

УДК 528.4; 528.489

DOI: 10.25140/2411-5363-2020-3(21)-301-309

Сергій Крячок, Олена Бойко, Людмила Мамонтова

ВРАХУВАННЯ ВИМОГ ІКАО СТОСОВНО МІСЦЕВОСТІ ТА ПЕРЕШКОД У РАЙОНАХ АЕРОПОРТУ ДЛЯ ЇХ КАРТОГРАФУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Актуальність теми дослідження. У межах Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року в Україні згідно з наказом Державної авіаційної служби України № 582 від 13.05.2019 року введено нові авіаційні правила стосовно обслуговування аеронавігаційною інформацією. Авіаційні правила розроблено з урахуванням законодавства Європейського Союзу, документів Євроконтролю, Стандартів та рекомендованої практики ІКАО.

Постановка проблеми. Нині для оперування аеронавігаційною інформацією удосконалюються спеціалізовані геоінформаційні системи. Вони дозволяють підвищити ступінь автоматизації управління аеронавігацією в районах аеропорту, прискорити процес розробки та випуску необхідних документів, підвищити їхню якість та, в підсумку, підвищити оперативність прийняття рішень та зменшити ризик позаштатних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які присвячені використанню спеціалізованих геоінформаційних систем для оперування аеронавігаційними даними.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок про необхідність підпорядкування документації для розробки сучасних аеронавігаційних геоінформаційних систем вимогам ІКАО. Згідно з наказом Державної авіаційної служби України № 582 до переліку аеронавігаційних карт, що підлягають публікації, належать електронна карта місцевості та перешкод у районах аеропорту та наповнення баз даних ГІС актуальними даними про якісні та кількісні характеристики місцевості та перешкод.

Мета статті. Головною метою статті є аналіз нормативних документів ІКАО та Євроконтролю стосовно характеристик місцевості та перешкод у районах аеропорту, дані про які комплектуються в базу даних спеціалізованих ГІС.

Виклад основного матеріалу. Розглянуто поділ повітряного простору країни на окремі райони: район 1 – вся територія держави; район 2 – територія вузлового диспетчерського району, район 3 – територія обабіч злітно-посадкової смуги, територія 4 – майданчик на торці злітно-посадкової смуги, обладнаний для виконання точних заходів на посадку по категорії II або III. Наведено вимоги до кількісних характеристик та атрибутивної інформації для відображення місцевості та перешкод в аеронавігаційних даних відповідно до районів аеропорту. Як система відліку для визначення широт і довгот перешкод чи об'єктів місцевості в міжнародній аеронавігації використовується система координат WGS-84 за версією (G1150) та ITRF 2000, а для визначення висоти взято середній рівень моря (MSL). Для переходу від геодезичних висот до висот відносно середнього рівня моря використовується гравітаційна модель Землі EGM-96, на основі якої розробляються та використовуються регіональні або місцеві моделі геоїду в районах аеропорту, які уточнюються дані EGM-96.

Висновки відповідно до статті. Виконано аналіз нормативних документів ІКАО та Євроконтролю стосовно якісних та кількісних вимог щодо даних про місцевість та перешкоди, що складають бази даних аеронавігаційних ГІС, залежно від районів аеропорту – для вибору методів їх картографування. Для визначення планового положення перешкод чи об'єктів місцевості в міжнародній аеронавігації застосовується система координат WGS-84 за версією (G1150) та ITRF 2000, а висота відраховується від середнього рівня моря. Для цього використовується гравітаційна модель Землі EGM-96, яка уточнюється на місцевому рівні.

Ключові слова: вимоги ІКАО; геоінформаційні системи (ГІС); місцевість; перешкоди в районах аеропорту; бази даних; аеронавігаційна інформація.

Табл.: 2. Рис.: 3. Бібл.: 13.

Актуальність теми дослідження. У межах Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року [1] в Україні згідно з наказом Державної авіаційної служби України № 582 від 13.05.2019 року введено нові авіаційні правила стосовно обслуговування аеронавігаційною інформацією. Авіаційні правила визначають вимоги до обслуговування аеронавігаційною інформацією, яка надається на території України та в повітряному просторі над відкритим морем, який за міжнародними договорами належить до відповідальності України. Авіаційні правила розроблено з урахуванням законодавства Європейського Союзу, документів Євроконтролю, стандартів та рекомендованої практики Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) [2].

