

УДК 629.113

DOI: 10.30838/J.PMNTM.2413.270922.33.903

ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВОЇ ГЕОДЕЗІЇ В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ УКРАЇНИ

КРАСНОЩОК С. Л.¹, *ст. викл.*,
 НІКІФОРОВА Н. А.², *канд. техн. наук, доц.*,
 НЕТЕСА А. М.³, *канд. техн. наук, доц.*,
 КОСЯЧЕВСЬКА С. М.^{4*}, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 211-49-26, e-mail: krasno13@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0627-2034

² Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 640-68-83, e-mail: 2017natanik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1922-8614

³ Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (063) 769-25-51, e-mail: andrynetesa@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3364-3446

^{4*} Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 855-00-93, e-mail: s.n.k72@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5539-2847

Анотація. *Мета дослідження* – виконати аналіз наукових публікацій щодо використання традиційного геодезичного обладнання та порівняти з геодезичним обладнанням з використання GPS-технологій; проаналізувати методику виконання та вартість робіт, витрат часу на польові та камеральні роботи. Визначити ефективність та доцільність застосування супутникових приймачів у роботах, пов'язаних зі створенням планово-картографічної основи для створення плану території. *Методика:* застосовано метод проведення польовий зйомок, камеральних робіт та процесу обробки даних. У дослідженні використано розроблений кадастровий план місцевості, розглянуто нові технології у сфері землевпорядкування, кадастрових, геодезичних вишукувальних робіт та матеріали науково-практичних конференцій. Розглянуто переваги та недоліки традиційного та супутникового методу геодезичного вимірювання. *Результати.* За результатами отриманих даних побудовано топографічну карту місцевості земель запасу, порівнянню методи використання геодезичного обладнання та орієнтовну вартість робіт. *Наукова новизна.* Проведений аналіз дозволив визначити переваги супутникової геодезії у сферах землевпорядкування, кадастрових, геодезичних вишукувальних робіт. Одержаний результат показує важливість цього напрямку в сучасному житті та практичній діяльності. *Практична значимість* пояснюється розширенням можливостей для кадастрових потреб сучасних геодезичних вимірювань, котрі можуть замінити традиційні геодезичні вимірювання. За допомогою супутникової геодезії доцільно створювати великомасштабні карти за більш короткий проміжок часу, а також полегшуюється отримання даних із важкодоступних або недоступних об'єктів та об'єктів, де на проведення робіт необхідний дозвіл землекористувача (власника).

Ключові слова: *супутникова геодезія; геодезичні вимірювання; GPS-технології; геодезичне обладнання; відновлення транспортної інфраструктури; землевпорядкування*

USE OF SATELLITE GEODESY IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF UKRAINE

KRASNOSHCHOK S.L.¹, *Senior Teacher*,
 NIKIFOROVA N.A.², *Ph. D., Assoc. Prof.*,
 NETESA A.M.³, *Ph. D., Assoc. Prof.*,
 KOSYACHEVSKA S.M.^{4*}, *Ph. D., Assoc. Prof.*

¹ Department of Construction Production and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, SEI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (096) 211-49-26, e-mail: krasno13@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0627-2034

² Department of Construction Production and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, SEI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (068) 640-68-83, e-mail: 2017natanik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1922-8614

³ Department of Construction Production and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, SEI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, V. Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (063) 769-25-51, e-mail: andreynetesa@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3364-3446

^{4*} Department of Construction Production and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, SEI “Dnipro Institute of Infrastructure and Transport”, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (050) 855-00-93, e-mail: s.n.k72@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5539-2847

