

О.М. Перегуда¹, А.В. Родіонов¹, А.І. Бобунов²

¹Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова, Житомир

²Житомирський інститут Міжрегіональної Академії управління персоналом, Житомир

ФАСЕТНА КЛАСИФІКАЦІЯ ОСОБЛИВИХ ВИПАДКІВ У ПОЛЬОТІ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ І КЛАСУ

У роботі запропоновано фасетну систему класифікації особливих випадків у польоті, характерних для безпілотного літального апарату І класу, яка усуває недоліки ієрархічних систем класифікації та дозволяє систематизувати особливі випадки у польоті за набором необхідних ознак (фасетів). Запропонована система дозволяє при ідентифікації особливого випадку у польоті бортовою інформаційною системою позначити його кодом та обробляти відповідні ознаки для вирішення різних завдань, зокрема пов'язаних з управлінням безпілотним літальним апаратом І класу в “конфліктних ситуаціях”, аналізом його стану як технічної системи та аналізом можливих наслідків небезпечних ситуацій.

Ключові слова: фасетна класифікація, безпілотний літальний апарат, бортова інформаційна система, особливі випадки у польоті, небезпечні фактори.

Вступ

Постановка проблеми. Застосування безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) набуває усе більшого поширення у багатьох сферах людської діяльності. Досвід застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) І класу у військовій сфері, зокрема під час АТО та ООС показав, що вони відіграють значну роль для забезпечення своєчасною інформацією різних посадових осіб.

Водночас, відмінною рисою застосування військових БпЛА в умовах бойової обстановки є виконання ними завдань під час впливу різних за природою та походженням небезпечних факторів, які можуть спричинити особливі випадки у польоті (ОВП). Різні ОВП, залежно від їх характеру, можуть призводити до зниження якості виконання бойового завдання, його зриву, або до втрати (пошкодження) БпЛА. В [1] запропоновано розділяти ОВП за джерелом небезпечних факторів відносно БпЛА на зовнішні та внутрішні, а за походженням – на природні та техногенні.

Окремим видом небезпечних факторів, які можуть призвести до ОВП, слід розглядати також і помилки зовнішнього пілота (оператора) (далі – ЗПО). Необхідність урахування цього фактору впливає з того, що БпАК є складною організаційно-технічною системою і людина, яка здійснює керування БпЛА під час бойового застосування в складних умовах обстановки, відчуває значні психофізичні навантаження, а можливі помилки та / або несвоєчасні дії також можуть мати негативні впливи на виконання завдання [2–3].

Для повітряних суден державної авіації України не узагальнений перелік ОВП наведений в [4], проте

деякі його пункти до БпЛА І класу не застосовуються, а інші – потребують уточнення з огляду на особливості застосування, побудови, способи керування БпЛА.

Для здійснення управління з метою уникнення наслідків впливу негативних факторів дуже важливим завданням є своєчасне виявлення ОВП, оцінювання рівня його впливу на виконання польотного завдання та його безпеки для БпЛА. Для того, щоб ідентифікувати ОВП, необхідно попередньо здійснити аналіз цих ситуацій. Для цього потрібна класифікація ОВП за певними індикаторами. Така класифікація, яка конкретизує ситуації, характерні для БпЛА І класу, може використовуватись для вирішення різних наукових завдань, наприклад пов'язаних з управлінням БпЛА в “конфліктних ситуаціях”, аналізом стану БпЛА як технічної системи та аналізом можливих наслідків небезпечних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зниження якості бойового завдання може відбуватись внаслідок зниження точності визначення БпЛА І класу власного місцезнаходження та, відповідно, координат об'єктів на земній поверхні або внаслідок відсутності можливості здійснювати керування цільовою апаратурою. Зрив бойового завдання полягає в неможливості здійснення зовнішнім пілотом (оператором) керування БпЛА та автоматичному поверненні останнього в район запуску. Втрата БпЛА може відбутись через втрату ЗПО орієнтування при подавленні сигналів супутникових навігаційних систем, через виснаження бортових АКБ як результат помилки членів зовнішнього екіпажу або зміни швидкості та напрямку вітру.

