

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.24>  
УДК 331.101.1:72.012(075.8)

## КОМПЛЕКСИ БЕЗПІЛОТНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН: МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКИХ ВИМОГ І ПОКАЗНИКІВ

**Рубцов Анатолій Львович<sup>1</sup>, Свірко Володимир Олександрович<sup>2</sup>  
Остроумов Іван Вікторович<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Старший науковий співробітник Українського науково-дослідного інституту дизайну та ергономіки Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: [ndi-design@ukr.net](mailto:ndi-design@ukr.net), orcid: 0000-0002-7992-8236

<sup>2</sup> Кандидат психологічних наук, директор Українського науково-дослідного інституту дизайну та ергономіки Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: [ndi-design@ukr.net](mailto:ndi-design@ukr.net), orcid: 0000-0002-6482-6827

<sup>3</sup> Доктор технічних наук, професор, професор кафедри Аеронавігаційних Систем Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: [ostroumov@ukr.net](mailto:ostroumov@ukr.net), orcid: 0000-0003-2510-9312

*Анотація.* У основі статті – результати досліджень та формування на їх основі заходів з підвищення ефективності, безпечності та комфортності експлуатації безпілотних авіаційних систем на базі системного застосування ергодизайнерських принципів, методичних прийомів та методів їх проектування і експлуатації; розроблення ергодизайнерських методик, показників і вимог до забезпечення розроблення комплексів безпілотних повітряних суден (КБПС) та відповідних правил і методичних заходів з їх застосування на основі всебічного врахування людського чинника при створенні таких систем.

Стаття є продовженням публікації у 25 випуску цього збірника наукових праць [1], де авторами запропоновано підхід до проектування і експлуатації КБПС, за якого ергодизайн розглядається не лише як прогресивна методологія створення та виробництва високоякісної наукоміської продукції, а насамперед як відмінна від традиційного проектування виробів науково-проектна діяльність з врахуванням вимог людського чинника на всіх етапах розроблення і функціонування безпілотних авіаційних систем. В першу чергу з реалізації таких вимог і показників як ефективність, безпечність і комфортність застосування КБПС.

Перші кроки у цьому напрямку – визначення, формування і обґрунтування ергодизайнерських показників якості основних складників КБПС зроблено у вищезгаданій публікації та попередніх роботах авторів [1, 5-7].

У цій статті – розглянуто методичні аспекти розробки та, головне, застосування ергодизайнерських показників і вимог до безпілотних авіаційних систем.

*Ключові слова:* комплекси безпілотних повітряних суден; ергодизайнерські показники якості, ергодизайнерські вимоги до основних складників КБПС; психофізіологічні вимоги; ергодизайнерська варифікація і валідація.

## ВСТУП

Постійно зростаючий рівень автоматизації безпілотних авіаційних систем потребує від дистанційних пілотів, усього обслуговуючого персоналу КБПС постійної готовності до екстремальних дій. З іншого, боку сучасні системи експлуатації авіаційних систем за своєю суттю є планово-попереджувальними і будуються на дотриманні плановості заходів з управління, технічного обслуговування і запобігання відмова різноманітних функційних систем, що забезпечує надійність і ефективність їх експлуатації. Це в повній мірі відноситься і до КБПС, однак не невілює можливості виникнення авіаційних інцидентів. Про це свідчить факт того, що до 85% усіх авіаційних подій пов'язані з людським чинником (ЛЧ). Визначення його ролі у функціонуванні КБПС постійно уточнюється з поширенням на безпілотну авіацію принципів урахування ЛЧ при проектуванні і експлуатації авіаційних комплексів. З розвитком КБПС все більш актуальні аналітичні та експериментальні дослідження специфіки діяльності їх обслуговуючого персоналу, тобто ролі, принципів і методичних аспектів реалізації людського чинника в безпілотних авіаційних системах.

## МЕТА

Дослідження методичних аспектів врахування людського чинника у створенні і експлуатації комплексів безпілотних повітряних суден на основі застосування системи ергодизайнерських показників і вимог до їх проектування і функціонування.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Перш ніж визначити та розглянути методичні аспекти формування системи ергодизайнерських вимог і показників основних складників КБПС, відповімо на ряд загальних питань, які потрібно задати фахівцю з ергодизайну перед початком будь якого дослідження щодо методології розроблення безпілотних повітряних суден та їх комплексів. Основні з них такі:

- 1) чому цей об'єкт дослідження цікавить нас;
- 2) чому саме ергодизайн визначається в якості основного засобу вирішення проблеми дослідження;
- 3) у чому полягає прогнозована реалізація методології щодо КБПС;
- 4) чому проведення такого дослідження вкрай актуально саме у цей час.

Отже, відповідаючи на **перше** питання, відмітимо, що сфера застосування безпілотної

авіації надзвичайно велика і з плином часу лише зростає.

