР; для формалізації аналізу розслідування АП. У рамках науково-методологічних основ підтримки ПР, створено методики аналізу ПР і прогнозування розвитку польотної ситуації в аеронавігаційній соціотехнічній системі, за допомогою яких отримані: оптимальні варіанти завершення польоту в екстремальних ситуаціях у вигляді рекомендацій для СППР авіадиспетчера; розрахунки сценаріїв розвитку польотної ситуації з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів.

Отримано акти впровадження від тренажерного центру КЛА НАУ, кафедри інформаційних технологій КЛА НАУ.

Економічна значимість роботи полягає в попередженні важких наслідків АП за рахунок своєчасного діагностування і прогнозування можливих дій оператора. Можливе застосування результатів досліджень в техногенному виробництві, а саме в атомній енергетиці, хімічній промисловості при небезпечному керуванні.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

2. Шмельова Т.Ф. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2012. – 292 с.
3. Shmelova T.F. Analysis of Human-Operator's Decision-Making in Air Navigation System / T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – №9 (52). – Р. 287-292.
4. Shmelova T.F. Modeling of Behavioral Activity of Air Navigation System's Human-Operator in Flight Emergencies / V.P. Kharchenko, T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda // Proceedings of the National Aviation University. – 2012. – №2. – Р. 5-17.
5. Shmelova T.F. Methodology for Analysis of Decision Making in Air Navigation System / V.P. Kharchenko, T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda // Proceedings of the National Aviation University. – 2011. – №3. – Р. 85-94.
6. Шмельова Т.Ф. Моделювання поведінкової діяльності людини-оператора в авіаційній соціотехнічній системі / Т.Ф. Шмельова // Системи обробки інформації: Харківський університет Повітряних Сил. – 2012. – Вип. 2 (100). – С. 68-74.
7. Шмельова Т.Ф. Діагностика емоційного стану людини-оператора в аеронавігаційній системі / Т.Ф. Шмельова // Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України. – 2012. – Вип. 2 (8). – С. 45-49.
8. Шмельова Т.Ф. Інформаційно-аналітичний діагностичний комплекс для дослідження закономірностей діяльності людини-оператора аеронавігаційної системи / Т.Ф.Шмельова, Ю.В. Сікірда, А.В. Землянський, С.О.Астаф'єв // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Вип. 25. – Ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – С. 385-392.
9. Шмельова Т.Ф. Аналіз розвитку польотних ситуацій в авіаційній соціотехнічній системі / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2011. – Вип. 2 (28). – С. 59-64.
10. Шмельова Т.Ф. Графоаналітичні моделі прийняття рішень людиною-оператором аеронавігаційної системи / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Вісник Національного авіаційного університету. – 2011. – №1. – С. 5-17.
11. Шмелева Т.Ф. Формализация деятельности человека-оператора авиационной эргатической системы во внештатных ситуациях / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №5 (46). – С. 296-300.
12. Шмельова Т.Ф. Моделювання процесу прийняття рішень людиною-оператором авіаційної ергатичної системи з урахуванням впливу психофізіологічних та суспільно-психологічних факторів / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Наукові праці академії (Державна льотна академія України): зб. наук. пр. – Вип. XII. – Кіровоград: ДЛІАУ, 2007. – С. 342-355.
13. Шмельова Т.Ф. Моделювання процесу прийняття рішень оператором авіаційної ергатичної системи в особливих випадках польоту / Ю.Б. Беляєв, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Автоматизація виробничих процесів. – 2003. – №2 (17). – С. 17-23.

14. Шмелева Т.Ф. Интегрированная адаптивная система управления воздушным движением во внестатных полетных ситуациях / Ю.В. Сикирда, Т.Ф. Шмелева // Штучний інтелект (Інститут проблем штучного інтелекту, м. Донецьк). – 2003. – №4. – С. 365–372.

15. Шмельова Т.Ф. Науково-методологічні основи оцінювання помилкових дій оператора авіаційної ергатичної системи в особливих випадках польоту / Ю.Б. Беляєв, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Автоматизація виробничих процесів. – 2002. – №2 (15). – С. 60–65.

16. Шмельова Т.Ф. Мережеве планування дій авіадиспетчера / Т.Ф. Шмельова, О.П. Бондар, І.Л. Якуніна // Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України. – 2012. – Вип. 1 (7). – С. 63–66.