Постановка проблеми. Аеронавігація оперує інформацією про маршрути польотів повітряних суден, пункти донесень, перешкоди, заборонені для польотів зони та інше. Ця інформація постійно змінюється, а тому підлягає оперативному редагуванню. Донедавна підготовка аеронавігаційних даних вимагала багато «ручної праці», яка витрачалась на створення схем маршрутів, оперативних вимірювань на паперових картах, підготовку до видання тощо, що потребувало значних затрат часу.

Нині для оперування аеронавігаційною інформацією розробляються спеціалізовані геоінформаційні системи (ГІС). Причому у згаданому вище наказі № 582 вимагається: «електронні аеронавігаційні карти мають надаватися на основі масивів даних та використання географічних інформаційних систем». Адже ГІС дозволяють підвищити ступінь автоматизації управління аеронавігацією в районах аеропорту, прискорити процес розробки та випуску необхідних документів, підвищити їхню якість та, у підсумку, підвищити оперативність у прийнятті рішень та зменшити ризик позаштатних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практично вся інформація служб аеронавігації має географічний контекст, первинним джерелом якої є наземні геодезичні вимірювання та дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

До класу навігаційних можна віднести ГІС «Карта 2005». Вона має два модулі для опрацювання навігаційними даними. Перший модуль дозволяє нанести на електронну карту точки з відомими плановими та висотними координатами, які отримані GPS-приймачами, та об'єднати точки лініями на основі текстових файлів у форматі NMEA 0183. Ці дані можуть бути отримані в результаті геодезичних вимірювань та опрацьовані в блоці геодезичних задач. Другий модуль має змогу приймати навігаційні дані в режимі реального часу та виконувати відображення локації спеціальними умовними знаками на фоні картографічного зображення території. Фоновим зображенням може слугувати топографічна карта, морська карта стандарту S_57/S_52, результати космічного та аерознімання чи аеронавігаційна карта. Крім навігаційних задач, ГІС «Карта 2005» дозволяє вирішувати завдання для геодезичного та кадастрового знімання, інженерні розрахунки в цивільному та дорожньому будівництві. Також можливе виконання оверлейних операцій над списками об'єктів, виконувати мережевий аналіз для вибору оптимальних маршрутів, перерахунок координат у різні системи: WGS84, Кларка 1880 р., Кларка 1866 р., ПЗ90, СК 42 [3; 4].

Подальшим вдосконаленням ГІС «Карта 2005» є ГІС «Карта 2011». Вона дозволяє виконувати такі функції: тривимірне моделювання; побудову мозаїки зображень; створення ортофотопланів; виконувати логічні й математичні операції над списками об'єктів; проводити побудову й аналіз мережевої моделі; виконувати геодезичні та геологічні побудови й розрахунки; проєктувати в інтерактивному режимі інформаційні системи; виконувати тематичне картографування, наприклад, для потреб аеронавігації; виконувати розрахунки на площині в просторі; будувати та й аналізувати поверхні; будувати зони затоплення; виконувати обробку даних лазерного сканування; застосовувати бази даних; готувати карти до видання [5].

ГІС «Панорама» призначена для підготовки документів аеронавігаційної інформації. Комплекс є набором інструментів для: ведення бази аеронавігаційних даних, проєктування маршрутів вильоту повітряних суден, підходів та посадки; моделювання аеронавігаційної ситуації; формування аеронавігаційних карт та обміну даними з іншими ГІС у текстовому форматі ARINC424-19 та форматі метаданих AIXM 5.1 і WFS2.0. Продукт адаптований до роботи з операційними системами: Windows, Astra Linux SE, ALT Linux, Эльбрус, Ubuntu, CentOS, MCBC) та архітектур Intel, Эльбрус, КОМДИВ, PowerPC, SPARC. Комплекс розроблено згідно з документацією ІКАО [6].

Відповідно до вимог ІКАО повітряні судна (газотурбінні та поршневі) з сертифікованою масою 5700 кг та всі повітряні судна із сертифікованою масою понад 1500 кг, або на борту яких знаходиться більше ніж 30 пасажирів, повинні бути обладнані системою попередження про близькість землі, яка має функцію оцінки рельєфу та перешкод. Система попереджує екіпаж про потенційну небезпеку близькості земної поверхні у випадках: надмірного збільшення швидкості зниження повітряного судна; різкого зближення із земною поверхнею; надмірної втрати висоти під час злету чи спрямування на повторне коло; надмірного зниження відносно глісади заходження на посадку за приладами; не

випущених шасі та положенні закрилків невідповідно до посадки. Вказана система повинна мати наповнену базу стосовно рельєфу місцевості та перешкод в районах аеропортів відправки та приземлення [7; 8].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз наведених публікацій дозволяє зробити висновок про сучасну тенденцію підпорядкування документації, на основі якої виконується розробка сучасних аеронавігаційних ГІС, вимогам ІКАО. Крім того, згідно з наказом Державної авіаційної служби України № 582, до переліку аеронавігаційних карт, що підлягають публікації, належать електронна карта місцевості та перешкод у районах аеропорту та поповнення баз даних якісною та кількісною характеристикою стосовно місцевості та перешкод [2].

