

DOI: 10.18372/2310-5461.52.16384

УДК629: 004.9:519.2(45)

Р. В. Хращевський, д-р техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-0897-3299
e-mail: 6914@ukr.net;

О. Б. Іванець, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-0897-4219
e-mail: olchik2104@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ ПРОАКТИВНОГО ПІДХОДУ В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Вступ

Глобальний план безпеки польотів ІКАО визначає стратегію постійного удосконалення безпеки світової цивільної авіації, що включає цілі держав, які мають бути досягнуті шляхом впровадження ефективних систем контролю безпеки авіаційної діяльності, за допомогою виконання власних державних програм з безпеки польотів, розробки удосконалених систем контролю безпеки країн, включаючи попереджувальне управління ризиками. Глобальний план забезпечення безпеки діяльності цивільної авіації визначає терміни колективного досягнення ближніх, середніх та довгострокових цілей у всьому світі. В свою чергу Додаток 19 ІКАО сприяє встановленню єдиного підходу до управління безпекою польотів та наглядом за безпекою польотів у всіх сферах авіаційної галузі. Загальний підхід до оцінювання ефективності систем управління безпекою польотів вимагає підходів до визначення методів та засобів що можуть бути використанні для оцінювання ризиків, пов'язаних з авіаційною діяльністю[1].

Постановка проблеми в загальному вигляді

Профілактика негативних авіаційних подій цивільної авіації до впровадження методології управління безпекою польотів спиралася на концепцію забезпечення безпеки польотів, основним принципом функціонування якої був реагуючий (ретроактивний) підхід. Суть його полягає в тому, що система була націлена на суворе дотримання нормативних вимог та запровадження профілактичних рекомендацій, розроблених за результатами розслідування авіаційних подій. Іншими словами, імпульсом до вдосконалення системи управління безпекою польотів при ретроактивному підході служила авіаційна подія. Тобто визначення безпеки польотів визначалася

на основі комплексної характеристики повітряного транспорту та авіаційних робіт, визначальною здатністю якої було виконання польотів без загрози для життя та здоров'я людей тобто як властивість польоту бути виконаним без льотних подій та передумов. Спільними у цих визначеннях є твердження про обмеженість зони її застосування польотами, що суперечить положенням сучасної теорії системної безпеки та концепції безпеки авіаційної діяльності.

При реагуючому (ретроактивному) підході очікування негативних подій є абсолютно законним явищем. Даний підхід не задовольняє сучасні вимоги до діяльності постачальників обслуговування, тому в рамках його вдосконалення впроваджено ідеологію проактивного управління безпекою авіаційної діяльності.

Відповідно до проактивного підходу при управлінні безпекою в авіації необхідно дослідження особливостей процесу проведення оцінки ризиків та їх проявів на основі різних підходів для підвищення ефективності функціонування методології управління при якому ризики, пов'язані з авіаційною діяльністю знижено до прийняттого рівня та контролюються. Тому, актуальність роботи спрямована на аналіз проблеми оцінювання впливу людського фактору як одного з факторів ризику, визначених методологією управління безпекою польотів та визначення його місця в системі управління безпекою польотів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На симпозиумі ІКАО 18.12.2020 р. велику увагу приділено впровадженню культури безпеки та людському фактору в системі управління безпекою польотів [2].

Також з початку 2019 року EASA (European Union Aviation Safety Agency) розпочала запуск нової стратегії просування безпеки на період

2020–2024 рр., що підтримує проактивний підхід у сфері авіаційної безпеки та позиціонує програму EASA Safety Promotion як лідера з просування безпеки в Європі та в усьому світі [3]. Особливу увагу питанням проактивного підходу приділено в нормативних документах Manual of Air Safety (MAS) Управління повітряною безпекою військовою авіацією, де зазначається, що управління повітряною безпекою є ключовим питанням, що сприяє забезпеченню безпечної та ефективної операційної спроможності та необхідне для забезпечення комплексного, систематичного та проактивного підходу до безпеки повітряного транспорту [4]. Українські науковці завжди приділяли увагу питанням безпеки авіації, але стратегія щодо її забезпечення мала реактивний характер, тобто виявлення небезпечних факторів (ризиків для безпеки польотів), їх аналізі та прийнятті необхідних заходів вже після виникнення небезпечної події (відмови або порушення, що призвели до авіаційної події, серйозного інциденту) [5]. Останні вимоги ІКАО вимагають впровадження проактивного підходу, якій надасть змогу прогнозувати виникнення небезпечної події, та розробки підходів щодо виявлення, оцінювання та прогнозування ризиків, що призводять до авіаційних подій.

