

УДК 528.3

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-1(1)-239-251

Сергій Крячок

ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЕРОПОРТІВ

Актуальність теми дослідження. В Україні прийнято Державну цільову програму розвитку аеропортів на період до 2023 року. Метою Програми є задоволення потреб держави у забезпеченні стабільного розвитку авіаційної галузі, узгодження інфраструктури авіаційного транспорту з міжнародними стандартами.

Постановка проблеми. Для досягнення мети пропонується провести будівництво, реконструкцію та модернізацію аеродромів та аеродромних об'єктів; об'єктів інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які присвячені висвітленню геодезичного забезпечення аеропортів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У наведених роботах неповною мірою розглянуто застосування найсучасніших технологій для всього комплексу геодезичного забезпечення аеропортів.

Постановка завдання. Головною метою цієї роботи є огляд сучасного стану всього комплексу топографо-геодезичного забезпечення аеропортів в Україні – від вишукувань до ремонту та реконструкції.

Виклад основного матеріалу. Розглянуто особливості топографо-геодезичного забезпечення проектування, будівництва, експлуатації, ремонту та реконструкції аеропортів в Україні.

Висновки відповідно до статті. Необхідно впроваджувати у практику топографо-геодезичних робіт для потреб аеропортів в Україні передові технології: аерознімання з використанням безпілотних літальних апаратів; лідарного знімання висотних перешкод; лазерного сканування споруд аеропорту; роботизованих комплексів на основі електронних тахеометрів та комп'ютерного опрацювання даних.

Ключові слова: електронний тахеометр; безпілотний літальний апарат; лідар; лазерне сканування.

Рис.: 12. Бібл.: 18.

Актуальність теми дослідження. В Україні, згідно з постановою Кабінету Міністрів від 24 лютого 2016 р. № 126, було прийнято Державну цільову програму розвитку аеропортів на період до 2023 року [1]. Метою Програми є задоволення потреб держави в забезпеченні стабільного розвитку авіаційної галузі, узгодження інфраструктури авіаційного транспорту з міжнародними стандартами, забезпечення набуття Україною статусу транзитної держави з урахуванням її унікального географічного розташування, підвищення ефективності управління державним майном [1].

Постановка проблеми. У вищезазначеній постанові для досягнення мети пропонується забезпечити будівництво, реконструкцію та модернізацію: аеродромів та аеродромних об'єктів; об'єктів інфраструктури аеропортів (пасажирські та вантажні термінальні комплекси, цехи бортового харчування, об'єктів забезпечення авіаційним паливом); об'єктів наземної інфраструктури (ангарні комплекси, авіаційно-технічні бази, навчально-тренажерні центри, профілакторії, адміністративні будівлі, складські об'єкти) [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують публікації, які висвітлюють окремі напрямки сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення аеропортів. Так робота [2] присвячена впровадженню Світової геодезичної системи WGS-84 в аеропортах України. Проблеми геодезичного контролю положення висотних об'єктів на аеродромах та приаеродромних територіях наведені в публікаціях [3; 4]. Більш повно розглянуті топографо-геодезичні роботи в статті [5]. Тут наведено комплекс робіт – від вишукувань до утилізації споруд та покриття аеропорту.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У наведених роботах неповною мірою розглянуто застосування найсучасніших технологій для всього комплексу топографо-геодезичного забезпечення аеропортів.

Постановка завдання. Головною метою цієї роботи є огляд сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення вишукування, проектування, будівництва, експлуатації, ремонту та реконструкції аеропортів в Україні.

Виклад основного матеріалу. Аеропорт має свої стадії життєдіяльності: вишукування та проектування, будівництво, експлуатація, ремонт і реконструкція. На кожному з цих етапів виконуються відповідні топографо-геодезичні роботи.

Згідно з [6] аеропорт – комплекс споруд, що призначений для приймання, відправлення повітряних суден, обслуговування повітряних перевезень, проведення робіт з технічного обслуговування і має для таких цілей аеродром, аеровокзал, інші наземні споруди та необхідне обладнання (рис. 1).

Основною частиною аеропорту є аеродром – визначена ділянка земної, водної поверхні, включаючи будь-які будівлі, споруди й обладнання, призначена повністю чи частково для вильоту, прибуття, стоянки та руху по такій поверхні повітряних суден (позиції 1–7 на рис. 1) [6].



Рис. 1. Варіант генерального плану аеропорту:

- 1 – злітно-посадкова смуга (ЗПС) зі штучним покриттям; 2 – бічні ґрунтові зони, 3 – кінцеві смуги безпеки, які забезпечують повітряне судно (ПС) у разі викочування його за межі ЗПС; 4 – магістральні руліжні доріжки (МРД) для ПС; 5 – з’єднувальні руліжні доріжки (ЗРД); 6 – перон; 7 – VIP-перон; 8 – термінал бізнес-авіації; 9 – командно-диспетчерський пункт (КДП) для керування польотами ПС; 10 – аварійно-рятувальна станція; 11 – вантажний термінал для зберігання вантажу і пошти; 12 – митниця; 13 – котельня; 14 – готельно-офісна зона; 15 – стоянка автотранспорту; 16 – логістичний комплекс; 17 – паливозаправний комплекс; 18 – під’їзна автомобільна дорога; 19 – під’їзна залізниця для вантажних перевезень

Іншою частиною аеропорту є службово-технічна територія (СТТ), на якій розміщені будинки та споруди для проведення технологічних операцій з обслуговування пасажирів, переробки вантажів, технічного обслуговування повітряних суден (ПС) і внутрішньої господарської діяльності аеропорту (позиції 8–17 на рис. 1) [6].

