

УДК 656.7.086

**SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF THE EMOTIONAL CONDITION OF AIR
NAVIGATION SYSTEM'S HUMAN-OPERATOR**

**СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ-
ОПЕРАТОРА АЕРОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

**СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Y. Sikirda

Kirovohrad Flight Academy of the National Aviation University

T. Shmelova

National Aviation University

Y. Belyaev

National University of Food Technologies

Ю.В. Сікірда

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

Т.Ф. Шмельова

Національний авіаційний університет

Ю.Б. Беляев

Національний університет харчових технологій

Ю.В. Сикирда

Кировоградская летная академия Национального авиационного университета

Т.Ф. Шмелева

Национальный авиационный университет

Ю.Б. Беляев

Национальный университет пищевых технологий

The system of monitoring of the emotional condition's changes of the air navigation system's human-operator in the extreme situations, based on the using of the priori models of the operator activity which built on the posteriori researches of actual material of the aviation accidents investigation, was proposed. According to the Nyquist criterion the stability of ergatic system «human-operator – aircraft» during

the deformations of operator's emotional experience was defined. The computer program «Diagnostics of the emotional condition of the human-operator» was developed. Monitoring of the current emotional condition of the air navigation system's human-operator, diagnostics of the deformations of emotional experience and determination of the operator's functional stability will allow timely to prevent the development of the flight situation to the worse.

Keywords: *emotional condition, deformation of emotional experience, parameters of piloting, monitoring, ergatic system stability, diagnostics module.*

Запропоновано систему моніторингу змін емоційного стану людини-оператора аеронавігаційної системи в екстремальних ситуаціях, засновану на використанні апріорних моделей діяльності оператора, побудованих на основі апостеріорних досліджень фактичного матеріалу розслідування авіаційних подій. За критерієм Найквіста визначено стійкість ергатичної системи «людина-оператор – повітряне судно» при деформаціях емоційного досвіду оператора. Розроблено комп'ютерну програму «Діагностика емоційного стану людини-оператора». Моніторинг поточного емоційного стану людини-оператора аеронавігаційної системи, діагностика деформацій емоційного досвіду та визначення функціональної стійкості оператора дозволить своєчасно попередити розвиток польотної ситуації в сторону погіршення.

Ключові слова: *емоційний стан, деформація емоційного досвіду, параметри пілотування, моніторинг, стійкість ергатичної системи, діагностичний модуль.*

Предложена система мониторинга изменений эмоционального состояния человека-оператора аэронавигационной системы в экстремальных ситуациях, основанная на использовании апріорных моделей деятельности оператора, построенных на основе апостериорных исследований фактического материала расследования авиационных происшествий. По критерию Найквиста определена устойчивость эргатической системы «человек-оператор – воздушное судно» при деформациях эмоционального опыта оператора. Разработана компьютерная программа «Диагностика эмоционального

состояния человека-оператора». Мониторинг текущего эмоционального состояния человека-оператора аэронавигационной системы, диагностика деформаций эмоционального опыта и определение функциональной устойчивости оператора позволит своевременно предотвратить развитие полетной ситуации в сторону ухудшения.

Ключевые слова: *эмоциональное состояние, деформация эмоционального опыта, параметры пилотирования, мониторинг, устойчивость эргатической системы, диагностический модуль.*

Постановка проблеми

Статистичні дані за останні десятиліття вказують на домінуючу роль впливу людського фактору на загальну кількість авіаційних подій у світі, що становить близько 80% [1, 2]. Згідно з документами, які регламентують льотну експлуатацію та управління повітряним рухом, остаточне рішення у разі виникнення позаштатних ситуацій приймає командир повітряного судна (ПС). Але у зв'язку з великою часткою прийняття екіпажем ПС неадекватних рішень, що складає 90% причин авіаційних подій з вини людського фактору [1, 2], відповідальність за своєчасні та вірні рекомендації в позаштатних ситуаціях покладено на авіадиспетчера. Для цього авіадиспетчеру важливо володіти оперативною інформацією про розвиток позаштатної ситуації, поточний емоційний стан людини-оператора (Л-О), що управляє ПС, а також мати кількісну оцінку прогнозу розвитку позаштатної ситуації з урахуванням індивідуальних якостей і можливостей Л-О, що діє в екстремальних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження з визначення змін емоційного стану Л-О аэронавігаційної системи (АНС) у світовій практиці проводяться шляхом безпосереднього вимірювання таких фізіологічних характеристик, як пульсу, кров'яного тиску, тремору рук, пітливості, змін у райдужній оболонці ока тощо, з використанням відповідної медичної апаратури, датчиків [3]. Такі дослідження фізичного стану Л-О мають практичне значення, але виникають труднощі отримання фактичних замірів емоційного стану Л-О у процесі виконання професійних обов'язків,

