

## ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПІЛОТАЖНИХ ДИСПЛЕЇВ У СИСТЕМІ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТІВ

Ситник О.Г., Кудояр П.В., Чмут Т. М. , (Україна, м. Київ, ІЕСУ НАУ)

Теоретичні аспекти аналізу явищ, що виникають у процесі підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів в складі CALS-технологій, які досліджуються є актуальною проблемою вивчення. Вирішення проблем в явищах, що виникають у процесі підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів в складі CALS-технологій, які досліджуються та їх вплив на якість зображень потребує роз'яснення багатьох теоретичних моментів.

Особливості проявлення взаємозв'язку ефектів, що виникають у процесі підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів в складі CALS-технологій, які досліджуються обумовлюються неможливістю вирішенням проблеми оптимальності процесу програмно-апаратними засобами без допомоги нових положень теорії й використання сучасної технології. Взаємозв'язок ефектів, що виникають у процесі підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів в складі CALS-технологій, які досліджуються виявляє собі у вигляді незрозумілої польотної інформації на різних ділянках екранів.

**ВСТУП.** У цій роботі приводиться систематизація й класифікація відомих з літератури [1] положень теорії на понятійному рівні, окремі розробки сучасних елементів теорії поліпшення якості зображень і математичні моделі, що визначають різні характеристики, сутність й достовірність зображень. Вважаємо, що можна б обмежитися літературними посиланнями, однак ми порахували доцільним привести в роботі ще раз ці відомості для того, щоб, по-перше, більш чітко визначити прийняту в наступному викладі запропоновану термінологію й математичну суть використовуваних термінів й, по-друге, хотілося б сконцентровано представити фахівцям математичну концепцію нового підходу до шляхів підвищення якості зображень, що виникають у процесі моделювання в складі CALS-технологій [2], які досліджуються у вигляді характеристик зображення як в інтегральному, так і локальному аспектах.

**Аналіз останніх досліджень,** в яких започатковано розв'язання проблеми взаємозв'язку ефектів, що досліджуються для підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів в складі CALS-технологій та їх впливу на якість зображень [3] полягає в тому, що здається неможливим вирішення проблеми оптимальності процесу без допомоги розробки сучасних положень теорії. Аналізу явищ дослідження зображень був присвячений ряд публікацій у вітчизняній [4] і закордонній літературі. Найбільш широкі дослідження в цій області були проведені в дисертаційних роботах [5]. Вважаємо не зовсім ефективними дослідження інших спеціалістів в області підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів. До теперішнього часу визначилися й сформульовані основні принципи, які в тім або іншому ступені втілюються при розробці пілотажних дисплеїв. Перелічимо деякі з них:

1) Принцип наочності. Закордонні автори називають його ще принципом картинного реалізму. Вітчизняні автори, на відміну від закордонних, цей принцип називають інструментальною «візуалізацією польоту» [3]. Суть його зводиться до того, що індицируемая інформація з виду є як би просторовим аналогом реальної внекабинной обстановки.

2) Принцип інтегративності. Даний принцип розглядається в літературі у двох аспектах. По-перше, це подання льотчикові великого числа змінних в упорядкованій системі координат на малому інформаційному полі екрану. І, в-других, подання льотчикові єдиного символу (пікселю, або растрового елементу), які узагальнений інформаційний сигнал перетворюють в кольорове зображення.

3) Принцип сумісності рухів індексів дисплея з керуючими рухами льотчика, тобто рухливий елемент на індикаторі повинен рухатися в тім же самому напрямку, що й органи керування літальним апаратом.

4) Принцип прогнозування. Суть принципу полягає у визначенні розрахунковим шляхом послідовності прогнозованих станів повітряних суден (ПС) або окремих його систем на підставі оцінки їхнього поточного стану й керуючих сигналів для зіставлення із заданим станом.

Існують й інші принципи візуалізації інформації, які можуть бути реалізовані в інформаційних дисплеях завдяки розвитку нових технологій. Зокрема, розглядаються розглядаються можливості використання віртуальних і тривимірних зображень.

**Постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими завданнями полягає в дослідженні взаємозв'язку різних параметрів та характеристик та їх впливу на підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів [3] в складі CALS-технологій. І все-таки, незважаючи на різноманіття підходів до проблеми відображення інформації на електронних пілотажних дисплеях можна виділити два основних типи за принципом пред'явлення інформації. Перший тип – спроба сформувані картинний вид навколишнього простору, на якому кількісна інформація представлена мінімально.

Другий тип дисплеїв пред'являє інформацію в символічній формі у вигляді шкал й індексів. дисплеї цього типу по повноті інформації не уступають комплексу електромеханічних приладів, розташованих на приладовій дошці. Такі дисплеї в принципі можуть повністю задовольнити потреби льотчика в інформації при пілотуванні.

**З історії питання.** Відоме [4], що залежно від характеру зображень, особливо у тих випадках, коли зображення Що стосується дисплеїв першого типу, то в закордонній літературі великий інтерес до питань візуалізації польоту спостерігався в 60-х роках. Тоді передбачалося, що розроблювальні телевізійні, радіолокаційні й інфрачервоні системи із зображенням внекабинного простору на електронної променевої трубки (ЕПТ) послужать засобом візуалізації польоту. Цього не відбулося через принципові розходження між видом внекабинного простору й зображенням на екрані ЕПТ. Малі кути огляду, зміна масштабу, відсутність глибини на ЕПТ привели до того, що вони не могли бути використані як системи візуалізації польоту. Візуалізація польоту, що припускає подання льотчикові інформації об навколишній літак просторі в природної, звичної для нього формі, не була

реалізована. Слід зазначити, що науково-технічний прогрес на сучасному етапі розвитку дозволяє реалізовувати розглянутий принцип у багатьох відносинах. Останні досягнення в області апаратно-програмних засобів уможливають установку в кабіні більших екранів з високоякісною графікою, на яких інтегровані дані різних датчиків можуть бути представлені в об'ємному зображенні зовнішнього миру (5,16,23,24). У зв'язку з тим, що візуалізація польоту стає реальністю, деякими фахівцями знову піднімається питання про перехід на «прямий вид» індикації крену на авіагоризонті (рухлива по крені лінія обрїю). Однак існує обгрунтована думка, що за допомогою електронних дисплеїв не може бути досягнута та реальна картина, що відкривається погляду пілота безпосередньо через остеклення кабіни.

**Виклад основного матеріалу дослідження** з повним обгрунтуванням отриманих наукових результатів почнемо з поетапного розгляду процесів надходження критеріїв оцінки кабіних дисплеїв, які розташовані в периперсональному (ближньому) просторі, сприймаються нашим мозком інакше в порівнянні з миром, укладеному в навколишньому екстраперсональному просторі, що представляє вилучену частину візуального миру й служить найбільш істотною (валидною) еталонною системою орієнтації. Отже, аргумент на користь прямого виду індикації на авіагоризонті, індицируемом на широкоформатному об'ємному дисплеї, є неспроможним. Як уважають Ф. Превик й У. Эрколин [14], «зворотний вид» індикації авіагоризонту (рухливий по крені силует літака) буде мати перевага перед «прямим видом», тому що відображувана на дисплеї лінія обрїю не буде сприйматися нашим мозком як природна, котру бачить льотчик через остеклення кабіни. Висунутий Ф. Превиком нейрофізіологічний аргумент на користь зворотного принципу індикації авіагоризонту підкріплюється також й іншими відкриттями й теоріями стабілізації людини в просторі.

Але головне полягає в тому, що в сучасних умовах льотчиків мало тієї інформації, що дає візуальний політ або відображення зовнішнього миру на широкоформатному об'ємному дисплеї. Йому потрібні кількісні дані про швидкість, висоту й інші параметри польоту.