До торців аеродрому прилягає смуга повітряних підходів (рис. 2) – ділянка приаеродромної території встановлених розмірів, над якою повітряні судна здійснюють початковий етап набирання висоти під час зльоту та кінцевий етап зниження під час заходу на посадку [6].

Навколо аеропорту розташована приаеродромна територія – обмежена регламентованими розмірами місцевість, до якої встановлено спеціальні вимоги щодо розташування різних об’єктів, висота яких контролюється з урахуванням умов безпеки маневрування, зльоту та заходу на посадку повітряних суден [6]. На цій території знаходяться також відокремлені споруди, комунікації та устаткування, які умовно відносяться до аеродрому (світлотехнічні та радіотехнічні засоби, перевалочний склад паливно-мастильних матеріалів тощо) [7].

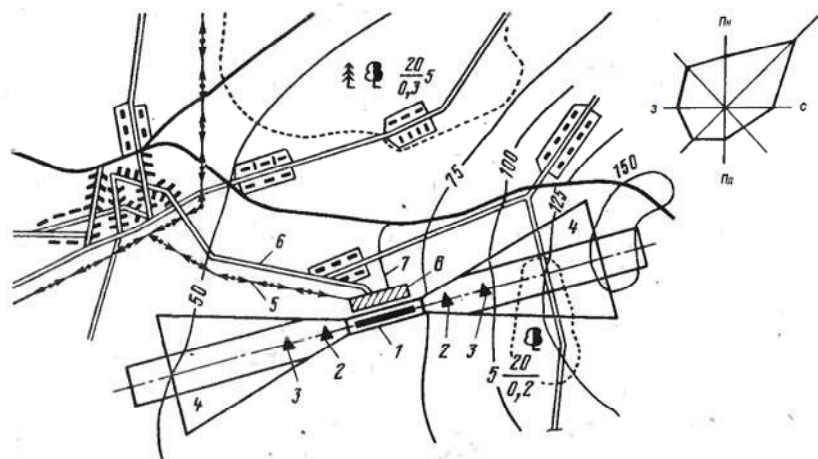


Рис. 2. Ситуаційний план аеропорту:

- 1 – аеродром; 2 – ближня привідна радіостанція і маркерний радіомаяк (БІРМ),
 3 – дальня привідна радіостанція і маркерний радіомаяк (ДІРМ) –призначені
 для радіонаведення ПС на вісь ЗПС; 4 – смуга повітряних підходів;
 5 – лінія електропередачі (ЛЕП); 6 – під'їзна автомобільна дорога;
 7 – під'їзна залізниця; 8 – ділянка службово-технічної території (СТТ)

Повітряний простір над аеродромом та прилеглою до нього місцевістю з установленими розмірами в плані та по висоті, в якому відбувається маневрування ПС для заходу на посадку, набору висоти для зльоту, виходу на друге коло, у зони очікування, вихідні коридори і т. ін. – є районом аеродрому [7].

На етапі виконання передпроектних робіт для будівництва нового аеродрому завдання вишукувань зводиться до пошуку найбільш вигідного місця розташування аеродрому в заданому районі будівництва, яке б забезпечувало максимальні зручності зон повітряних підходів, розташування ЗПС та інших споруд для мінімальних обсягів робіт з будівництва та експлуатації. Для цього виконують комплекс геодезичних і інженерно-геологічних робіт, у результаті яких отримують вихідні дані для складання проекту нового летовища або реконструкції наявного.

Проектування аеродромів виконується в дві стадії: технічний проект і робочі креслення. Вишукування аеродромів залежно від етапу проектних робіт також поділяються на стадії: попередні вишукування (як правило, зйомка масштабу 1:5000) і вишукування вже безпосередньо для виконання проектних рішень (зйомка масштабів 1:2000, 1:1000, 1:500) [8].

Головним завданням інженерних вишукувань є вивчення природних і техногенних умов будівництва, освоєння території для складання повної і достовірної ситуації, що забезпечує якісне проектування і розробку необхідних рекомендацій для підрядної будівельної організації. Ядром комплексу інженерних вишукувань є топографо-геодезичні роботи, у результаті яких виконується збір просторової інформації про кількісні та якісні характеристики місцевості.