За різними оцінками, сьогодні до 50 країн світу виробляють і використовують безпілотні повітряні судна. Їх активний розвиток обумовлений рядом важливих переваг безпілотних авіаційних систем. До основних з них відносяться:

- відсутність екіпажа на борту судна;
- порівняно невелика вартість;
- убезпечення життя обслуговуючого персоналу;
- зниження вимог до стану здоров'я дистанційних пілотів;
- відносно малі витрати на експлуатацію;
- можливість здійснення довготривалих польотів з оперативною зміною екіпажу протягом польоту тощо.

Звернемо увагу на те, що більшість переваг у цьому переліку пов'язана з удаваною відсутністю так званого «людського чинника». Насправді ж роль оператора в керуванні безпілотним повітряним судном (БПС) не менш важлива, ніж, наприклад, пілота літака цивільної авіації. А зростання складності і вартості БПС, масштабів виконуваних з їх допомогою завдань призводить до суттєвого зростання складності та рівня стресогенності діяльності як дистанційних пілотів так і іншого персоналу, що готують безпілотник до виконання завдання.

У 1992 році Україна приєдналася до Чиказької конвенції ІКАО в галузі людського чинника, узявши на себе обов'язки щодо приведення національного авіаційного законодавства у відповідність до міжнародних стандартів та Рекомендованої практики ІКАО (SARPS). А у додатку 1 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію вказано, що «Мета ІКАО – підвищити безпеку польотів в авіації, забезпечуючи краще розуміння та врахування державами значення людського чинника в цивільній авіації».

Урахування людського чинника на етапах проектування та експлуатації КБПС означає, що фахівці з ЛЧ повинні визначати завдання та методи діяльності операторів цих комплексів, а також можливі обмеження і середовищні аспекти, в умовах яких оператори повинні приймати рішення. Цю інформацію як правило необхідно використовувати у ступені, потрібному для вирішення реальних умов експлуатації КБПС. Так, під час проектування робочих місць дистанційних пілотів, як і більшої частини інших складників КБПС,

вирішальну роль наприклад, повинні відігравати дані щодо розмірів і параметрів руху різних частин людського тіла з врахуванням того, що вони можуть бути різними залежно від віку оператора, і умов їх реалізації. Тому рішення щодо урахування показників, зокрема антропометрії, треба приймати вже на початкових етапах проектування.

*Вкрай важливе також врахування особливостей сприйняття інформації та прийняття рішень на цій основі дистанційними пілотами.*

До чинників, що вимагають першочергового урахування відносяться також і показники завантаження оперативної і довгострокової пам'яті *особливості реакції операторів на отриману інформацію* їх мотивація, стресогенні фактори. Потребують врахування і температура, тиск, вологість, рівень шуму, ступінь освітленості на умови роботи та працездатність персоналу і т.ін.

Навіть з цього вкрай недостатнього окреслення випливає, що основним елементом КБПС (хоч і у якості складника, як це підкреслюється в технічних публікаціях) є оператор (тобто ЛЧ), а КБПС є *системою*, під час розгляду якої необхідно застосовувати методологію системно-діяльнісного, людиноцентричного підходу. Оператор у цьому плані повинен розглядатись як найбільш гнучкий, здатний до адаптації і домінуючий елемент КБПС.

Залежно від об'єкта досліджень тієї чи іншої дисципліни визначення ЛЧ можуть дещо розрізнятися, але загальна мета його врахування – це підвищення безпеки та ефективності роботи робочої системи, тобто вирішення практичних завдань. Наведемо у цьому плані визначення ергодизайну надане авторами в ДСТУ 3899:2013 [3]: «Комплексна людиноорієнтована інноваційна дисципліна з формування середовища життєдіяльності людини, що базується на системному врахуванні дизайнових та ергономічних вимог до об'єктів предметно-просторового середовища задля *оптимізації процесів діяльності, зберігання здоров'я людини та створювання комфортних умов її перебування у заданому середовищі*».

Як бачимо, в усіх документах наведені визначення ЛЧ і ергодизайну за своєю сутністю майже однакові. Ось чому саме ергодизайн обрано в якості основного засобу вирішення проблеми дослідження. І це – відповідь на **друге** питання.

Щоб відповісти на **третє** питання, спочатку потрібно визначити, а в чому саме основна відміна авіаційної системи пілотованої людиною, від безпілотних авіаційних комплексів?

На наш погляд, погляд фахівців з ергодизайну, основною відмінною є локалізація робочих місць операторів. Так, робоче місце пілота літака розташовано в його кабіні. Робоче місце дистанційного пілота, як зазначено у ст. 536 Повітряного кодексу України – *поза повітряним судном*. Звідси випливають відмінності цих двох видів повітряних суден, у тому числі особливості їхнього створення та експлуатації.