Мета статті

У статті запропоновано використання теоретичного підходу для прогнозування виникнення небезпечного фактора, порушення функціонування серцево-судинної системи оператора, як одного зі складових ризиків впливу людського фактору в загальній системі ризиків для безпеки польотів, що може призвести до авіаційної події. Таким чином, метою даної публікації є впровадження шляхів використання проактивного підходу системи забезпечення безпеки польотів.

Виклад основного матеріалу дослідження

При впровадженні системи проактивного управління безпекою виникають принципово нові об'єкти, що визначають зміст профілактичної роботи у вигляді небезпек (небезпечних факторів). Саме вони «передують» помилковим діям і стають причинами. Тому відповідно до проактивного підходу при управлінні безпекою особлива увага приділяється виявленню та усуненню небезпек (небезпечних факторів) у всіх компонентах авіаційної, що беруть участь у роботі.

Нова ідеологія запобігання авіаційних пригод та інцидентів передбачає створення в авіакомпанії такої системи управління безпекою діяльності, яка:

– виявляє фактичні та потенційні небезпеки та їх фактори;

– гарантує вживання коригувальних заходів, необхідних для зниження ризиків діяльності;

– забезпечує безперервний моніторинг та регулярну оцінку досягнутого рівня безпеки.

Тому система управління безпекою польотів в ідеології проактивного підходу вимагає сукупності здійснюваних авіаційною системою заходів щодо виявлення та ідентифікації фактичних та потенційних небезпек та їх факторів для її діяльності, оцінку ризику їх прояву, розробку та вживання коригувальних заходів, необхідних для підтримання прийнятного рівня безпеки. Тому система управління безпекою польотів, на відміну від попередньої моделі, акцентує увагу не на очікуванні негативної події, а на завчасному виявленні (ідентифікації) можливих небезпек та їх факторів у діяльності авіакомпанії, які вже існують (і ідентифіковані у майбутній діяльності), але ще не виявилися і можуть стати причиною інцидентів, аварій та катастроф. У рамках даного підходу була розроблена методологія оцінювання системи управління безпекою польотів [6].

Для визначення місця факторів ризику, людського зокрема, в методології оцінювання системи управління безпекою польотів у даній роботі була розроблена функціональна модель даної методології на чотирьох різних рівнях її декомпозиції основою якого є використання системного підходу.

Розроблена модель складається з контекстної діаграми верхнього рівня, де об'єкт моделювання представлений єдиним блоком з граничними стрілками та діаграмами нижчих рівнів. В даному випадку це діаграма А-0 (А мінус нуль) є діаграмою «Управління безпекою польотів». Стрілки на цій діаграмі відображають зв'язки моделювання з навколишнім середовищем. Оскільки єдиний блок являє собою весь об'єкт, його ім'я є спільним для всього проекту. Це також справедливо і для всіх стрілок діаграми, оскільки вони є повним комплектом зовнішніх інтерфейсів об'єкта управління безпекою польотів. Діаграма А-0 встановлює область моделювання та її межу. Приклад діаграми А-0 показано на рис. 1.

У свою чергу перший рівень складається з етапного виконання наступних процесів: управління політикою та цілями безпеки, управління ризиками з безпеки польотів, забезпечення безпеки польотів та популяризація питань з безпеки польотів. Данні етапи та їх нумерація подана на рис. 2. Так процес А1 визначає, що існує політика з безпеки польотів, яка включає зобов'язання щодо постійного поліпшування, забезпечення відповідності усім застосовним законодавчим вимогам і стандартам, враховує найкращі практики та підписана відповідальним керівником.

