

УДК 528

DOI: 10.25140/2411-5363-2021-2(24)-218-226

Володимир Артамонов, Марина Василенко, Павло Міхно, Владислав Карий  
**СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ МЕЖ  
ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК СУПУТНИКОВИМИ МЕТОДАМИ**

*Виконано кількісний аналіз систем референцних станцій за кордоном і в Україні. Виконано аналіз результатів побудови геодезичної основи для забезпечення встановлення меж та знімання земельної ділянки ПАТ «Укртатнафта» в м. Кременчук Полтавської області. Встановлено, що регіональні особливості землекористувань промислових підприємств зумовлюють вибір систем координат, в які трансформують обчислені координати точок знімальної основи та межових знаків. Стаття є публікацією науково-методичного характеру.*

**Ключові слова:** геодезична основа; Державна геодезична мережа; референцна станція; відновлення меж.  
*Рис.: 1. Табл.: 2. Бібл.: 16.*

**Актуальність теми дослідження.** Реформа у сфері топографо-геодезичної діяльності й національного картографування спрямована [1] на вдосконалення та впорядкування відповідної діяльності й передбачає створення спеціальної інфраструктури для збору й використання геопросторових даних. Формування інфраструктури геопросторових даних регламентується відповідним законом України [2]. У зв'язку із цим все більшої актуальності набуває завдання забезпечення необхідної точності виконання геодезичних вимірювань супутниковими методами під час створення геодезичної основи для забезпечення якості й достовірності геопросторових даних.

**Постановка проблеми.** У процесі розвитку топографо-геодезичної діяльності в Україні з кожним роком постають нові завдання, які потребують швидкого та правильного вирішення із застосуванням нових технологій і засобів вимірювань, особливо, супутникових. Так, тимчасові базові станції, що донедавна були основою відносного методу GNSS-спостережень, замінюються перманентними референтними станціями, координати яких ретельно визначають, уточнюють та проводять моніторинг [3]. З появою референцних станцій стало можливим отримувати сантиметровий рівень точності визначення координат безпосередньо під час вимірювань, що призвело до спрощення процесу опрацювання результатів спостережень та суттєвого скорочення часу на його виконання [4]. Водночас, проблемними залишаються питання вибору конкретних засобів вимірювань та методик їх виконання залежно від особливостей об'єкта виконання робіт та необхідної точності визначення координат.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням, пов'язаним із виконання супутникових спостережень, згущенням GNSS-мереж присвячено дослідження С. В. Доскіч [5], С. Г. Савчука [4], К. Р. Третьяка [6], А. Kenyeres [7], М. Seitz [8], К. Szafranek [9] та інших.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Не розкритими у повній мірі залишаються питання застосування референцних станцій для встановлення (відновлення) меж землекористувань промислових підприємств.

**Мета статті.** Виконати кількісний аналіз систем референцних станцій за кордоном і в Україні, дослідити регіональні особливості створення знімальної геодезичної мережу із використанням референцних станцій для встановлення (відновлення) меж земельних ділянок промислових підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** З точки зору геодезичних мереж розміщення на території країни певної кількості референцних станцій є згущенням мережі постійно діючих (перманентних) станцій Державної геодезичної мережі (ДГМ) для забезпечення можливості визначення координат сантиметрової точності будь-якої точки земної поверхні із застосуванням супутникових RTK технологій в реальному часі, та оперативності виконання робіт. Середня відстань між базовими референцними станціями GNSS-мережі становить 70 км [5]. Результати кількісного аналізу систем референцних станцій деяких країн Центральної та Східної Європи наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Кількісний аналіз систем референцих станцій країн Європи

Країна Європи	Площа країни, км <sup>2</sup>	Кількість референцих станцій GNSS-мережі [3; 5; 10, 11]	Середня щільність референцих станцій	Середній радіус «обслуговування» однієї референцих станції, км
Польща	312658	94	1 п на 3326 км <sup>2</sup>	58
Німеччина	357021	98	1 п на 3643 км <sup>2</sup>	60
Чехія	78866	26	1 п на 3033 км <sup>2</sup>	55
Румунія	237500	58	1 п на 4095 км <sup>2</sup>	64
Угорщина	93030	32	1 п на 2907 км <sup>2</sup>	54
Латвія	64589	19	1 п на 3399 км <sup>2</sup>	58
Словаччина	48845	34	1 п на 1437 км <sup>2</sup>	38
Україна	603549	200	1 п на 3018 км <sup>2</sup>	55

У середньому, радіус «обслуговування» однієї референцих станції у наведених (табл. 1) країнах Європи становить 55 км.