Усі наведені приклади є ОВП, спричиненими відповідними небезпечними факторами. У сфері дія-

льності державної авіації України поняття ОВП вводить [4] і визначається як ситуація, яка виникає в польоті внаслідок впливу небезпечних факторів.

У сфері діяльності цивільної авіації оперують поняттям “особлива ситуація”, як ситуація, що виникає під час польоту через вплив небезпечних факторів або їх сукупність, що призводять до зниження безпеки польотів [5].

Залежно від ступеню небезпеки особливі ситуації в польоті поділяють на чотири групи [6–8]: ситуації, що призводять до ускладнення умов польоту; складні ситуації; аварійні ситуації; катастрофічні ситуації.

Фактори, що сприяють виникненню особливих ситуацій, в [8] поділяють на такі групи: відмови авіаційної техніки (далі – АТ), помилки екіпажу, зовнішні умови, помилки наземних служб.

Із наведених груп факторів найбільш детально розглядаються саме відмови авіаційної техніки.

В [8] відмови за ступенем їх впливу на безпеку польотів пов'язуються з особливими ситуаціями та поділяються на безпечні (не призводить до виникнення особливих ситуацій у польоті), технологічні, небезпечні, аварійні та катастрофічні відмови, які призводять до ускладнення умов польоту, виникнення складних, аварійних, катастрофічних ситуацій відповідно. Водночас, в [9] відмови класифікують за низкою ознак: за типом (відмови функціонування, параметричні відмови); природою (випадкова, систематична); причиною виникнення (конструкційні, виробничі, експлуатаційні); наслідками (середні, тяжкі); можливістю виявлення (очевидні, приховані) та ін.

Помилки людей, задіяних в авіаційній діяльності, згідно з [10] поділяють на промахи, упущення та прорахунки, небезпечні фактори, які можуть спричинити авіаційні події за прогнозованим індексом ризику поділяються на фактори недопустимого / високого ризику, допустимого / помірного ризику, прийняттого / низького ризику.

В [11] наведений підхід до оцінювання безпеки польотів БпЛА, заснований на використанні низки міжнародних (ISO 12100, ISO 13849, ISO 61511, ISO 26262, ISO 14121, ISO 31000) та європейських стандартів (EN ISO 13849, EN 954-1, EN 62061), які стосуються безпеки електронного обладнання та способів оцінювання ризиків.

В результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що: небезпечні фактори, як причина виникнення ОВП поділяються на великі групи, з яких найбільш детальну класифікацію мають відмови АТ та існує класифікація особливих ситуацій за ступенем їх небезпеки. Разом з тим, проаналізовані публікації не дають комплексного розуміння причинно-наслідкових зв'язків, недостатня увага приділяється небезпечним факторам, що спричиняють ОВП, сту-

пеню впливу на виконання польотного завдання, не враховується можливість навмисного створення небезпечного фактору, що характерне умовам бойового застосування БпЛА.

Метою статті є розроблення системи класифікації ОВП для БпЛА I класу з урахуванням особливостей саме цих повітряних суден для забезпечення можливості її подальшого використання як формалізованого опису ситуацій, які виникають у польоті, зокрема для забезпечення розроблення бортової інформаційної системи ідентифікації ОВП та синтезу керуючого впливу.

Виклад основного матеріалу

Одним з підходів до забезпечення успішного виконання БпЛА I класу бойового завдання, підвищення його живучості при зміні внутрішніх та зовнішніх умов функціонування є створення бортової інформаційної системи ідентифікації особливих випадків у польоті та синтезу керуючого впливу для управління БпЛА [1].

