

УДК 004.9

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-1(1)-97-105

Андрій Акименко, Ольга Башинська, Володимир Казимир,
Юрій Камак, Сергій Нестеренко

ОБҐРУНТУВАННЯ НОМЕНКЛАТУРИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ АВІАЦІЙНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Актуальність теми дослідження. Сучасні тенденції розвитку безпілотних авіаційних комплексів (БпАК), зростання їхньої складності, вартості створення та експлуатації вимагають підвищеної уваги до якості функціонування систем керування комплексом. Оцінка якості системи керування є однією з важливих проблем, що постають перед розробниками безпілотних комплексів, оскільки немає загального підходу до формування переліку показників якості як для систем керування взагалі, так і для БпАК зокрема. Тому існує потреба в розробці методу формування узагальненої номенклатури показників якості системи керування БпАК для отримання кількісної оцінки якості функціонування системи керування.

Постановка проблеми. Здатність системи керування БпАК задовольняти вимогам експлуатації визначається через сукупність показників якості, які мають кількісні характеристики, що підлягають вимірюванню. Але на сьогодні немає науково обґрунтованого підходу до формування номенклатури показників якості системи керування БпАК.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглянуто останні публікації у відкритому доступі, включаючи національні стандарти забезпечення якості.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Розробка науково обґрунтованої технології формування номенклатури показників якості системи керування БпАК.

Постановка завдання. Створення номенклатури показників якості системи керування БпАК на основі відомих показників якості БпАК, з урахуванням сучасних вимог щодо його функціонування.

Виклад основного матеріалу. Для формування номенклатури показників якості системи керування БпАК пропонується метод, що використовує групи показників якості БпАК та програмного забезпечення системи керування БпАК. Метод базується на гомоморфності номенклатур систем суміжних до системи керування БпАК.

Висновки відповідно до статті. Запропонована концепція формування показників якості системи керування безпілотних авіаційних комплексів та розроблена інформаційна технологія, що дозволяє сформувати номенклатуру показників якості системи керування БпАК.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати; безпілотні авіаційні комплекси; система керування БпАК; показники якості системи керування; якість.

Рис.: 3. Табл.: 4. Бібл.: 8.

Постановка проблеми. Безпілотні літальні апарати (БпЛА) набули сьогодні широкого розповсюдження як у цивільній сфері, так і при вирішенні специфічних військових завдань. Застосування БпЛА вимагає наявності значної кількості допоміжних технічних засобів, тому зазвичай розглядаються не ізольовані БпЛА, а комплекси, куди БпЛА входять як структурний компонент. Особливого розповсюдження набули БпАК на базі малих та середніх БпЛА, враховуючи їхню дешевизну та простоту використання [1].

Ефективне використання БпЛА неможливе без системи керування (СК), яка є однією з критично важливих підсистем безпілотного авіаційного комплексу (БпАК). Саме СК БпАК забезпечує реалізацію плану місії використання БпЛА, починаючи від формування плану польоту та його корегування в реальному часі до вироблення управляючих впливів на органи керування обладнанням та механізмами БпЛА.

Крім того, практика застосування БпАК формує дві додаткові вимоги до їхньої СК, які, на перший погляд, є суперечливими:

1) сучасні СК БпАК повинні допускати їх інтеграцію в розподілені мережецентричні системи керування полем бою [2];

2) одночасно СК повинна забезпечити автономність функціонування БпАК на випадок прийняття оперативних рішень.

Здатність СК задовольняти вказаним вимогам визначається через сукупність показників якості, які мають кількісні характеристики, що підлягають вимірюванню. У свою чергу, якість СК може бути оцінена як загальноприйнятими показниками, так і додатковими, що властиві цій системі, виходячи з її цільового призначення. Якщо враховувати, що кожен з показників якості відповідає якійсь властивості СК, то можна зауважити, що у своїй сукупності всі властивості СК утворюють певну номенклатуру показників якості. На сьогодні немає науково обґрунтованого підходу до формування номенклатури показників якості СК БпАК.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] наведено перелік критеріїв оцінювання якості СК БпАК, але такий набір є обмеженим і може бути застосований тільки до групи БпАК зі схожим цільовим призначенням.