Abstract. The purpose of the article. Analyze scientific publications on the use of traditional geodetic equipment and compare with geodetic equipment using GPS technologies. As a basis for comparison, analyze the method of execution and work cost, time spent on field and chamber work. Determination of the efficiency and expediency of using satellite receivers in works related to the creation of a planning and cartographic basis for the territorial plan. **Method.** To achieve this goal, the experience of the field shooting method, cameral work and data processing was analyzed. During the research, cadastral plan of the area is developed, new technologies in the field of land management, cadastral, geodetic search works and materials of scientific and practical conferences are considered. Advantages and disadvantages of traditional and satellite methods for geodetic measurement are considered. **Results.** According to the results of the obtained data, a topographic map of the reserve lands area, comparable methods of using geodetic equipment and the estimated works' cost were constructed. **Scientific novelty.** The conducted analysis made it possible to determine the advantages of satellite geodesy in the areas of land management, cadastral, and geodetic search works. The obtained result shows the importance of this direction in modern life and practical activity. **Practical value.** It is explained by the expansion of opportunities for cadastral needs of modern geodetic measurements, which can replace traditional geodetic measurements. With the help of satellite geodesy, it is expedient to create large-scale maps in a shorter period of time, and they also facilitate the acquisition of data from hard-to-reach or inaccessible objects, and objects that require the permission of the land user (owner) to conduct work.

Keywords: *satellite geodesy; geodetic measurements; GPS technology; geodetic equipment; restoration of transport infrastructure; land management*

Вступ

У воєнний час одним із найбільш вагомих пріоритетів України стало збереження цілісності та суверенітету держави. Складовою національної безпеки та оборони є топографічно-геодезичне та картографічне забезпечення. Цю сферу забезпечення виконують спеціально уповноважені державні органи – національно-геодезичні служби. До складу служб входять спеціальні виробничі підрозділи, котрі виконують роботи для створення державних (офіційних) карт території країни, делімітацією та демаркацією державного кордону, забезпечують усією картографічною інформацією органи управління та населення. Таким чином, робота підрозділів забезпечує розвинення державної геодезичної мережі як інструмента розвитку та безпеки держави.

Транспортна інфраструктура України зараз зазнала величезних збитків та руйнувань від країни-агресора РФ. Ця інфраструктура має великі території, тому

для відновлення її функціонування потрібне впровадження та модернізація технічного обладнання для більш швидкого і точного виконання робіт. Основу будь-яких видів робіт під час будівництва забезпечує геодезія.

Комплекс робіт із встановлення меж земельної ділянки в натурі (на місцевості) включає: підготовчі, топографо-геодезичні, картографічні роботи та роботи із землеустрою, камеральні роботи, складання та оформлення матеріалів технічної документації із землеустрою щодо встановлення меж земельної ділянки в натурі (на місцевості), а також установа меж земельної ділянки в натурі (на місцевості) та закріплення їх межовими знаками.

Геодезичне вимірювання включає польові та камеральні роботи. До основних польових робіт належать: пошук та уточнення розташування поворотних точок меж земельних ділянок; використання зйомки способом промірів і засічок мірною стрічкою; створення абрису встановлення (відновлення) меж, обмежень (обтяжень). Під час камеральних робіт оброблюють

результати геодезичних вимірювань для створення топографічних карт місцевості.

Останнє десятиріччя топографо-геодезичної та картографічної діяльності характеризується розвитком геоінформаційних технологій, глобальних систем визначення місцезнаходження об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, цифрових методів обробки зображень та геопросторової інформації.

Особливості супутникового методу отримання даних описані у працях Н. Л. Сосницької, М. В. Морозова, Н. А. Дьоміна, Р. В. Шульца, О. І. Терещука, С. Д. Крячка, Л. С. Мамонтова, Л. М. Казаченка, В. О. Решетила, Y. Nie, Y. Shen [1–14].

Зазвичай зйомка меж земельних ділянок проводилася традиційним геодезичним способом, а саме за допомогою теодоліта і мірної стрічки. На зміну теодоліту створені електронні далекоміри, тахеометри і приймачі. Процес зйомки проводиться за допомогою пересувного приймача, котрий накопичує та обробляє необхідні дані вмонтованим у приладі комп'ютером, а сам геодезист лише обходить межі земельної ділянки. Електронний приймач вимірює відстань за допомогою радіосигналів, котрі передають супутники, і потім прилад оброблює та визначає координати точки з точністю до міліметра.