Оскільки всі характеристики робочого місця пілота літака, а також методи контролювання проектування, експлуатації та обслуговування пілотованих повітряних суден докладно досліджено, проаналізовано та стандартизовано, має бути здійснено майже такий самий комплекс досліджень, аналітичних розробок і створено нормативні документи, що стосуються безпілотної авіації.

Отже, на нашу думку, необхідно провести (і вже частково проведено авторами [4-16]) комплекс робіт з дослідження та формування методології ергодизайнерського забезпечення створення безпілотних авіаційних систем, яка має полягати у визначенні:

- напрямків, підходів і методів ергодизайнерського забезпечення проектування КБПС;
- принципів їх ергодизайнерського забезпечення їх експлуатації;
- ергодизайнерських вимог та показників до основних складників КБПС;
- методичних підходів до контролювання ергодизайнерських вимог на основних стадіях проектування та експлуатації КБПС;
- методик ергодизайнерського забезпечення проектування КБПС;
- принципів застосування ергодизайнерських методів визначення їх відповідності.

Ці роботи мають закласти теоретичний базис для проведення другого комплексу робіт, а саме з:

- розроблення та реалізації методів і нормативів з ергодизайнерської верифікації та валідації основних складників КБПС, які мають ґрунтуватись на:
  - системі ергодизайнерських показників основних складників КБПС;
  - системі ергодизайнерських методів оцінювання та визначення відповідності КБПС;
  - розроблення методики ергодизайнерської верифікації та валідації основних складників КБПС.

Початок проведення такого комплексу робіт вже покладено авторами в [1, 4-7]. Так

в [1] була охарактеризована система ергодизайнерських показників (СЕП)КБПС.

Логічним розвитком СЕП є уніфікація ергодизайнерських показників і розроблення системи уніфікованих ергодизайнерських показників (СУЕП) КБПС. До неї входять визначені нами і скориговані в процесі ергодизайнерського проектування КБПС сім груп показників:

- **ергономічні** (зручність використання; опановність; обслуговність; гігієнічність виробу та ін.);
- **естетичні** (образна виразність, оригінальність, раціональність форми; цілісність композиційно-пластичного вирішення, пластичність форми; частота виконання контурів; стійкість до пошкодження та ін.);
- **функційні** (універсальність використання виробу; досконалість виконання основної функції та допоміжних операцій та ін.);
- **експлуатаційні** (зручність експлуатації, зручність обслуговування; надійність виробу та ін.);
- **соціально-культурні** (соціальна адреса виробу; відповідність оптимальній номенклатурі, моральне старіння виробу та ін.);
- **дизайн-маркетингові** (ступінь відповідності виробу світовому рівню; відповідність виробу вимогам потенційного ринку та ін.);
- **дизайн-екологічні** (характер і ступінь впливу виробу на довкілля та ін.).

Кожен з цих комплексних показників репрезентується рядом одиничних показників, перелік і зміст яких наведено авторами в [7].

З метою всебічного врахування ЛЧ, СУЕП повинна містити також наступні психофізіологічні показники, додержання яких обов'язкове при проектуванні і експлуатації КБПС:

- **відповідність фізичним характеристикам оператора** (показники здорової, слухової систем; антропометричні показники; тактильна чутливість; сила і швидкість та реакції; енергетичні показники та ін.);
- **відповідність фізіологічним характеристикам оператора** (показники загального рівня здоров'я; розвитку втоми та ін.);
- **відповідність психологічним характеристикам оператора** (показники уваги, пам'яті; психомоторики; сприйняття та аналізу інформації, мотивації та ін.);
- **відповідність психосоціальним характеристикам оператора** (показники групової взаємодії; опосередкування міжособистісних відносин та ін.);
- **відповідність можливостям та обмеженням оператора** (показники алго-

ритмів діяльності, професійного навчання, навантажень; розміщення та компоновання робочих місць та ін.);

- **безпеки та нешкідливості робочого середовища** (показники мікроклімату, інших фізичних; хімічних, біологічних чинників та ін.).

Детальніше ці комплексні показники також охарактеризовані нами у вказаних вище публікаціях, а загальний вид системи показників для кожного із основних складників КБПС наведено у [6].

Одним з найбільш ефективних методів контролювання ергодизайнерських показників КБПС є їх ергодизайнерське оцінювання (експертиза) на основних стадіях їх проектування. Воно проводиться з метою визначення умов діяльності персоналу (зафіксованих у вигляді саме ергодизайнерських вимог) вже на початку їхнього проектування. Результати такого оцінювання дозволяють не тільки скоротити терміни освоєння КБПС, а і попередити нераціональні витрати на їх виробництво.