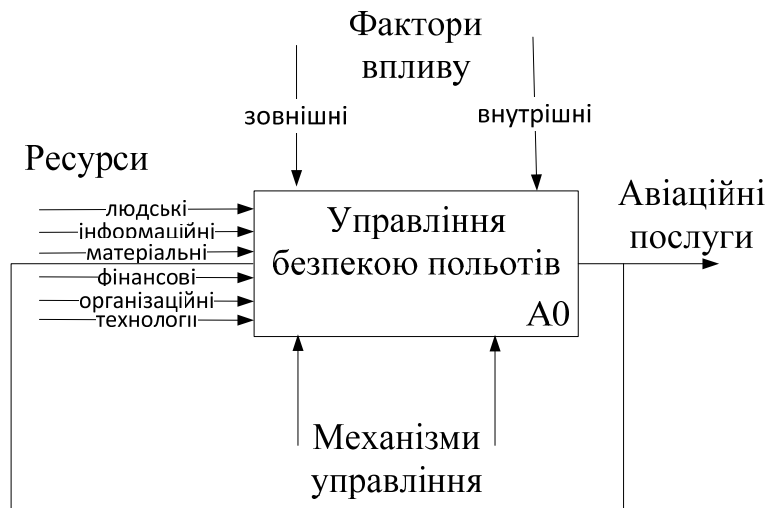


Рис. 1. Приклад діаграми А-0 «Управління безпекою польотів»

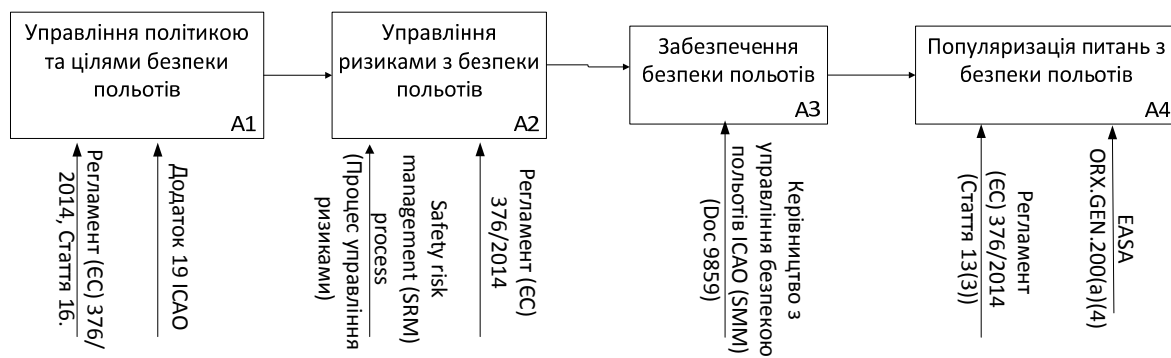


Рис. 2. Основні етапи методології управління безпекою польотів

Процес А2 визначає, що постачальник авіаційних послуг повинен розробити та здійснювати процес для виявлення джерел небезпек, пов'язаних з власними авіаційними продуктами або послугами.

Процес А3 визначає, що постачальник авіаційних послуг повинен розробити та впроваджувати заходи для верифікації (перевірення) ефективності забезпечення безпеки польотів організації та валідації (підтвердження) ефективності заходів з контролювання ризиків.

Процес А2 визначає, що постачальник авіаційних послуг повинен розробити та застосовувати програму підготовки персоналу щодо безпеки польотів, яка забезпечуватиме належну підготовку усього персоналу та досягнення компетентності, необхідної для виконання власних обов'язків у рамках системи управління безпекою польотів (рис. 2).

У роботі проведено аналіз та декомпозицію процесу А2 (рис. 3), який в свою чергу складається з таких етапів: А 2.1 Виявлення джерел небезпек та А 2.2. Оцінка та зменшення ризику.

Виявлення джерел небезпек повинно базуватись на комбінації реактивних та проактивних

методів. У свою чергу, при проактивному підході особлива увага приділяється проведенню профілактичної роботи з виявлення, ідентифікації та усунення джерел небезпек (виявлення причин, тригерів) для того, щоб завчасно попередити прояв негативної події до моменту початку її впливу на заплановану виробничу діяльність. Важливою складовою цієї роботи є методика управління ризиками, що дозволяє завчасно оцінити ризики, розробити та виконати коригувальні заходи за результатами оцінки ймовірності та тяжкості конкретної події до того, як вона станеться (рис. 4).