Використання таких приладів значно спрощує роботу геодезиста, а також підвищує їх продуктивність за рахунок скорочення часу зйомок та збільшення кількості точок (до декількох тисяч), коли традиційними методами можливо отримати і оброблювати лише сотні даних точок.

Мета

Визначити ефективність супутникової геодезії для побудови великомасштабних карт, порівняти витрати часу, обсяги робіт традиційним та супутниковим методами, провести аналіз камеральних робіт, визначити основні переваги та недоліки кожного методу.

Методика

Для дослідження побудовано модель земельної ділянки запасу біля селища Кудашівка Криничанського району Дніпропетровської області. Кудашівка межує із селищами Ковалівка та Новожитлівка. Через неї проходять автомобільна дорога Т-04-32 та залізниця із станцією Кудашівка. Модель має великі площі та складає частину транспортної інфраструктури. За допомогою Публічної кадастрової карти України знайдено землі запасу біля станції Кудашівка, вони позначені на карті червоним кольором (рис. 1). Площа земель запасу складає 6,3604 га, які належать державі.



Рис. 1. Землі запасу біля станції Кудашівка [15]

Геодезичні роботи для землевпорядкування цієї місцевості потрібні для визначення точного розташування меж та форми досліджуваної земельної ділянки, фіксації даних меж, розташування об'єкта дослідження відносно інших земельних ділянок, створення на основі отриманих результатів кадастрового плану.

Перед початком роботи геодезист-землевпорядник повинен зібрати документи (графічні та текстові матеріали), необхідні

для визначення початкових даних, та інформацію про об'єкт дослідження. Потім починається загальне дослідження місцевості, тахеометрична зйомка рельєфу та досліджуваного об'єкта, знаходження на даній земельній ділянці різної рослинності, комунікацій, річок або озер тощо. Після опрацювання результатів досліджуваного об'єкта геодезист-землевпорядник заносить отримані координати в систему Державного земельного кадастру (ДЗК) для оновлення бази даних.

Установлення меж земельної ділянки на місцевості – складний і трудомісткий процес, який виконується тільки професійними геодезистами. Суть процесу полягає в установці меж на місцевості за тими координатами, отриманими в ході геодезичних вишукувань, а також на основі вже наявної технічної і картографічної документації.

У документах контури ділянки відображені у вигляді ліній. Уточнення ліній розмежування тісно пов'язане із процедурою межкування. Дотримання правил межкування земельних ділянок дає можливість власнику користуватися територією на законних підставах.

Отримавши вихідну інформацію, інженер-геодезист за допомогою спеціального обладнання (електронний тахеометр) і наявних координат ділянки визначає точки поворотних кутів. Тільки після ретельного аналізу вихідних даних землевпорядник починає польові роботи.

На етапі проведення топографо-геодезичних робіт здійснюється топографічна зйомка території, і отримані координати звіряються з відомостями з кадастрового номера ділянки. Потім повний пакет документів передається на розгляд в управління земельних ресурсів.

Фактори, котрі можуть впливати на ціну виконаних геодезичних робіт: щільність забудови; складність рельєфу та наявність великої кількості дерев; сезон року; наявність підземних комунікацій і потреба зображення їх на карті підземних мереж; район виконання робіт; щільність геодезичних мереж; наявність спеціальних

геодезичних приладів та кваліфікація виконавця.

Етапи робіт, котрі виконує геодезист-землевпорядник на досліджуваному об'єкті: складання технічного завдання; аналіз вихідного пакета документів та виконання підготовчих робіт; написання клопотання та отримання виписки з Департаменту містобудування та архітектури; виїзд на досліджувану земельну ділянку та виконання геодезичних робіт; розрахунок отриманих даних та створення топографічного плану місцевості; передача отриманого топографічного плану до Департаменту містобудування та архітектури; передача замовнику необхідної документації та топографічного плану з підписом та печаткою Департаменту містобудування та архітектури.