Ергодизайнерські вимоги повинні враховуватись під час розроблення технічної документації, технічних умов і обов'язково при вирішенні питань як виробництва так і експлуатації КБПС. При цьому експертиза ергодизайнерських характеристик обов'язково має проводитись на двох основних етапах: під час розроблення технічної документації та розроблення їх дослідних зразків. При розробленні технічної документації на проектування КБПС результати ергодизайнерського аналізу доцільно застосовувати для попереднього оцінювання ефективності їх розроблюваних зразків, зокрема технічних показників, що визначають ергодизайнерські властивості їх складників, умов експлуатації, ергономічного і функційного рівня якості та ремонтпридатності як у цілому КБПС так і основних його елементів.

На етапі розробки технічного завдання аналізу (експертизи) підлягають, насамперед, ергономічні та функційні вимоги до проєтованих елементів, які повинні розглядатись з урахуванням результатів аналізу їх функційних властивостей у цілісному об'єкті з прогнозованим рівнем підготовки операторів. Відповідно до результатів аналізу в технічне завдання повинні бути внесені також вимоги до якості виробничого виконання складників, вимоги до їх форми, габаритів, колірного вирішення тощо, які забезпечують досягнення композиційної цілісності, виразності, стильової єдності як складників так і у цілому КБПС.

Оцінювання ергодизайнерського рівня якості КБПС доцільно проводити і на етапах технічного (ескізного) проекту та розробки дослідних зразків КБПС.

На етапі технічного (ескізного) проекту доцільно аналізувати в першу чергу ергодизайнерські властивості макетів складників, але у разі оцінювання якості лише макетів залишається відкритим питання про рівень виробничого виконання виробу, тому оцінка властивостей складника КБПС на основі макету вимагає уточнення при розробленні дослідного зразка.

Доцільно зіставляти ергодизайнерські показники раніше розглянутого макету складника КБПС з його дослідним зразком. Аналіз дослідного зразка дозволяє визначити як погоджуються між собою функційні, технічні, ергономічні та естетичні характеристики КБПС.

Однак далеко не всі ергодизайнерські показники можуть бути визначені і оцінені на макетах. Лише аналіз складників в реальних умовах експлуатації дозволяє остаточно сформулювати і обґрунтувати параметри елементів КБПС та (за необхідності) рекомендувати їх коригування з урахуванням ергодизайнерських вимог.

Розглянемо організаційно-методичні аспекти застосування СУЕП.

Ергодизайнерське оцінювання якості доцільно здійснювати шляхом заповнення групою експертів електронних таблиць, заснованих на СУЕП, з подальшим їх програмним обробленням для отримання кінцевих результатів у вигляді узагальненого показника якості для кожного зі складників КБПС та загального показника якості – для КБПС в цілому (згідно з вимогами розробленого авторами ДСТУ 9067 [14]).

Суттєвого спрощення процедур оцінювання можна досягти використовуючи методичні принципи створення систем підтримки прийняття рішень (СППР), надзвичайно поширених на часі, які вирішують два основні завдання:

- впорядкування можливих вирішень за перевагою (ранжування);
- вибір найкращого вирішення з безлічі можливих (оптимізація).

Окремим варіантом СППР є автоматизовані системи експертного оцінювання (АСЕО). Це багаторівневі системи, що дозволяють організувати проведення експертизи від формування цілей і конкретного змісту до визначення результату. Найпростішим АСЕО може стати автоматизована система ергодизайнер-

ського оцінювання якості КБПС. Скорочено назвемо її АСЕДО БАС. Умовно вона повинна мати три частини: теоретичну, програмну та експертну.

Перша забезпечує комплексний аналіз КБПС на основі попереднього визначення оцінок одиничних ергодизайнерських показників та їх коефіцієнтів вагомості. Значення середнього зваженого показника визначається як сума всіх оцінок одиничних показників з урахуванням їх коефіцієнтів вагомості (тобто зважених оцінок).

$$Q = \sum_{i=1}^n m_i P_i,$$

де: **Q** – значення оцінки АСЕДО якості продукції;

**P<sub>i</sub>** – значення оцінки і-го одиничного показника, встановленого СУЕП;

**m<sub>i</sub>** – коефіцієнт вагомості і-го показника;

**n** – кількість оцінюваних показників.

В рамках програмної частини АСЕДО автоматизоване ергодизайнерське оцінювання можна здійснювати заповненням групою експертів електронних таблиць, заснованих на СУЕП, з подальшим програмним обробленням для отримання кінцевих результатів у вигляді узагальненого показника якості для кожного зі складників КБПС та їх загального показника якості. Це завдання не є принципово новим у системотехніці, отже можливість вирішити його надамо програмістам.

Експертна частина АСЕДО безпосередньо пов'язана зі споживачами програми (у нашому випадку – експертами) – ось чому вона в першу чергу цікава як об'єкт ергодизайну.

Будь-якою комп'ютерною програмою керують за допомогою інтерфейсу. Отже спроектуємо інтерфейс АСЕДО. Принципово таблиці обчислення середнього зваженого показника повинні мати такі самі графі, що відповідають змінним у наведеній вище формулі – **P<sub>i</sub>** та **m<sub>i</sub>**. **P<sub>i</sub>** – значення оцінки і-го одиничного показника, встановленого СУЕП.