особливо при виникненні позаштатних ситуацій. Необхідний розвиток досліджень з отримання реальних характеристик емоційного стану Л-О АНС без втручання в ергономічні умови його операторської діяльності.

Для забезпечення гармонізації із чинними міжнародними нормативними документами, дослідження виконуються в рамках концепцій Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) з проблем людського фактора, які можуть виникнути при впровадженні систем CNS/ATM [4]: «орієнтована на людину автоматизація», «ситуативна обізнаність», «контроль за помилками».

Постановка завдання

1. Дослідити моделі емоційного стану людини-оператора АНС, визначити стійкість ергатичної системи «Л-О – ПС» при деформаціях емоційного досвіду.
2. Розробити комп'ютерну програму «Діагностика емоційного стану людини-оператора» для програмного комплексу оцінювання психофізіологічних властивостей Л-О АНС.

Моделі емоційного стану людини-оператора АНС

Найбільш поширеними засобами оцінки стану роботи пілота є параметри пілотування (відхилення елеронів, руля напрямку тощо) та переговори в кабіні екіпажу, тобто радіообмін між пілотом і диспетчером. Більш доступними є параметри пілотування, які реєструються сучасними засобами. Темп і амплітуда рухів пілота при керуванні ПС, які змінюються з ростом емоційного напруження, є показником його емоційного стану.

Для оперативного визначення відхилень емоційного стану пілота та запобігання прийняття ним рішення в умовах ризику застосовано концепцію психічної діяльності людини, в основу якої покладено властивість свідомості людини затримувати або прискорювати плин суб'єктивного часу відносно реального часу [1]. Деформації емоційного стану визначено за допомогою апріорних моделей діяльності Л-О, побудованих на основі апостеріорних досліджень фактичного матеріалу розслідування авіаційних подій, отриманих Міжнародним авіаційним комітетом [1].

Спонтанне (оптимальне) пілотування характеризується правильністю та

своєчасністю дій пілота в позаштатній ситуації. Із зростанням емоціонального напруження можливий перехід пілота до потенційно небезпечних видів психічної діяльності: емоційної – із випередженням дій відносно реального часу та розсудливої – із запізненням дій відносно реального часу. Спонтанне пілотування забезпечується, здебільшого, автоматичними психічними процесами і характеризується безпомилковістю дій пілота у межах попереднього досвіду. При цьому дії пілота синхронізовані в часі з фізичним процесом руху ПС, тобто узгоджені між реальним (фізичним) і суб'єктивним (психічним) перебігом процесів у часі та просторі, або відстають не більш як на дві секунди.

Дії пілота в оптимальному (спонтанному), емоційному та розсудливому режимах діяльності визначені фазовими траєкторіями відхилення елеронів і руля напрямку [1] (табл. 1).

Графіки, наведені в табл. 1, відтворюють типи деформацій емоційного досвіду пілота, що керує ПС, залежно від відхилень елеронів та руля напрямку при появі емоційного напруження.

За допомогою дисперсійного аналізу графічних моделей, представлених в табл. 1 (дисперсійний аналіз відносно точки; дисперсійний аналіз за умови, що кожна точка вважається випадковим вектором із початком у початку координат і кінцем у даній точці; дисперсійний аналіз відносно ділянки, яка представляє собою поле, точки всередині якого відповідають емоційному стану пілота), визначені межі дисперсій для спонтанного, емоційного та розсудливого типу психічної діяльності Л-О: $D1 = 0,60-0,91$, $D2 = 1,41-2,24$, $D3 = 1,51-2,32$ відповідно [5].