У роботі [2] викладено узагальнену класифікацію БпАК, для чого виділяються 16 критеріїв, серед яких, крім інших, фігурує й ознака «тип системи керування». Зокрема, автори перелічують 12 різновидів систем керування БпАК. Але ці різновиди, не пов'язані між собою, їх ознаки не формулюються у розрізі порівняння показників якості, а зводяться до перелічення технічних особливостей реалізації.

У роботі [3] автори наводять перелік показників якості БпАК загалом, не виділяючи СК. Водночас, оскільки СК є лише складовою частиною БпАК, то пропонувані в цій роботі показники не можуть бути повністю відповідати властивостям СК БпАК.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає в аналізі відомих показників якості БпАК та створенні на їх основі номенклатури показників якості СК БпАК з урахуванням сучасних вимог щодо її функціонування.

Базова концепція формування номенклатури показників якості.

На підставі позицій системного підходу, при формуванні номенклатури показників якості (ПЯ) слід спиратися на ієрархічну структуру СК БпАК (рис. 1), яка співпрацює зі своїм зовнішнім оточенням, наприклад, оперативно-тактичною системою поля бою, якщо йдеться про БпАК військового призначення. У свою чергу, типові БпАК базуються на використанні мікроелектронних пристроїв керування – мікроконтролерах, що здійснюють управління бортовою частиною БпЛА. Наприклад, це стосується різних версій автопілотів на базі мікроконтролерів Arduino та аналогічних їм [4]. Тому невід'ємною частиною СК БпАК слід вважати програмне забезпечення (ПЗ), у тому числі й ПЗ наземних станцій керування (наприклад, Mission Planner та APM Mission Planner 2 [5]).

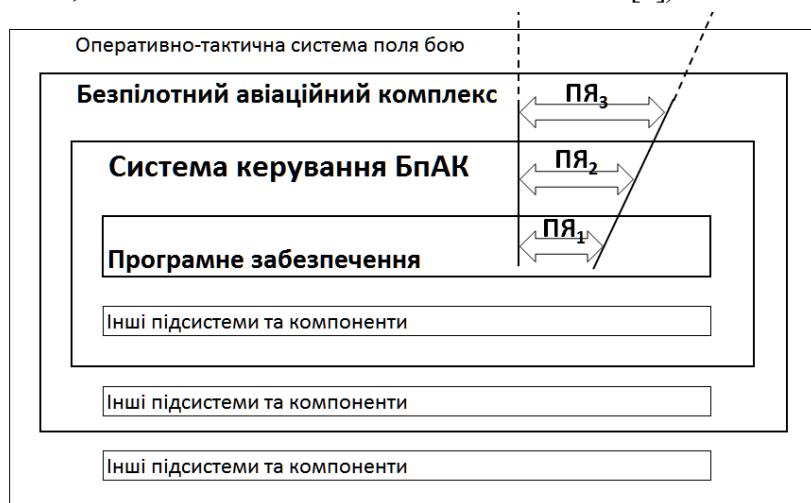


Рис. 1. Ієрархічна структура БпАК

Поряд із наведеною ієрархією складових БпАК у цій ієрархічній структурі спостерігається ієрархія показників якості, що відносяться до певних підсистем. Наприклад, кожній з них може бути притаманним показник «надійність». Так, «надійність» ПЗ може оцінюватися характеристиками надійності комп'ютерного обладнання, такими як час напрацювання на відмову чи число відмов на одиницю часу, тоді як «надійність» СК буде розкриватися через інші характеристики, а саме: час прийняття рішення чи час передачі блока даних. Що ж стосується БпАК загалом, то для нього «надійність» може характеризуватися ймовірністю виконання місії або числом виявлених цілей.