Однією з комплексних задач, які потребують вирішення для реалізації даного підходу, є визначення для БпЛА I класу переліку характерних ОВП, які підлягають ідентифікації, встановлення одного або декількох незалежних один від одного параметрів польоту, значення яких характеризують кожний ОВП. Саме спостереження за змінами цих параметрів у часі забезпечує можливість ідентифікації ОВП та дозволяє прогнозувати подальший розвиток ситуації для уникнення або нейтралізації небезпеки.

В загальному розумінні класифікація являє собою систему розподілу предметів, явищ або понять на класи, групи, тощо за спільними ознаками, властивостями.

Метод класифікації – це сукупність правил створення системи класифікаційних угруповань і їх взаємозв'язків. Найбільше поширені такі методи класифікації об'єктів: ієрархічний та фасетний. Вони відрізняються стратегією застосування класифікаційних ознак.

Ієрархічний метод широко використовують у різних галузях науки. Він передбачає послідовний поділ усієї множини об'єктів класифікації на підпорядковані підмножини з поступовою конкретизацією об'єкта класифікації [12–13]. Недоліки такого підходу: брак резервного обсягу; складність; необхідність ранжирування ознак класифікації; побудова громіздкого класифікаційного дерева [13]. Усе це призводить до неможливості чіткої ідентифікації деяких об'єктів класифікації.

Фасетний метод класифікації полягає в паралельному розподіленні множини об'єктів на незалежні класифікаційні групи за певним набором ознак (фасет). Жорсткої класифікаційної структури не передбачено, а зміни в будь-якому з фасетів суттєво не

впливають на решту. Основною перевагою класифікації з використанням цього методу є гнучкість побудови її структури, вона є більш зручною для інформаційно-пошукових систем і дозволяє систематизувати об'єкти класифікації за необхідним набором ознак [12–13]. Недоліками такого методу класифікації, відповідно до [12], є нетрадиційність та складність застосування.

Специфіка формалізації ОВП для БпЛА I класу як системи класифікації полягає у:

- різній природі небезпечних факторів, які їх спричиняють;
- цілеспрямованості та раптовості негативного впливу на БпЛА в умовах бойової обстановки;
- необхідності врахування ступеню впливу на результати виконання польотного завдання та рівня загрози БпЛА.

Це обумовлює необхідність поділу ОПВ як множини об'єктів класифікації одночасно за різними класифікаційними ознаками, тому пріоритетним методом доцільно обрати фасетний.

Відповідно до [13–14] основними вимогами методу фасетної класифікації є:

- 1) наявність достатнього обсягу необхідної інформації, що гарантувала б охоплення всіх об'єктів класифікації;
- 2) забезпечення гнучкості й надмірності для можливого збільшення множини об'єктів, що класифікуються;
- 3) дотримання принципу взаємного виключення фасетів;
- 4) врахування істотних ознак, що забезпечують вирішення цільового завдання;
- 5) лаконічність, чіткість і зрозумілість класифікаційних ознак.

Визначенню фасетів для класифікації ОВП для БпЛА I класу передував аналіз застосування БпЛАК під час АТО та ООС, керівних документів, які регламентують діяльність державної авіації України та досвід, накопичений фахівцями Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова у цій сфері. В процесі аналізу було досліджено такі процеси:

- контролю ЗПО значень параметрів, які характеризують умови виконання польоту (напрямок та швидкість вітру) та стан підсистем БпЛА (напругу бортової АКБ, поточну задану та дійсну висоту польоту, задану та поточну повітряну швидкість, тощо), здійснення керування БпЛА I класу для виконання поставленого завдання шляхом передачі команд залежно від обраного режиму керування;
- розпізнавання людиною-оператором ОВП за зміною параметрів, оцінювання впливу на виконання польотного завдання та загрози БпЛА, прийняття рішення на керування та здійснення його реалізації відповідно до керівництва з льотної експлуатації з урахуванням свого досвіду для компенсації ОВП та

недопущення негативних наслідків;

- подальшого контролю параметрів для продовження польоту (у разі успішного розв'язання “конфліктної” ситуації); в іншому випадку – керування згідно з КЛЕ до посадки БпЛА.