Застосування в реальному часі графічних моделей емоційного стану пілота дозволить своєчасно розпізнати підвищення його емоційного напруження шляхом визначення деформацій емоційного досвіду – переходу до потенційно небезпечних видів психічної діяльності (емоційної або розсудливої).

Таблиця 1. Моделі емоційного стану Л-О, отримані на основі апостеріорних досліджень фактичного матеріалу розслідування авіаційних подій

Графічна модель емоційного стану Л-О	Дисперсійний аналіз графічної моделі
Спонтанний тип керування (емоційний досвід недеформований)	
Емоційний тип керування (деформація емоційного досвіду)	
Розсудливий тип керування (деформація емоційного досвіду)	

На рис. 1 наводяться розрахункові годографи Найквіста для визначення стійкості ергатичної системи «Л-О – ПС» при деформаціях емоційного досвіду від оптимального (спонтанного) до емоційного чи розсудливого типу діяльності.

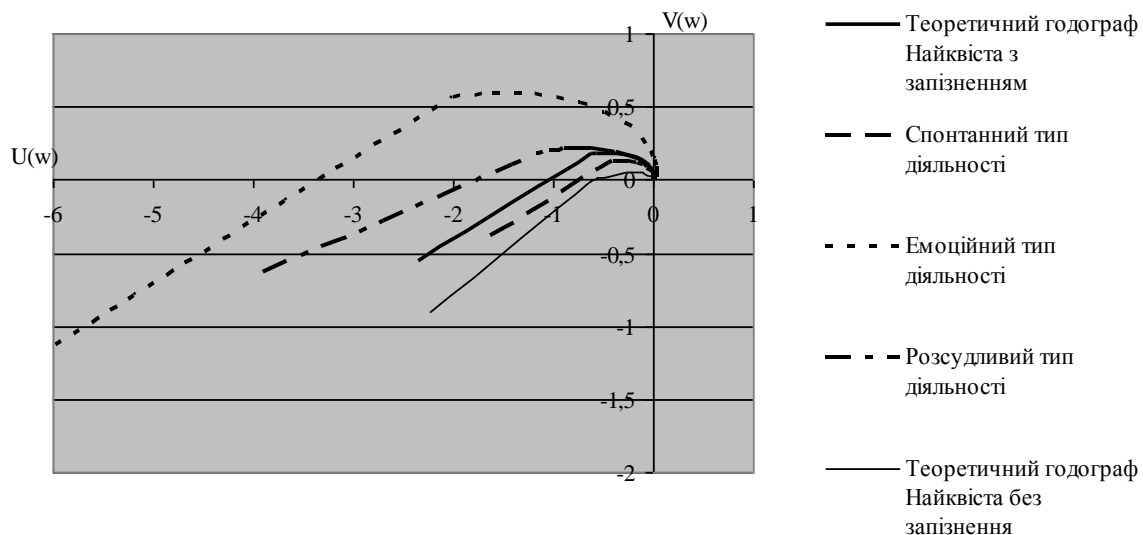


Рис. 1. Годографи Найквіста для діагностики емоційного стану Л-О і визначення стійкості ергатичної системи «Л-О – ПС»

Для спонтанного (оптимального) типу керування ПС годограф Найквіста не охоплює критичну точку $(-1;j0)$ і система «Л-О – ПС» є стійкою (рис. 1). Годограф Найквіста при розсудливому та емоційному типах керування ПС охоплює критичну точку $(-1;j0)$, що свідчить про нестійкість системи «Л-О – ПС».

Результатом розслідування Міжнародним авіаційним комітетом авіаційних подій є також статистика успішних і неуспішних висловів у процесі радіообміну між пілотом та диспетчером у разі виникнення позаштатної ситуації [1] (рис. 2).