У свою чергу, показники якості між собою можуть бути пов'язані відношенням класифікації, якому теж притаманна ієрархія. Та ж сама «надійність» ПЗ може бути роз-

крита через такі властивості, як цілісність, живучість, завершеність та працездатність [8], а «надійність» БпАК може представлятися через довговічність, збереженість та ремонтпридатність [7].

Якщо вивести за межі розгляду конкретні кількісні характеристики, то можна вважати, що номенклатура показників являє собою впорядковану систему, побудовану на принципі ієрархії.

Дамо формальне обґрунтування цьому висновку.

Позначимо $ПЯ_j = \{ПЯ_{ji}\}$ – множину показників якості, а Ω_j – відношення класифікації на j -му рівні ієрархічної структури системи, $i = \overline{1, n_j}$.

Тоді для структури, що наведена на рис. 1, будемо мати:

– $N_1 = \langle ПЯ_1, \Omega_1 \rangle$ – алгебраїчну систему, що відповідає номенклатурі показників якості програмного забезпечення;

– $N_2 = \langle ПЯ_2, \Omega_2 \rangle$, – алгебраїчну систему, що відповідає номенклатурі показників якості СК БпАК;

– $N_3 = \langle ПЯ_3, \Omega_3 \rangle$, – алгебраїчну систему, що відповідає номенклатурі показників якості БпАК.

Враховуючи таку ієрархію, дані алгебраїчні системи знаходяться між собою у відношенні «ціле-частина», яке є транзитивним. Тому справедливими є такі твердження

$$\Gamma_1 : N_1 \rightarrow N_2, \Gamma_2 : N_2 \rightarrow N_3, \quad (1)$$

де Γ_1 та Γ_2 – відповідно відображення номенклатури системи нижчого рівня ієрархії на номенклатуру системи вищого рівня. Існування відображень Γ_1 та Γ_2 встановлює гомоморфність номенклатур N_1, N_2, N_3 .

Оскільки номенклатури, що розглядаються, гомоморфні, то їх множини-носії $ПЯ_1, ПЯ_2, ПЯ_3$ також гомоморфні. Отже, якщо відомі множини-носії $ПЯ_1, ПЯ_3$ для номенклатур N_1, N_3 , то існують правила відображення B_1, B_2 , які описують гомоморфізм множин $ПЯ_1, ПЯ_3$ на множину $ПЯ_2$:

$$B_1 : ПЯ_1 \rightarrow ПЯ_2, \quad B_2 : ПЯ_3 \rightarrow ПЯ_2 \quad (2)$$

Застосувавши правила гомоморфізму (2), отримаємо

$$\{ПЯ_{2i}\}_1 = \{ПЯ_{1i}\}B_1\{ПЯ_{2i}\}; \quad (3)$$

$$\{ПЯ_{2i}\}_2 = \{ПЯ_{3i}\}B_2\{ПЯ_{2i}\},$$

де $\{ПЯ_{2i}\}_1$ – множина показників якості СК БпАК, отримана з множини-носія $ПЯ_1$;

$\{ПЯ_{2i}\}_2$ – множина показників якості СК БпАК, отримана з множини-носія $ПЯ_3$.

Для реалізації відношення класифікації, визначимо групи еквівалентності показників якості щодо СК БпАК та згорнемо їх шляхом об'єднання отриманих у (3) множин.

$$ПЯ_2' = \{ПЯ_{2i}\}_1 \cup \{ПЯ_{2i}\}_2. \quad (4)$$

Отримана в (4) множина $ПЯ_2'$ є базовою для множини показників якості СК БпАК, але може включати надлишкові дані. Для виключення надмірного дублювання даних необхідно провести оптимізацію $ПЯ_2'$, застосувавши закон ідемпотентності. У результаті отримаємо множину-носій $ПЯ_2$ для номенклатури показників якості системи керування БпАК.