Рівномірність [10; 11] та щільність покриття територій країн Європи референцими станціями (табл. 1) забезпечує необхідну точність виконання різних видів геодезичних робіт у будь-якій частині території відповідної країни [12].

Відповідно до п. 3.9 «Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками» [13], межі земельної ділянки підлягають прив'язці до пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ) та місцевої геодезичної мережі. При цьому роботи із землеустрою мають [14] виконуватися в системі координат УСК-2000 або місцевій системі координат, яка однозначно пов'язана з УСК-2000.

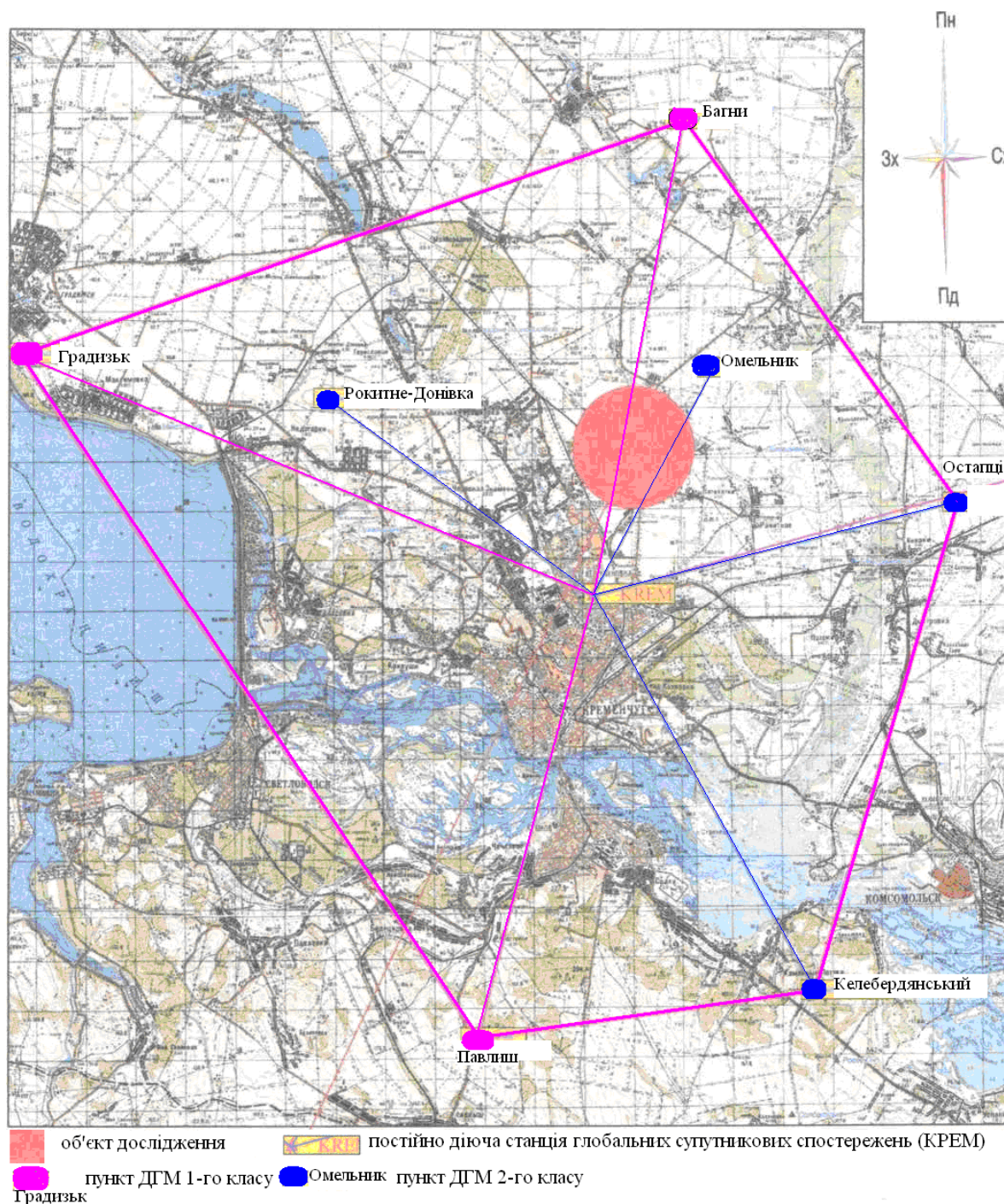
Особливості виконання супутникових RTK спостережень для встановлення або відновлення меж земельних ділянок досліджувалися на прикладі побудови у 2016 році знімальної геодезичної основи для забезпечення встановлення меж та знімання земельної ділянки ПАТ «Укртатнафта» площею 175,65 га для експлуатації та обслуговування будівель та споруд нафтопереробного заводу в м. Кременчук Полтавської області.