**Особистий внесок авторів** полягає у розкритті суті процесу і механізму вирішення проблем [4]. У цьому зв'язку були проведені дослідження [10], у яких рівнялися два способи подання пілотажних параметрів: на рухливій й нерухомій вертикальній шкали. Виявилося, що використання рухливих шкал у більшій мері змінює структуру дій льотчика й погіршує якість пілотування. При цьому збільшується кількість рухів, їхня амплітуда й швидкість. Змінюється й зорово-моторна регуляція: тривалість фіксації погляду на рухливих шкалах істотно перевищує середні значення, установлені для круглих шкал. У цьому випадку індикація, видавана на рухливій шкали, заважає формуванню механізму прогнозування, що регулює руховий акт. В іншому експерименті [12], проведеному на пілотажному стенді, льотчики виконували захід на посадку, в одному випадку, з використанням звичайних електромеханічних приладів із круглими шкалами, в іншому - з використанням екранного індикатора, на якому інформація про швидкість і вертикальну швидкість була представлена у вигляді нерухомих

вертикальних шкал, а висота індицировалась лічильником. Експерименти показали, що пілотування в ручному режимі керування по екранному індикаторі супроводжувалося порушенням ранніх вироблених сенсомоторних навичок, наслідком чого з'явилося зниження точності пілотування. Автори прийшли до висновку, що для підвищення ефективності дій льотчика при пілотуванні важливу роль грає психологічну подібність кодування пілотажних параметрів на ЕІ й електромеханічних приладах, що означає використання ідентичних способів індикації параметрів, наступність взаиморасположення шкал, а також подібність основних елементів їхнього оформлення (те саме розташування нульової оцінки, знака відхилення від її, масштабу й ціни розподілу). Реалізація цих вимог й, зокрема, подання інформації на круглих і напівкруглих шкалах у порівнянні з вертикальними шкалами й абстрактною символікою, забезпечує більше високу ефективність і надійність дій льотчика при виконанні фігур пілотажу й висновку літального апарата (ЛА) зі складного становища.

Конструкторами ЕІ практикується зміна масштабів того самого параметра від режиму до режиму, заміна індицируемых параметрів на одній і тій же шкалі й ін. З погляду здорового глузду зміна масштабів шкал при зміні режимів польоту доцільно, тому що потрібна точність зчитування індицируемых параметрів при цьому може бути різною. Наприклад, заміна шкали радіовисотомера на більше розтягнуту в області малих висот для забезпечення польотів на гранично малих висотах. Однак дослідження показали, що зміна масштабів шкал може в одних випадках знижувати точність пілотування, в інші - приводити до помилок зчитування показань приладу (10). Ступінь зниження ефективності й надійності діяльності льотчика при зміні шкал обумовлена типом приладу, шкала якого мінялася. Відомо, що для формування рухових дій льотчика не всі прилади відіграють однакову роль. Одні, звичайно варіометр й авіагоризонт, використовуються для коректування рухових дій - це прилади керування. Інші - служать для контролю якості керування, тобто точності витримування заданих параметрів, - це прилади контролю (висотомір, показчик швидкості, курсовий прилад). Установлено [11], що якщо змінюються шкали на приладах, за показниками яких льотчик безпосередньо формує рухи органами керування, те це порушувало структуру керуючих рухів у зв'язку зі зміною подання про співвідношення візуальних і проприоцептивних сигналів. Видиме переміщення індексу викликало звичні рухові реакції, певні рухові впливи. Відбулася неузгодженість перцептивного й моторного образів, у результаті чого порушувалася координація рухів й, як наслідок, погіршувалася якість керування. У той же час зміна масштабів на приладах контролю приводила до помилкових зчитувань показань цих приладів через утруднення перцептивно - розумового плану. В експерименті, проведеному нами на моделюючому стенді, були виявлені випадки помилкових зчитувань показань топливомера, коли на тому самому місці в міру вироблення палива по черзі висвечивались шкали двох масштабів. Варто підкреслити, що зазначені помилки не випадкові. У їх генезі лежать психофізіологічні закономірності структури діяльності льотчика по керуванню ЛА. Раніше виконаними дослідженнями [3] установлено, що в процесі пілотування ЛА льотчик, звертаючись до приладу, не зчитує його показання як