Поряд з топографо-геодезичними роботами до складу комплексних інженерних вишукувань входять: інженерно-геологічні, геофізичні, гідрологічні, метеорологічні, екологічні та ін. [9]. Вихідними даними цієї частини вишукувань є якісні характеристики території, яка підлягає подальшому перетворенню, які, у свою чергу, вимагають просторово координатної прив'язки. Це завдання вирішується в процесі топографо-геодезичних вишукувань. На етапі виконання передпроектних рішень виконується цілий комплекс топографо-геодезичних робіт, таких як:

- повітряне і наземне рекогносцювання району виконання робіт;
- розвиток планово-висотної основи (разом із закріпленням будівельної сітки);
- геометричне нівелювання по квадратах території майбутнього аеродрому;

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

- великомасштабна зйомка (1:500, 1:1000,) передбачуваної ділянки СТТ, розташування всього комплексу будівель і споруд аеропорту, включаючи підземні споруди й комунікації;
- зйомка території майбутнього аеродрому в масштабах 1:2000;
- виконання спеціальних геодезичних спостережень і закріплення окремих точок на місцевості;
- землевпорядні та кадастрові роботи.

За традиційною схемою програма проведення топографо-геодезичних вишукувань включає в себе створення мережі згущення, що спирається на пункти Державної геодезичної мережі, як мережі першого порядку, на яку повинна спиратися мережа знімальної основи, а з пунктів останньої проводиться топографічна зйомка місцевості. Мережі згущення будуються методами полігонометрії 4-го класу, 1-го або 2-го розряду, а мережі знімальної основи створюються шляхом прокладання теодолітних або тахеометрических ходів.

За зрівноваженими даними проводиться перенесення знімальних точок для створення ситуаційної частина топографічного плану.

У процесі топографічної зйомки використовуються електронні тахеометри. Це є вигідним для подальшої обробки результатів польових вимірювань, оскільки при зчитуванні інформації з накопичувача тахеометра, крім трьох координат, знімальній точці присвоюється належність до будь-якого об'єкта, який відповідає певному умовному знаку на топографічному плані. Максимальна ефективність може бути досягнута шляхом вибору відповідного програмного забезпечення, що дозволяє створювати топографічний план в умовних знаках по «сирих» даних, принесених виконавцем безпосередньо з поля.

Наступний крок у процесі обробки польових вимірювань – побудова цифрової моделі рельєфу і ситуаційного плану.

Для створення топографічних планів території аеропорту нині використовуються аерознімання з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) (рис. 3) [10].

*а**б*

Рис. 3. Аерофотозйомка з БПЛА

а – БПЛА на маршруті; б – аерофотознімок з БПЛА

Після опрацювання результатів аерофотознімання отримують ортофотоплани, цифрові моделі місцевості та кінцеві продукти – топографічні плани місцевості (рис. 4).

Для проектування необхідно також надати інформацію і про геологічну будову території аеропорту за даними інженерно-геологічних вишукувань. Для цього використовують результати опису геологічних виробок – свердловин і шурфів. Горловини цих виробок координуються у плані та по висоті від пунктів геодезичної основи.



а

б

Рис. 4. Моделі місцевості:

а – ортофотоплан з горизонталлями; б – топографічний план місцевості

Наступним етапом є розробка генерального плану аеропорту. Генеральний план аеропорту проектується на основі ситуаційного плану місцевості з метою забезпечення зручного транспортного зв'язку між містом і аеропортом, трасування під'їзної автомобільної та залізничної доріг і основних інженерних комунікацій, і повинен відображати розвиток аеропорту на перспективу з виділенням першої черги будівництва.

На генеральному плані аеропорту передбачається функціональне зонування території з урахуванням спеціалізації будівель і споруд, технологічних і транспортних зв'язків між ними, безпечного маневрування повітряних суден, архітектурно-планувальних вимог, а також вимог санітарно-гігієнічних, пожежної безпеки і черговості будівництва; забезпечення благоустрою ділянки забудови й допустимого рівня шуму, емісії авіаційних двигунів та ризику авіаційних подій; розміщення систем управління повітряним рухом, радіонавігації та посадки з урахуванням безпеки персоналу і місцевого населення від впливу надвисокочастотного опромінення [6].

При проектуванні генеральних планів аеропортів архітектурно-планувальні рішення СТТ повинні передбачати можливість роботи як однієї, так і декількох ЗПС, а також розташування будівель і споруд з метою забезпечення компактності забудови, скорочення інженерних і транспортних комунікацій, що дозволить знизити експлуатаційні та будівельні витрати.

Рельєф на території аеродрому згідно з проектом описується такими характеристиками, як поздовжній і поперечний ухили. Тому до складу геодезичного супроводу під час будівництва аеродрому входить винесення на місцевість проектних відміток та ухилів від пунктів будівельної сітки під час перетворення рельєфу території аеропорту – згідно з проектом вертикального упорядкування (рис. 5). Роботи виконуються за технологією і точністю технічного нівелювання.

Під час геодезичного забезпечення будівництва основних елементів льотного поля виконуються набір операцій з винесення об'єктів на місцевість, аналогічній технології будівництва доріг. Тому і будівництвом подібного типу конструкцій займаються, як правило, дорожно-будівельні організації, що мають у своїй штатній структурі відповідне устаткування та геодезиста з усім необхідним набором інструментів. Геодезист безперервно забезпечує роботу будівельників. Обчислення проводяться прямо на робочому місці за допомогою калькулятора, або використання спеціалізованих програмних продуктів. Наприклад, програмний продукт CREDO ГЕНПЛАН дозволяє заощадити не тільки час на обробку польових вимірювань, але й здійснювати безперервний контроль товщини окремих шарів при укладанні бетону, що, у свою чергу, приводить до економії коштів і часу [5].