17. Шмельова Т.Ф. Експертний метод визначення часових характеристик при виникненні особливого випадку в польоті / Т.Ф. Шмельова, О.П. Бондар, І.Л. Якуніна // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – №1(25). – С. 175–179.

18. Шмельова Т.Ф. Аналіз особливого випадку в польоті за допомогою мережевого графіка / Т.Ф. Шмельова, О.П. Бондар, І.Л. Якуніна // Вісник НАУ. – 2011. – №2. – С. 41–44.

19. Шмельова Т.Ф. Мережевий аналіз особливого випадку в польоті / Т.Ф. Шмельова, І.Л. Якуніна, О.П. Бондар // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Вип. 24. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 214–219.

20. Шмельова Т.Ф. Моделі та алгоритми формування рішень в системі підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях / Ю.Б. Беляєв, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Автоматизація виробничих процесів. – 2004. – №2 (19). – С. 42–49.

21. Шмельова Т.Ф. Експериментально-методичні засади розробки програмного забезпечення системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова // Штучний інтелект (Інститут проблем штучного інтелекту, м. Донецьк). – 2004. – №4. – С. 448–455.

22. Шмельова Т.Ф. Формування структури інформаційного забезпечення системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова, І.І. Єніна // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – Вип. 15. – С. 212–217.

23. Шмельова Т.Ф. Нейросіткова модель оцінювання ефективності альтернативних варіантів завершення польоту в позаштатних ситуаціях, що потребують вимушеної посадки повітряного судна / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова // Вісник Технологічного університету Поділля (Хмельницький державний університет). – 2004. – №2. – Ч. 1. – Т. 3. – С. 44–47.

24. Шмельова Т.Ф. Оптимізація інформаційної підготовки прийняття рішень в авіаційній ергатичній системі / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Штучний інтелект (Інститут проблем штучного інтелекту, м. Донецьк). – 2002. – №3. – С. 458–465

25. Шмельова Т.Ф. Динамічна оцінка якості тренувань оператора авіаційної ергатичної системи за допомогою формалізації ризику / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда

// Наукові праці академії (Державна льотна академія України). – Кіровоград: ДЛАУ, 2002. – Вип. VI. – Ч. I. – С. 209–215.

26. Шмельова Т.Ф. Застосування методів соціоніки для комплектування груп фахівців аеронавігаційних систем / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, А.В. Землянський // Вісник Національного авіаційного університету. – 2012. – №1. – С. 14–21.

27. Шмельова Т.Ф. Розробка автоматизованого адаптивного модулю визначення навчального навантаження в залежності від помилок авіадиспетчера при стажуванні в службі руху / В.О. Григорєвський, Т.Ф. Шмельова, В.В. Павлова // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2004. – №3. – С. 102–110.

28. Шмельова Т.Ф. Розробка автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації / О.В. Артеменко, Ю.Б. Беляєв, Т.Ф. Шмельова // Науково-технічна інформація. – 2010. – №3. – С. 41–44.

29. Шмелева Т.Ф. Построение нейросетевой модели анализа возможности выполнения полета / О.В. Артеменко, Т.Ф. Шмельова, А.С. Тимошенко // Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. пр. ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління». – 2012. – Вип. 1 (21). – Т. 2. – С. 68–74.

30. Шмелева Т.Ф. Моделирование процесса принятия решения на вылет в автоматизированной системе подготовки предполетной информации / Т.Ф. Шмелева, О.В. Артеменко // Штучний інтелект (Інститут проблем штучного інтелекту, м. Донецьк). – 2005. – №4. – С. 441–447.

31. Шмелева Т.Ф. Анализ математической модели памяти человека при обработке предполетной информации / Т.Ф. Шмелева, О.В. Артеменко // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Вип. 24. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 152–158.

32. Шмелева Т.Ф. Выбор запасного аэродрома в условиях неопределенности / Т.Ф. Шмелева, О.В. Артеменко, В.В. Павлова // Наукові праці академії (Державна льотна академія України). – Вип. VII. – Ч. I. – Кіровоград: ДЛАУ, 2003 – С. 234–240.

33. Шмельова Т.Ф. Моделирование задач планирования движения авиационного транспорта в условиях формализма дискретных ситуаций / Ю.Б. Беляєв., Т.Ф. Шмельова., П.П. Кудь., С.А. Власов // Автоматизація виробничих процесів. – 2005. – №2 (21). – С. 85–90.