зовсім нові, а звіряє поточні показання з оперативним образом очікуваного результату. Льотчик шукає не невідому подію, а лише підтверджує наявність що передбачає, тобто він очікує побачити стрілку приладу в певнім місці шкали. Саме процес екстраполяції дозволяє льотчикові швидко й безпомилково сприймати показання приладів. Причому він у більшості випадків при фіксації погляду на приладах не зчитує цифри, на яких коштує стрілка, а лише звіряє - у чи тій крапці шкали перебуває чи стрілка ні. У цьому випадку має місце більше простий спосіб використання приладу - якісне зчитування. Тому зміна масштабів шкал, якщо це відбувається автоматично, може бути льотчиком просто не замічена, що приведе до помилкових дій. Помилкове зчитування показань приладу при зміні масштабу шкали може бути обумовлене також високим нервово-емоційною напругою льотчика в польоті. В умовах стресу льотчик може «забути» про те, що масштаб шкали змінився. Порозумівається це тими складними кореляційними залежностями, які існують між виразністю стресу й ефективністю діяльності людини.

У цей час дослідники більші надії покладають на колірне кодування інформації на електронних дисплеях. Уважається, що колірне кодування підвищує ефективність керування ЛА й надійність просторового орієнтування пілота. Судячи із суб'єктивних думок пілотів, вони віддають явну перевагу ЕИ з колірним кодуванням, підкреслюючи, що наявність кольорів дозволяє діяти більш упевнено й надійно. Доцільність застосування кольори як додаткової ознаки при кодуванні інформації на бортових електронних дисплеях показана в багатьох роботах. Установлено, що використання колірною кодування поліпшує характеристики пошуку значимих змін параметрів й, крім того, істотно поліпшує якість керування. У роботі [2] указується на підвищення ролі додаткового кодування кольорами при ускладненні завдання льотчика. Так, при виконанні заходу на посадку на пілотажному тренажері в ускладнених умовах, пошук значимого індексу на екрані кольорового індикатора займав менше часу, чим по монохроматичному, тоді як у простих умовах польоту різниці по швидкості й точності виявлення індексів не отримано. Автори роблять висновок про різну роль кольорів для підвищення надійності сприйняття й оцінки льотчиками пілотажно-навігаційних параметрів. У звичайних умовах, що не вимагають швидкої й диференційованої оцінки ситуації, ознака кольорів є надлишковим і не впливає на показники якості діяльності льотчика. Однак у випадках, що вимагають швидкої оцінки обстановки, ознака кольорів активно використовується льотчиками, що приводить до скорочення часу пошуку значимих індексів. У цій же роботі показані явні переваги кольорових дисплеїв перед монохроматичними при оцінці просторового положення літака після «дезорієнтації» льотчика (більше швидкий висновок літака зі складного становища). Оскільки для діяльності літних екіпажів характерні тверді вимоги до швидкості й точності виділення й оцінки індицируемых параметрів в умовах обмеженого резерву часу, застосування кольорів виправдане навіть при оптимально обраних монохроматичних ознаках, що кодують.

Таким чином, ефективність застосування кольори залежить від змісту діяльності льотчика (члена екіпажа) при рішенні конкретного завдання, ступеня її

складності й умов сприйняття (структура інформаційного поля, щільність інформації, дефіцит часу й ін.).