а



б

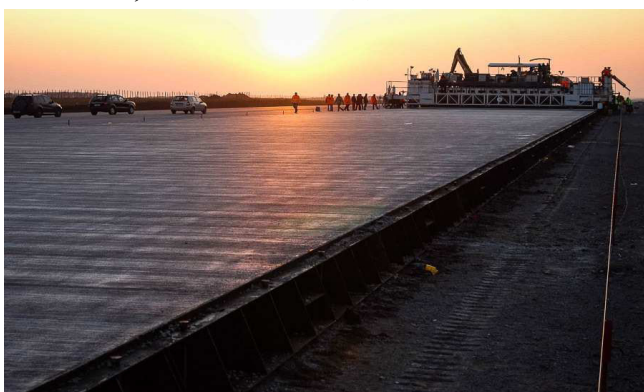
*Рис. 5. Земляні роботи на території аеропорту:
а – формування рельєфу згідно з проектом вертикального упорядкування;
б – винесення на місцевість проектних відміток*

Конструкція штучних покриттів має вигляд «листяного пирога». Укладання окремих шарів вимагає виконання геодезистом технічного нівелювання, яке здійснюється від точок закріплення будівельної сітки. При влаштуванні окремих шарів конструкції ЗПС, МРД, ЗРД використовуються сучасні бетоноукладочні машини (рис. 6, а), умова роботи яких забезпечується і геодезичними даними.

Принцип роботи полягає в наступному. Геодезист виставляє віхи і натягує струну точно за відмітками, зазначеними у проекті. Струни натягуються з двох сторін майбутнього штучного покриття. За допомогою датчиків, розташованих на бетоноукладочній машині, чутливий елемент регулює висоту укладання бетону.

У разі правильного виконання всіх операцій досягається точність близько 1-2 мм [5]. Після того як бетон застиг, виконується контрольна зйомка поверхні бетону. Якщо окрема плита не має потрібного ухилу або відрізняється від тих вимог, які закладені в проекті, вона просто вирізується (рис. 6, б), виноситься і заливається знову.

Точність укладання арматури, що знаходиться всередині бетону, визначається відповідними нормативними документами і досягає 1-2 см у поздовжньому й поперечному напрямках. Нарізка технологічних і термошвів виконується з винесених у натуру проектних точок, зазначених геодезистом.



а



б

*Рис. 6. Роботи з будівництва штучних покриттів аеродрому:
а - укладання бетону; б - нарізання температурних швів (або вирізання бракованих плит)*

Контроль, перевірка ухилів поверхонь, товщини шарів здійснюються всілякими способами, не тільки з використанням нівелірів і електронних тахеометрів, але і промірами за допомогою рулетки.

Процес послідовності будівництва окремих будівель і споруд аеропорту та комплекс геодезичного забезпечення є традиційним для будівництва (рис. 7).



Рис. 7. Етапи будівництва споруд аеродрому:

а – облаштування котловану для терміналу; *б* – спорудження будівлі терміналу

Геодезичні роботи полягають у винесенні на місцевість основних та головних осей споруд, розмічування крайок котлованів та передача відміток на їх дно, контроль у плані та по висоті спорудження фахверку, детальні розпланувальні роботи, передача відміток та координат на монтажні горизонти, вивірка вертикальності колон, виконавче знімання.

Супровід будівництва ведеться на кожному етапі установки всіх елементів, починаючи з підземних комунікацій. Зокрема, при закладці в трубах електричних кабелів, геодезистом фіксується їх розташування, глибина закладки, напруга, переріз. На підставі виконаних вимірів створюються карти підземних комунікацій. Усі колектори, системи дренажу (рис. 8, *а*), які закладаються уздовж аеродрому, ЗПС, мають конкретні проміри в плані та по висоті, оскільки стан ґрунту під ЗПС строго контролюється.



Рис. 8. Прокладання підземних комунікацій:

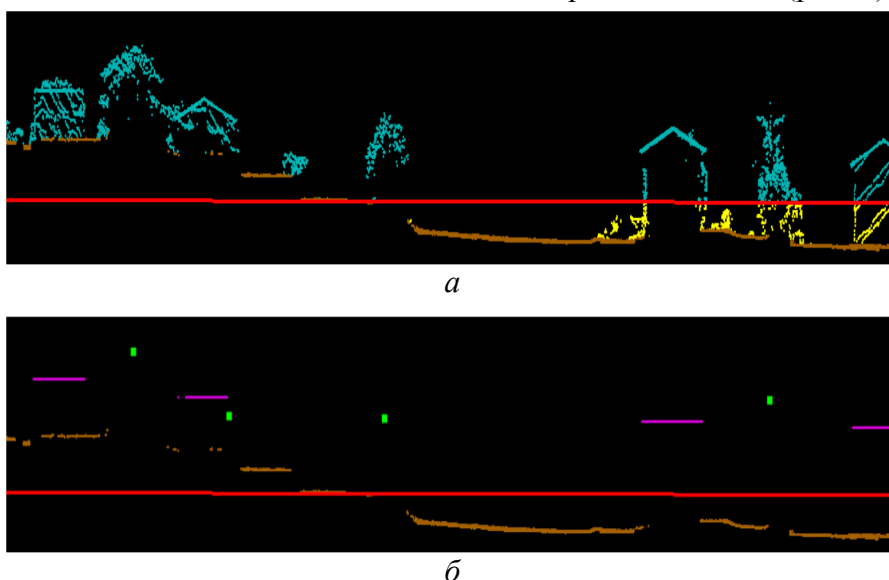
а - укладання колектору системи дренажу; *б* – встановлення ліхтарів ССО