СУЕП встановлює біля сотні вимог (показників). Тому, кількість ергодизайнерських вимог для конкретного складника КБПС може бути від десятка до сотні. Зокрема, кількість показників якості для узятій як приклад НСК (див. також [1]), становить біля 80. А відтак, кожен з експертів повинен мати перед очима таблицю з цими показниками, кожному з яких він має поставити оцінку в заданому діапазоні згідно зі стандартизованою процедурою, встановленою розробленим авторами ДСТУ 7247 [15]. Звісно, зазначену кількість можна суттєво

знизити, якщо застосовувати показники вищого рівня – комплексні (які під час обчислення виступають у якості одиничних). Наприклад, комплексних показників якості першого рівня в ергономічній групі показників СУЕП усього шість.

У будь-якому випадку, відповідно до процедури, на першому етапі експертизи має бути виконано аналізування та відбір показників.

Визначення загального ергодизайнерського рівня якості складника КБПС також має містити коефіцієнти вагомості (рейтинги) кожного показника. Зазвичай під час визначення коефіцієнтів вагомості експерти виходять з умови, що сума всіх коефіцієнтів вагомості дорівнює одиниці (метод фіксованої суми). Ця умова діє і тоді, коли коефіцієнти вагомості для декількох груп показників визначаються послідовно. У разі визначення коефіцієнтів вагомості значної кількості показників (понад сім-дев'ять) їхня сукупність розбивається на відповідну кількість цілих груп. До кожної групи долучають не більше семи-дев'яти показників, для яких варто дотримуватися додаткової умови: сума коефіцієнтів вагомості окремих показників усередині групи має дорівнювати коефіцієнту вагомості, прийнятому експертами для всієї групи.

Наведено у таблиці 1 приклад визначення ергономічного рівня якості для НСК із застосуванням комплексних показників 1-го рівня та 10-ти бального діапазону значень експертних оцінок.

Таблиця 1

Показник згідно з СУЕП	$m_i$	$P_i$	$Q_{\text{ерг}}$
Зручність використання НСК за призначенням	0,3	8	<b>8,2</b>
Зручність керування і контролю (керованість)	0,2	9	
Опановність НСК	0,1	7	
Обслугованість НСК	0,15	9	
Гігієнічність НСК	0,1	6	
Безпечність НСК	0,15	9	

Визначимо з цих позицій ще один з методичних аспектів – питання ергодизайнерської верифікації та валідації основних складників КБПС.

ДСТУ EN ISO 11064-7 [17] визначає верифікацію як «підтвердження за допомогою надання об'єктивних доказів того, що зазначені вимоги було виконано». Він же надає таке визначення валідації: «підтвердження за допомогою надання об'єктивних доказів того, що зазначені вимоги було виконано».

Отже, основним доказом відповідності КБПС як об'єкта ергодизайну, що розглядається у цій публікації, повинна бути відповідність його технічних параметрів ергодизайнерським зокрема психофізіологічним характеристикам і можливостям людини (оператора). Це положення, як вже відмічалось, є наслідком реалізації антропоцентричного підходу та застосування ЛЧ як домінуючого чинника ергодизайнерського проектування.

Отже, *валідація* у техніці чи системі менеджменту якості КБПС є доказом того, що вимоги конкретного користувача чи системи задоволені. Верифікація – зазвичай внутрішній процес управління якістю, що засвідчує відповідність правилам, стандартам чи специфікаціям. Принципова різниця між валідацією та верифікацією полягає у тому, що валідація підтверджує, що «створено ефективний КБПС», а верифікація підтверджує, що створено саме такий КБПС, який було намір створити.

Іншими словами, верифікація виконується методом перевіряння відповідності характеристик КБПС заданим вимогам, а її результатом є висновок щодо відповідності цим вимогам.

Валідацію виконують методом аналізу заданих параметрів використання та оцінювання відповідності характеристик КБПС потребам користувачів. Її проводять у разі необхідності. Результатом є висновок щодо безпеки та умов використання КБПС. В обох випадках потрібно оцінювання їх характеристик. Звісно, що під час ергодизайнерської верифікації та валідації КБПС та їх складників оцінюванню підлягають саме ергодизайнерські показники, що обумовлює застосування СУЕП і що, в свою чергу потребує використання системи ергодизайнерських методів оцінювання та визначення відповідності.