Мета статті. Головною метою цієї статті є аналіз нормативних документів ІКАО та Євроконтролю стосовно характеристик місцевості та перешкод у районах аеропорту, дані про які комплектуються у базу даних аеронавігаційних ГІС.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до норм ІКАО, повітряний простір навколо аеропорту поділяється на окремі райони: 1, 2, 3, 4 – в яких регламентується набір даних про перешкоди та обмежувальні поверхні. На рис. 1 показані райони 1 та 2.

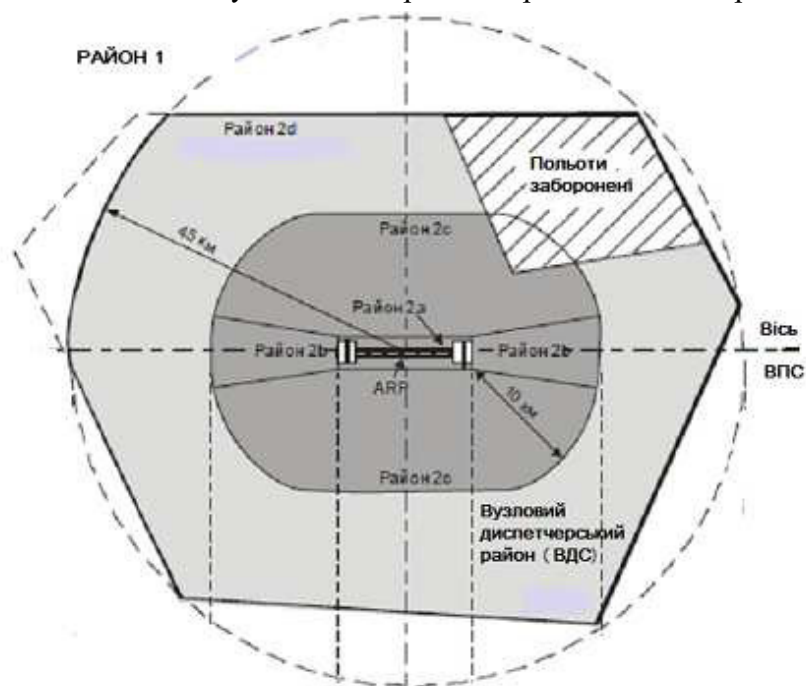


Рис. 1. Межі районів 1 та 2 аеропорту

Причому до району 1 належить вся територія держави. Район 2 поділяється на окремі райони. Район 2а – прямокутна зона навколо злітно-посадкової смуги (ЗПС), яка включає льотну смугу та будь-яку наявну смугу, що вільна від перешкод. Район 2б – зона, що охоплює місцевість від закінчення району 2а у напрямку вильоту та посадки на відстань 10 км з розходженням вгору на 15 % у кожен бік ЗПС. Район 2с – зона, що охоплює місцевість з зовнішнього боку району 2а та району 2б на відстань не більше ніж 10 км від межі району 2а. Район 2д – зона, що охоплює місцевість з зовнішнього боку районів 2а, 2б та 2с на відстань 45 км від ARP (aerodrome reference point) – контрольної точки аеродрому (умовна точка, яка визначає координати його місцеположення), або до існуючої межі вузлового диспетчерського району, залежно від того, що ближче [2; 8; 9].

Район 3 – зона (рис. 2), що межує з робочою площею аеродрому, яка в горизонтальному напрямку простягається від бічної кромки ЗПС на відстань 90 м від осьової лінії ЗПС і на відстань 50 м від бічної кромки всіх інших частин робочої площі аеродрому [2; 9].

Район 4 – зона (рис. 2), що простягається на відстань 900 м від порога ЗПС і 60 м з кожного боку продовженої осевої лінії ЗПС у напрямку заходу на посадку на ЗПС, обладнану для виконання точних заходів на посадку по категорії II або III. Там, де місцевість на відстані, що перевищує 900 м від порога ЗПС є гірською або особливою з інших міркувань, довжину району 4 слід збільшити на відстань, що не перевищує 2000 м від порога ЗПС [2; 9].