Метою проактивного підходу є скорочені до мінімуму авіаційних пригод з вини людини, пов'язаної з авіацією. Тому пошук шляхів для завчасного виявлення небезпек (тригерів), пов'язаних з людським фактором є важливим завданням ідеології управління ризиками. Оцінювання ризиків, пов'язаних з людським фактором має складність оперативного виявлення небезпек. Тому оцінювання поточного функціонального стану оператора надасть змогу з прогнозованою ймовірністю зменшити розвиток негативної події за участю людини.

Тому, важливим етапом, що пов'язаний із запобіганням негативних подій шляхом виявлення та усунення небезпек та/або небезпечних факторів у запланованій діяльності авіаційної системи, є визначення та оцінка ризику. Для оцінювання ризиків існує теоретичний та емпіричний підходи. В якості теоретичного підходу запропоновано використання штучних нейронних мереж. Для оцінювання ризику на основі емпіричного підходу може використовуватися, наприклад система диференціальних рівнянь.

Для використання теоретичного підходу в якості моделі прогнозування запропоноване використання штучних нейронних мереж. Якість прогнозування, як класу задач, які можна вирішити за допомогою нейронної мережі, визначається тим, як мережа працює та як вона навчається. Для побудови моделі прогнозування з використанням штучних нейронних мереж були використані ретроспективні дані, що поділені на три частини: для тренування (*training*), підтвердження (*validation*) та перевірки (*testing*). Тренувальна вибірка відповідно включає 70 % зібраної інформації, причому вибірки для підтвердження та перевірки – 20 % та 10 % відповідно. Після групування даних задається структура мережі з вибором кількості прихованих шарів нейронів, вхідних нейронів та функції перетворення, що впливає на результативність функціонування нейронної мережі. В якості тренувальної вибірки були обрані сімнадцять показників, які відповідають кількості вхідних нейронів [7]. А в якості вихідних нейронів визначений час виникнення негативної події. Також необхідно визначення кількості прихованих шарів та складності та структури наявної інформації, теоретичних знань та фактів про діяльність, яка прогнозується тощо. Сигнали з вхідного шару нейронів передаються до прихованих шарів, які їх опрацьовують та перетворюють зазвичай за допомогою логістичної апроксимації на ступеневу або порогову функції. Потім одержаний сигнал передають до вихідного шару нейронів, де інформація обробляється знову для одержання фінального результату.

В якості тестової вибірки були використані медико-біологічні показники обстеження 110 учасників дослідження, що дало змогу виконати умову для підвищення достовірності прогнозу мережу на основі достатньої кількості початкових даних тестової множини [8].

Для підвищення достовірності оцінювання або прогнозу необхідне певна кількість вхідних даних [9]. Були оброблені дані, що характеризують стан серцево-судинної системи за 17-ма показниками, в якості вихідних параметрів визначався час від обстеження до виникнення раптового порушення функціонального стану серцево-судинної системи (t) та ймовірність загибелі досліджуваного (k). Тестова вибірка містить діагностичні дані учасників дослідження та час виникнення або відсутності формування тромбозу у даної групи. Кількість вхідних нейронів зумовлена кількістю вхідних показників і становитиме 17, вихідних 2. Кількість прихованих шарів не більше двох. Для оцінки результатів навчання мережі та її узагальнюючих властивостей був використаний критерій регулярності.

У середовищі STATISTICA Neural Networks (SNN) було побудовано 186 нейронних мереж (рис. 5), із них обрано 5 з найменшою вибірковою помилкою та помилкою навчання.

Використані такі архітектури нейронних мереж: радіально-базисну, лінійну, багат шаровий перцептрон, нейронну мережу загальної регресії.

Схема нейронної мережі з найменшою помилкою навчальної та тестової множини (остання мережа на рис. 5) визначає, що нейромережа GRNN (General regression neural network) має 17 вхідних нейронів відповідно до кількості медичних показників, два прихованих шари в першому — 6, а в другому — 3 нейрони та 2 нейрони вихідного шару.