Кадастрові плани земельних ділянок складаються у масштабі, який забезпечує чітке відображення: меж земельної ділянки; координат поворотних точок меж земельної ділянки; лінійних промірів між поворотними точками меж земельної ділянки; кадастрового номера земельної ділянки; кадастрових номерів суміжних земельних ділянок (за їх наявності); меж земельних угідь, обмежень (обтяжень) земельної ділянки (за їх наявності); контурів об'єктів нерухомого майна, розташованих на земельній ділянці (за їх наявності); меж вкраплених земельних ділянок сторонніх землевласників і землекористувачів (за їх наявності).

ДЗК – це комплекс земельно-кадастрових робіт, котрий забезпечує повноту і достовірність відомостей про будь-які земельні ділянки із застосуванням єдиної системи просторових координат.

Одна з основних частин ДЗК – це кадастрова зйомка, котра необхідна для знаходження, підтвердження та обґрунтування меж земельних ділянок. Звичайним традиційним методом знаходження точок опорних пунктів є використання теодоліта та мірної стрічки, але це потребує певного часу на обробку даних, обмеженого кількістю самих опорних пунктів та неможливістю отримання даних у

недоступних місцях або місцях, котрі потребують дозволу землекористувача (власника).

З урахуванням низки вищевказаних недоліків пропонуються методи супутникової геодезії. Система для потреб кадастрової зйомки земель має переваги в тому, що дає значно більші можливості щодо швидкого та ефективного проведення зйомок на великих територіях. При цьому система визначає положення точок у системі географічних координат і тому немає потреби «прив'язуватися» до існуючих поворотних точок, на що витрачається багато часу.

Сучасна супутникова система має безліч переваг:

- проведення високоточних геодезичних вимірювань за відсутності прямої видимості між пунктами. При цьому довжина вимірюваних базисних ліній не лімітується і може досягати тисячі і більше кілометрів;

- використання в будь-який час доби та пору року, незважаючи на погоду, що збільшує продуктивність польових бригад;

- підвищення граничної точності на один-два порядки завдяки зменшенню впливу атмосфери;

- розвинення динамічних методів, що підвищують точність та спрощують технологію вимірювання;

- спроможність роботи на об'єктах великих розмірів для моніторингу деформацій в режимі реального часу;

- побудова сучасних просторових мереж за допомогою визначення одразу трьох просторових координат;

- процес вимірювань і обчислень повністю автоматичний, що зменшує фактор людської похибки та підвищує швидкість обробки даних.

Сучасні системи GPS визначають просторові координати місця розташування і часу користувача за допомогою роботи трьох сегментів:

- підсистем космічних апаратів (ПКА), які складаються зі штучних супутників Землі, що передають радіосигнали на Землю;

- підсистем наземного контролю і керування (ПНКК), які стежать за функціонуванням усієї системи;

- підсистем апаратури користувачів (ПАК), які складаються з приймачів різних типів.

Для чіткого та швидкого знаходження координат об'єктів супутникової радіонавігаційної системи (СРНС) важливо, щоб кожний сегмент виконував свою роботу та не втрачався зв'язок між самими сегментами (рис. 2).

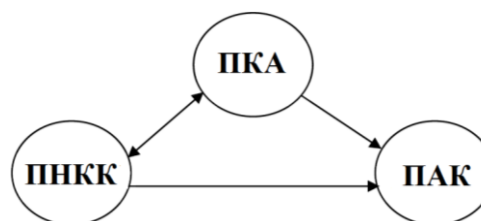


Рис. 2. Взаємозв'язок сегментів СРНС [15]

Програмне забезпечення – важлива частина сучасних приймачів. Для отримання даних систем GPS використовує велику кількість програмного забезпечення, залежно від виду робіт і напрямку підприємств.