Установка світлосигнального обладнання (ССО) на бетонному покритті проводиться до заливки верхнього шару бетону. У цьому випадку геодезист, згідно з проектним рішенням, вказує місце розташування ліхтарів ССО і здійснює контроль підводки каналів кабелів до цього пункту (рис. 8, *б*). Після укладання бетону за відомими координатами виконується свердління отворів для ліхтарів ССО.

Усі роботи під час будівництва ведуться під постійним контролем інженера-геодезиста, який забезпечує геометричні параметри території аеропорту згідно з проектною документацією та підписує відповідні контрольно-вимірювальні документи.

У процесі експлуатації аеродрому геодезичні роботи менш інтенсивні. Геодезичний супровід полягає в періодичному визначенні для експлуатаційних служб необхідну інформацію з оцінки нерівностей поверхні аеродромних покриттів, про навантаження і несучу здатність поверхонь, визначаються висоти аеронавігаційних орієнтирів і перешкод на льотному полі та приаеродромній території.

Традиційно висоти аеронавігаційних орієнтирів і перешкод визначаються методом тригонометричного нівелювання з пунктів геодезичної основи. Нині для цього може бути використана високотехнологічна методика лідарного знімання (рис. 9) [11].



*Рис. 9. Лідарне знімання висотних перешкод:
а – знімання перешкод; б – визначення місцевих максимуми
як найвищих точок об'єктів (перешкод)*

У процесі експлуатації покриттів конструкцій аеродрому здійснюються фізичне, температурне і хімічне впливу, внаслідок чого відбувається переміщення плит покриттів і їх корозія. Для вимірювання нерівностей поверхні покриттів застосовують високоточні нівеліри і спеціальні шкалові лінійки з міліметровою шкалою. Для оцінки рівності поверхні ШЗПС виконується короткокрокове нівелювання поперечників (з кроком 5 м) [12]. Крім того, виконуються оцінювання геометричних характеристик мікрорельєфу покриттів: ухилів та їх різниць на певній лінійної базі, просвітів під триметровою рейкою і їх розподілу в заданих діапазонах, уступів між плитами та порівняння їх значень з нормативними даними. Наявність такої інформації дозволяє виявити ділянки штучного покриття ЗПС з незадовільною рівністю та дефектами і своєчасно включити їх у плани поточного або капітального ремонту.

З метою оцінки фактичної несучої здатності штучних покриттів аеродрому виконуються їх натурні випробування статичним навантаженням розрахунковим типом повітряного судна виміром пружних прогинів.

Вимірювання вертикальних переміщень конструкцій покриттів виконуються з використанням прецизійних нівелірів і спеціальних шкальних лінійок [5]. За результатами виконаних випробувань встановлюється допустиме навантаження на стандартну опору повітряного судна і відповідне їй значення класифікаційного числа покриття PCN – нормативний параметр Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО), яке виражає несучу спроможність штучного покриття ЗПС [13].

Перевірка відповідності характеристик льотного поля і приаеродромної території вимогам законодавства України про цивільну авіацію дозволяє отримати або підтвердити Сертифікат відповідності аеродрому [14].

Важливим елементом геодезичного забезпечення експлуатації аеродромів є спостереження за деформаціями та осіданням його споруд. Для цього проводиться високоточне геометричне нівелювання осадкових марок, закріплених на спорудах аеропорту.

Для спостереження за осіданнями та деформаціями споруд аеропорту в реальному часі нині є ефективним використання роботизованих комплексів на основі електронних тахеометрів та комп'ютерного опрацювання даних (рис. 10).



Рис. 10. Спостереження за креном та деформаціями споруд аеропорту:
а – КДП аеропорту; б – вежа з електронним тахеометром усередині

Серед робіт також слід відзначити підготовку правовстановлюючих документів на земельні ділянки аеропорту і постановку їх на кадастровий облік, створення електронного плану аеропорту для диспетчеризації повітряних суден і транспортних потоків на території аеропорту, розробку тривимірної моделі приаеродромної території для управління повітряним рухом, розрахунок схем маневрування ПС, екологічну оцінку впливу авіації на навколишнє середовище, створення банку геопросторових даних та геоінформаційної системи аеропорту (ГІС) [5].

Надання просторово-орієнтованих даних для системи раннього попередження близькості землі (рис. 11) [15].