Для даної мережі розрахована помилка навчання складала 0,002467; а помилка тестування складала 0,043455 — що показала найкращий результат серед побудованих мереж, тобто мережа GRNN 17:17-6-3-2:2, що створена в програмі STATISTICA Neural Networks з даним розміщенням елементів надала найбільш достовірний результат для даного типу мережі.

Під час її побудові використовувалося правило навчання з вчителем, сигмоїдальна функція активації, два прихованих шари та 9 нейронів у них [8].

Дана штучна мережа може бути використана для прогнозування негативної події за результатами введення медико-біологічних параметрів серцево-судинної системи при використанні теоретичного підходу для кількісного оцінювання виникнення негативної події.

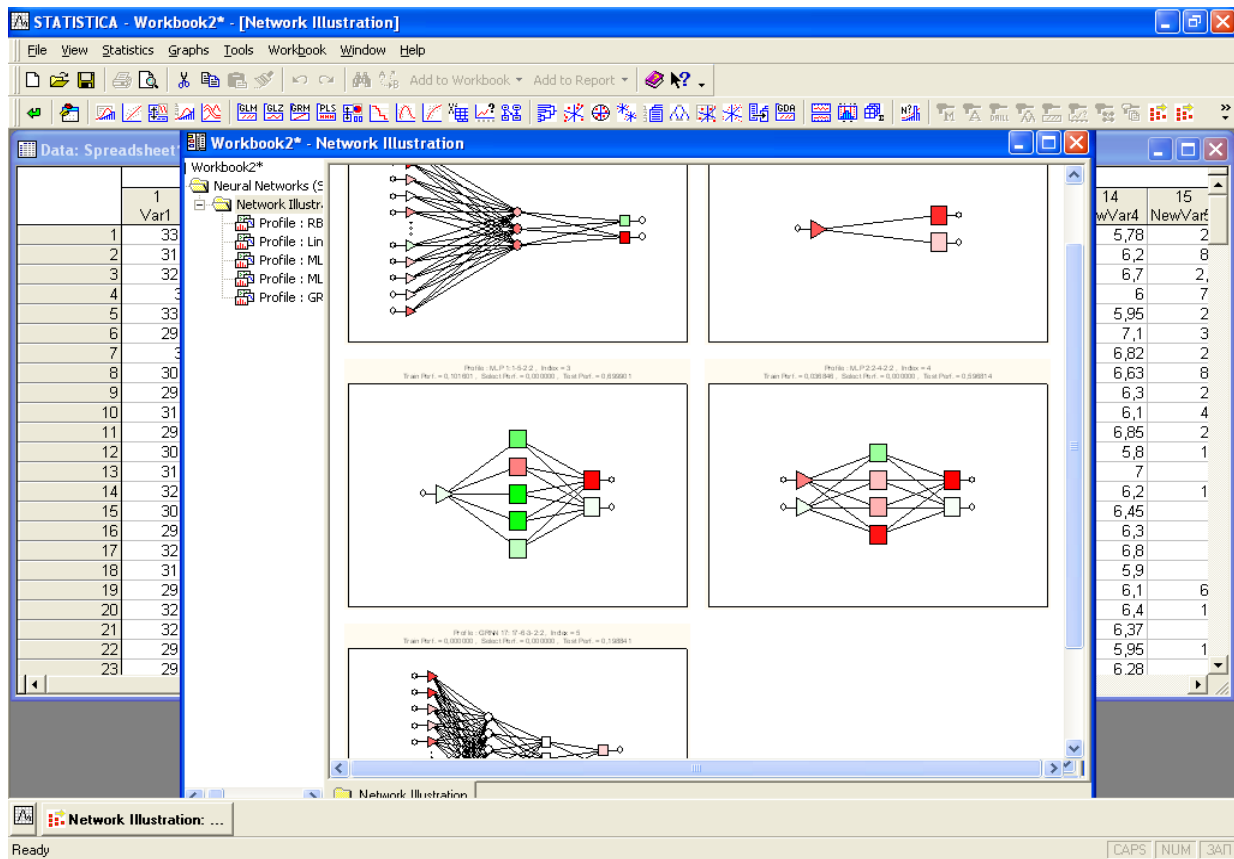


Рис. 5. Нейромережі, що побудовані в програмі STATISTICA

Висновки

Згідно з проактивним підходом нової концепції управління безпекою діяльності, для виявлення складової людського фактора проведено аналіз особливостей складових методологій управління ризиками в авіаційній галузі. Людській фактор ідентифікується як джерело небезпеки, що має стохастичну складову. Для кількісної оцінки ризиків розглянутий один з підходів, а саме теоретичний у рамках якого розроблена модель прогнозування виникнення небезпечної події, порушення функціонування серцево-судинної системи. При відсутності необхідної статистики ризиків, які мали місце у даної особи, необхідно використання теоретичного підходу. Даний підхід дозволяє на основі тестової множини діагностичних даних осіб з зазначеним ризиком, розробити модель прогнозування виникнення такої групи ризику для перевірки операторів, що здійснюють авіаційну діяльність. Теоретичний підхід реалізований на основі використання штучного інтелекту, а саме розробці штучної нейронної мережі, що дозволяє прогнозувати виникнення негативної події, що порушує рівновагу функціонального стану оператора в якості тригера, що запускає виникнення помилкових дій та прояву небезпеки. Така негативна подія є джерелом небезпеки, прогнозування якої здійс-

нюється на основі розробленої штучної мережі та дозволяє завчасно попередити прояв негативної події до моменту початку її впливу на заплановану виробничу діяльність.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Annex 18 — The Safe Transport of Dangerous Goods by Air. 999 Robert-Bourassa Boulevard, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7 <http://caa.gov.by/uploads/files/ICAO-Pr19-ru-izd-2-2016.pdf>
- [2] Arcúrio Michelle Security Culture and Human Factors. Global Aviation Security Symposium (AVSEC2020). Virtual Symposiumis “Improving Security Cultureby Connectingthe Dots”. 18 december 2020