Перешкодами вважаються всі нерухомі (постійні або тимчасові) і рухомі об'єкти або частина їх, що: розташовані в зоні, яка призначена для руху повітряних суден по поверхні; або піднімаються над визначеною поверхнею, що призначена для забезпечення безпеки повітряних суден у польоті; або перебувають за межами цих визначених поверхонь і розцінюються, як такі, що небезпечні для повітряної навігації [9].

У районі 1 дані про перешкоди надаються щодо перешкод заввишки більше 100 м над землею. Для районів 2a, 2b та 2c не враховувати дані про перешкоди висотою менші за 3 та 15 м над землею відповідно (рис. 3).

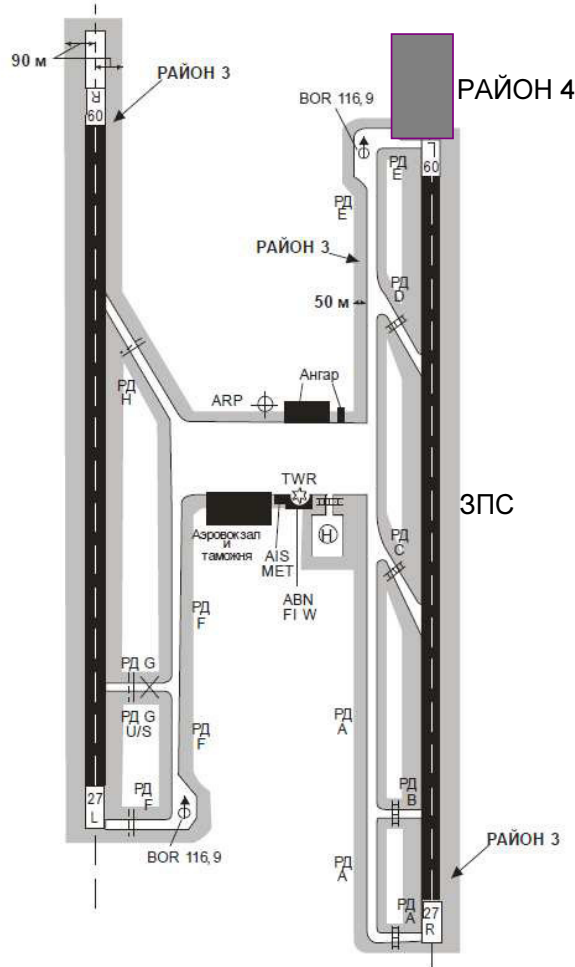


Рис. 2. Межі районів 3 та 4 аеропорту

Враховуються дані про перешкоди, які підносяться над плоскою поверхнею, що має нахил 1,2 % і має загальний початок із зоною траєкторії зльоту – райони 2b, 2c. Поверхня обліку перешкод району 2d розташована на висоті 100 м над землею [9].

Але на аеродромах, які регулярно використовуються міжнародною цивільною авіацією, надаються дані про перешкоди щодо всіх перешкод, що знаходяться в межах району 2, які згідно з оцінкою становлять небезпеку для аеронавігації. У тих зонах району 2, де виконання польотів заборонено внаслідок дуже високої місцевості або інших місцевих обмежень і/або правил, дані про місцевість відповідають кількісним вимогам для району 1 [9].

У районах 3 та 4 налагоджуються дані про перешкоди, вищі за 3 м над землею.