Характеристика фасетів

Фасет 1. Загальна категорія ОПВ. На момент підготовки даної статті узагальнений перелік ОПВ визначений в [4], проте переліку ОПВ саме для БпЛА I класу не існує. Польоти БпЛА I класу як повітряних суден державної авіації організовуються та здійснюються з дотриманням вимог відповідних наказів та розпоряджень. Відтак, фасет забезпечує відповідність запропонованої класифікації керівним документам, чинним на момент підготовки статті.

Фасети 2, 3. Джерело небезпечного фактору відносно БпЛА I класу та *походження небезпечного фактору* відповідно. Враховуються в класифікації ОПВ для характеристики небезпечних факторів з метою їх своєчасної ідентифікації, прогнозування розвитку ситуації та подальшого оцінювання рівня загрози.

Фасет 4. Ступінь впливу на виконання польотного завдання БпЛА I класу. Фасет, який характеризує вплив ОПВ або їх комбінацій на здатність БпЛА I класу виконувати своє польотне завдання.

Фасет 5. Окрім впливу ОПВ на виконання польотного завдання, важливим фактором є також і можливість БпЛА продовжувати політ в цілому та спосіб здійснення управління (існуючими бортовими засобами чи людиною-оператором). Відтак, фасет відображає *ступінь впливу на політ БпЛА*. Фасет також передбачає урахування ступеню участі людини-оператора в процесі управління при виникненні ОПВ.

Фасет 6. Етап польоту. Фасет необхідний до урахування, адже вплив однакового ОПВ на виконання завдання і на БпЛА, а також імовірні наслідки можуть мати суттєві відмінності залежно від того, на якому етапі польоту відбувається ситуація, спричинена негативним фактором.

Важливим є комплексне розуміння поєднання фасет 2, 3, адже вони обумовлюють підходи до ідентифікації ОПВ, формують розуміння щодо способів аналізу та прогнозування їх розвитку і визначення ступеню потенційного впливу на результат польоту та рівня загрози для БпЛА I класу. До прикладу згідно з [1]:

- внутрішні техногенні ОПВ пов'язані з надійністю роботи бортових систем БпЛА I класу, у першу чергу польотного контролера та аеродинамічних органів управління. Їх ідентифікація потребує оцінювання стану БпЛА як технічної системи, наслідки залежать від елементів системи, в яких відбуваються відмови;

– зовнішні природні ОВП пов'язані з метеорологічними умовами виконання польотів та їх мінливістю: збільшенням швидкості вітру та зміною його напрямку, обмерзанням аеродинамічних органів управління та приймача повітряного тиску. Їх виявлення потребує контролю значень та аналізу змін метеорологічних елементів з відповідних датчиків та / або інших параметрів польоту, які з ними пов'язані, а також проведення на борту БпЛА елементів штурманських розрахунків. Такі ОВП виникають відповідно до загальних законів авіаційної метеорології, їх вплив та можливі наслідки можуть бути передбачені;

– зовнішні техногенні фактори для БпЛА I класу, які застосовуються у військовій сфері, носять навмисний характер, тому є найбільш небезпечними. Виходячи з аналізу бойового досвіду та реалій застосування БпЛА підрозділами Збройних Сил (ЗС) України в ООС, радіоелектронне подавлення спрямоване на унеможливлення керування зовнішнім пілотом (оператором), перешкоджання точному визначенню місцезнаходження БпЛА шляхом встановлення завод чи спотворення сигналів супутникових навігаційних систем (так званий “спуфінг”).

Деякі ознаки класифікації (фасети) для їх використання потребують більш детального розгляду.