34. Шмельова Т.Ф. Метод динамічного моделювання в дослідженні процесів управління в складних полієргатичних системах / Т.Ф. Шмельова, Т.О. Слюсаренко // Збірник наукових праць КДТУ. – 2002. – Вип. 11. – С. 47–50.

35. Шмельова Т.Ф. Моделювання конфліктної ситуації в авіаційній ергатичній системі / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Наукові праці академії (Державна льотна академія України). – Кіровоград: ДЛАУ, 2000. – Вип. V. – Ч. I. – С. 86–92.

36. Шмельова Т.Ф. Вплив підготовки пілотів на надійність пілотування на малих висотах / Т.Ф. Шмельова, С.Ф. Колісниченко, Ю.В. Щербина // Наукові праці академії (Державна льотна академія України). – 1998. – Вип. III. – Ч. II. – С. 71–77.

37. Шмельова Т.Ф. Моделювання процесу навчання за допомогою теорії катастроф / Т.Ф. Шмельова // Наукові праці академії (Державна льотна академія України). – Вип. III. – Ч. II. – Кіровоград: ДЛАУ, 1997. – С. 56–59.

38. Шмельова Т.Ф. Ігровий підхід дослідження невизначеності в конфліктних задачах системи управління повітряним рухом / Т.Ф. Шмельова // Наукові праці академії (Державна льотна академія України). – Кіровоград: ДЛАУ, 1996. – С. 36–41.

39. А.с. Комп'ютерна програма оптимізації вибору альтернативного варіанта завершення польоту повітряного корабля в позаштатних ситуаціях «Підказка»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №37872 від 11.04.2011 р. / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, О.В. Герасименко.

40. А.с. Комп'ютерна програма «Діагностика соціонічної моделі людини-оператора»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №42340 від 20.02.2012 р. / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, А.В. Землянський.

41. А.с. Комп'ютерна програма «Діагностика емоційного стану людини-оператора»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №43526 від 28.04.2012 р. / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, С.О. Астаф'єв.

42. А.с. Комп'ютерна програма «Вибір передпольотної інформації і прийняття рішення на виліт для автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації (АСПП)»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №40062 від 09.09.2011 р. / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, О.В. Артеменко, В.Ю. Отряжий.

2.Опубліковані праці апробаційного характеру

43. Shmelova T.F. Calculation the scenarios of the flight situation development using GERT's and Markov's networks / V.P. Kharchenko, T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda // Матеріали V Всесвіт. конгресу «Авіація у XXI столітті» – «Безпека в авіації та космічні технології». – Київ, 25-27 вересня 2012 р. – К.: НАУ, 2012. – С. 12–16.

44. Shmelova T.F. Calculation the scenarios of the flight situation development using GERT's and Markov's networks / T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. “Управління високошвидкісними рухомими об'єктами професійна підготовка операторів складних систем”. – Кіровоград, 15-16 листопада 2012 р. – Кіровоград: КЛІА НАУ, 2012. – С. 255-256.

45. Шмелева Т.Ф. Применение нейронных сетей в задаче выбора запасного аэродрома / Т.Ф. Шмелева, О.В. Артеменко., А.С. Тимошенко // Матеріали I міжнар. наук.-практ. конф., Черкаси, 10-13 трав. 2011 р. – Черкаси: ЧДТУ, 2011. – С. 147.

46. Шмельова Т. Ф. Оперативна діагностика деформацій емоційного стану оператора аеронавігаційної системи в позаштатних ситуаціях / Т.Ф.Шмельова, О.І.Гусар, Р.Ю.Олександрович // Матеріали науково-методичної конференції «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM». – Київ: НАУ, 2012. – С. 18.

47. Шмельова Т.Ф. Інтуїтивні системи відображення інформації у авіації./ Ю.М.Ковальов, Т.Ф. Шмельова // Міжнародна науково-практична конференція «Аеропорти – вікно в майбутнє». 15-16 червня 2012 р. Збірник тез. Київ:ЦП КОМПРИНТ, 2012.-С.59-60

48. Шмельова Т.Ф. Стохастичний мережевий аналіз розвитку польотних ситуацій / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // АВІА-2011: Х міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 19-21 квіт. 2011 р.: тези доповідей. – Том 2. – К.: НАУ, 2011. – С. 7.28–7.31.