Рис. 2. Розподіл успішних і неуспішних висловів у процесі радіообміну між пілотом і диспетчером у разі виникнення позаштатної ситуації

На нормальний емоційний стан Л-О вказує використання ним в середньому восьми висловів по два слова в кожному за один сеанс радіозв'язку. Зменшення кількості висловів при одночасному збільшенні слів в них свідчить про ріст емоційного напруження оператора.

Апріорний аналіз радіообміну між пілотом і диспетчером у разі виникнення позаштатної ситуації за апостеріорними моделями розподілу висловів дозволить діагностувати емоційний стан операторів (пілота, диспетчера) за фразеологією, що є напрямком подальших досліджень.

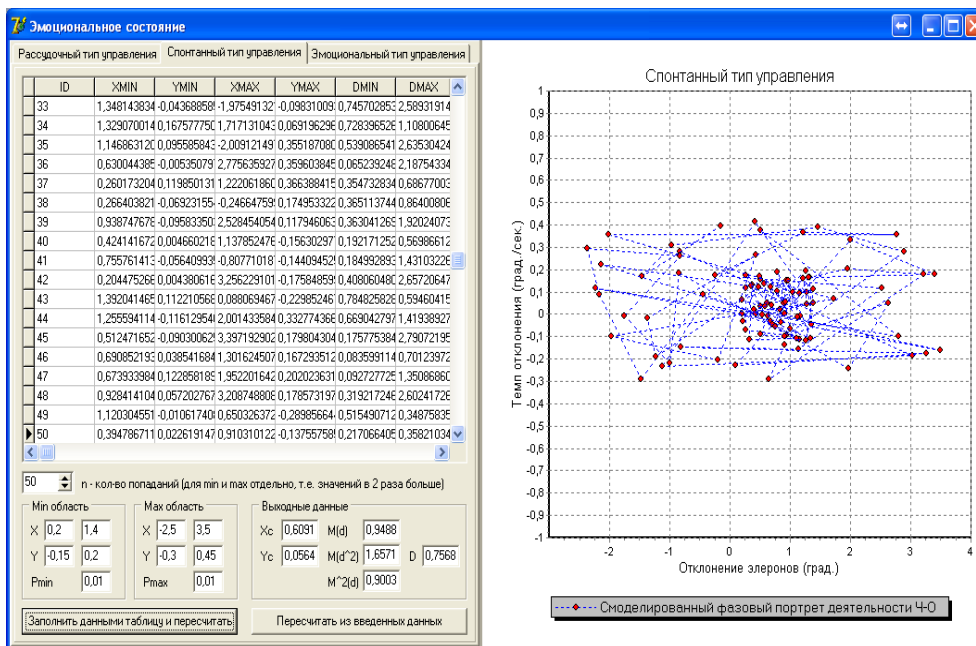
Комп'ютерна програма «Діагностика емоційного стану Л-О»

Комп'ютерна програма «Діагностика емоційного стану людини-оператора» розроблена для діагностичного модуля, який входить до програмного комплексу оцінювання психофізіологічних властивостей Л-О у складі інформаційно-аналітичного діагностичного комплексу для дослідження закономірностей діяльності Л-О АНС [6, 7]. Діагностичний модуль призначений для оперативного визначення деформацій емоційного досвіду пілота та запобігання прийняттю ним рішення в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК. Особливо важливим є моніторинг емоційного стану Л-О в процесі діяльності в особливих випадках у польоті.