У деяких роботах висловлюється думка про необхідність використання мінімального числа квітів і пропонується вводити в інформаційне поле додаткові кольори тільки там, де це пов'язане із завданням оператора [22]. Багато дослідників пропонують використати на дисплеях не більше п'яти квітів. Оптимальне число квітів - 4. Кращим кодом з 4-х квітів є: червоний, жовтий, зелений і голубой, причому, блакитні кольори повинен використатися для кодування ділянок або символів великого розміру, тому що гострота його візуального сприйняття гірше, ніж для інших квітів. Для колірною кодування динамічної інформації, як відзначають автори довідника по інженерній психології, доцільно вибрати червоний, жовтогарячий, зелений, голубой і чорний [15]. У довіднику по авіаційній ергономії [18] указується, що гранично припустима кількість одночасно використовуваних квітів на авіаційних електронних СОИ не повинне перевищувати шести.

**Запропоновані шляхи вирішення проблем.** Пропонуються кілька рекомендацій по колірному кодуванню інформації на електронних дисплеях. Зокрема, приводиться перелік квітів, що рекомендують, (червоної, жовтої, зеленої й синій) і їхньої довжини хвиль для індикаторів, виконаних на базі ЭЛТ. При використанні трьох квітів индикационные елементи (стрілки, індекси й ін.) рекомендується виконувати зеленими кольорами. Стосовно до жидкокристаллическим дисплеїв указується лише те, що индикационный елемент може бути чорним на білому тлі або білим на чорному тлі.

З вищевикладеного треба, що в існуючих нормативно-технічних документах вимоги й рекомендації до колірною кодування індицируемых параметрів й елементів їхнього оформлення на авіаційних ЭИ практично відсутні.

Подальші дослідження із проблеми колірною кодування на авіаційних електронних індикаторах повинні йти як у напрямку вивчення ефективності застосування кольори при рішенні різних типів літних завдань (пілотування, прицілювання й ін.), так й у напрямку пошуку найбільш ефективних способів (організуюча, сигнальна й інша функції кольори) і принципів (основна, надлишкова ознака) використання кольори.

Слід зазначити, що на відміну від ЭЛТ, жидкокристаллические матриці мають ряд особливостей генерування зображення, які можуть істотно відбитися на сприйнятті візуальної інформації з екрана жидкокристаллического індикатора (ЖКИ). Це, насамперед, пиксельность зображення, тобто зображення на екрані ЖК - матриці складено з окремих дискретних елементів. Кількість цих елементів залежить від розмірів і дозволу матриці, використовуваної в ЖКИ. У цей час найбільш широке використання в авіаційних екранних індикаторах одержали матриці розміром 8x6 дюймів (20,2x15,1 див) з дозволом 640x480 пиксель. У

найближчому майбутньому планується використання й більше високих дозволів - 800x600 й 1024x768 пиксель. Крім того, збільшення продуктивності БЦВМ дозволило на ЖКИ, на відміну від індикаторів на ЭЛТ, використати кольорове заливання тла индикационных кадрів, тобто з'являється ще й кольоровий контраст зображення й тла. Однак на конкретних ЖКИ можуть мати місце перекручування відтворених зображень такі як ступінчастість, сповзання ліній, просторова нестабільність зображення (тремтіння) і ін., які можуть вплинути як на ефективність пілотування, так і на функціональний стан льотчика і його працездатність, привести до розвитку зорового стомлення, особливо при тривалій роботі із ЖКИ.

Звідси важливе значення має визначення оптимальних енергетичних і просторових характеристик ЖКИ. Були проведені спеціальні дослідження, у яких визначалася надійність сприйняття інформації з поліхроматичного електронного дисплея на основі жидкокристаллических матриць залежно від його візуальних і светотехнических характеристик. Установлено, що візуальні характеристики екрана ЖКИ, що відповідають мінімальним вимогам ОСТ 1 00345 [8], не забезпечують надійного сприйняття індицируемых на екрані символів і знаків.