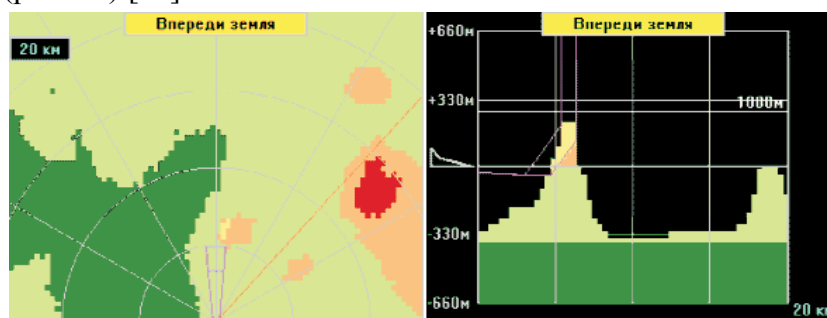


Рис. 11. Відображення інформації на моніторі системи раннього попередження близькості землі

Для реалізації концепції безпеки польотів та інтегрування авіаліній України у Світовий простір необхідне переведення навігаційного забезпечення аеродрому на сучасний рівень, відповідно до наказу Міністерства інфраструктури України [16] і рекомендаціям ІКАО [17]. Це вимагає проведення геодезичної зйомки аеронавігаційних орієнтирів у Всесвітній геодезичній системі координат WGS-84 з використанням GPS-технологій (рис. 12, а). У вертикальній площині для цілей аеронавігації як система від-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ліку використовується прийнятий за базу середній рівень моря (MSL). На додаток до значень перевищення відносно MSL (геоїда) конкретних знімальних наземних позицій для цих же позицій додається інформація про хвилю геоїда (положення геоїда відносно поверхні еліпсоїда WGS-84) для території аеродрому [18]. Для визначення положення геоїда на території аеродрому виконуються гравіметричні вимірювання.

Ремонт і реконструкція, як правило, проходять під час роботи аеродрому. Тому особливістю виконання топографо-геодезичних робіт на цьому етапі є фактор діючого підприємства: топогеодезичні роботи можуть виконуватися тільки під час відсутності польотів – найчастіше короткочасними періодами і на обмежених ділянках.

У процесі виконання поточного ремонту окремих елементів покриттів або комунікацій проводяться топогеодезичні роботи з винесення на місцевість та контрольовано-виконавчі зйомки. Для знімання споруд аеродрому нині може бути застосоване лазерне сканування (рис. 12, б). Особливо ефективно використання лазерних сканерів для побудови планів фасадів будівель з метою їх реконструкції. Адже точність знімання сканерами така, що дозволяє відобразити найменші подробиці архітектурних деталей.



а

б

Рис. 12. Застосування сучасних геодезичних технологій:

а – GPS-знімання на території аеродрому; б – результат лазерного сканування споруди аеровокзалу у вигляді плану

Висновки відповідно до статті. Розглянуто особливості топографо-геодезичного забезпечення проектування, будівництва, експлуатації, ремонту та реконструкції аеропортів в Україні. Зроблено наголос на необхідність впровадженні у практику топографо-геодезичних робіт передових технологій: аерознімання території аеродрому з використанням безпілотних літальних апаратів, лідарного знімання висотних перешкод на приаеродромній території. Для спостереження за осіданнями та деформаціями споруд аеродрому в реальному часі ефективним є використання роботизованих комплексів на основі електронних тахеометрів та комп'ютерному опрацюванню даних. Для забезпечення вихідним картографічним матеріалом заходів з ремонту і реконструкції споруд аеродрому запропоновано використовувати лазерне сканування.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 126. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show>.

2. Кучер О. В. Геодезическая основа Международного аэропорта Борисполь-2 в системе ITRF97 / О. В. Кучер, О. А. Абрикосов, Д. А. Марченко // Наук.-техн. симпоз. «Геомониторинг – 99». – Л., 1999. – С. 2–9.