Враховуючи регіональні особливості м. Кременчука, за результатами супутникових спостережень метричну інформацію щодо місцеположення точок знімальної основи та твердих контурів місцевості отримано в трьох системах координат:

- місцевій системі координат Полтавської області (МСК-53), що однозначно зв'язана з Державною геодезичною референциною системою координат УСК-2000;
- системі координат 1963 року, 4 зона (СК-63), в якій до 2017 року вівся Державний земельний кадастр;
- місцевій системі координат м. Кременчука, в якій до 2020 року вівся містобудівний кадастр цього міста.

Спостереження виконувались від базової станції «KREM» (пункту M3628P0100 Української постійно діючої мережі глобальних навігаційних супутникових спостережень), розташованої в м. Кременчук. Координати цієї станції визначено з середньоквадратичною похибкою (СКП) місцеположення відносно пунктів ДГМ України: в плані – 0,005 м, по висоті – 0,02 м. Станція обладнана двохчастотним приймачем GPS HiPer (L1, L2). Для отримання координат сантиметрової точності польові роботи проведено в кінематичному режимі спостережень в реальному часі (RTK) із застосуванням GPS-мережі у вигляді замкненої геометричної фігури.

Спостереження послідовно проводилися на вихідних пунктах міської геодезичної мережі згущення, додатково закріплених точках геодезичної основи, твердих контурах місцевості. Кінцевий контроль виконано на пунктах ДГМ (рис. 1): 1-го класу – Градизьк, Павлиш, Багни; 2-го класу – Омельник, Останці, Келебердянський, Рокитне-Донівка.



*Рис. 1. Схема прив'язки GNSS-спостережень до пунктів ДГМ*

Під час виконання топографо-геодезичних робіт дотримано нормативні вимоги [15; 16], зокрема, щодо прив'язки мережі не менш як до трьох вихідних пунктів ДГМ та обмеження максимальних довжин векторів за використання двохчастотних GNSS-приймачів (50 км).

Обробку результатів польових спостережень та трансформування координат у системи МСК-53 та СК-63 виконано за допомогою програми Magnet Office Tools. Обчислено СКП місцезположення точок геодезичної знімальної основи відносно найближчих пунктів ДГМ та міської геодезичної мережі згущення. Для врівноваження результатів спостережень застосовано спосіб найменших квадратів, що забезпечує автоматичне виключення грубих похибок.

Похибки визначення місцезположення точок геодезичної знімальної основи в різних системах координат наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Похибки визначення місцеположення точок геодезичної знімальної основи