- [3] THE EUROPEAN PLAN for AVIATION SAFETY (EPAS 2020-2024) https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EPAS_2020-2024.pdf
- [4] Manual of Air Safety (MAS) Military Aviation Authority. [Електронний ресурс] – https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/912759/MAS_Issue_7.pdf.
- [5] Гончаренко Є. Культура безпеки польотів державної авіації України. Наука і оборона, 2019, № 1, с. 36–39. DOI: 10.33099/2618-1614-2019-6-1-36-39

- [6] Наказ Державної авіаційної служби України 06 березня 2020 р. № 391. URL: <https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/Metodichni-rekomen-datsiyi-Metodologiya-otsinyuvannya-SU-nakaz-391.pdf>
- [7] Іванець О. Б., Морозова І. В., Нечипорук В. В. Побудова моделей прогнозування реляційних даних. Електроніка та системи управління. 2011. №3 (29). С. 124–127.
- [8] Іванець О. Б., Буриченко М. Ю. Шляхи зменшення невизначеності прогнозу стану організму людини при нейромережевому моделюванні. Системи обробки інформації. 2012. №1(99). С. 86–90.
- [9] Kuzmin V., Zaliskyi, M., Odarchenko, R., oth. Method of Probability Distribution Fitting for Statistical Data with Small Sample Size. 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2020 – Proceedings, 2020, pp. 221–224.

Хращевський Р. В., Іванець О. Б.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОАКТИВНОГО ПІДХОДУ В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

У статті запропоновано метод кількісного оцінювання ризиків пов'язаних з людським фактором на основі емпіричного та теоретичного підходів з урахуванням проактивного профілактичного прогнозування в системі управління безпекою польотів. Причини авіаційних подій зумовлені впливом кількох простих небезпек, в тому числі і людського фактору, які в період, що передує авіаційній події, були приховані у вигляді недоліків. Враховуючи прихований характер небезпек, він надає складності при його прогнозуванні та оцінювання. Але наявність прихованого недоліку в системі може призвести за певних умов до потенційної трансформації його в спусковий гачок (причину, тригер), який запускає подальший негативний розвиток події. Саме тому принципово змінюється зміст профілактичної роботи. Проводиться перехід на проведення постійної цілеспрямованої роботи з виявлення та усунення прихованих небезпек та їх факторів ще на підході до майбутніх виробничих подій у кожному компоненті авіаційної системи. Тому профілактична робота з оцінювання впливу людського фактору має проводитися на далеких підступах до можливих авіаційних подій, а не після того, як вони відбудуться. Це займає основне місце в проактивному підході.