3. Данкевич А. Ф. Проблеми геодезичного контролю положення висотних об'єктів на аеродромах та приаеродромних територіях / А. Ф. Данкевич, С. Ю. Марков, В. А. Бабченко // Вісн. геодез. та картограф. – 2005. – № 1. – С. 4–7.
4. Аналіз випадків визначення планових координат при контролі положення висотних об'єктів на аеродромних та приаеродромних територіях / А. Ф. Данкевич, В. М. Золотоперий, С. Д. Крячок // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Авіа – 2013». – К. : НАУ, 2013. – Т. 5. – С. 30.50–30.54.
5. Городецкий С. И. Топографо-геодезическая жизнь аэродрома / С. И. Городецкий // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2007. – № 2. – С. 53–60.
6. Повітряний кодекс України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.
7. Таланов Г. П. Аеропорти та їх експлуатація / Г. П. Таланов. – К. : НАУ, 2001. – 116 с.
8. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000–1:500. ГКНТА-2.04-02-98. – К. : ГУГК та К, 1998. – 155 с.
9. ДБН А. 2.1-1-2014. Державні будівельні норми. Інженерні вишукування для будівництва. – К. : Держстандарт України, 2014. – 126 с.
10. Аэрофотосъемка БПЛА в геодезии [Електронний ресурс] // Офіційний сайт ООО «СИПРОЕН». – Режим доступу : <http://siproen.ru/aerofotos-emka-bpla>.
11. Collection of Aviation Terrain and Obstacle Data (eTOD) by Lidar [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.airseair.com/images/etod/AIRSEAIR-eTOD.ppsx>.
12. Про затвердження Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України [Електронний ресурс] : Наказ Міністерство оборони України від 01.07.2013 № 441. – Режим доступу : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE23761.html.
13. Про затвердження Правил визначення придатності до експлуатації аеродромів та злітно-посадкових майданчиків державної авіації України [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства оборони України від 17.11.2014 № 811. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1571-14>.
14. Про затвердження правил сертифікації цивільних аеродромів України [Електронний ресурс] : Наказ Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації від 25.10.2005 № 796. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1357-05>.
15. Водов М. А. ГИС для систем обеспечения безопасности полета самолетов / М. А. Водов, Г. Г. Пухов, В. И. Бабуров // Геопрофи. – 2004. – № 3. – С. 2–5.
16. Порядок погодження місця розташування та висоти об'єктів на приаеродромних територіях та об'єктів, діяльність яких може вплинути на безпеку польотів і роботу радіотехнічних приладів цивільної авіації [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства інфраструктури України від 24.12. 2012 № 2147/22459. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/go/z2147-12>.
17. ICAO Document: Terrain and Obstacle Data Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.eurocontrol.int/publications/terrain-and-obstacle-data-tod-manual>.
18. ICAO Document 9674: World Geodetic System 1984 (WGS-84) Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.icao.int/.../Documents/.../REF08-Doc9674.pdf>.

References

1. Pro zatverdzenia Derzhavnoi tsilovoi prohramy rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku [On Approval of the State Target Program for the Development of Airports for the period up to 2023]. № 126 (February 24, 2016) [in Ukrainian].
2. Kucher, O. V., Abrikosov, O. A. & Marchenko, D. A. (1999). Geodezicheskaia osnova Mezhdunarodnogo aeroporta Borispol-2 v sisteme ITRF97 [Geodetic base of the Borispil-2 International Airport in the ITRF97 system]. Nauchno-tehnicheskiiy simpozium geomonitoring-99 – Scientific and Technical Symposium Geomonitoring-99 (pp. 2–9) [in Russian].
3. Dankevych, A. F., Markov, S. Iu. & Babchenko, V. A (2005). Problemy heodezychnoho kontroliu polozhennia vysotnykh obiektiv na aerodromakh ta pry aerodromnykh terytoriiakh [Problems of geodetic control of high-rise objects at aerodromes and aerodrome territories]. *Visnyk heodezii ta kartohrafii – Bulletin of Geodesy and Cartography*, 1, 4–7 [in Ukrainian].
4. Dankevych, A.F., Zolotoperyi, V. M. & Kriachok, S. D. (2013). Analiz vypadkiv vyznachennia planovykh koordynat pry kontroli polozhennia vysotnykh obiektiv na aerodromnykh ta pry aerodromnykh terytoriiakh [Analysis of cases of determination of plan coordinates in controlling the position of

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

high-rise objects at aerodrome and airfield areas]. *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Avia – 2013» – Materials of the international scientific-practical conference «Avia-2013»*, 5, 30.50-30.54 [in Ukrainian].

5. Gorodetskii, S. I. (2007). Topografo-geodezicheskaia zhizn aerodroma [Topographic and geodetic life of the aerodrome]. *Avtomatizirovannyye tekhnologii izyskaniy i proektirovaniia – Automated research and design technologies*, 2, 53–60 [in Russian].

6. Povitrianyi kodeks Ukrainy [Air Code of Ukraine]. (n.d.). zakon2.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3393-17> [in Ukrainian].

7. Talanov, H. P. (2001). *Aeroporty ta yikh ekspluatatsiia [Airports and their operation]*. Kyiv: NAU [in Ukrainian].

8. *Instruktsiia z topografichnoho znimannia u masshtabakh 1:5000.-1:500 [Instructions for topographical scans on a scale of 1: 5000–1: 500]* (1998). Kyiv: HUHК ta K [in Ukrainian].

9. *Derzhavni budivelni normy. Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva [State building standards. Engineering surveys for construction]* (2014). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

10. Aerofotosieemka BPLA v geodezii [Aerial photography of UAV in geodesy]. (n.d.). siproen.ru. Retrieved from <http://siproen.ru/aerofotos-emka-bpla>.

11. Collection of Aviation Terrain and Obstacle Data (eTOD) by Lidar. (n.d.). [airseair.com](http://www.airseair.com). Retrieved from <http://www.airseair.com/images/etod/AIRSEAIR-eTOD.ppsx>.

12. Pro zatverdzhennia Instruktsii z ekspluatatsii aerodromiv derzhavnoi aviatsii Ukrainy [On Approval of the Instruction on Operation of Airfields of State Aviation of Ukraine]. № 441 (July 1, 2013). Retrieved from http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE23761.html.