Основними характеристиками індикаторів на основі жидкокристаллических матриць, що визначають якість і надійність зорового сприйняття інформації льотчиком, є: дозвіл екрана, кутовий розмір елементів зображення і їх яркостной контраст із тлом. Нами отримані кількісні залежності надійності сприйняття знаково-символьної інформації на екрані ЖКИ від її енергетичних і просторових характеристик (кутового розміру, яркостного контрасту, колірної контрасту знака й тла). Отримані результати дозволили уточнити вимоги до просторово-енергетичних характеристик зображення на екрані ЖКИ. Були також виявлені деякі особливості встановлюваних на вертольотах ЖКИ, які погіршують, на думку літного складу, естетическое сприйняття інформаційних кадрів, але не роблять впливу на надійність прийому й переробки інформації в процесі пілотування, зокрема:

- наявність окремих плям, що мають більше низьку яскравість у порівнянні із тлом;

- періодична поява ефекту одночасного сприйняття декількох контурів зображення рухливих елементів (силуету літака, стрілок на шкалах й ін.);

- епізодичне тремтіння елементів зображення.

За допомогою спеціальних методик нами вивчався стан основних зорових функцій льотчиків при роботі із ЖКИ на напівнатурному моделюючому стенді ЛА. Установлено, що після 5-6 годин пілотування в денних умовах у льотчиків відзначається помірне підвищення порогів яркостной (на 15-20%) і частотно-контрастній (на 15-30%) чутливості, що свідчить про функціональну перенапругу нейрорецепторного відділу зорового аналізатора. Виявлені зміни функціонального стану зорового аналізатора льотчика свідчать про необхідність оптимізації візуальних і светотехнических характеристик авіаційних ЖКИ. Не менш важливою характеристикою авіаційних ЖКИ, що визначає якість сприйняття індицируемой

інформації, є частота зміни кадрів. При недостатній частоті зміни кадрів з'являються візуальні перекручування, що утрудняють сприйняття кутових і лінійних переміщень шкал або відлікових елементів, які проявляються у вигляді розмитості контурів, дискретності зміни положення, розщепленням або подвоєнням індицируемых елементів. На авіагоризонті, наприклад, ці перекручування з'являються при енергійному маневруванні з більшими кутовими швидкостями зміни крену й тангажа. Виходячи зі сказаного, частота зміни кадрів на екрані МФІ повинна забезпечувати високу якість сприйняття інформації при максимальній швидкості зміни індицируемых параметрів, обумовлених аеродинамічними характеристиками літального апарата.

**Вперше було встановлене,** що дотепер немає єдиної точки зору в питанні про застосування на ЛА багатофункціональних електронних індикаторів як основний засіб відображення пілотажно-навігаційної інформації. У спеціально проведені нами стендових дослідженнях, присвячених даному питанню, монохроматичний дисплей, як ми вже відзначали вище, однозначно не був рекомендований як основний засіб відображення інформації, оскільки і якість керування, і надійність просторового орієнтування в найбільш складних режимах пілотування виявилися нижче, ніж по електромеханічних приладах, через наступні недоліки:

- висока щільність інформації на ЭИ, що утрудняє виділення символів із загального тла индикационного формату;
- недостатня наочність представленої інформації;
- надмірна абстрактність видів кодування.

Утруднення в сприйнятті окремих параметрів на ЭИ, на думку літного складу, обумовлені нерівномірністю засвітла екрана зовнішнім висвітленням, відблисками на екрані, швидким утворенням пилового шару, влученням прямих сонячних променів, недостатньою яскравістю контрасту. Їсти підстава вважати, що в реальному польоті, крім світлових умов, на процеси взаємодії льотчика з електронними системами відображення інформації на вертольотах будуть впливати й інші фактори, зокрема, вібрації.

Таким чином, наведені вище особливості взаємодії літного складу з ЭИ, а також недостатньо пророблені питання ергономічного характеру при їхньому створенні, є, на нашу думку, тими факторами, які визначають компонування приладових дощок перспективних і модернізуемых вертольотів.

Дотепер на приладових дошках вертольотів знаходять застосування комбіновані системи відображення інформації, у яких, поряд з електронними дисплеями, використовуються традиційні електромеханічні прилади. Це пов'язане з тим, що остаточно не вирішено питання про використання електронних індикаторів як основний засіб відображення пілотажно-навігаційної інформації. Результати виконаних до теперішнього часу ергономічних досліджень дозволяють зробити висновок про принципову можливість використання поліхроматичних екранних



індикаторів як основні засоби відображення польотної інформації. Однак практична реалізація цієї можливості обмежується в цей час наступними умовами й обставинами.