Узагальнений перелік [4] визначає, що до особливих випадків у польоті належать:

- 1) потрапляння ПС у небезпечні метеорологічні явища, до польотів у яких екіпаж не підготовлений;
- 2) втрата орієнтування;
- 3) втрата просторового орієнтування;
- 4) незаконне втручання;
- 5) поранення або раптове погіршення стану здоров'я членів екіпажу ПС, пасажирів (особового складу, що перевозиться);
- 6) небезпечне зближення ПС у повітрі;
- 7) відмова систем (агрегатів) або обладнання ПС;
- 8) пожежа на ПС;
- 9) відмова двигуна (двигунів);
- 10) втрата стійкості, керованості, порушення цілісності конструкції ПС;
- 11) втрата радіозв'язку;
- 12) відмова радіолокаційних засобів УПР та засобів РТЗ на аеродромі посадки;
- 13) вимушена посадка ПС за межами аеродрому;
- 14) вимушене покидання ПС;
- 15) незаплановане повернення з авіаційними засобами ураження на борту.

З наведеного переліку до БпЛА I класу не застосовуються:

– пункти 3, 4, 5, 14 через відсутність людей на борту БпЛА;

– пункт 6 “небезпечне зближення ПС у повітрі” має ймовірність до виникнення, проте на даний час

не підлягає автоматизованій обробці через відсутність на борту БпЛА I класу автоматичних відповідей та низьку радіолокаційну помітність. Уникнення небезпечного зближення забезпечується шляхом організації використання повітряного простору, роботою керівника польотів (у випадках коли ця посадова особа призначається відповідно до керівних документів) та, за досвідом операції Об'єднаних сил, організацією взаємодії під час планування застосування БпЛА;

– пункт 12 “відмова радіолокаційних засобів УПР та засобів РТЗ на аеродромі посадки”, адже зазначені засоби мають низьку ефективність для БпЛА I класу і не є необхідними для забезпечення польоту;

– пункт 15 “незаплановане повернення з авіаційними засобами ураження на борту” на даний час є не актуальною, а скоріше перспективною категорією через відсутність на момент підготовки статті ударних БпЛА I класу серед прийнятих на озброєння чи допущених до експлуатації відповідними наказами. За необхідності, після затвердження відповідних оперативних вимог, розроблення дослідних зразків таких БпЛА, зазначений пункт може бути включений до відповідного фасета.

Пропонується застосовувати до БпЛА I класу з деякими уточненнями:

– пункт 1 “потрапляння ПС у небезпечні метеорологічні явища, до польотів у яких екіпаж не підготовлений” пов'язаний з встановленим мінімумом екіпажу ПС. Застосування до членів зовнішнього екіпажу БпЛА I класу мінімуму екіпажу не визначено, тому під зазначеною загальною категорією пропонується розуміти “потрапляння ПС у небезпечні метеорологічні явища, які вимагають від зовнішнього екіпажу дій, які відрізняються від звичайного пілотування”;

– пункт 2 “втрата орієнтування” на основі визначення в [4] трактуватиметься як обстановка, за якої зовнішній екіпаж БпЛА не знає і не може визначити місцезнаходження БпЛА з точністю, необхідною для продовження польоту з метою виконання польотного завдання;

– пункт 11 “втрата радіозв'язку” відносно БпЛА I класу пропонується розуміти як порушення нормального функціонування радіоканалів реалізованих в БпЛА, як в ланці “БпЛА – пункт дистанційного пілотування”, так і інших, наприклад радіоканалів навігаційних систем, тощо.

Для адаптації пункту 13 “вимушена посадка ПС за межами аеродрому” до специфіки застосування БпЛА I класу під терміном “аеродром” пропонується розуміти також і непозначені злітно-посадкові майданчики як ділянки земної, водної або іншої поверхні, яка після проведення рекогносцировки місцевості визначена для виконання окремих

завдань і придатна для зльоту та посадки БпЛА [15].

Розроблену шестикритеріальну фасетну класифікацію ОВП БпЛА I класу наведено в табл. 1. У ній виділено шість основних ознак (фасет), кожен з яких містить певну кількість індикаторів.