13. Pro zatverdzhennia Pravyl vyznachennia prydatnosti do ekspluatatsii aerodromiv ta zlitnopoladkovykh maidanchykyv derzhavnoi aviatsii Ukrainy [On Approval of the Rules for determining the suitability for operation of aerodromes and landing stages of the State Aviation of Ukraine]. № 811 (December 17, 2014). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1571>.

14. Pro zatverdzhennia pravyl sertyfikatsii tsyvilnykh aerodromiv Ukrainy [On approval of the rules of certification of civil airfields in Ukraine]. № 796 (November 25, 2005). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1357-05>.

15. Vodov, M. A., Pukhov, M. A., Baburov, G. G. (2004) GIS dlia sistem obespecheniia bezopasnosti poleta samoletov [GIS for aircraft flight safety systems]. *Heoprofi – Geoprofi*, 3, 2–5 [in Russian].

16. Poriadok pohodzhennia mistsia roztashuvannia ta vysoty ob'ektiv na pry aerodromnykh terytoriiakh ta ob'ektiv, diialnist yakykh mozhe vplynuty na bezpeku polotiv i robotu radiotekhnichnykh pryladiv tsyvilnoi aviatsii [The procedure for coordinating the location and height of objects at the aerodrome territories and objects whose activities may affect the safety of flights and the operation of radio civil aviation devices]. № 2147/22459 (December 24, 2012) [in Ukrainian].

17. European Organisation for the safety of air and navigation (2015). Eurocontrol Terrain and Obstacle Data Manual. www.eurocontrol.int. Retrieved from <http://www.eurocontrol.int/publications/terrain-and-obstacle-data-tod-manual> [in English].

18. European Organisation for the safety of air and navigation (2015). Eurocontrol Terrain and Obstacle Data Manual. www.icao.int. Retrieved from <https://www.icao.int/.../Documents/.../REF08-Doc9674.pdf> [in English].

UDK 528.3

Serhiy Kriachok

TOPOGRAPHIC AND GEODETIC SUPPORT OF AIRPORTS

Urgency of the research. In Ukraine, the State Target Program for the Development of Airports for the period up to 2023 was adopted. The purpose of the Program is to meet the needs of the state in ensuring a stable development of the aviation industry, bringing the infrastructure of aviation transport in line with international standards.

Target setting. To achieve the goal, it is proposed to carry out construction, reconstruction and modernization of aerodromes and airfield facilities; infrastructure objects.

Actual scientific researches and issues analysis. The latest open access publications covering the coverage of airport geodesic coverage were considered.

Uninvestigated parts of general matters defining. In these works, the application of state-of-the-art technology for the whole complex of geodetic support of airports is not fully considered.

The research objective. The main purpose of this work is to review the current state of the entire complex of topographic and geodetic supply of airports in Ukraine from surveys to repair and reconstruction.

The statement of basic materials. The features of the topographic and geodetic support for the design, construction, operation, repair and reconstruction of airports in Ukraine are considered.

Conclusions. It is necessary to introduce in practice topographic and geodetic works for the needs of airports in Ukraine advanced technologies: aerial use of unmanned aerial vehicles; Lidar removal of high-altitude obstacles; laser scanning of airport facilities; robotic complexes based on electronic total station and computer processing of data.

Keywords: electronic total station; unmanned aerial vehicle; Lidar; laser scan.

Fig.: 12. **References:** 18.

УДК 528.3

Сергей Крячок

ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АЭРОПОРТОВ

Актуальность темы исследования. В Украине принята Государственная целевая программа развития аэропортов на период до 2023 года. Целью Программы является удовлетворение потребностей государства в обеспечении стабильного развития авиационной отрасли, приведение авиационного транспорта в соответствии с международными стандартами.

Постановка проблемы. Для достижения цели предлагается провести строительство, реконструкцию и модернизацию аэродромов и аэродромных объектов; объектов инфраструктуры.

Анализ последних исследований и публикаций. Были рассмотрены последние публикации в открытом доступе, посвященные освещению геодезического обеспечения аэропортов.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. В приведенных работах не в полной мере рассмотрено применение самых современных технологий для всего комплекса геодезического обеспечения аэропортов.

Постановка задачи. Главной целью этой работы является обзор современного состояния всего комплекса топографо-геодезического обеспечения аэропортов в Украине – от изысканий до ремонта и реконструкции.

Изложение основного материала. Рассмотрены особенности топографо-геодезического обеспечения проектирования, строительства, эксплуатации, ремонта и реконструкции аэропортов в Украине.

Выводы в соответствии со статьей. Необходимо внедрять в практику топографо-геодезических работ для нужд аэропортов в Украине передовые технологии: аэросъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов; лидарной съемки высотных препятствий; лазерного сканирования сооружений аэропорта; роботизированных комплексов на основе электронных тахеометров и компьютерной обработки данных.

Ключевые слова: электронный тахеометр; беспилотный летательный аппарат; лидар; лазерное сканирование.

Рис.: 12. **Библ.:** 18.

Крячок Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Крячок Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Kriachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: geodesist2015@gmail.com

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

ResearcherID: N-3070-2016