Основні функції програмного забезпечення: допомога в плануванні спостережень, складанні проекту; обробка польових спостережень; обробка даних та контроль вимірювань; перетворення результатів на задану геодезичну координатну систему.

Основні вимоги до програмного забезпечення: точність та надійність; ефективність потоку даних та швидкість їх обробки; спроможність підтримувати сучасні геодезичні технології; можливість працювати в умовах змінених та оновлених методик; компактність.

Параметри «точність і надійність» залежать від алгоритму обробки даних, а ще від якості планування, методики польових робіт та від самого обладнання.

Параметри «ефективність потоку даних та швидкість його обробки» залежать від комп'ютера, котрий буде обчислювати дані, використання певних алгоритмів, обсягу обробленої інформації та точності вимірів. Більша частина обробки виконується

автоматично, що полегшує роботу геодезистів та збільшує її продуктивність.

Основні завдання під час обробки даних супутникових вимірів: планування доступності супутника та геодезичних мереж; первинна обробка даних; перетворення та знаходження координат; аналіз результатів вимірювань.

Результати

За аналізом обсягу робіт геодезист виконує велику кількість вимірів та ще стільки ж під час камеральної обробки даних. Транспортна інфраструктура має великі площі території, тому обсяг робіт залежить від вищевказаних факторів. Один із найкращих виходів – застосування супутникової геодезії, яка значно зменшує обсяг робіт під час польових вимірів, а також завдяки програмному забезпеченню полегшує обробку даних.

Під час дослідження об'єкта транспортної інфраструктури отримано орієнтовну вартість робіт та витрат часу (табл. 1, 2) [8].

Порівняльний аналіз орієнтовних витрат на виконання польових робіт для визначення меж земельної ділянки з використанням GPS-приймачів та електронних тахеометрів проведено за такими параметрами робіт як рекогносцирування вихідних пунктів [16, табл. 1.1, 1.3, 1.16], створення опорної мережі [16, табл. 1.19, 1.20, 1.21], опрацювання матеріалів [16, табл. 5.1, 5.2] (табл. 1).

За допомогою збірника [16] та порівняльних показників складено таблицю 2, де порівняно трудові затрати (бригадо-днів) на геодезичні вимірювання традиційним та супутниковим методами; за одиницю виміру прийнято витрати на один геодезичний пункт.

Таблиця 1

Обсяги та орієнтовна вартість польових робіт для визначення меж земельної ділянки [15]

Обрані параметри	Види робіт		Вартість робіт	
	з використанням		з використанням	
	електронного тахеометра	GPS-приймачів	електронного тахеометра	GPS-приймачів
Рекогносцирування вихідних пунктів	Визначення вихідних та орієнтирних пунктів для прокладення теодолітного ходу	Визначення вихідних пунктів	4 363,84	1 713,28
Створення опорної мережі	1. Прокладення теодолітного ходу 2. Визначення кутів 3. Вимірювання довжин ліній 4. Встановлення пунктів (станцій)	Визначення планового положення пунктів (станцій) в режимі «Швидкої статички»	8 861,76	6 335,36
Опрацювання матеріалів			1 162,24	1 039,36
Разом			14 387,84	9 088,00

Таблиця 2

Трудові затрати на геодезичні вимірювання традиційним та супутниковим методами

Обрані параметри	Трудові затрати (бригадо-дні) на геодезичні вимірювання одного пункту з використанням	
	електронного тахеометра	GPS-приймачів
Рекогносцирування вихідних пунктів	0,19	0,17
Рекогносцирування орієнтирних пунктів	0,25	–
Створення опорної мережі	0,83	0,32
Опрацювання матеріалів	0,64	0,50
Разом	1,91	0,99

Як бачимо з таблиці 2, використання електронного тахеометра значно збільшує обсяг виконання робіт під час побудови опорної мережі. Тому геодезист-землевпорядник витрачає більше часу на геодезичні роботи: прокладення теодолітного ходу, визначення кутів, вимірювання довжин ліній, встановлення пунктів (станцій).