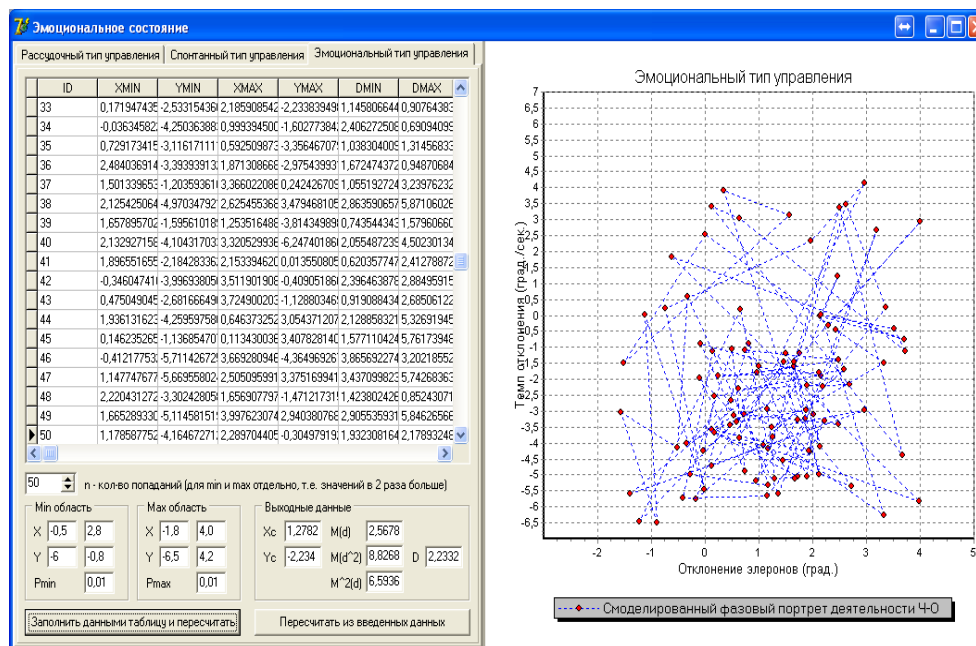
Програмний комплекс оцінювання психофізіологічних властивостей Л-О за допомогою комп'ютерної програми «Діагностика емоційного стану Л-О» дозволяє: диференціювати та визначити поточний емоційний стан Л-О за амплітудою та темпом відхилення елеронів і руля напрямку; діагностувати спонтанне (оптимальне) пілотування, яке характеризується правильністю та своєчасністю дій пілота; проводити моніторинг дій Л-О, діагностувати підвищення емоційного напруження у разі виникнення позаштатної ситуації шляхом визначення деформацій емоційного досвіду пілота, тобто переходу до потенційно небезпечних видів психічної діяльності: емоційної з випередженням дій відносно реального часу та розсудливої із запізненням дій відносно реального часу; визначити стійкість системи «Л-О – ПС» та оцінювати функціональну стійкість Л-О.

Автоматизований модуль розроблений за допомогою інтегрованого середовища розробки Borland Delphi 7 з використанням мови програмування Object Pascal, що підтримує основні принципи об'єктно-орієнтованого програмування.

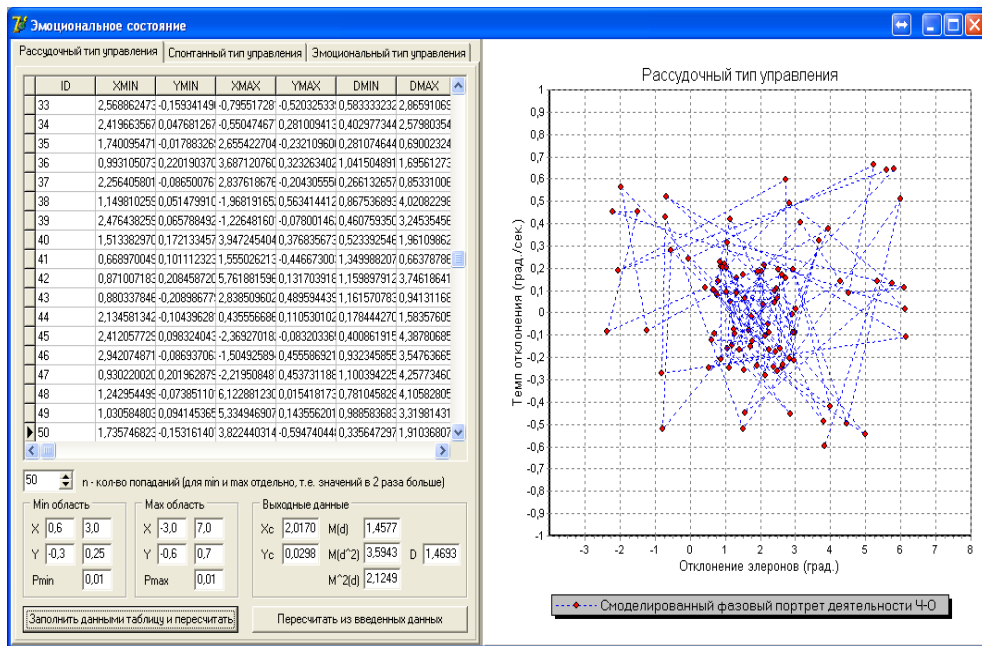
Діагностика поточного емоційного стану Л-О проводиться методами дисперсійного аналізу на основі отриманих моделей спонтанного (оптимального), емоційного та розсудливого типів діяльності Л-О, наведених в табл. 1 (рис. 3).