49. Шмельова Т.Ф. Автоматизація оцінювання передтренажерного етапу початкової підготовки спеціалістів з обслуговування повітряного руху / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, А.П. Смутко // Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем: VI міжнар. наук.-практ. конф., Кіровоград, 27-28 жовт. 2011 р.: тези доповідей. – Кіровоград: ДЛАУ, 2011. – С. 69–71.

50. Шмелева Т.Ф. Качественный анализ семантической модели развития полетной ситуации / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда // Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем: V міжнар. наук.-практ. конф., Кіровоград, 27-28 жовт. 2010 р.: тези доповідей. – Кіровоград: ДЛАУ, 2010. – С. 117–121.

51. Шмельова Т.Ф. Прогнозна модель розвитку польотної ситуації з врахуванням прийняття рішення людиною-оператором авіаційної ергатичної системи / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Управление, автоматизация и окружающая среда: междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, Севастополь, 24-28 мая 2010 г.: тезисы докладов. – Севастополь: СевНТУ, 2010. – С. 265–268.

52. Шмелева Т.Ф. Моделирование поведенческой деятельности человека-оператора авиационной эргатической системы / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда // Автоматизация: проблемы, идеи, решения – 2010: міжнар. наук.-техн. конф., Севастополь, 6-10 верес. 2010 р.: тези доповідей. – Севастополь: СевНТУ, 2010. – С. 76–80.

53. Шмельова Т.Ф. Системний підхід до моделювання діяльності людини-оператора у неочікуваних умовах експлуатації / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова // Современные информационные технологии в управлении и профессиональной подготовке операторов сложных систем: междунар. науч.-практ. конф., – Кіровоград, 30-31 октября 2007 г.

54. Шмельова Т.Ф. Декомпозиція системи управління повітряним рухом при дослідженні процесів діяльності людини-оператора в неочікуваних умовах експлуатації повітряного судна / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, І.Л. Якуніна // АВІА-2009: IX міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 21-23 верес. 2009 р.: тези доповідей. – Т. 1. – К.: НАУ, 2009. – С. 6.7–6.10.

55. Шмелева Т.Ф. Модель управления развитием полетной ситуации с учетом деятельности человека-оператора / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сикирда // Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем: міжнар. наук.-практ. конф., Кіровоград, 28-29 жовт. 2009 р.: тези доповідей. – Кіровоград: ДЛАУ, 2009. – С. 170–174.

56. Шмельова Т.Ф. Моделювання процесу прийняття рішень авіаспеціалістом з урахуванням індивідуальних якостей / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Автоматика-2008: 15-та міжнар. конф. з автоматичного управління, Одеса, 23-26 верес. 2008 р.: тези доповідей. – Одеса: ОНМА, 2008. – С. 954–956.

57. Шмельова Т.Ф. Прийняття рішення в екстремальних умовах з урахуванням інформації про емоційний стан пілота / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту – 2008: міжнар. наук. конф., Євпаторія, 19-23 трав. 2008 р.: тези доповідей. – Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2008. – С. 76–79.

58. Шмельова Т.Ф. Підходи до ідентифікації емоційного стану пілота при прийнятті рішення в позаштатних ситуаціях / Т.Ф. Шмельова, О.В. Коваленко // Современные информационные технологии в управлении и профессиональной подготовке операторов сложных систем: междунар. науч.-практ. конф. – Кировоград: ГЛАУ, 2008. – С. 95–98.

59. Шмельова Т.Ф. Система підтримки прийняття рішення льотного диспетчера / Т.Ф. Шмельова // Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення: міжнар. наук.-техн. конф., Севастополь, 8-12 верес. 2008 р.: тези доповідей. – Севастополь: СНТУ, 2008. – С. 262–266.

60. Шмельова Т.Ф. Оцінювання ризику прийняття рішення пілотом з урахуванням індивідуальних якостей / Т.Ф. Шмельова, О.В. Коваленко // Політ-2007: VII міжнар. наук. конф. студ. та молодих учених, Київ, 12-13 квіт. 2007 р.: тези доповідей. – К.: НАУ, 2007. – С. 104.

61. Шмельова Т.Ф. Методи оцінки ризику прийняття рішення в екстремальних умовах з урахуванням інформації про емоційний стан пілота / Т.Ф. Шмельова // АВІА-2007: VIII міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 25-27 квіт. 2007 р.: тези доповідей. – Т. 2: Аерокосмічні системи моніторингу та керування. – К.: НАУ, 2007. – С. 22.9–22.12.