Наукова новизна та практична значимість

Проведений аналіз дозволив визначити переваги супутникової геодезії у сферах землевпорядкування, кадастрових, геодезичних вишукувальних робіт. Одержаний результат показує важливість цього напрямку в сучасному житті та практичній діяльності. Розширення можливостей супутникової геодезії дозволить поліпшити якість та точність вимірювання та отримання даних.

Висновки

У статті розглянуто такі параметри як рекогносцирування вихідних пунктів, побудова опорної мережі та опрацювання матеріалів; зразки методів знаходження координат пунктів (станцій) за допомогою

двох видів геодезичних вимірювань. Для побудови опорної мережі традиційним методом знадобилося більше допоміжних точок для знаходження геодезичних пунктів, тому супутниковий метод значно ефективніший та доцільніший для проведення кадастрових робіт на великих за площею територіях.

Супутниковий метод має значні переваги перед традиційними, а саме:

- менша щільність опорної мережі за рахунок відсутності тимчасових точок, котрі потрібні для традиційної системи вимірювання;
- менші затрати часу на польові вимірювання та автоматична обробка даних за допомогою спеціального програмного забезпечення;
- можливість отримання даних без прямої видимості між пунктами;
- можливість виконання геодезичних вимірювань у будь-яку пору року.

Таким чином, супутникова геодезія має значне місце в земельному кадастрі. Розвинення можливостей геодезичного обладнання, програмного забезпечення створить нові умови для відновлення, забезпечення, моніторингу транспортної інфраструктури України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сосницька Н. Л., Морозов М. В., Дьоміна Н. А., Онищенко Г. О., Халанчук, Л. В. Застосування супутникової геодезії у землеробстві. *Галузеве машинобудування*. Т. 311. 2020. С. 11–18.
2. Дьоміна Н. А., Морозов М. В. Моделювання сферичних та циліндричних квантових точок. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. Т. 3. 2019. С. 325–334.
3. Шульц Р. В., Терещук О. І., Анненков А. О., Нисторяк І. О. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями в режимі реального часу. *Інженерна геодезія*. 2014. С. 58–76.
4. Крячок С. Д., Мамонтова Л. С., Беленок В. Ю. Визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра під час прив'язки до стінних геодезичних знаків. *Технічні науки та технології*. Т. 2. 2019. С. 197–202.
5. Крячок С. Д. Дослідження критеріїв із виявлення залишкових систематичних похибок у результатах подвійних нерівноточних геодезичних вимірювань. *Технічні науки та технології*. Т. 1 (15). 2019. С. 258–266.
6. Терещук О. І. Методика реалізації супутникових технологій кінематичного позиціонування для геодезичних полігонів. *Технічні науки та технології*. Т. 2. 2017. С. 236–245.
7. Казаченко Л. М. ГІС-технології у виявленні процесів зсуву ґрунту. *Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура*. Вип. 7. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. С. 198–202.
8. Казаченко Л., Чубукін Р., Казаченко В. ГІС-технології при створенні планової геодезичної основи для розроблення генерального плану населеного пункту. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. Вип. II (42). 2021. С. 67–75.
9. Решетило В. О., Кіпріанов О. Л., Кузнецов В. О. Особливості застосування супутникових методів визначення нормальних висот точок земної поверхні. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. Вип. 1. 2019. С. 143–148.