Замовник КБПС завжди віддає перевагу валідації, оскільки йому набагато важливіша відповідність виробу експлуатаційним вимогам, ніж, скажімо, відповідність технології його виготовлення стандартам, нормам і правилам. Пояснимо ці положення на прикладі ергодизайнерської верифікації та валідації робочого місця дистанційного пілота БПС за пультом керування стаціонарної наземної станції керування розташованої у спеціальному підземному приміщенні. Допустимо, що проектування НСК виконувалося з виконанням усіх технічних вимог і згідно з вимогами ДСТУ EN ISO 11064-7. При цьому у сертифікаційний базис увійшли всі вимоги цього стандарту за виключенням вимог до якості повітря. У разі затвердження такого

сертифікаційного базису, приміщення НСК може бути сертифіковано. Але валідацію воно не пройде, оскільки під час вимірювання параметрів повітря з'ясується, що вони неприйнятні для багатогодинного перебування певної кількості людей у цьому приміщенні. Так саме не пройде валідацію сертифікована переносна НСК, якщо в неї не передбачено локальне освітлення органів керування та індикаторів, оскільки її використання має передбачати нічні часи роботи в польових умовах.

Отже, можна сказати що обидва процеси схожі між собою і часто виконуються разом, оскільки під час обох потрібно здійснювати вимірювання та оцінювання, але при цьому вони оперують різними параметрами – у разі верифікації найчастіше оцінюються технічні параметри об'єкта, а у разі валідації – пов'язані з людським чинником, тобто ергономічними. Відповідно відрізняються й методи оцінювання КБПС.

Розглянемо структуру та зміст методики ергономічної верифікації та валідації основних складників КБПС.

Згідно з [18, стор. А-В 14] програма сертифікації, яку як частину ознайомлення з технічними даними конкретного проекту надає заявник, має включати проект програми, що містить таку інформацію:

- опис проекту, включно з очікуваними видами експлуатації;

- запропоновані вимоги для сертифікації, спеціальні умови, пропозиції з прийняття еквівалентних рівнів безпеки польотів та вимоги захисту довкілля;

- опис запропонованих методів визначення відповідності, а також обраних рекомендаційних матеріалів. При цьому опис методів визначення відповідності має бути достатнім для того, щоб встановити, що будуть отримані всі необхідні дані і відповідність може бути доведена;

- контрольний перелік відповідності для кожного пункту сертифікаційного базису і кожної вимоги захисту довкілля, що застосовуються для цього КБПС, із зазначенням коду МВВ і відповідного доказового документу.

Зауважимо, що принциповим, надзвичайно важливим положенням для мети такої роботи є те, що ці пункти переліку не суперечать основним пунктам переліку, наведеному у згаданому вище ДСТУ EN ISO 11064-7. Навіть аббревіатура МВВ (методи визначення відповідності) в першому документі повністю співпадає зі змістом аббревіатури МВВ (методи верифікації та валідації) – у другому.

Останній пункт згаданого вище переліку є ціллю всіх попередніх дій у ньому, оскільки за допомогою контрольного переліку МВВ здійснюється верифікація та валідація основних складників КБПС. Отже, схематично методика ергономічної верифікації та валідації основних складників КБПС повинна мати таку послідовність:

- проектування МВВ;
- ергономічне оцінювання КБПС;
- здійснення процесів ергономічної верифікації та валідації.

Ще раз зазначимо, що з методичної точки зору процес ергономічної верифікації та процес ергономічної валідації тотожні і структурно однакові. Під час їхнього виконання оперують різними показниками, які визначені у СУЕП, але у різних її розділах.

Ці заходи є лише першою спробою формалізувати процеси ергономічної верифікації та валідації основних складників КБПС, і на її ґрунті розробити нормативну документацію щодо вирішення проблеми урахування ЛЧ у сфері проектування та експлуатації безпілотних авіаційних комплексів. Для цього потрібні більш детальне формування структури, змісту ергономічної верифікації і валідації основних складників КБПС та системна стандартизація основних процесів. Це справа подальших досліджень.

## **ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Сучасні підходи з розвитку в Україні проектування, виготовлення й експлуатації вітчизняних КБПС орієнтовані на європейські підходи, вимагають суттєвого оновлення і переосмислення базових підходів і критеріїв ергономічного забезпечення проектування КБПС: від постановки задач до оцінювання кінцевого результату. На відміну від попередніх етапів розвитку вітчизняного ергономічного безпілотних авіаційних систем, де головним критерієм ефективності та якості ергономічних розробок вважалося досягнення функціонально-естетичної виразності форми окремого виробу, у сучасних умовах першочерговими є завдання поглибленого аналізу принципової доцільності створення об'єктів, зокрема КБПС, їх органічного включення в загальні системи життєдіяльності людини, мінімізації матеріальних та енергетичних затрат на їх виготовлення, уніфікацію з подібними виробами, можливості їх переробки у кінці «життєвого циклу», та, головне, унормування, ергономічних вимог і по-

казників КБПС, під час якого необхідно додержуватись наступних методичних підходів:

- закріплення в нормативній документації найбільш перспективних методів і засобів ергодизайнерського проектування;
- додержання (привнесення) «людської міри» під час створення об'єктів техніки, сердовища їх виробництва та експлуатації;
- періодичної актуалізації (оновлення) чинної нормативної ергодизайнерської бази КБПС;
- пріоритету гуманізації під час унормування процедур їх створення.