Розглянемо приклади використання поданої класифікації для різних БпЛА I класу зі складу БпАК прийнятих на озброєння або допущених до експлуатації:

– для БпЛА зі складу БпАК PD-1 відмова двигуна під час зльоту класифікуватиметься як 3.5-Д.2-П.1-Р.3-Б.4-Е.2.

Розшифрування даного коду для ситуації, що виникла – під час зльоту та набору висоти відбулась відмова двигуна через внутрішній небезпечний фак-

тор техногенного походження, що зриває виконання польотного завдання та унеможливує продовження польоту.

Для БпЛА зі складу БпАК А1-СМ “Фурія” – обмерзання приймача повітряного тиску під час польоту класифікуватиметься як 3.1-Д.1-П.2-Р.2-Б.3-Е-3. Розшифрування даного коду для ситуації, що виникла – БпЛА потрапило у небезпечне метеорологічне явище, яке вимагає від зовнішнього екіпажу дій, що відрізняються від звичайного пілотування, спричинене зовнішнім небезпечним фактором природного походження, що знижує якість виконання польотного завдання, продовження польоту можливе за рахунок управління зовнішнім пілотом (оператором).

Таблиця 1

Шестикритеріальна фасетна класифікація особливих випадків у польоті БпЛА I класу

№	Код фасета	Розділ фасета	Опис
1.	3	загальна категорія ОВП	
		1	потрапляння ПС у небезпечні метеорологічні явища, які вимагають від зовнішнього екіпажу дій, що відрізняються від звичайного пілотування
		2	втрата орієнтування
		3	відмова систем (агрегатів) або обладнання ПС
		4	пожежа на ПС
		5	відмова двигуна (двигунів)
		6	втрата стійкості, керованості, порушення цілісності конструкції ПС
		7	втрата радіозв'язку
		8	вимушена посадка ПС за межами аеродрому
2.	Д	джерело небезпечного фактору що спричиняє ОВП	
		1	зовнішні
		2	внутрішні
3.	П	походження небезпечного фактору що спричиняє ОВП	
		1	техногенного походження
		2	природного походження
		3	небезпечний фактор спричинений людиною
4.	Р	ступінь впливу на результат виконання польотного завдання	
		1	відсутність впливу
		2	зниження якості виконання польотного завдання
		3	зрив виконання польотного завдання
5.	Б	ступінь впливу на політ БпЛА	
		1	відсутність впливу
		2	політ за рахунок управління бортовими засобами (автопілотом)
		3	продовження польоту можливе за рахунок управління ЗПО
		4	унеможливлення польоту
6.	Е	етап польоту	
		1	будь-який етап польоту
		2	запуск та набір висоти
		3	виконання польотного завдання
		4	зниження та посадка

Джерело: розроблено авторами.

За розробленою класифікацією аналіз ОВП, характерних для різних БпЛА I класу зі складу БпАК

прийнятих на озброєння або допущених до експлуатації у ЗС України дозволить:

– реалізувати підхід до формалізації ОВП, формування переліку контрольованих параметрів польоту, за характером зміни яких можливо здійснити ідентифікацію особливого випадку;

– виокремити особливі випадки (сформувати вибірки) за різними фасетами (ознаками) для розв'язання різних наукових завдань. Наприклад для подальшого дослідження шляхів здійснення управління БпЛА як об'єктом управління пріоритетними можуть розглядатись зовнішні техногенні ОВП, які мають найбільший вплив на виконання польотного завдання або унеможливають продовження польоту взагалі;

– здійснювати в подальшому аналіз ризиків за методологією, наведеною в [10–11].

Висновки

Вперше розроблено фасетну систему класифікації ОВП для БпЛА I класу, яка враховує особливості безпілотних повітряних суден. Її використання при вирішенні наукових і практичних завдань забезпечить можливість здійснювати формалізований опис цих ситуацій, започаткувати підхід до іденти-

фікації ОВП перспективною бортовою інформаційною системою. Також запропонована система класифікації може використовуватись в наукових дослідженнях за іншими напрямками, наприклад щодо кількісного та якісного оцінювання ризиків.