а



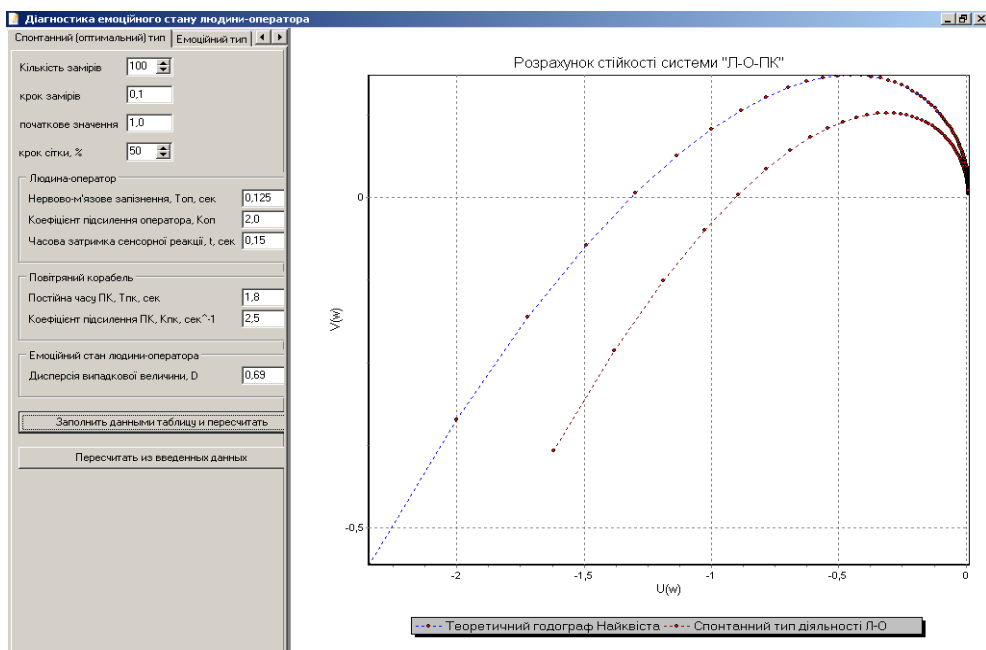
б



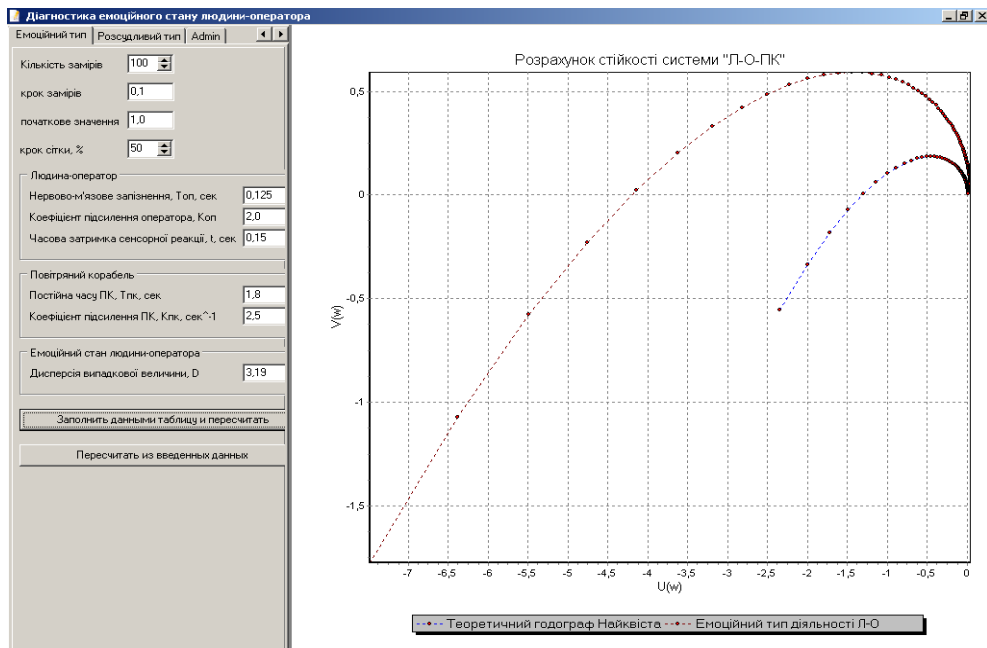
В

Рис. 3. Диагностика эмоційного стану Л-О: а) спонтанний тип керування ПС; б) перехід до эмоційного типу керування ПС; в) перехід до розсудливого типу керування ПС

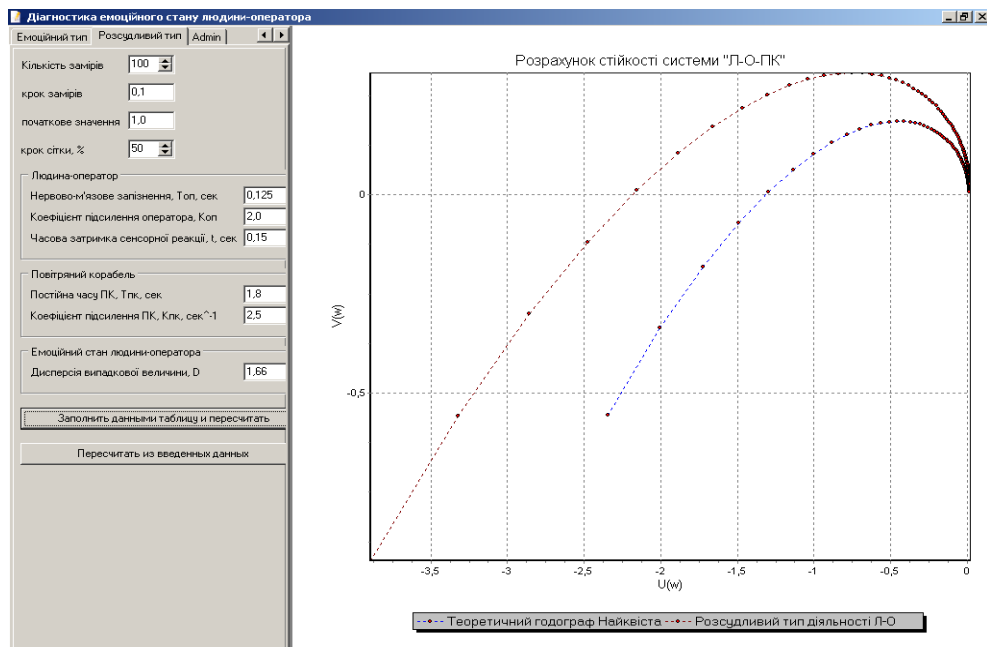
Оцінка функціональної стійкості Л-О визначається за критерієм Найквіста. При розсудливому та эмоційному типах керування годограф Найквіста охоплює критичну точку $(-1;j0)$, що вказує на виникнення нестабільності при керуванні ПС (рис. 4).



а



б



в

Рис. 4. Розрахунок стійкості системи «Л-О – ПК»: а) для спонтанного типу керування ПК; б) для емоційного типу керування ПК; в) для розсудливого типу керування ПК

База даних емоційного стану Л-О містить інформацію про поточний емоційний стан пілота, нормативні моделі емоційного стану Л-О і його психофізіологічні характеристики, а також відповідні характеристики польотних ситуацій (нормальної, ускладненої, складної, аварійної, катастрофічної).