У цілому вітчизняна філософія ергодизайнерської методології створення й експлу-

атації безпілотних авіаційних комплексів потребує, як свідчать результати досліджень останніх років, суттєвого оновлення. Не тільки техніко-економічні аспекти функціонування КБПС, а, насамперед психофізіологічні, соціальні, культурні та інші відмінності майбутнього користувача повинні обумовлювати, як діапазон можливостей, так і ступінь ефективності, безпечності, функційності та пластично-образної новизни майбутніх КБПС. Це і є завданням наступних дослідницьких, експериментально-наукових та проектних розробок в галузі створення вітчизняних безпілотних авіаційних комплексів.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Рубцов А.Л., Свірко В.О., Остроумов І.В. Комплекси безпілотних повітряних суден: ергодизайнерські показники/Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Дизайн.К.: НАУ, 2022. Вип. 25. С.175-183. doi: 10.18372/2415-8151/25/16794
- [2] Introduction to Human Factors Engineering. <https://web.archive.org/web/20180619090847/http://opac.vimaru.edu.vn:80/edata/EBook/An%20intruduction%20to%20human%20factors%20engineering.pdf>
- [3] ДСТУ 3899:2013 Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення основних понять.
- [4] Ostroumov I.V., Svirko V., Rubtsov A. Unmanned Aerial System Quality Evaluation Based on Ergodesign Analysis. Actual problems of unmanned aerial vehicles development: 6th International Conference of IEEE. 2021. P. 195-199.
- [5] Матійчик М.П., Рубцов А.Л., Свірко В.О., Харченко В.П., Фузик М.І. Ергодизайн безпілотних повітряних суден. Київ, УкрНДІ ДЕ, 2019. 192 с.
- [6] В. Дружинін, І. Остроумов, А. Рубцов, В. Свірко, Т. Ударцева. Авіаційні системи: ергодизайнерське забезпечення проектування та експлуатації. Київ: НАУ, 2021. 200 с.
- [7] А.Л. Рубцов, В.О. Свірко, М.П. Матійчик, В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова. Методологія ергодизайнерського оцінювання комплексів безпілотних повітряних суден. Монографічне видання. Київ: НАУ, 2021. 219 с.
- [8] ДСТУ 8958:2019 «Дизайн і ергономіка. Робочі місця дистанційних пілотів безпілотних повітряних суден. Номенклатура показників якості»
- [9] ДСТУ 4055-2001 Дизайн і ергономіка. Номенклатура дизайнових та ергономічних показників якості продукції виробничо-технічного призначення
- [10] ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
- [11] ДСТУ 7298:2013 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання естетичного рівня якості промислової продукції
- [12] ДСТУ 7895:2015 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання ергономічного рівня якості промислової продукції

## REFERENCES

- [1] Rubtsov A., Svirko V., Ostroumov I. Unmanned aerial vehicle systems: ergodesign indicators/Theory and practice of design. Design. 1(25). P. 175-183. doi: 10.18372/2415-8151.25.16794
- [2] Introduction to Human Factors Engineering. <https://web.archive.org/web/20180619090847/http://opac.vimaru.edu.vn:80/edata/EBook/An%20intruduction%20to%20human%20factors%20engineering.pdf>
- [3] DSTU 3899:2013 Design and ergonomics. Glossary and main definitions.
- [4] Ostroumov I.V., Svirko V., Rubtsov A. Unmanned Aerial System Quality Evaluation Based on Ergodesign Analysis. Actual problems of unmanned aerial vehicles development: 6th International Conference of IEEE. 2021. P. 195-199.
- [5] Matiichyk M.P., Rubtsov A.L., Svirko V.O., Kharchenko V.P., Fuzik M.I. Ergodesign of unmanned aircraft. Kyiv, UkrNDI DE, 2019. 192p.
- [6] V. Druzhinin, I. Ostroumov, A. Rubtsov, V. Svirko, T. Udartseva. Aviation systems: ergodesign support of design and operation. Kyiv: NAU, 2021. 200 p.
- [7] Methodology of ergodesign evaluation of un-manned aerial vehicle complexes / Monographic edition / A. Rubtsov, V. Svirko, M. Matiychyk, V. Kharchenko, T. Shmelyova. Kyiv: NAU, 2021. 219 p.
- [8] DSTU 8958:2019 Design and ergonomics. Jobs of remote pilots of unmanned aircraft. Nomenclature of quality indicators
- [9] DSTU 4055-2001 Design and ergonomics. Nomenclature of design and ergonomic quality indicators of production and technical products
- [10] DSTU 7234:2011 Design and ergonomics. Production equipment. General requirements of design and ergonomics
- [11] DSTU 7298:2013 Design and ergonomics. Rules for assessing the aesthetic level of quality of industrial products
- [12] DSTU 7895:2015 Design and ergonomics. Rules for evaluating the ergonomic level of quality of industrial products
- [13] DSTU 7896:2015 Design and ergonomics. Rules for evaluating the functional level of quality of industrial products