Описана концепція може бути представлена у вигляді інформаційної технології формування номенклатури показників якості СК БпАК, схема якої наведена на рис. 2.

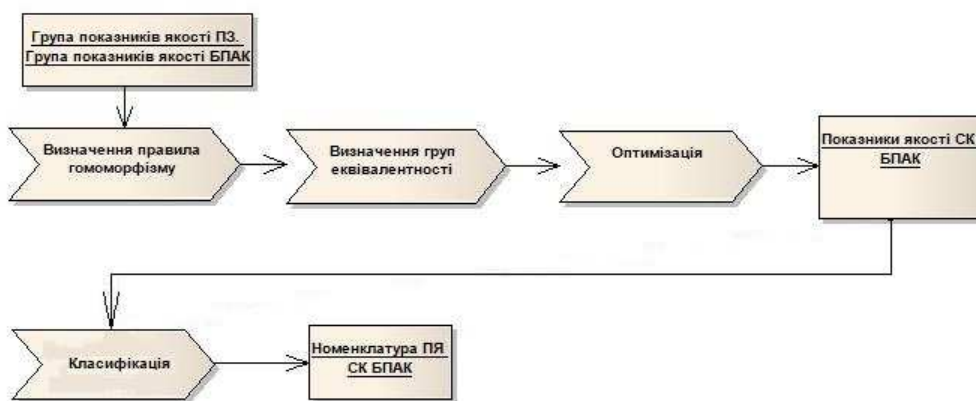


Рис. 2. Схема інформаційної технології формування номенклатури показників якості СК БпАК

Групи показників якості СК БпАК.

Для формування вихідних груп показників якості розглянемо структуру БпАК (рис. 3), складовою якої є СК. У цій структурі наведені ті компоненти, що забезпечують реалізацію функцій керування, а саме: обробку, трансформацію і передачу даних, та інформаційно підтримують прийняття рішень щодо поведінки БпЛА, її зміни залежно від умов експлуатації.



Рис. 3. Структура БпАК

Для визначення відношень та формування груп показників якості СК БпАК застосовано компонентний підхід, викладений у ДСТУ ІСО 9000:2007 [7], за якого якість характеризується через множину окремих показників якості.

Виходячи із загальних вимог Total Quality Management [6], формулювання показників якості будемо проводити на підставі чотирьох груп відповідностей, представлених у табл. 1.

Таблиця 1

Групи відповідностей показників якості

№ п/п	Група відповідностей	Зміст показників якості
1.	Якість як відповідність стандарту	Якість визначається за відповідністю раніше визначеним стандартам, які описують параметри процесу
2.	Якість як відповідність застосуванню	Якість визначається виходячи з вимог споживача на використання продукції
3.	Якість як відповідність вартості	Якість є наслідком продуктивності організації, зниження витрат і реальної економії при випуску продукції
4.	Якість як відповідність потребам	Якість визначається на підставі того, чи змогла організація виявити потреби користувача та запропонувати продукцію, яка відповідає цим потребам

Наведені відповідності дають можливість структурувати перелік показників якості будь-якого об'єкта чи процесу на самому верхньому рівні, тобто встановити відносини між показниками та властивостями, шляхом їх класифікації.

Показники якості суміжних систем.

Згідно з ієрархічною структурою БпАК (рис. 1) суміжної системою нижнього рівня є програмне забезпечення. Для формування множини ПЯ₁ використовуємо ДСТУ ІСО 9126-1:2013 [8], який надає перелік характеристик внутрішньої та зовнішньої якості ПЗ. Враховуючи цей перелік, згідно з (3), отримуємо адаптовану до СК БпАК множину показників якості $\{ПЯ_{2i}\}_1$ (табл. 2).