10. Nesterenko S., Yermolenko D., Shefer O., Kliepko A. Українська навігаційна супутникова система : стан і перспективи. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Вип. 3. 2021. С. 4–7.
11. Кулешов В. В., Шаповал Г. В., Кулешов А. В., Громов С. О., Лисенко Є. М. Удосконалення систем супутникової навігації при розвитку пасажирського комплексу в умовах швидкісних перевезень. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. Вип. 173. С. 96–106.
12. Conlon L. O., Michel T., Guccione G., Mc. Kenzie K., Assad S. M., Lam P. K. Enhancing the precision limits of interferometric satellite geodesy missions. *Microgravity*. № 8 (1). 2021. С. 1–10.
13. Alvarez A. D., Bevilacqua R., Hollis H., Mueller G., Knudston A., Patel U., Conklin J. W. A simplified gravitational reference sensor for satellite geodesy. 2107. Pp. 08545.
14. Nie Y., Shen Y., Pail R., Chen Q. Efficient variance component estimation for large-scale least-squares problems in satellite geodesy. *Journal of Geodesy*. № 96 (2). 2022. Pp. 1–15.
15. Краснощок С. Л. Дослідження технології кадастрового знімання з використанням методів супутникової геодезії : кваліфікаційна робота. Дніпро : ПДАБА, 2020. 100 с.
16. Про затвердження Збірника укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи. Наказ України № 29/м від 19.02.2003. 2003. 80 с.

REFERENCES

1. Sosnytska N.L., Morozov M.V., Dyomina N.A., Onishchenko G.O. and Khalanchuk L.V. *Zastosuvannya suputnykovoyi heodeziyi u zemlerobstvi* [Application of satellite geodesy in agriculture]. *Haluzeve mashynobuduvannya* [Industrial Engineering]. Vol. 311, 2020, pp. 11–18. (in Ukrainian).
2. Dyomina N.A. and Morozov M.V. *Modelyuvannya sferychnykh ta tsylindrychnykh kvantovykh tochok* [Modeling of spherical and cylindrical quantum dots]. *Pratsi Tavriys'koho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky* [Proceedings of the Tavri State Agro-Technological University. Technical Sciences]. Vol. 3, 2019, pp. 325–334. (in Ukrainian).
3. Schultz R.V., Tereshchuk O.I., Annenkov A.O. and Nystoryak I.O. *Praktychni doslidzhennya tochnosti vyznachennya koordynat za suputnykovyimi tekhnolohiyamy v rezhymi real'noho chasu* [Practical studies of the accuracy of determining coordinates using satellite technologies in real time]. *Inzhenerna heodeziya* [Engineering Geodesy]. Vol. 61, 2014, pp. 58–76. (in Ukrainian).
4. Kryachok S.D., Mamontova L.S. and Belenok V.Yu. *Vyznachennya staloyi viddalemira elektronnoho takheometra pid chas pryv'yazky do stinnykh heodezychnykh znakov* [Determining the constant range finder of the electronic total station when tying to wall geodetic marks]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi* [Technical Sciences and Technologies]. Vol. 2 (16), 2019, pp. 197–202. (in Ukrainian).
5. Kryachok S.D. *Doslidzhennya kryteriyiv iz vyyavlennya zalyshkovykh systematychnykh pokhybok u rezul'tatakh podviynykh nerivnotochnykh heodezychnykh vymiryuvan'* [Research of criteria for the detection of residual systematic errors in the results of double non-equal point geodetic measurements]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi* [Technical Sciences and Technologies]. Vol. 1 (15), 2019, pp. 258–266. (in Ukrainian).
6. Tereshchuk O.I. *Metodyka realizatsiyi suputnykovykh tekhnolohiy kinematychnoho pozytsionuvannya dlya heodezychnykh polihoniv* [Methods of implementation of satellite technologies of kinematic positioning for geodetic polygons]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi* [Technical Sciences and Technologies]. Vol. 2 (8), 2017, pp. 236–245. (in Ukrainian).
7. Kazachenko L.M. *HIS-tekhnolohiyi u vyyavlenni protsesiv zsuvu gruntu* [GIS technologies in detecting landslide processes]. *Komunal'ne hospodarstvo mist. Seriya : Tekhnichni nauky ta arkhitektura* [Communal Management of Cities. Series : Technical Sciences and Architecture]. Vol. 7 (146). Kharkiv : XNUMG named after O. M. Beketova, 2018, pp. 198–202. (in Ukrainian).
8. Kazachenko L., Chubukin R. and Kazachenko V. *HIS-tekhnolohiyi pry stvorenni planovoyi heodezychnoyi osnovy dlya rozroblennya heneral'noho planu naselenoho punktu* [Geospatial technologies in the creation of a planned geodetic basis for the development of a general plan of a settlement]. *Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva* [Modern Achievements of Geodetic Science and Production]. Iss. II (42), 2021, pp. 67–75. (in Ukrainian).
9. Reshetylo V.O., Kipriyanov O.L. and Kuznetsov V.O. *Osoblyvosti zastosuvannya suputnykovykh metodiv vyznachennya normal'nykh vysot tochok zemnoyi poverkhni* [Peculiarities of using satellite methods for determining the normal heights of points on the earth's surface]. *Zbirnyk naukovykh prats' Derzhavnoho nauково-doslidnoho instytutu vyprobuvan' i sertyfikatsiyi ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniki* [Collection of Scientific Works of the State Research Institute of Testing and Certification of Weapons and Military Equipment]. Vol. 1 (1), 2019, pp. 143–148. (in Ukrainian).
10. Nesterenko S., Yermolenko D., Shefer O. and Kliepko A. *Ukrayins'ka navihatsiyana suputnykova systema: stan i perspektyvy* [Ukrainian navigation satellite system: status and prospects. Control, navigation and communication systems]. *Systemy upravlinnya, navihatsiyi ta zv'yazku* [Control, Navigation and Communication Systems]. Vol. 3 (65), 2021, pp. 4–11. (in Ukrainian).