Назва точки	Системи координат					
	МСК-53		СК-63		МСК м. Кременчук	
	СКП у плані, м	СКП по висоті, м	СКП в плані, м	СКП по висоті, м	СКП в плані, м	СКП по висоті, м
1	2	3	4	5	6	7
тажкаї 2	0,035	0,026	0,055	0,022	0,055	0,022
тажка 7081 6	0,027	0,023	0,042	0,020	0,043	0,020
pp 1042 3	0,037	0,033	0,058	0,028	0,059	0,028
pp 11166	0,040	0,038	0,064	0,032	0,064	0,032
pp1124 1	0,032	0,030	0,050	0,026	0,051	0,026
pp 1158 6	0,042	0,041	0,067	0,035	0,067	0,035
pp 1168 6	0,043	0,048	0,069	0,041	0,069	0,041
pp 1169 2	0,056	0,056	0,089	0,047	0,089	0,047
pp 1174 5	0,043	0,049	0,068	0,041	0,068	0,041
pp 1175 6	0,038	0,039	0,060	0,033	0,060	0,033
pp 1189 6	0,041	0,035	0,065	0,030	0,065	0,030
pp 1546 2	0,052	0,056	0,083	0,047	0,084	0,047
pp 4215 12	0,038	0,033	0,059	0,028	0,060	0,028
pp 4540 6	0,029	0,024	0,045	0,020	0,046	0,020
pp 14224 6	0,039	0,034	0,061	0,029	0,061	0,029
pp 15263 11	0,046	0,039	0,072	0,033	0,073	0,033
pp 15421 5	0,052	0,049	0,082	0,042	0,082	0,042
pp 15510 4	0,039	0,040	0,063	0,034	0,063	0,034
pp 95137zbut 2	0,033	0,031	0,052	0,027	0,052	0,027
pp 95162zag 6	0,036	0,035	0,057	0,030	0,058	0,030
pp 95163 1	0,038	0,039	0,060	0,033	0,061	0,033
pp 95164 6	0,027	0,026	0,043	0,022	0,043	0,022
pp 95175a zag 4	0,029	0,025	0,046	0,021	0,046	0,021
pp 95181a 16	0,062	0,052	0,098	0,044	0,099	0,044
pp 951841 4	0,036	0,028	0,058	0,024	0,058	0,024
pp 951851 3	0,032	0,027	0,050	0,023	0,051	0,023
pp 951861 1	0,036	0,034	0,057	0,029	0,057	0,029
pp 951871 6	0,041	0,044	0,065	0,038	0,065	0,038
pp 951881 2	0,050	0,056	0,080	0,048	0,080	0,048
pp mar6809 2	0,030	0,029	0,048	0,025	0,048	0,025
pp mar7090 3	0,037	0,032	0,059	0,027	0,059	0,027
pp mar 6	0,030	0,029	0,048	0,025	0,048	0,025
pp tt 6	0,030	0,025	0,048	0,021	0,048	0,021
s kn 1	0,048	0,051	0,077	0,043	0,077	0,043
s kn 2	0,052	0,051	0,082	0,043	0,083	0,043
s kn 3	0,048	0,048	0,076	0,041	0,077	0,041
s kn 4	0,054	0,056	0,086	0,048	0,087	0,048
s kn 5	0,037	0,036	0,058	0,031	0,059	0,031
s kn 6	0,036	0,038	0,058	0,032	0,058	0,032
s kn 7	0,037	0,036	0,059	0,031	0,060	0,031
s kn 8	0,041	0,043	0,065	0,036	0,066	0,036
s kn 9	0,035	0,036	0,055	0,031	0,056	0,031
s kn 10	0,052	0,051	0,083	0,043	0,083	0,043
s kn 11	0,058	0,056	0,091	0,047	0,092	0,047
s kn 12	0,042	0,043	0,066	0,037	0,066	0,037
s kn 13	0,030	0,029	0,047	0,024	0,048	0,024
t1 1	0,049	0,052	0,078	0,044	0,078	0,044
t2 4	0,035	0,035	0,056	0,030	0,056	0,030
t3 1	0,036	0,036	0,057	0,031	0,057	0,031
t4 6	0,032	0,032	0,051	0,027	0,051	0,027