Таблиця 2

Група показників якості СК БпАК $\{ПЯ_{2i}\}_1$

Показник якості СК БпАК	Зміст показника
Функціональність	Здатність СК надавати функції, які відповідають заявленим, у разі використання відповідно до заданих умов
Функціональна придатність	Здатність СК надавати відповідний набір функцій для специфікованих завдань і цільових показників користувача
Точність	Здатність СК забезпечувати правильні результати або виконувати дії з потрібним рівнем точності
Взаємодійність	Здатність СК взаємодіяти з однією чи більше специфікованими системами
Захищеність	Здатність СК захищати інформацію і дані
Надійність	Здатність СК підтримувати встановлений рівень експлуатаційних характеристик під час використання за заданих умов
Відмовотривкість	Здатність СК підтримувати встановлений рівень експлуатаційних властивостей після відмови одного або декількох складових компонентів
Відновність	Здатність СК повторно встановити специфікований рівень експлуатаційних характеристик і відновити дані, які безпосередньо пошкоджено в разі відмови.
Відповідність нормам надійності	Здатність СК відповідати стандартам, угодам або правилам, які стосуються надійності
Зручність використання	Здатність СК бути зрозумілою, такою що керується і привабливою для користувача під час використання за заданих умов
Зрозумілість	Здатність СК надати можливість користувачу зрозуміти, чи є СК прийнятною, і як її можна використовувати для конкретних завдань і умов використання
Опановність	Здатність СК надати можливість користувачу освоїти його застосування
Керованість	Здатність СК надати можливість користувачу оперувати нею і контролювати її
Привабливість	Здатність СК бути привабливим для користувача
Відповідність нормам зручності використання	Здатність СК відповідати нормам стандартів, угод, настанов щодо стилю або правил для зручності використання
Реактивність	Здатність СК забезпечити належний час відгуку та рівні пропускну спроможності під час виконання його функції згідно із заявленими умовами
Супроводженість	Здатність СК БпАК бути зміненою. Модифікації можуть охоплювати коригування, вдосконалювання або пристосовування СК БпАК до змін у середовищі, вимогах та функціональних специфікаціях
Аналізованість	Здатність СК підлягати діагностуванню стосовно вад або причин відмов у ній, або щодо змінюваних частин, які має бути ідентифіковано."
Змінність	Здатність СК надати можливість реалізації специфікованих модифікацій
Стабільність	Здатність СК уникати непередбачених наслідків модифікацій СК.
Тестовність	Здатність СК надати можливість підтвердження її працездатності після внесення обумовлених змін за визначеним рівнем витрачених ресурсів
Відповідність нормам супроводженості	Здатність СК відповідати нормам стандартів або угод, які стосуються супроводжуваності

Перелік показників якості системи верхнього рівня ПЯ₃ наведено в [3]. Згідно з (3), з ПЯ₃ отримуємо адаптовану до СК БпАК множину показників якості $\{ПЯ_{2i}\}_1$ (табл. 3).

Таблиця 3

Група ПЯ СК БпАК $\{ПЯ_{2i}\}_1$

Показник якості БпАК	Зміст показника
Стійкість	Здатність до виконання функцій в умовах впливу несприятливих зовнішніх факторів
Готовність	Здатність у заданий термін бути застосованим за призначенням
Живучість	Здатність виконувати функції (поставлені завдання) після впливу руйнуючих зовнішніх факторів
Надійність	Здатність зберігати в часі значення всіх технічних параметрів у заданих межах
Безвідмовність	Здатність постійно зберігати працездатний стан протягом певного часу або наробітку
Довговічність	Здатність зберігати працездатний стан до настання встановленого граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту
Ремонтопридатність	Пристосованість до попередження та виявлення причин виникнення відмов і ушкоджень, а також до підтримки та відновлення працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування та ремонтів
Збереженість	Здатність зберігати значення показників безвідмовності, довговічності та ремонтнопридатності протягом, і після зберігання та (або) транспортування
Безпека використання (експлуатації)	Відсутність (зведення до мінімуму) ризику завдання збитків здоров'ю людей, пов'язаним та іншим об'єктам, а також природному середовищу в усіх режимах експлуатації
Експлуатаційна технологічність	Пристосованість до технічного обслуговування в заданих умовах експлуатації
Сумісність із пов'язаними об'єктами	Здатність взаємодіяти із зв'язаними об'єктами у встановлених режимах експлуатації зі збереженням заданих характеристик без введення додаткових сполучних пристроїв
Ергономічність	Ступінь пристосованості до взаємодії з людиною (оператором, технічним обслуговуючим персоналом і т. ін.)