Однією з таких прихованих небезпек є поточний функціональний стан особи, що приймає рішення, що може бути зумовлений як раптовим погіршенням здоров'я, так і неможливістю поточних адаптаційних можливостей організму протистояти поточним зовнішнім факторам дестабілізації. А так як основне місце в такому проактивному підході займає ідентифікація та розробка корегуючих заходів щодо зменшення впливу людського фактору в системі управління безпекою польотів, це вимагає системного підходу до визначення можливих методів для оцінювання поточного стану оператора.

Запропонований підхід до кількісного оцінювання ризику виходу функціонального стану оператора зі стану рівноваги на основі емпіричного та теоретичного підходів. Емпіричний підхід реалізований при розробці системи диференційних рівнянь, що визначають рівновагу між кількістю адаптаційного потенціалу організму та кількістю факторів дестабілізації, що впливають на даний організм. Але за відсутності необхідної статистики ризиків, які мали місце у даній особі необхідно використання теоретичного підходу, який дозволяє на основі тестової множини діагностичних даних осіб з зазначеним ризиком розробити модель прогнозування виникнення такої групи ризику для перевірки операторів, що здійснюють авіаційну діяльність.

Теоретичний підхід реалізований на основі використання штучного інтелекту, а саме розробці штучної нейронної мережі, що дозволяє прогнозувати виникнення негативної події, що порушує рівновагу функціонального стану оператора в якості тригера, що запускає виникнення помилкових дій та прояву небезпеки. Така негативна подія є джерелом небезпеки прогнозування якої здійснюється на основі розробленою штучної мережі та дозволяє завчасно попередити прояв негативної події до моменту початку її впливу на заплановану виробничу діяльність.

Ключові слова: безпека польотів, ризики, людський фактор, біомедичні показники, процес вимірювання, кількісне оцінювання.

Hraschevskiy R. V., Ivanets O. B.

PECULIARITIES OF THE PROACTIVE APPROACH IN THE FLIGHT SAFETY SYSTEM

The paper proposes a method of quantitative assessment of risks associated with the human factor on the basis of empirical and theoretical approaches, taking into account proactive preventive forecasting in the safety management system. The causes of aviation accidents are due to the influence of several simple dangers, including the human factor, which in the period preceding the aviation event, were hidden in the form of shortcomings. Given the hidden nature of the hazards, it makes it difficult to predict and assess. But the presence of a hidden flaw in the system can lead under certain conditions to its potential transformation into a trigger (cause, trigger), which triggers further negative developments. That is why the content of preventive work is fundamentally changing.

Therefore, preventive work to assess the impact of the human factor should be carried out on the far approaches to possible aviation events, and not after they occur.

Which is central to a proactive approach. One of these hidden dangers is the current functional state of the decision-maker, which can be caused by both a sudden deterioration in health and the inability of the body's current adaptive capacity to withstand the current external factors of destabilization. And since the main place in such a proactive approach is the identification and development of corrective measures to reduce the impact of the human factor in the safety management system, it requires a systematic approach to identifying possible methods for assessing the current state of the operator. An approach to quantitative assessment of the risk of the operator's functional state from the equilibrium state and the basis of empirical and theoretical approaches is proposed.

The empirical approach is implemented in the development of a system of differential equations that determine the balance between the amount of adaptive potential of the organism and the number of destabilizing factors affecting the organism. However, in the absence of the necessary statistics on the risks that occurred in this person, it is necessary to use a theoretical approach, which allows based on a test set of diagnostic data of persons at risk to develop a model for predicting the occurrence of such risk groups to verify aviation operators.

The theoretical approach is based on the use of artificial intelligence, namely the development of an artificial neural network that predicts the occurrence of a negative event that upsets the balance of the functional state of the operator as a trigger that triggers erroneous actions and danger. Such a negative event is a source of danger which is predicted on the basis of the developed artificial network and allows to prevent in advance the manifestation of a negative event before the beginning of its impact on the planned production activities.

Keywords: flight safety, risks, human factor, biomedical indicators, measurement process, quantitative assessment.

Стаття надійшла до редакції 01.11.2021 р.
Прийнято до друку 09.12.2021 р.