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
t5 4	0,032	0,032	0,051	0,027	0,052	0,027
t6 5	0,042	0,048	0,067	0,041	0,067	0,041
t7 4	0,031	0,030	0,050	0,025	0,050	0,025
t8 2	0,040	0,033	0,063	0,028	0,063	0,028
t9 2	0,032	0,027	0,051	0,023	0,051	0,023
t10 3	0,030	0,028	0,048	0,024	0,048	0,024
t11 1	0,028	0,028	0,044	0,024	0,045	0,024
t12 8	0,032	0,033	0,050	0,028	0,051	0,028
t13 1	0,026	0,028	0,041	0,024	0,041	0,024
t14 1	0,027	0,029	0,043	0,024	0,044	0,024
t15 1	0,032	0,040	0,051	0,034	0,052	0,034
t16 6	0,046	0,051	0,074	0,044	0,074	0,044
t17 2	0,031	0,031	0,048	0,026	0,049	0,026
t18 2	0,030	0,024	0,047	0,021	0,047	0,021
t19 4	0,036	0,028	0,057	0,024	0,057	0,024
t20 4	0,054	0,046	0,085	0,039	0,085	0,039
t21 5	0,044	0,040	0,070	0,034	0,071	0,034
t22 3	0,029	0,028	0,045	0,024	0,046	0,024
t23 1	0,030	0,027	0,047	0,023	0,047	0,023
t24 6	0,026	0,022	0,041	0,019	0,041	0,019
t25 6	0,031	0,026	0,050	0,022	0,050	0,022
t26 1	0,035	0,028	0,056	0,023	0,056	0,023
t27 5	0,037	0,030	0,059	0,025	0,059	0,025
t28 4	0,032	0,028	0,051	0,024	0,051	0,024
t29 3	0,046	0,045	0,073	0,038	0,074	0,038
t tr cex 6	0,031	0,029	0,049	0,024	0,050	0,024
ss5 2	0,027	0,024	0,042	0,020	0,043	0,020
ss6 1	0,033	0,029	0,052	0,024	0,052	0,024
ss7 3	0,034	0,030	0,054	0,026	0,054	0,026
ss8 3	0,033	0,029	0,053	0,025	0,053	0,025
ss9 1	0,032	0,027	0,050	0,023	0,050	0,023
ss10 1	0,032	0,026	0,051	0,022	0,051	0,022
ss11 1	0,044	0,033	0,070	0,028	0,070	0,028
ss12 3	0,032	0,026	0,050	0,022	0,051	0,022
ss15 2	0,028	0,025	0,044	0,021	0,044	0,021
ss16 2	0,035	0,036	0,056	0,031	0,056	0,031
ss17 3	0,040	0,040	0,064	0,034	0,065	0,034
ss18 2	0,032	0,026	0,051	0,022	0,052	0,022
ss19 3	0,026	0,023	0,041	0,019	0,041	0,019
ss20 1	0,028	0,026	0,044	0,022	0,045	0,022
ss21 2	0,028	0,025	0,044	0,022	0,044	0,022
ss22 3	0,028	0,025	0,044	0,022	0,044	0,022
ss23 2	0,027	0,027	0,043	0,023	0,044	0,023
ss24 1	0,025	0,027	0,040	0,023	0,040	0,023
ss25 1	0,031	0,030	0,049	0,026	0,050	0,026
ss26 2	0,030	0,027	0,047	0,023	0,047	0,023
ss27 1	0,034	0,030	0,055	0,025	0,055	0,025
ss28 3	0,030	0,028	0,048	0,024	0,048	0,024
ss29 3	0,031	0,029	0,049	0,024	0,050	0,024
ss 1 1	0,037	0,036	0,058	0,031	0,058	0,031
ss 2 3	0,029	0,028	0,046	0,024	0,047	0,024
ss 3 3	0,038	0,037	0,060	0,031	0,060	0,031
ss 4 1	0,030	0,028	0,047	0,024	0,047	0,024
ss 13 3	0,032	0,027	0,051	0,023	0,052	0,023
ss 14 1	0,034	0,030	0,054	0,025	0,054	0,025



Як видно з табл. 2, найбільше (серед отриманих) значення СКП точки геодезичної основи (т. рр 95181а 16) відносно пунктів ДГМ не перевищує 0,1 м:

- у місцевій системі координат Полтавської області (МСК-53) – 0,062 м;
- у СК-63 – 0,098 м;
- у системі координат м. Кременчука – 0,099 м.

Серед 105 точок знімальної геодезичної основи похибка лише однієї точки наближається до 0,1 м.

Середня з СКП усіх точок знімальної геодезичної основи, обчислених у різних системах координат, становить:

- МСК-53: у плані – 0,036 м, за висотою – 0,034 м;
- СК-63: у плані – 0,057 м, за висотою – 0,029 м;
- МСК м. Кременчук: у плані – 0,058 м, за висотою – 0,029 м;

Розходження СКП визначення місцеположення тієї самої точки, обчислених у різних системах координат, у плані становлять 0,015–0,037 м, за висотою – 0,003–0,009 м.