Маючи групи показників якості суміжних систем $\{ПЯ_{2i}\}_1$ і $\{ПЯ_{2i}\}_2$, сформуємо номенклатуру N_2 для СК БпАК за технологією, наведеною на рис. 2. У результаті з урахуванням класифікації отримаємо загальну номенклатуру показників якості СК БпАК (табл. 4).

Таблиця 4

Номенклатура показників якості СК БпАК

№	Показник якості	№	Показник якості
1	НАДІЙНІСТЬ	3	СУПРОВОДЖЕНІСТЬ
	1.1 Відмовотривкість		3.1 Аналізовність
	1.2 Стійкість		3.2 Змінність
	1.3 Готовність		3.3 Стабільність
	1.4 Довговічність		3.4 Тестовність
	1.5 Ремонтнопридатність		3.5 Відповідність нормам супроводженості
	1.6 Збереженість		
	1.7 Відновність		
	1.8 Відповідність нормам надійності		
2	ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ	4	ЗРУЧНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ
	2.1 Функціональна придатність		4.1 Зрозумілість
	2.2 Точність		4.2 Опановність
	2.3 Взаємодійність		4.3 Керованість
	2.3.1 Корпоративність		4.4 Привабливість
	2.3.2 Узгодженість		4.5 Безпека використання
	2.4 Захищеність		4.6 Експлуатаційна технологічність
	2.5 Автономність		4.7 Відповідність нормам зручності
	2.5.1 Самостійність		
	2.5.2 Дистанційованість		
	2.5.3 Автоорієнтованість		
	2.6 Швидкодія		
	2.6.1 Реактивність		
	2.6.2 Оперативність		

Зазначимо, що доповнення номенклатури показників якості СК БпАК додатковими показниками, які впливають з розширення переліку задач БпАК та умов його використання, стосуються таких показників, як «дистанційованість», «автоорієнтовність», «самостійність». Ці показники узагальнюються в групу «автономність». Крім того, з тих же причин, до номенклатури показників якості СК БпАК додаються показники «корпоративність» та «узгодженість», які відносяться до групи «взаємодійність».

Висновки відповідно до статті. Сформульована базова концепція формування показників якості системи керування БпАК та розроблена інформаційна технологія, що базується на гомоморфності номенклатур суміжних до СК БпАК систем, дозволяє сформувати номенклатуру показників якості системи керування, шляхом об'єднання груп показників якості, сформованих на базі множин показників якості для БпАК та ПЗ. Відношення класифікації пробить цю номенклатуру ієрархічно упорядкованою та забезпечує відповідність діючим стандартам. У перспективі отримана номенклатура показників якості СК БпАК може бути використана у процесі оцінювання ефективності БпАК на етапах проектування та випробувань.

Список використаних джерел

1. Herlik E. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for commercial applications global market & technologies outlook 2011–2016. Technical report, Market Intel Group LLC, 2010.
2. Cebrowski A. K., Garstka J. J. “Network Centric Warfare: Its Origin and Future.” Proceedings of the Naval Institute, 124:1 (January 1998): p. 28–35.
3. Малогабаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UVS) : монографія / В. Г. Башинский, В. Б. Бзот, Е. И. Жилин, А. Н. Катунин и др. – Запорожье : АО «МОТОР СИЧ», 2014. – 261 с.
4. Moguel, E.; Conejero, J.M.; Sánchez-Figueroa, F.; Hernández, J.; Preciado, J.C.; Sánchez-Figueroa, F.; Rodríguez-Echeverría, R. Towards the Use of Unmanned Aerial Systems for Providing Sustainable Services in Smart Cities. *Sensors* 2018, 18, 64.
5. APM Mission Planner 2 Home [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ardupilot.org/planner2/index.html#home>.
6. Латфуллин Г. А. Теория менеджмента : учебник для вузов / Г. А. Латфуллин, А. С. Никитин, С. С. Серебренников. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2014. – 464 с. : ил.
7. ДСТУ ISO 9000:2007. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT).
8. ДСТУ ISO 9126-1:2013 Програмна інженерія – Якість продукту – Частина 1. Модель якості.