Окремо необхідно наголосити, що проведення ґрунтового аналізу небезпечних ситуацій для конкретного БпЛА I класу зі складу комплексу вимагає детального знання та глибокого розуміння процесів, які відбуваються в ньому, їх причинно-наслідкових зв'язків, відтак може потребувати залучення експертів у цій сфері для подальшої формалізації їх знань. Результати цього аналізу не будуть типовими, адже окремі БпЛА I класу мають відмінності, зокрема, що стосується реалізації радіоліній зв'язку та налаштувань автопілоту.

Подальшим напрямком досліджень розглядається аналіз особливих випадків за наведеною класифікацією, формування повного переліку контрольованих параметрів та характеру їх змін, аналіз наукових підходів до технічного діагностування БпЛА I класу як складної системи та вибір одного з них для використання.

Список літератури

1. Перегуда О. М., Родіонов А. В., Самойлик С. П. Підхід до підвищення живучості безпілотного літального апарата I класу в особливих випадках у польоті. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2020. № 18. С. 54–63. <https://doi.org/10.46972/2076-1546.2020.18.06>.
2. Даник Ю. Г., Пулеко І. В., Осадчук Р. М., Іщенко Д. А. Особливості застосування безпілотного авіаційного комплексу в інтересах підрозділів тактичної ланки Сухопутних військ. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2015. № 10. С. 37–42.
3. Герасимов Б. М., Тарасов В. А., Токарев И. В. Человеко-машинные системы принятия решения с элементами искусственного интеллекта : монография. Київ : Наукова думка, 1993. 184 с.
4. Про затвердження Правил польотів державної авіації в повітряному просторі України : Наказ Міністерства оборони України від 09 груд. 2015 р. № 700. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1622-15> (дата звернення: 13.05.2021).
5. Про затвердження Правил інформаційного забезпечення системи управління безпекою польотів повітряних суден цивільної авіації України : Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 19 берез. 2009 р. № 295. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0293-09/conv#Text> (дата звернення: 13.05.2021).
6. Азаров С. І., Сорокін Г. А. Визначення наслідків авіаційних катастроф, пов'язаних з повітряними судами військового призначення. *Системи озброєння і військова техніка*. 2008. № 1(13). С. 25–29.
7. Данилов Б. Д. Безопасность полетов : учеб. пособие. Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2012. 148 с.
8. Сухих Н. Н., Рукавишников В. Л. О бортовых средствах предупреждения особых ситуаций. *Научный вестник МГТУ ГА*. 2016. Том 19. № 3. С. 124–128.
9. Нечипорук Е. П., Марченко Н. Б. Причины возникновения и классификация отказов в технических системах. *Сучасний захист інформації*. 2012. № 4. С. 84–87.
10. The Safety Management Manual. 4th edition (Doc 9859). Guidance Material : web site. URL: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/5863.pdf> (accessed: 14.05.2021).
11. Allouch A., Koubaa A., Khalgui M., Abbes T. Qualitative and Quantitative Risk Analysis and Safety Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Missions over the Internet. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 53392–53410. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2911980>.
12. Іщенко Д. А., Кирилук В. А., Маковський І. Ю. Методологічні аспекти багатобічної класифікації технічної розвідки. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2015. № 10. С. 108–117.
13. Даник Ю. Г., Писарчук О. О., Лагодний О. В., Гайдарли Г. С. Фасетна система класифікації інформаційних загроз визначеній цільовій аудиторії в кібернетичному просторі. *Озброєння та військова техніка*. 2016. № 3(11). С. 46–51. [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2016.3\(11\).46-51](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2016.3(11).46-51).
14. Кушнірецька І. І., Чирун Л. В. Система підтримки прийняття рішень для виборця з використанням фасетного

методу класифікації. *Інформаційні системи та мережі*. 2011. Том 699. № 1. С. 144-153.

15. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України : Наказ Міністерства оборони України від 08 груд. 2016 р. № 661. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-17> (дата звернення: 13.05.2021).

Надійшла до редколегії 24.11.2021

Схвалена до друку 18.02.2022

Відомості про авторів:

Переґуда Олександр Михайлович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
заступник начальника наукового центру
Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова,
Житомир, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8802-0740>

Родіонов Андрій Володимирович

ад'юнк
Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова,
Житомир, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0960-616X>

Бобунов Андрій Іванович

кандидат технічних наук доцент
професор кафедри Житомирського інституту
Міжрегіональної Академії управління персоналом,
Житомир, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9047-0078>

Information about the authors:

Oleksandr Perehuda

PhD in Engineering Senior Researcher
Deputy Head of Scientific Research Center
of Korolyov Zhytomyr Military Institute,
Zhytomyr, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8802-0740>

Andrii Rodionov

Post-Graduate
of Korolyov Zhytomyr Military Institute,
Zhytomyr, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0960-616X>

Andrii Bobunov

PhD in Engineering Associate Professor
Professor of Department of Interregional Academy
of Personnel Management Zhytomyr Institute,
Zhytomyr, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9047-0078>

ФАСЕТНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОСОБЫХ СЛУЧАЕВ В ПОЛЁТЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА I КЛАССА

А.М. Переґуда, А.В. Родионов, А.И. Бобунов

В работе предложена фасетная система классификации особых случаев в полете характерных для беспилотного летательного аппарата I класса, которая нивелирует недостатки иерархических систем классификации и позволяет систематизировать особые случаи в полете по набору необходимых признаков (фасетов). Предложенная система позволяет при идентификации особого случая в полете бортовой информационной системой обозначить его кодом и обрабатывать соответствующие признаки для решения разных заданий, в частности, связанных с управлением беспилотным летательным аппаратом в “конфликтных ситуациях”, анализом его состояния как технической системы и анализом возможных последствий опасных ситуаций.

Ключевые слова: фасетная классификация, беспилотный летательный аппарат, бортовая информационная система, особые случаи в полете, опасные факторы.

FACETED CLASSIFICATION OF OCCASIONS IN FLIGHT FOR CLASS I UNMANNED AERIAL VEHICLE

O. Perehuda, A. Rodionov, A. Bobunov

One of the peculiarities of the military class I unmanned aerial vehicles (UAVs) deployment in combat conditions is that they fulfil their tasks under the influence of various dangerous factors, including intentional, such as interference and jamming of the control channels by the electronic warfare means. Both the safety of UAV operations and deployment efficiency are open and sensitive issues, since any hazard can cause unexpected behavior of the UAV and decrease safety and efficiency of flight. In order to carry out UAV control and to avoid the consequences of the impact of hazards, there are such important tasks to be solved as timely detection and identification of occasions in flight, assessing the level of its impact on the combat mission and its danger (risk) to UAV itself. In order to identify occasions in flight, it is necessary to have their classification according to certain indicators. That is why the purpose of the investigation is to propose the approach to flight occasion's classification, which takes into consideration the peculiarities of construction and deployment of class I UAV and allows to describe them in a formalized manner. Article gives an analysis of recent approaches to flight occasions, faults and human factors issues classifications and analysis of national directive documents. As the result of analysis of advantages and disadvantages of hierarchical and faceted methods faceted classification was chosen. The main advantage of faceted classification is the flexibility of its structure; it is more convenient for information retrieval systems and allows you to systematize the objects of classification by the required set of features. The following set of classification features (facets) is proposed: the general category of the case, the source and nature of the dangerous factor (hazard) that affects the class I UAV, the degree of influence on the flight task and the method of consequences compensation. It is envisaged to use the developed classification system to identify occasions in flight, assess the level of danger and impact on the result of the flight task and further to synthesize the control influence to the unmanned aerial vehicle in these situations with the onboard information system.

Keywords: faceted classification, unmanned aerial vehicle, occasions in flight, hazards, onboard information system.