62. Шмельова Т.Ф. Оцінка ефективності потенційних альтернатив завершення польоту в позаштатних ситуаціях, що потребують вимушеної посадки повітряного судна / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова // АВІА-2004: VI міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 26-28 квіт. 2004 р. – К.: НАУ, 2004. – Т. 2: Аерокосмічні системи моніторингу та керування. – С. 21.101–21.104.

63. Шмелева Т.Ф. Автоматизация управления предотвращением возникновения внештатных ситуаций / Т.Ф. Шмелева // Автоматика-2004: 11-та міжнар. конф. по автоматичному управлінню, Київ, 27-30 верес. 2004 р.: тези доповідей. – Т. 3. – К.: НУХТ, 2004. – С. 18.

64. Шмелева Т.Ф. Построение информационной модели аэронавигационного обеспечения полетов с использованием нейронных сетей / Т.Ф. Шмелева, О.В. Артеменко // Современные информационные технологии в управлении и профессиональной подготовке операторов сложных систем: междунар. науч.-практ. конф., Кировоград, 17-18 дек. 2003 г.: тезисы докладов. – Кировоград: ГЛАУ, 2003. – С. 22–24.

65. Шмельова Т.Ф. Нейронно-експертна система діагностики помилкових дій оператора авіаційної ергатичної системи / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова // Аерокосмічні системи моніторингу та керування: V міжнар. наук.-техн. конф. “АВІА-2003”, Київ, 23-25 квіт. 2003 р.: тези доповідей. – К.: НАУ, 2003. – Т.2. – С.21.56–21.59.

66. Шмельова Т.Ф. Методи оцінювання помилкових дій оператора авіаційної ергатичної системи за допомогою формалізації ризику / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Аерокосмічні системи моніторингу та керування: IV міжнар. наук.-техн. конф. "ABIA-2002", Київ, 23-25 квіт. 2002 р.: тези доповідей. – Т. 2. – К.: НАУ, 2002. – С.21.21–21.24.

67. Шмелева Т.Ф. Оценка надежности пилотирования на малых высотах при разном уровне подготовленности пилотов / В.М.Сусанов, Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Щербина, А.А. Молочко // Застосування авіації в народному господарстві: матеріали науково-технічної конференції, Кіровоград, ДЛАУ, 2001. – С. 48–51.

68. Шмелева Т.Ф. Автоматизация отбора персонала на авиационном предприятии / Т.Ф. Шмелева // Профессиональная подготовка авиационных специалистов в свете современных требований: междунар. науч.-практ. конф., Кіровоград, 7 сент. 2006 г.: тезисы докладов. – Кіровоград: ГЛАУ, 2006. – С. 129–131.

69. Шмельова Т.Ф. Проблематика відбору зразків трафіку для моделювання структур повітряного простору в умовах прискореного часу / Т.Ф. Шмельова, П.П. Кудь, С.А. Власов // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці: всеукр. наук.-практ. конф., Луганськ, 11-13 груд. 2006 р.: тези доповідей. – Луганськ: ЛНПУ ім. Т. Шевченка, 2006. – С. 230–231.

70. Шмелева Т.Ф. Синтез адаптивной системы управления воздушным движением во внештатных полетных ситуациях / Ю.В. Сикирда, Т.Ф. Шмелева // Искусственный интеллект: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – 16-20 сентября 2003 г., п. Кацивели, Крым, Украина. – Таганрог-Донецк: Таганрогский государственный радиотехнический университет, 2003. – С. 127–129.

71. Шмелева Т.Ф. Иерархическая декомпозиция системы аэронавигационного планирования при моделировании выполнения полета воздушного судна / Т.Ф. Шмелева, П.П. Кудь, С.А.Власов // Інтегровані інформаційні технології та системи -2005: Матеріали науково-практичної конференції молодих учених та аспірантів. - К.: НАУ, 2005. 156-157с.

3.Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дослідження

72. Шмелева Т.Ф. О некоторых подходах к улучшению памяти авиационных специалистов / Т.Ф. Шмелева, В.Ю. Отряжий // Політ-2009. Сучасні проблеми науки: IX міжнар. наук. конф. студ. та молодих учених, Київ, 8-10 квіт. 2009 р.: тези доповідей. – К.: НАУ, 2009. – С. 38.

73. Шмелева Т.Ф. К вопросу автоматизированной обработки логической информации / Т.Ф. Шмелева, С.Т. Кузнецов, Н.В. Столярчук // Наукові записки: математичні науки. – Вип. 65. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Вінниченка, 2006. – С. 122-128.