11. Kuleshov V.V., Shapoval G.V., Kuleshov A.V., Gromov S.O. and Lysenko E.M. *Udoskonalennya system suputnykovoyi navihatsiyi pry rozvytku pasazhyrs'koho kompleksu v umovakh shvydkisnykh perevezen'* [Improvement of satellite navigation systems during the development of the passenger complex in the conditions of high-speed transportation]. *Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koho derzhavnogo universytetu zaliznychnoho transportu* [Collection of Scientific Works of the Ukrainian State University of Railway Transport]. 2017, iss. 173, pp. 96–106. (in Ukrainian).
12. Conlon L.O., Michel T., Guccione G., McKenzie K., Assad S.M. and Lam P.K. Enhancing the precision limits of interferometric satellite geodesy missions. *Microgravity*. Vol. 8 (1), 2022, pp. 1–10.
13. Alvarez A.D., Bevilacqua R., Hollis H., Mueller G., Knudston A., Patel U. and Conklin J.W. A simplified gravitational reference sensor for satellite geodesy. 2107, pp. 08545.
14. Nie Y., Shen Y., Pail R. and Chen Q. Efficient variance component estimation for large-scale least-squares problems in satellite geodesy. *Journal of Geodesy*. Vol. 6 (2), 2022, pp. 1–15.
15. Krasnoshchok S.L. *Doslidzhennya tekhnolohiyi kadaastrovoho znimannya z vykorystannyam metodiv suputnykovoyi heodeziyi* [Research of cadastral survey technology using satellite geodesy methods Qualification thesis]. Dnipro : PSACEA, 2020, 100 p. (in Ukrainian).
16. *Pro zatverdzhennya Zbirnyka ukrupnennykh koshtorysnykh roztsinok na topografo-heodezychni ta kartografichni roboty. Nakaz Ukrayiny №29/m vid 19.02.2003* [On the approval of the Compendium of consolidated estimates for topographical, geodetic and cartographic works. Order of Ukraine no. 29/m dated 19.02.2003]. 2003, 80 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 22.08.2022.