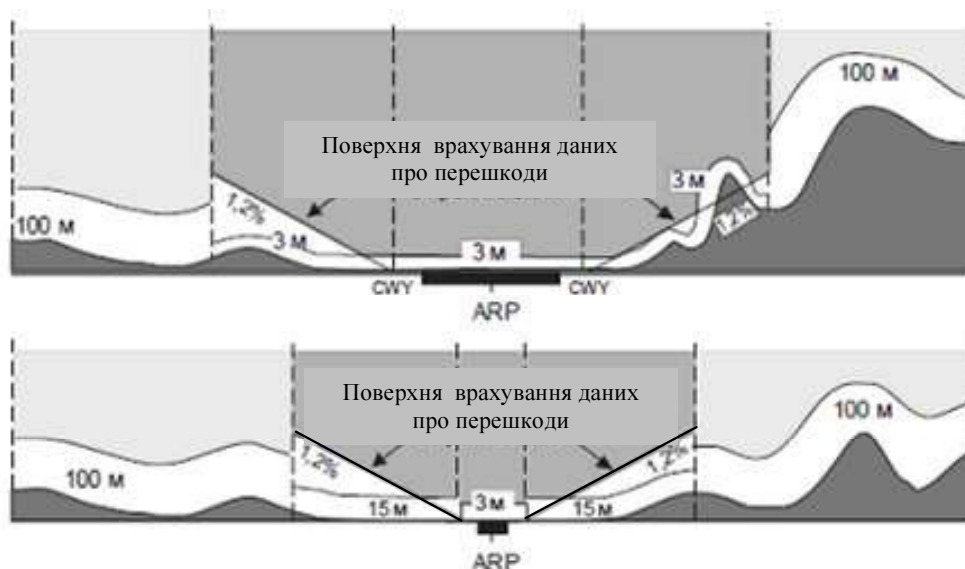


Рис. 3. Розташування поверхонь для врахування даних про перешкоди вздовж ЗПС (верхня частина малюнка) та поперек ЗПС (нижня частина малюнка) Кількісні дані про перешкоди в районах 1 – 4 наведені в табл. 1 [9].

Таблиця 1

Кількісні вимоги щодо даних про перешкоди

Кількісні дані	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4
Точність у вертикальній площині, м	30	3	0,5	1
Роздільна здатність у вертикальній площині, м	1	0,1	0,01	0,1
Точність у горизонтальній площині, м	50	5	0,5	2,5
Довірча ймовірність, %	90	90	90	90
Класифікація цілісності	Звичайні	Важливі	Важливі	Важливі

Примітка. Період оновлення даних – за необхідності.

Під роздільною здатністю (табл. 1) розуміють число одиниць або цифр, що визначає порядок вимірюваного або розрахованого значення [9]. Класифікація цілісності заснована на потенційному ризику використання викривлених даних. Застосовується така класифікація аеронавігаційних даних:

- звичайні дані – є дуже мала ймовірність того, що використання перекручених звичайних даних для безпечного продовження польоту й посадки повітряного судна будуть пов'язані зі значним ризиком і можливістю катастрофи;

- важливі дані – є мала ймовірність того, що використання перекручених важливих даних для безпечного продовження польоту й посадки повітряного судна будуть пов'язані зі значним ризиком і можливістю катастрофи;

- критичні дані: є велика ймовірність того, що використання перекручених критичних даних для безпечного продовження польоту і посадки повітряного судна будуть поєднані зі значним ризиком і можливістю катастрофи [9].

Місцевість – поверхня Землі з такими природними елементами, як гори, горби, хребти, долини, води, вічний лід, сніг, за винятком перешкод. Дані про місцевість надаються в районах 1 та 2, у зоні траєкторії польоту повітряного судна (рис 3, верхня частина малюнка) та в зонах, що знаходяться в межах бічних поверхонь обмеження перешкод аеродрому. Кількісні вимоги щодо даних про місцевість наведено в табл. 2 [9].

Кількісні вимоги щодо даних про місцевість

Кількісні дані	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4
Інтервал між постами	3с дуги (90 м)	1с дуги (30 м)	0,6с дуги (20 м)	0,3с дуги (8 м)
Точність у вертикальній площині, м	30	3	0,5	1
Роздільна здатність у вертикальній площині, м	1	0,1	0,01	0,1
Точність у горизонтальній площині, м	50	5	0,5	2,5
Довірча ймовірність, %	90	90	90	90
Класифікація цілісності	Звичайні	Важливі	Важливі	Важливі

Примітка. Період оновлення даних – за необхідності.

Як видно з табл. 1 та 2, вимоги щодо точності визначення вертикального та горизонтального положення як перешкод, так і місцевості, роздільна здатність даних, довірча ймовірність та цілісність – однакова. Крім того, дані про місцевість та перешкоди повинні надаватись у електронному (цифровому) вигляді – для наповнення електронної бази даних про ландшафт і перешкоди [10].

За систему відліку в горизонтальній площині для міжнародної аеронавігації використовують Всесвітню геодезичну систему – WGS-84. Тому аеронавігаційні географічні координати (широти та довготи) виражають відносно геодезичної бази відліку – WGS-84. Іншою точною всесвітньою системою земних координат є земна система відліку ITRS Міжнародної служби обертання Землі (IERS). Практичною реалізацією ITRS є опорна система ITRF. Остання реалізація WGS-84 (G1150) прив'язана до початку періоду відліку ITRF 2000. WGS-84 (G1150) узгоджується з ITRF 2000, і в практичних реалізаціях різниця між цими двома системи знаходиться в межах 1–2 см для Світу загалом, що означає практичну ідентичність WGS-84 (G1150) та ITRF 2000 [10].