74. Шмельова Т.Ф. Методологічні аспекти проектування дизайну повітряного простору / Т.Ф. Шмельова, П.П. Кудь, С.А. Власов // VII міжнар. наук.-техн. конф. "ABIA-2006", Київ, 25-27 верес. 2006 р.: тези доповідей. – К.: НАУ, 2006. – Т.1. – С. 21.57–21.59.

75. Шмельова Т.Ф. Оптимізація інформаційної підготовки прийняття рішень в авіаційній ергатичній системі / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова // Искусственный интеллект: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – 16-20 сентября 2002 г., п. Кац-

вели, Крым, Украина. – Таганрог-Донецк: Таганрогский государственный радиотехнический университет, 2002. – С. 273–277

76. Shmelova T. Using of GEO Informaision System Based on WEB Tehnologies for Quality Assurance in the Air Navigaion Services / T. Shmelova, S. Vlasov // Aviation in the XXIst century: Second World Congress, NAU, Sept. 19-21, 2005. – K.: NAU, 2005. – P. 46–49.

77. Шмельова Т.Ф. Парадокс психологічної домінанти діяльності авіадиспетчера в умовах стохастичного ризику / О.М.Рева., Т.Ф. Шмельова // Проблемы развития систем аэронавигационного обслуживания и авионики воздушных судов. Аэронавигация и авионика – 98: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – 1998 г., Киев, КМУГА. – С. 135-136.

78. Шмельова Т.Ф. Аеронавігаційне планування та забезпечення польотів із застосуванням методів логістики / Т.Ф.Шмельова, М.А.Ротарь // Інтегровані інформаційні технології та системи -2005: Матеріали науково-практичної конференції молодих учених та аспірантів. - К.: НАУ, 2005. 116-118с.

79. Шмелева Т.Ф. Моделирование деятельности руководителя полетов в коллективе с позиций системного подхода / Т.Ф. Шмелева, Л.А. Сагановская // Наукові праці академії: зб. наук. пр. – 2002. – Вип. V. – Ч. I. – С. 237–243.

80. Шмелева Т.Ф. Аэронавигационные сборы: проблемы совершенствования / Т.Ф. Шмелева, В.И. Ляшко // Наукові праці академії. - 1998. — вип.Ш. - част. II. - с. 131-136.

81. Шмелева Т.Ф. Моделирование деятельности диспетчерской смены методами теории графов / Т.Ф. Шмелева, Л.А. Сагановская // Искусственный интеллект. – 2003. – №4. – С. 372–375.

АНОТАЦІЇ

Шмельова Т.Ф. Науково-методологічні основи моделювання підтримки прийняття рішень в аеронавігаційній системі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом. – Національний авіаційний університет, Київ, 2013.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми підвищення безпеки польотів шляхом моделювання і оптимізації діяльності операторів та їх колективів в аеронавігаційній системі як соціотехнічній системі.

Вперше проведено соціотехнічний аналіз аеронавігаційної системи, в результаті якого класифіковані, системно узагальнені, формалізовані різноманітні фактори, що впливають на прийняття рішень. Подальшого розвитку дістала модель прийняття рішень (враховано інформаційний процесор рефлексивного вибору для діагностики і прогнозування розвитку польотної ситуації). Розроблено метод узагальнення неоднорідних факторів, за допомогою якого враховано вплив індивідуально-психологічних, соціально-психологічних і психофізіологічних факторів на прийняття рішення.

Вперше отримані детерміновані, стохастичні, нейромережеві, марковські, GERT-моделі прийняття рішень оператором в екстремальних ситуаціях в умовах стохастичного рефлексивного біполярного вибору. Розроблено методику аналізу прийняття рішень, що базується на алгоритмічному структурно-логічному підході до моделю-

вання діяльності операторів в умовах багатокритеріальності вибору. Розроблено моделі діагностики емоційного стану пілота при керуванні в екстремальних ситуаціях за допомогою параметрів пілотування. Запропоновано методологію моделювання розвитку аварійної ситуації для розрахунку сценаріїв розвитку польотної ситуації з урахуванням впливу індивідуальних і соціальних факторів на прийняття рішень. Вперше теоретично доведено передумови виникнення катастрофічної ситуації.