References

1. Herlik, E. (2010). *Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for commercial applications global market & technologies outlook 2011–2016. Technical report, Market Intel Group LLC* [in English].
2. Cebrowski, A. K. & Garstka, J. J. (1998). “Network Centric Warfare: Its Origin and Future.” *Proceedings of the Naval Institute*, 124 (1), 28–35 [in English].
3. Bashinskiy, V. G., Bzot, V. B., Zhilin, E. I., Katunin, A. N., Leontyev, A. B. & Rybyak, A. S., Ukrainets, E. A., Khrapchinskiy, V. O. & Khudov, G. V (2014). *Malogabaritnyye bespilotnyye aviatsionnyye komplekсы (Mini UVS) [Small unmanned aerial systems]*. Zaporozhye: Izdatelstvo AO “MOTOR SICH” [in Russian].
4. Moguel, E., Conejero, J. M., Sánchez-Figueroa, F., Hernández, J., Preciado, J. C., Sánchez-Figueroa, F. & Rodríguez-Echeverría, R. (2018). *Towards the Use of Unmanned Aerial Systems for Providing Sustainable Services in Smart Cities. Sensors*, 18, 64 [in English].
5. APM Mission Planner 2 Home. *ardupilot.org*. Retrieved from <http://ardupilot.org/planner2/index.html#home>.
6. Latfullin, G.A., Nikitin, A. S. & Serebrennikov, S. S (2014). *Teoriya menedzhment [Theory of management]*. (2nd ed.). Saint Petersburg: Piter [in Russian].
7. Systemy upravlinnia yakistiu. Osnovni polozhennia ta slovnyk terminiv [Quality management systems. Basic Terms and Glossary]. (2007). *DSTU ISO 9000 – 2005* Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
8. Prohramna inzheneriia. Yakist produktu. Chastyna 1. Model yakosti [Software Engineering. Product Quality. Part 1. Quality Model]. (2013). *DSTU ISO 9126-1:2013* [in Ukrainian].

*Andrii Akymenko, Olha Bashynska, Volodymyr Kazymyr,
Yuri Kamak, Sergii Nesterenko*

THE JUSTIFICATION OF THE QUALITY INDICATORS NOMENCLATURE FOR THE CONTROL SYSTEMS OF THE UNMANNED AVIATION SYSTEMS

Urgency of the research. Modern trends in the development of unmanned aviation systems (UAS), the increasing their complexity, creation cost and difficulties in their exploitation require bigger attention to the quality of the operation of the one's complex control systems. The evaluation the control system quality is one of the important issues facing the unmanned systems' developers. Now there is no general approach to the establishment of a list of quality control indicators for both the control systems in general and for the UAV in particular. Therefore, there is a need to develop a method for creating a generalized nomenclature of quality indicators of the UAS control system for quantitative assessment the operation quality of the control system.

Target setting. The ability of the UAV control system to meet the operational requirements is determined through a set of quality indicators that have quantifiable characteristics to be measured. But now there is no scientifically grounded approach to the formation nomenclature of quality indicators of the UAS control system.

Actual scientific researches and issues analysis. Recent open publications including national quality assurance standards were considered.

Uninvestigated parts of general matters defining. Development of scientifically grounded technology for the formation the nomenclature of quality indicators of the UAS control system.