Блок результатів діагностики містить інформацію про поточний емоційний стан Л-О, зміни в емоційному стані Л-О та прогноз функціональної стійкості Л-О. Для діагностики емоційного досвіду Л-О в навчальній програмі замість координат реальних рухів елеронів і руля напрямку застосовується генератор випадкових чисел.

Висновки

Запропонована система моніторингу змін емоційного стану Л-О АНС під впливом навколишнього середовища (виникнення особливого випадку в польоті, позаштатної ситуації, психоемоційного напруження) з визначенням відповідної стійкості ергатичної системи «Л-О – ПС» при деформаціях емоційного досвіду оператора.

Розроблена комп'ютерна програма «Діагностика емоційного стану людини-оператора» для діагностичного модуля, який входить до програмного комплексу оцінювання психофізіологічних властивостей Л-О у складі інформаційно-аналітичного діагностичного комплексу для дослідження закономірностей діяльності Л-О АНС.

Моніторинг поточного емоційного стану Л-О АНС, діагностика деформацій емоційного досвіду у вигляді переходів до небезпечних типів діяльності Л-О (розсудливого або емоційного) в екстремальних ситуаціях та визначення функціональної стійкості Л-О дозволить своєчасно запобігти розвитку позаштатної польотної ситуації.

Отримана інформація про емоційний стан Л-О АНС може бути використана в рамках програми аудитів безпеки польотів LOSA «Line operations Safety Audit» [8] з метою створення бази даних дій екіпажів у реальних польотах.

Література

1. *Лейченко С. Д.* Человеческий фактор в авиации : монография в 2-х книгах / С. Д. Лейченко, А. В. Малышевский, Н. Ф. Михайлик. – Кн. 1. – Кировоград : ИМЕКС, 2006. – 512 с.

2. *Швец В. А.* Анализ состояния аварийности гражданских воздушных судов Украины за период 1998–2007 гг. / В. А. Швец, О. Н. Алексеев. – К. : Госавиаадминистрация, 2008. – 83 с.

3. *Базлев Д. А.* Концепция построения бортовой информационно-экспертной системы поддержки действий летчика в особых ситуациях полета / Д. А. Базлев, В. Н. Евдокименков, Н. В. Ким, М. Н. Красильщиков // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2007. – № 1. – С. 15–20.

4. *Человеческий фактор в системах CNS/ATM.* Разработка ориентированной на человека автоматики и передовой техники для будущих аэронавигационных систем : сб. материалов по человеческому фактору № 11 / Circ. ICAO 249-AN/149. – Канада, Монреаль : ICAO, 1994. – 71 с.

5. *Харченко В. П.* 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.

6. *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 // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація : зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. – Вип. 25. – Ч. II. – Кіровоград : Кіровоградський національний технічний університет, 2012. – С. 385–392.

7. *A. c. 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.

8. *LOSA Advisory Circular*. – USA, Texas : The University of Texas. Human Factors Research Project, 2004. – 31 p.

СІКІРДА Юлія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент; заступник декана факультету менеджменту, доцент кафедри менеджменту, економіки та права, Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, 25005, м. Кіровоград, вул. Добровольського, 1; тел.: (0522) 34-40-43, E-mail: sikirdayuliya@yandex.ua.

ШМЕЛЬОВА Тетяна Федорівна – доктор технічних наук, доцент; професор кафедри аеронавігаційних систем, Національний авіаційний університет, 03058, м. Київ, пр. Космонавта Комарова, 1; тел.: (044) 406-72-44, E-mail: shmelova@ukr.net.

БЄЛЯЄВ Юрій Борисович – доктор технічних наук, професор; професор кафедри інтегрованих автоматизованих систем управління, Національний університет харчових технологій, 01601, м. Київ, вул. Володимирська 68; тел.: (044) 287-97-90, E-mail: byb46@mail.ru.

Одержана редколегією