У міжнародній аеронавігації за систему відліку у вертикальній площині використовується прийнятий за базу MSL (mean sea level) – середній рівень моря, який забезпечує зв'язок залежних від гравітації відносних висот (перевищень) з поверхнею, що зветься геоїдом. У глобальному плані геоїд найбільше близько відповідає MLS. Залежні від гравітації відносні висоти (перевищення) є ортометричними висотами, а відстані до точок над еліпсоїдом є висотами відносно еліпсоїда. Різниці вказаних висот утворюють хвилі геоїда відносно поверхні еліпсоїда [9; 10].

За глобальну модель гравітації використовується гравітаційна модель Землі – 1996 (EGM-96), що містить детальну інформацію про поле довгих гравітаційних хвиль геоїда через градус до 360°. У географічних пунктах, де точність EGM-96 не значна, на основі даних EGM-96 розробляються та використовуються регіональні або місцеві моделі геоїду, що містять дані про гравітаційне поле з високою роздільною здатністю (короткі хвилі). У тих випадках, коли використовується інша модель геоїду замість моделі EGM-96, в AIP (Aeronautical Information Publication) – збірник аеронавігаційної інформації приводиться опис використаних моделей та необхідні параметри для попереднього перетворення відносних висот для переходу від цих моделей до EGM-96 [9; 10].

У Всесвітній геодезичній системі – WGS-84 визначаються саме висоти відносно еліпсоїда. Тому від цих висот, визначених геодезичним чи навігаційним GPS-обладнанням, необхідно перейти до ортометричних висот з урахування хвиль геоїда – розташування поверхні геоїда відносно еліпсоїда, який використовується у WGS-84 як поверхня відносності. Згідно з вимогами ICAO висоти геоїда на територіях міжнародних аеропортів повинні бути визначеними так, щоб забезпечити відтворення хвилі геоїда на рівні 25 см [11]. Така гранична похибка для довірчої ймовірності 0,95–0,997 та нормального розподілу з урахуванням коефіцієнту переходу 2,0–3,0 [12] дозволяє отримати середню квадратичну похибку визначення хвилі геоїду на рівні $\pm(8-12 \text{ см})$ [13].

Масив даних про місцевість містить масиви цифрових даних, що описують поверхню місцевості у вигляді безперервного ряду значень перевищень, які обчислюються від загальної бази значень усіх вузлах (точках) певної сітки. Сітка місцевості є кутовою або лінійною та має правильну або неправильну форму [9; 10].

Крім кількісних даних, необхідно надавати атрибутивну інформацію про місцевість. До важливої інформації віднесено такі атрибути місцевості: район охоплення; показчик про укладача даних; показчик про джерело даних; метод отримання; інтервал між постами; систему відліку, роздільну здатність, точність, місцезнаходження та довірчий рівень у горизонтальній площині; перевищення та його відлік; систему відліку, роздільну здатність, точність, та довірчий рівень у вертикальній площині; зареєстрована поверхня; цілісність; відмітка дати й часу; використані одиниці часу [9; 10].

У масив даних про перешкоди включаються всі типи елементів, визначені як перешкоди, і кожен із них описується відповідно до переліку обов'язкових атрибутів. Важливою інформацією про атрибути перешкод є: район охоплення; показчик про укладача даних; показчик про джерело даних; систему відліку, роздільну здатність, точність, місцезнаходження, довірчий рівень та розміри в горизонтальній площині; перевищення; систему відліку, роздільну здатність, точність, та довірчий рівень у вертикальній площині; тип перешкоди та його конфігурація; цілісність; відмітка дати і часу; використані одиниці часу; освітлення та маркування. До атрибутів тимчасових і рухомих перешкод належать ще й такі: відносна висота; дія та ефективність [9].