Таким чином, застосування супутникових спостережень у режимі RTK на території промислових підприємств дозволяє оперативно і якісно створювати геодезичну основу такої точності, що забезпечить похибку встановлення межових знаків відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення не більше ніж 0,1 м. Така похибка відповідає нормам Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками [13].

**Висновки.** Базові референсні станції в країнах Центральної та Східної Європи створені таким чином, щоб забезпечити максимально можливий доступ до даних з цих станцій у будь-якій точці країни. Особливо важливою можливістю такого доступу є у промислово розвинених регіонах для створення геодезичної знімальної основи з метою встановлення або відновлення меж земельних ділянок промислових підприємств з необхідною точністю.

Встановлено, що регіональні особливості землекористувань промислових підприємств обумовлюють вибір систем координат, в які трансформують обчислені координати точок геодезичної знімальної основи та межових знаків.

Застосування єдиної системи координат для забезпечення виконання усіх видів землепорядних та кадастрових робіт спростить, впорядкує та скоротить терміни виконання топографо-геодезичних робіт на місцевому рівні.

#### Список використаних джерел

1. Концепція Державної цільової науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2014-2018 роки : Розпорядження Кабінету Міністрів України № 2354-р (2010). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-2010-%D1%80#Text>.
2. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України № 554-IX (2020). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
3. Технічний звіт «Зведений каталог координат активних референсних станцій України 2015-2017 рр.» / Національний університет «Львівська політехніка». URL: [http://zakpos.zakgeo.com.ua/download/Zvit\\_2018.pdf](http://zakpos.zakgeo.com.ua/download/Zvit_2018.pdf).
4. Савчук С. Г., Проданець І. І., Калинич І. В. Перша мережа активних референсних станцій в Україні: етапи становлення та початок діяльності. *Геопрофіль*. 2010. № I (10). С. 16–23.
5. Доскіч С. В. (2019). Комбінований розв'язок координат активних референсних GNSS станцій України : дис. ... канд. техн. наук : 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія / Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2019. 130 с.
6. Третьак К. Р., Смірнова О. М., Бределева Т. М. Дослідження періодичних змін висотного положення супутникових перманентних станцій світу. *Геодинаміка*. 2012. № 1 (12). С. 11–29.

7. Kenyeres A. Categorization of permanent GNSS reference stations. 2010. URL: [http://www.epncb.oma.be/products-services/coordinates/kenyeres\\_2010.pdf](http://www.epncb.oma.be/products-services/coordinates/kenyeres_2010.pdf).
8. Seitz M. Comparison of different combination strategies applied for the computation of terrestrial reference frames and geodetic parameter series. *Proceedings of the 1st International Workshop on the Quality of Geodetic Observation and Monitoring Systems*. 2011. Pp. 1–9.
9. Szafranek K., Bogusz J., Figurski M. Configuration of the reference stations as the element of national reference frame reliability. *Geophysical Research Abstracts*. 2014. Vol. 11, № 1(173). Pp. 5–15.
10. Мережа базових станцій. *NGC.NET*. URL: <https://ngc.com.ua/ua/info/ngcnet.html>.
11. Мережа референційних GNSS станцій. *ZAKPOS*. URL: [http://zakpos.zakgeo.com.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=39&Itemid=96](http://zakpos.zakgeo.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=39&Itemid=96).
12. Сєдов А. Закордонний досвід створення мережі референтних станцій. 2016. URL: <http://www.50northspatial.org/ua/zakordonnyj-dosvid-stvorennya-merezhi-referentsnyh-stantsij/>.
13. Про затвердження Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками : Наказ державного комітету України із земельних ресурсів № 376 (2010). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0391-10#Text>.
14. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референційної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 509. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text>.
15. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України № 56. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>.
16. Інженерні вишукування для будівництва (ДБН А.2.1-1-2014) / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014.