По-перше, енергетичні й просторові характеристики конкретних індикаторів (дозвіл, яркостной і колірний контраст й ін.) не забезпечують оптимальних умов для сприйняття высвечиваеомой інформації, а можливі просторові перекручування зображення по робітнику полю (ступінчастість ліній, тремтіння й ін.) можуть вплинути як на ефективність пілотування, так і на зорову працездатність льотчика.

По-друге, склад, компонування й оформлення елементів індикації на електронних пілотажно-навігаційних індикаторах не повною мірою відповідають ергономічним вимогам. Зокрема, на ЖКИ для вітчизняних вертольотів на 25-35 % зменшені, у порівнянні зі штатними електромеханічними приладами, розміри шкал основних пілотажно-навігаційних параметрів, доволно порушується їхнє взаємне розміщення й істотне варіюють елементи оформлення, що приводить до часткового деавтоматизації навичок пілотування, підвищенню завантаженості льотчика процесом керування. Слід зазначити, що при збереженні на приладовій дошці групи електромеханічних приладів необхідно, щоб були дотримані вимоги по забезпеченню подібності в оформленні основних елементів параметрів, індицируемых на електромеханічних приладах й електронних дисплеях. Відступ від цих вимог може з'явитися причиною помилкових дій літного складу в польоті.

**Науковий результат**, що отриманий на підставі застосування теорії і науково-методичного апарату дослідження полягає в розкритті механізму оцінки якості зображень. Нами були проведені ряд досліджень на стендах й у реальних польотах з телевізійними системами відображення внекабинной обстановки. Як свідчать отримані матеріали, включення телевізійного зображення внекабинного простору в загальну систему відображення інформації істотно змінює звичну структуру діяльності льотчика й накладає відбиток на психофізіологічні механізми, що регулюють роботу в нових умовах.

Психофізіологічні процеси, що виникають при спостереженні внекабинной обстановки по телеекрані, відрізняються від процесів безпосереднього візуального спостереження. По телевізійному зображенню, внаслідок відсутності глибинного зору, льотчик не може з достатнім рівнем точності оцінити ключові параметри дальності до об'єктів, швидкість і висоту польоту. Пілотування вертольота з використанням телевізійного зображення без додаткової приладової інформації сполучено з більшими помилками витримування заданих параметрів і не забезпечує безпеки польоту. Цей фактор змушує льотчика звертатися до електромеханічних приладів, перериваючи при цьому спостереження телезображення на екрані. Звідси виникла необхідність видачі на телеекран кількісної інформації про параметри польоту й дальності до перешкод. Була показана принципова можливість сполучення в одному оперативному полі зору телевізійного зображення внекабинного простору й індикації пілотажно-навігаційних параметрів. При цьому індикація параметрів більше прийнятна у вигляді круглих шкал, що дозволяють

льотчикові одержувати інформацію не тільки про кількісні значення, але й про тенденції їхніх змін. Цим забезпечується наступність кодування індицируемых параметрів з електромеханічними приладами, полегшується зчитування інформації й підвищується його якість. Разом з тим, у силу специфіки діяльності льотчика, сполучення електронної індикації з телевізійним зображенням внекабинного простору впливає на якість сприйняття представлених на телеекрані об'єктів пошуку й розпізнавання.