Висновки відповідно до статті. Виконано аналіз нормативних документів ІКАО та Євроконтролю стосовно якісних та кількісних вимог щодо даних про місцевість та перешкоди, що складають бази даних навігаційних ГІС, залежно від районів аеропорту – для вибору методів їх картографування. Встановлено, що як систему відліку в горизонтальній площині в міжнародній аеронавігації використовується система координат WGS-84 за версією (G1150) та ITRF 2000, а за систему відліку у вертикальній площині – середній рівень моря (MSL). Для переходу від геодезичних висот до висот відносно середнього рівня моря використовується гравітаційна модель Землі EGM-96, на основі якої розробляються та використовуються регіональні або місцеві моделі геоїду в районах аеропорту.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 126. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show>.
2. Про затвердження Авіаційних правил України «Обслуговування аеронавігаційною інформацією»: Наказ Державної авіаційної служби України від 13.05. 2019 № 582. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0760-19#Text>.
3. Боханов І. Застосування геоінформаційних систем в аеронавігації. *Чернігівський науковий часопис Чернігівського державного інституту економіки і управління. Сер. 2: Техніка і природа.* 2012. Вип. 1. С. 23–28.
4. ГИС Карта 2005 – расчеты по карте. URL: <https://gisinfo.ru/item/31.htm>.
5. ГИС «Карта 2011» URL: <http://www.geoguide.com.ua/software/software.php?part=panorama&art=gis2011>.
6. ГИС «Панорама». Комплекс подготовки документов аэронавигационной информации. URL: <https://gisinfo.ru/products/anibasex64.htm>.
7. Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации. Эксплуатация воздушных судов. Часть первая. URL: http://www.bpl.ru/asmap/Annexes/an06_p1_cons_ru.pdf.
8. Крячок С. Д. Топографо-геодезичне забезпечення аеропортів. *Технічні науки та технології.* 2018. № 1 (11). С. 239–251.
9. Службы аэронавигационной информации. Приложение 15 к Конвенции о международной гражданской авиации. Международная организация гражданской авиации. Издание четырнадцатое. Июль 2013 года. URL: http://www.vip-class.ru/userfiles/file/biblioteka/attach_15.pdf.
10. Terrain and Obstacle Data Manual. URL: <http://www.eurocontrol.int/publications/terrain-and-obstacle-data-tod-manual>.

11. Руководство по Всемирной геодезической системе – 1984 (WGS 84). URL: <http://ggspb.org/normativnaya-baza/files/rukovodstvo-po-vsemirnoi-geodezicheskoi-sisteme-1984.pdf>.

12. Войтенко С. П. Математична обробка геодезичних вимірів. Теорія похибок вимірів : навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2003. 216 с.

13. Кучер О. В. Методичні основи впровадження Світової геодезичної системи WGS-84 для цілей цивільної авіації : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.24.01 – Геодезія / Київський національний ун-т будівництва і архітектури. Київ, 2006. 19 с.

References

1. Pro zatverdzhennya Derzhavnoyi tsilovoi prohramy rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku [About the statement of the State target program of development of the airport for the period till 2023]. (February 24, 2016). <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show>.

2. Pro zatverdzhennya Aviatsiynykh pravyl Ukrayiny “Obsluhovuvannya aeronavhatsiynoyu informatsiyeyu” [About the statement of Aviation rules of Ukraine “Service of the aeronautical information”]. (May 18, 2020). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0760-19#Text>.

3. Bokhanov, I. (May 7-12, 2013). Zastosuvannya heoinformatsiynykh system u aeronavhatsii [Application of geographic information systems in air navigation]. *Chernihivskiyi naukovyi chasopys Chernihivskoho derzhavnogo instytutu ekonomiky i upravlinnia. Ser. 2: Tekhnika i pryroda – Chernihiv Scientific Journal of the Chernihiv State Institute of Economics and Management. Ser. 2: Technology and nature* (pp. 23–28). PJSC “Desna”.

4. GIS Karta 2005 – raschety po karte [GIS Map 2005 – map calculations]. (n.d.). KB Panorama. <https://gisinfo.ru/item/31.htm>.

5. GIS «Karta 2011» [GIS Map]. (n.d.). Geoguide. <http://www.geoguide.com.ua/software/software.php?part=panorama&art=>.

6. GIS «Panorama». Kompleks podgotovki dokumentov aeronavigatsionnoy informatsi [GIS “Panorama”. Complex for preparing aeronautical information documents]. (n.d.). KB Panorama. <https://gisinfo.ru/products/anibase64.htm>.

7. Prilozheniye 6 k Konventsii o mezhdnoy grazhdanskoy aviatsii. Ekspluatatsiya vozdushnykh sudov. Chast pervaya [Appendix 6 to the Convention on International Civil Aviation. Aircraft operation. Part one]. http://www.6pl.ru/asmap/Annexes/an06_p1_cons_ru.pdf.

8. Kriachok, S. D. (2018). Topografo-geodezichne zabezpechennya ayeroportiv [Topographic and geodetic maintenance of airports]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi – Technical sciences and technologies*, 1 (11), pp. 239–251.

9. *Aeronautical information services. Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation. ICAO.* (July 2013). http://www.vip-class.ru/userfiles/file/biblioteka/attach_15.pdf.

10. Terrain and Obstacle Data Manual. EUROCONTROL. (October 2011). <http://www.eurocontrol.int/publications/terrain-and-obstacle-data-tod-manual>.

11. Guide to the World Geodetic System – 1984 (WGS 84). ICAO. (202). <http://ggspb.org/normativnaya-baza/files/rukovodstvo-po-vsemirnoi-geodezicheskoi-sisteme-1984.pdf>.