### References

1. Kontsepsiia Derzhavnoi tsilovoi naukovo-tekhnichnoi prohramy rozvytku topografoheodezychnoi diialnosti ta natsionalnoho kartohrafuvannia na 2014-2018 roky [The concept of the State target scientific and technical program for the development of topographic and geodetic activities and national mapping for 2014-2018]. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 2354-r (2010). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-2010-%D1%80#Text>.
2. Pro natsionalnu infrastrukturu heoprosorovykh danykh [About the national infrastructure of geospatial data]. Law of Ukraine № 554-IX (2020) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
3. Natsionalnyi universytet «Lvivska politehnika» [Lviv Polytechnic National University]. (2018). *Tekhnichnyi zvit «Zvedenyi katalog koordynat aktyvnykh referentsnykh stantsii Ukrainy 2015-2017»* [Technical report «Consolidated catalog of coordinates of active reference stations of Ukraine 2015-2017»]. [http://zakpos.zakgeo.com.ua/download/Zvit\\_2018.pdf](http://zakpos.zakgeo.com.ua/download/Zvit_2018.pdf).
4. Savchuk, S. H., Prodanets, I. I., Kalynych, I. V. (2010). Persha merezha aktyvnykh referentsnykh stantsii v Ukraini: etapy stanovlennia ta pochatok diialnosti [The first network of active reference stations in Ukraine: stages of formation and start of activity]. *Heoprofil – Geoprofile*, 1(10), 16–23.
5. Doskich, S. V. (2019). Kombinovanyi rozv'iazok koordynat aktyvnykh referentsnykh GNSS stantsii Ukrainy [Combined solution of coordinates of active reference GNSS stations of Ukraine]. [PhD dissertation, Natsionalnyi universytet «Lvivska politehnika»].
6. Tretiak, K. R., Smirnova, O. M., Bredelieva, T. M. (2012). Doslidzhennia periodychnykh zmin vysotnoho polozhennia suputnykovykh permanentnykh stantsii svitu [Investigation of periodic changes in the height spot of satellite permanent stations of the world]. *Heodynamika – Geodynamics*, 1(12), 11–29.
7. Kenyeres, A. (2010). Categorization of permanent GNSS reference stations. [http://www.epncb.oma.be/products-services/coordinates/kenyeres\\_2010.pdf](http://www.epncb.oma.be/products-services/coordinates/kenyeres_2010.pdf).
8. Seitz, M. (2011). Comparison of different combination strategies applied for the computation of terrestrial reference frames and geodetic parameter series. *Proceedings of the 1st International Workshop on the Quality of Geodetic Observation and Monitoring Systems* (1–9).
9. Szafranek, K., Bogusz, J., Figurski, M. (2014). Configuration of the reference stations as the element of national reference frame reliability. *Geophysical Research Abstracts*, 11(1(173)), 5–15.

10. Merezha bazovykh stantsii NGC.NET [NGC.net base stations network]. NGC (3.07.2021). <https://ngc.com.ua/ua/info/ngcnet.html>.

11. Merezha referentsnykh GNSS stantsii [GNSS station reference network]. ZAKPOS (3.07.2021). [http://zakpos.zakgeo.com.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=39&Itemid=96](http://zakpos.zakgeo.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=39&Itemid=96).

12. Sedov, A. (March 15, 2016). Zakordonnyi dosvid stvorennia merezhi referentsnykh stantsii [Foreign experience in creating a network of reference stations]. <http://www.50northspatial.org/ua/zakordonnyi-dosvid-stvorennia-merezhi-referentsnykh-stantsij/>.

13. Pro zatverdzhennia Instruksii pro vstanovlennia (vidnovlennia) mezh zemelnykh dilianok v naturi (na mistsevosti) ta yikh zakriplennia mezhovymy znakamy [About the statement of the Instruction for establishing (restoring) boundaries of land plots in nature (on terrain) and their fixing by land marks], Order of the State Committee of Ukraine for Land Resources № 376 (2010) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0391-10#Text>.

14. Pro zatverdzhennia Poriadku vykorystannia Derzhavnoi heodezychnoi referentsnoi systemy koordynat USK-2000 pry zdiisnenni robot iz zemleustroiu [About the statement of the Procedure for using the state geodesic reference system of the coordinates of the USK-2000 in the implementation of land management works], Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine № 509 (2016) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text>.