The research objective. The main article target is to create the nomenclature of the quality indicators of the UAS control system on the basis of known quality indicators, taking into account modern requirements for its functioning.

The statement of basic materials. For the formation the nomenclature of quality indicators for UAS control system the new method is proposed. It uses groups of BPaK quality indicators and software of the UAS control system. This method is based on the nomenclature homomorphism for the systems adjacent the UAS control system.

Conclusions. The concept of formation the quality indicators of the UAS control system is proposed. The relevant information technology is also developed. It allows to form a nomenclature of quality indicators of the UAS control system.

Keywords: unmanned aviation vehicles; unmanned aviation systems; UAS control system; indicative quality of control system; quality.

Fig. : 3. Table: 4. References: 8.

УДК 004.9

*Андрей Акименко, Ольга Башинская, Владимир Казимир,
Юрий Камак, Сергей Нестеренко*

ОБОСНОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Актуальность темы исследования. Современные тенденции развития беспилотных авиационных комплексов (БпАК), рост их сложности, стоимости создания и эксплуатации требуют повышенного внимания к качеству функционирования систем управления комплексом. Оценка качества системы управления – одна из важных проблем, которые возникают перед разработчиками беспилотных комплексов, поскольку не существует общего подхода к формированию перечня показателей качества как для систем управления вообще, так и для БпАК, в частности. Поэтому существует потребность в разработке метода формирования обобщенной номенклатуры показателей качества системы управления БпАК для получения количественной оценки качества функционирования системы управления.

Постановка проблемы. Способность системы управления БпАК удовлетворять требованиям эксплуатации определяется через совокупность показателей качества, которые имеют количественные характеристики, которые подлежат измерению. Но, на сегодняшний день, не существует научно обоснованного подхода к формированию номенклатуры показателей качества системы управления БпАК.

Анализ последних исследований и публикаций. Рассмотрены последние публикации в открытом доступе, включая национальные стандарты обеспечения качества.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Разработка научно обоснованной технологии формирования номенклатуры показателей качества системы управления БпАК.

Постановка задачи. Создание номенклатуры показателей качества системы управления БпАК на основе известных показателей качества БпАК, с учетом современных требований относительно его функционирования.

Изложение основного материала. Для формирования номенклатуры показателей качества системы управления БпАК предлагается метод, который использует группы показателей качества БпАК и программного обеспечения системы управления БпАК. Метод базируется на гомоморфности номенклатур систем, сопредельных системе управления БпАК.

Выводы по статье. Предложенная концепция формирования показателей качества системы управления беспилотных авиационных комплексов и разработана информационная технология, которая позволяет сформировать номенклатуру показателей качества системы управления БпАК.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты; беспилотные авиационные комплексы; система управления БпАК; показатель качества системы управления; качество.

Рис.: 3. Табл.: 4. Библ.: 8.

Акименко Андрій Миколайович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри інформаційних систем в економіці, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Акименко Андрей Николаевич – кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем в экономике, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Akymenko Andrii– PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: anakim2@gmail.com

Башинська Ольга Олександрівна – аспірант кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035 Україна).

Башинская Ольга Александровна – аспирант кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Bashynska Olha – graduate student of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: bashinskaolga@gmail.com

Казимир Володимир Вікторович – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Казимир Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченка 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Kazymyr Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vvkazymyr@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8163-1119>

ResearcherID: Q-2925-2016

Scopus Author ID: 56644727300

Камак Юрій Олександрович – начальник відділу Державного науково-випробувального центру Збройних Сил України (вул. Стрілецька, 1, м. Чернігів, 14033, Україна).

Камак Юрий Александрович – начальник отдела Государственного научно-испытательного центра Вооруженных Сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов, 14033, Украина).

Kamak Yuri – Head of Division in the State Scientific and Testing Centre of the Armed Forces of Ukraine (1 Striletska Str., 14033 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: dnvc@meta.ua

Нестеренко Сергій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Нестеренко Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Nesterenko Sergii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: cranoxy@gmail.com