12. Voytenko, S. P. (2003). *Matematychna obrobka heodezychnykh vymiriv. Teoriia pokhybok vymiriv [Mathematical processing of geodetic measurements. Measurement error theory]*. KNUBA.

13. Kucher, O. V. (2006). *Metodychni osnovy vprovadzhennya Svitovoyi heodezychnoyi systemy WGS-84 dlya tsiley tsyvil'noyi aviatsiyi [Methodical bases of implementation of the World geodetic system WGS-84 for the purposes of civil aviation]* [abstract PhD dissertation, Kyiv National Academy of Civil Engineering and Architecture].

UDC 528.4;528.489

Serhiy Kryachok, Olena Boiko, Liudmyla Mamontova

CONSIDERATION OF ICAO REQUIREMENTS FOR TERRAIN AND OBSTACLES IN THE AIRPORT AREA FOR THEIR MAPPING AND USE IN GEOINFORMATION SYSTEMS

The urgency of the research. Within the framework of the State Target Program for the Development of Airports for the Period up to 2023 in Ukraine in accordance with the order of the State Aviation Service of Ukraine No. 582 dated 13.05.2019, new aviation regulations were introduced regarding aeronautical information services. Aviation regulations have been developed taking into account European Union legislation, Eurocontrol documents, ICAO standards and recommended practices.

Target setting. Nowadays, specialized geographic information systems are being improved to operate with aeronautical information. They make it possible to increase the degree of automation of aeronautical data management in airport areas, to speed up the process of developing and issuing the necessary documents, to improve their quality and, as a result, to increase efficiency in decision-making and reduce the risk of emergencies.

Actual scientific researches and issues analysis. The latest publications in open access, devoted to the use of geographic information systems for handling aeronautical data were reviewed.

An unexplored parts of a common problem. Analysis of publications allows us to conclude that it is necessary to take into account the ICAO requirements when developing air navigation geoinformation systems. According to the order of the State Aviation Service of Ukraine No. 582, the list of aeronautical maps to be published includes an electronic map of the terrain and obstacles in the airport areas and filling the GIS databases with relevant data on the qualitative and quantitative characteristics of terrain and obstacles.

The research objective. The main purpose of the article is to analyze the regulatory documents of ICAO and Eurocontrol regarding the characteristics of the terrain and obstacles in the airport areas, which data is entered into the specialized GIS database.

The statement of basic materials. The division of the country's airspace into separate regions is considered: region 1 - the entire territory of the state; region 2 - the territory of the nodal control area, region 3 - the territory along the runway, territory 4 - the site at the end of the runway, equipped for precise approach for landing in category II or III. The requirements for quantitative characteristics and attributive information for terrain and obstacles in aeronautical data in accordance with the areas of the airport are given. The WGS-84 coordinate system according to version (G1150) and ITRF 2000 is used as a reference system for determining the latitudes and longitudes of obstacles or terrain objects in international air navigation, and mean sea level (MSL) is taken to determine the height. For the transition from geodetic heights to heights relative to mean sea level, the Earth gravity model EGM-96 is used, on which basis regional or local geoid models in the airport areas are developed and used, which refine the EGM-96 data.

Conclusions. The analysis of the regulatory documents of ICAO and Eurocontrol was carried out regarding the qualitative and quantitative requirements for data on the terrain and obstacles that make up the databases of specialized GIS, depending on the areas of the airport, for the choice of methods for their mapping. To determine the planned position of obstacles or terrain objects in international air navigation, the WGS-84 coordinate system according to version (G1150) and ITRF 2000 is used, and the height is measured by the mean sea level. For this, the Earth's gravity model EGM-96 is used, updated which at the local level.

Keywords: ICAO requirements; geographic information systems (GIS); terrain, obstacles in airport areas; databases; aeronautical information.

Table: 2. Fig.: 3. References: 13.

Крячок Сергій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kryachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: geodesist2015@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5633-1501>

ResearcherID: N-3061-2016

Бойко Олена Леонідівна – старший викладач кафедри аерокосмічної геодезії та землеустрою, Національний авіаційний університет (просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна).

Boiko Olena – Senior Lecturer at the Department of Aerospace Geodesy and Land Management, National Aviation University (1 Lubomir Husar Av., 03058 Kyiv, Ukraine).

E-mail: boyko_lena@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8654-9392>

Мамонтова Людмила Степанівна – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Mamontova Lyudmila – Senior Lecturer of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: liudmila.mamontova@yandex.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4144-5261>

ResearcherID: N-3070-2016