15. Pro zatverdzhennia Instruksii z topohrafichnoho znimannia u masshtabakh 1:5000, 1:2000, 1:1000 ta 1:500 [About the statement of the Instruction on topographic surveying at 1:5000, 1:2000, 1:1000 and 1:500 scales (HKNTA-2.04-02-98)], Order of the Main Department of Geodesy, Cartography and Cadastre under the Cabinet of Ministers of Ukraine № 56 (1998) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>.

16. Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (2014). Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva [Engineering exploration for construction] (DBN A.2.1-1-2014.). [https://dbn.at.ua/\\_ld/11/1167\\_DBNInzhenernivu.pdf](https://dbn.at.ua/_ld/11/1167_DBNInzhenernivu.pdf).

UDC 528

*Volodymyr Artamonov, Maryna Vasylenko, Pavlo Mikhno, Vladyslav Karyi*

## **CREATION OF A GEODETIC BASIS FOR RESTORING THE BOUNDARIES OF LAND PLOTS BY SATELLITE METHODS**

*The analysis of systems of reference stations abroad and in Ukraine, as well as analysis of regional peculiarities of creating a surveying geodetic network using reference stations to establish (restore) boundaries of land plots of industrial enterprises is the objective of research.*

*Reference stations allow to determine the coordinates of any point of the earth's surface with the use of RTK technology in real time and provide operativeness of geodetic works.*

*The quantitative analysis of the systems of reference stations of some countries of Central and Eastern Europe has been performed. On average, the radius of action of one reference station in Europe is 55 km.*

*The maintenance of necessary accuracy of satellite observations during the creation of a control will provide sufficient quality and reliability of geospatial data.*

*The analysis of the results of the construction of a control to secure the restoration of boundaries and surveying the land plot of «Ukratnafta» with an area of 175,65 hectares for operation and service of buildings and structures of the oil refinery in city of Kremenchuk of Poltava region has been performed.*

*For the possibility of maintaining land, town-planning cadaster and geodetic support of land management works in Kremenchuk, metric information on the location of survey points and solid contours of the area was obtained by satellite observations in three coordinate systems: MSK-53, SK-63 and local coordinate system of Kremenchuk.*

*Average quadratic errors of all 105 points of the surveying control do not exceed 0.1 m. The difference of average quadratic errors definition of the location of one and the same point calculated in various coordinate systems in the plan are 0.015-0.037 m, in height – 0.003-0.009 m.*

*It has been established that the regional features of land use of industrial enterprises determine the choice of coordinate systems, which transform the calculated coordinates of the points of the surveying base and boundary signs. The article is a publication of a scientific and methodical character.*

**Keywords:** control; State geodetic network; reference station; restoration of boundaries.

*Fig.: 1. References: 16.*



**Артамонов Володимир Володимирович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

**Artamonov Volodymyr** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department, Department of Geodesy, Land Management and Cadastre, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Pershotravneva Str., 20, 39600 Kremenchuk, Ukraine).

**E-mail:** vlaartamonov@yandex.ua

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5424-0040>

**SCOPUS Author ID:** 57215823626

**Василенко Марина Григорівна** – старший викладач кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

**Vasylenko Maryna** – Senior Lecturer, Department of Geodesy, Land Management and Cadastre, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Pershotravneva Str., 20, 39600 Kremenchuk, Ukraine).

**E-mail:** vasilenkoo.mg@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4847-2982>

**SCOPUS Author ID:** 57215819857

**Міхно Павло Борисович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

**Mikhno Pavlo** – PhD, Associate Professor, Department of Geodesy, Land Management and Cadastre, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Pershotravneva Str., 20, 39600 Kremenchuk, Ukraine).

**E-mail:** mikhno1982@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-8045-6478>

**SCOPUS Author ID:** 57215819875

**Карий Владислав Олексійович** – інженер-землевпорядник, ФОП Карий Владислав Олексійович (проспект Свободи, 80, м. Кременчук, 39600, Україна).

**Vladyslav Karyi** – land surveyor, Individual entrepreneur Karyi Vladyslav Oleksiiovych (80 Svobody Av., 39600 Kremenchuk, Ukraine).

**E-mail:** vladislavkaryi@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1629-2218>