Льотчики відзначають, що в цілому інструментальна інформація на телеекрані дозволяє виконувати пілотування із заданим рівнем точності. Істотним недоліком електронного кадру є його монохроматичне зображення, що утрудняє сприйняття значимої інформації на однорідному по кольорах поле індикатора. Крім того, випробовуються труднощі в оцінці просторового положення й точному зчитуванні інформації через малі кутові розміри індексів і шкал. Діаметри шкал індицируемых приладів (не більше 40 мм) були зменшені для того, щоб максимально розвантажити центральну частину телеекрана й, отже, знизити затінення індицируемими параметрами телезображення внекабинных об'єктів. У зв'язку із цим електронний кадр уступає, на думку льотчиків, повнорозмерным електромеханічним приладам. За даними анкетного опитування, форма, вид і компонування індицируемой пілотажно-навігаційної інформації, сполученої з телезображенням, оцінювалася літним складом не вище, ніж на «задовільно» по п'ятибальній шкалі. При використанні експериментального кадру електронної індикації надійність просторового орієнтування в порівнянні з режимами пілотування по електромеханічних приладах знижується, що виявилось збільшенням часу висновку зі складного становища (по параметрі крену на 2,0 з, а тангажа на 3,8 с).

Питання про те, як сполучати на тому самому індикаторі телевізійне відображення внекабинной обстановки з кількісною інформацією, представленої у вигляді шкал й індексів, і не втратити при цьому наочність, варто вирішувати експериментальним шляхом. Вимагають експериментального пророблення різні варіанти кодування інформації: форма символів, їхні кольори, розміри шкал й індексів, склад і кількість сигналів, які можна одночасно індицировать без шкоди для сприйняття інструментальної інформації й телезображення.

**Висновки.** Підсумовуючи викладене вище, варто підкреслити, що як у нашій країні, так і за рубежем ведуться інтенсивні дослідження в області вдосконалювання принципів організації інформаційного поля на електронних дисплеях. Їхні результати свідчать про актуальність і необхідність подальших досліджень по ергономічній оптимізації й уніфікації інформаційних форматів ЕИ для забезпечення ефективності діяльності екіпажів вертольотів і підвищення безпеки польотів. На підставі отриманих даних зроблений висновок про те, що для забезпечення надійного просторового орієнтування льотчика в режимах пілотування з використанням телевізійних систем відображення внекабинного простору необхідно зберегти на приладовій дошці групу повнорозмерных електромеханічних приладів. Цей висновок підтверджений експериментальними даними. Збереження на

приладовій дошці електромеханічних приладів дозволяє підвищити резерви уваги льотчика й зменшити на 15-20% імовірність небезпечних відхилень параметрів польоту. У той же час, на думку літного складу, відображення інструментальної інформації на телеекрані забезпечує більше зручне пілотування в процесі пошуку внекабинних об'єктів й орієнтирів, перебуваючи в оперативному полі зору.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Аваев А.Л., Морин С.Ф., Коваленко П.А. Основні концепції розвитку електронних систем індикації й багатофункціональних органів керування літальних апаратів // Авіакосмічне приладобудування. - 2003. - №1. - С.43-48.

2. Боярський А.Н., Лапа В.В., Обознов А.А. Психологічне обґрунтування використання колірної кодування на багатофункціональних дисплеях. // Психологічний журнал. - М., 1999. - № 5 - С.75-80.

3. Завалова Н.Д., Ломів Б.А., Пономаренко В.А. Образ у системі психічної регуляції діяльності. - М.: «Наука», 1986.

4. 159. Ситник О.Г., Тризна О.О., Химин В.Н. Частотно-спектральний метод оцінки явлення муара в процесі створення технічної документації в складі CALS-технологій // Проблеми інформатизації та управління. –Вип. 1. – К.: НАУ, 2008. – С. 103–108.

5. Пономаренко В.А., Завалова Н.Д, Муравьева С.Б. Інженерно-психологічні питання впровадження й використання бортових індикаторів на електронно-променевих трубах.- Проблеми безпеки польотів.-1979, № 7. С. 60-72.

246. **Ситник О.Г.**, Кудояр П.В., Чмут Т. М. Принципи підвищення якості електронних пілотажних дисплеїв у системі відображення інформації вертольотів // Матеріали Науково-практичної конференції “Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM”. 28 – 30 листопада 2012 р. – К. : НАУ. 2012. – С.