[13] ДСТУ 7896:2015 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання функційного рівня якості промислової продукції

[14] ДСТУ 9067:2021 Дизайн і ергономіка. Комплекси безпілотних повітряних суден. Правила оцінювання рівня якості

[15] ДСТУ 7247:2011 Дизайн і ергономіка. Експертиза якості промислової продукції. Основні положення

[16] ДСТУ 8957:2019 «Дизайн і ергономіка. Комплекси безпілотних повітряних суден. Номенклатура показників якості»

[17] ДСТУ EN ISO 11064-7 «Проектування центрів керування ергономічне. Частина 7. Принципи оцінювання центрів керування»

[18] Прийнятні методи відповідності та керівний матеріал для сертифікації повітряних суден, пов'язаних з ними виробів, компонентів та обладнання, а також організацій розробника та виробника (АМС та GM до АПУ-21(Part-21)) (Затверджені Наказом ДАСУ від 26.04.2019 № 529). [https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2019/06/Aviatsijni-pravila-Ukrayini-APU-21Part-21\\_27\\_06\\_2019.pdf](https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2019/06/Aviatsijni-pravila-Ukrayini-APU-21Part-21_27_06_2019.pdf).

[14] DSTU 9067:2021 Design and ergonomics. Complexes of unmanned aircraft. Quality assessment rules

[15] DSTU 7247:2011 Design and ergonomics. Examination of the quality of industrial products. Substantive provisions

[16] DSTU 8957:2019 Design and ergonomics. Complexes of unmanned aircraft. Nomenclature of quality indicators

[17] DSTU EN ISO 11064-7 Ergonomic design of control centers. Part 7. Principles of evaluation of control centers

[18] Acceptable compliance methods and guidance material for the certification of aircraft, related products, components and equipment, as well as developer and manufacturer organizations (Part-21) (Approved by the Order of the DASU from 04/26/2019 No. 529). [https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2019/06/Aviatsijni-pravila-Ukrayini-APU-21Part-21\\_27\\_06\\_2019.pdf](https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2019/06/Aviatsijni-pravila-Ukrayini-APU-21Part-21_27_06_2019.pdf).

## ABSTRACT

**Rubtsov A., Svirko V., Otroumov I. Complexes of Unmanned Aircraft: methodological aspects of the formation and application of the system of ergos design requirements and indicators.**

*Article is grounded on results of scholar research which make possible to form the basic directions of future development in increasing efficiency, safety and comfort of Unmanned Aircraft Systems (UAS) operation. That can be possible due to using systematic application of ergodesign principles, methodological techniques and methods of their design and operation; development of ergodesign methods, indicators and requirements for ensuring the development of Unmanned Aerial Systems and relevant rules and methodical actions for their application based on comprehensive consideration of the human factor in the creation of such systems.*

*The article is next part of publication in 25th issue of this journal [1], in which authors proposed an approach to the design and operation of UAS, according to which ergodesign is considered not only as a progressive methodology for the creation and production of high-quality scientific products, but as a different from the traditional design of products Ergodesign is a designing activity that takes into account the requirements of the human factor at each stage of the development and operation of unmanned aircraft systems. First of all, from implementation requirements and indicators of efficiency, safety and comfort of using UAS.*

*The first steps in this direction is the definition, formation and substantiation of ergodesign quality indicators for main components of UAS were made in the above-mentioned publication and previous works of the authors [1, 5-7].*

*This article deals with the methodological aspects of development and application of ergodesign indicators and requirements for Unmanned Aircraft Systems.*

**Keywords:** *Unmanned Aircraft Systems; ergodesign quality indicators, ergodesign requirements for the main components of UAS; psychophysiological requirements; ergonomic design verification and validation.*

**AUTHOR'S NOTE:**

**Rubtsov Anatoly**, Senior Researcher of the Ukrainian Research Institute of Design and Ergonomics of the National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: [ndi-design@ukr.net](mailto:ndi-design@ukr.net), orcid:0000-0002-7992-8236

**Svirko Vladimir**, Candidate of Psychological Sciences, Director of the Ukrainian Research Institute of Design and Ergonomics of the National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: [ndi-design@ukr.net](mailto:ndi-design@ukr.net), orcid: 0000-0002-6482-6827

**Otroumov Ivan**, Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the Department of Aeronautical Systems of the National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: [ostroumov@ukr.net](mailto:ostroumov@ukr.net), orcid: 0000-0003-2510-9312

Стаття подана до редакції 29.10.2022 р.  
Стаття прийнята до друку 10.11.2022 р.