Ключові слова: *аеронавігаційна соціотехнічна система, індивідуально-психологічні, соціально-психологічні, психофізіологічні фактори, рефлексивна модель, стохастичні мережі, система підтримки прийняття рішень.*

Шмелева Т.Ф. Научно-методологические основы моделирования поддержки принятия решений в аэронавигационной системе. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.13 - навигация и управление движением. - Национальный авиационный университет, Киев, 2013.

Диссертационная работа посвящена решению важной научно-технической проблемы повышения безопасности полетов за счет моделирования и оптимизации деятельности операторов в аэронавигационной системе как социотехнической системе.

Впервые проведен социотехнический анализ аэронавигационной системы, в результате которого классифицированы, систематизированы, формализованы разнородные факторы, влияющие на принятие решений. Дальнейшего развития получила модель принятия решений (введен информационный процессор рефлексивного выбора для диагностики и прогнозирования развития полетной ситуации). Разработан метод обобщения неоднородных факторов, с помощью которого учитывается влияние индивидуально-психологических, социально-психологических и психофизиологических факторов на принятие решения.

Впервые получены детерминированные, стохастические, нейросетевые, марковские, GERT-модели принятия решений оператором в экстремальных ситуациях в условиях стохастического рефлексивного биполярного выбора. Разработана методика анализа принятия решений, основанная на алгоритмическом структурно-логическом подходе к моделированию деятельности операторов в условиях многокритериального выбора. Разработаны модели диагностики эмоционального состояния пилота при управлении в экстремальных ситуациях с помощью параметров пилотирования.

Разработана методология моделирования развития аварийной ситуации, с помощью которой рассчитаны сценарии развития полетной ситуации с учетом влияния индивидуальных и социальных факторов на ПР. Впервые теоретически доказаны предпосылки возникновения катастрофической ситуации.

Разработан информационно-аналитический диагностический комплекс для оценки действий оператора аэронавигационной системы и прогнозирования развития полетной ситуации. Комплекс включает следующие программные модули:

- «Подсказка» для информационной поддержки оператора и принятия решения по выбору оптимальной стратегии завершения полета во внештатных ситуациях;

- «Диагностика эмоционального состояния оператора» для оценки психофизиологических свойств оператора (пилота) по параметрам пилотирования (отклонение элеронов, руля направления) и определения устойчивости системы «Пилот – воздушное судно»;
- «Диагностика соционической модели оператора» для оценки и индивидуального подхода к действиям оператора в тренажерной подготовке и в системе профессионального отбора;
- «Принятие решения на вылет» для автоматизированной системы подготовки предполетной информации (АС ППИ).

Модуль «Подсказка» является программной основой для разработанной системы поддержки принятия решений авиадиспетчера при возникновении особого случая в полете на примере отказа двигателя, пожара на борту воздушного судна.

Результаты диагностики могут быть использованы в рамках программы аудитов безопасности полетов LOSA «Line operations Safety Audit» с целью создания базы данных действий экипажей в реальных полетах.

Ключевые слова: аэронавигационная социотехническая система, индивидуально-психологические, социально-психологические, психофизиологические факторы, рефлексивная модель, стохастические сети, система поддержки принятия решений, информационно-аналитический диагностический комплекс

Shmelova TF Scientific and methodological basis of modeling decision support Air Navigation System. - Manuscript.

Dissertation on competition of graduate degree of engineering sciences doctor on specialty 05.22.13 – navigation and motion control. – National aviation university, Kyiv, 2012.

The thesis is devoted to solving important scientific and technical problems of increasing safety of modeling and optimization of decision making of operators in the Air Navigation System Air Navigation System as a Socio-Technical System.

For the first time made for socio-technical analysis of the air navigation system, systematized and formalized factors influencing the decision-making.

For the first time on the basis of the reflexive theory of bipolar choice the expected risks of decision-making of the Air Navigation System's operator have been studied and the influence of external environment, previous experience and intention of the human-operator has been identified. The methods for analysis of decision-making by the human-operator in Air Navigation System using stochastic networks have been developed.

For the first time logic determined and stochastic models of decision-making by the Air Navigation System's human-operator in flight emergencies have been developed. The scenarios of developing a flight situation in case of selecting either the positive or negative pole in accordance with the reflexive theory have been obtained. The informational support system of the operator in the unusual situations on the basis of Neural Network model of evaluating the efficiency of the potential alternative of flight completion has been built.

Keywords: *Air Navigation Socio-Technical System, individual-psychological factors, socio-psychological factors, reflexive model, stochastic network, Decision Support System.*