

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.8.419-429

УДК 528. 2

к.т.н., професор **Кузьмич О.Й.**,
kuzok@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1762-6344,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Кіт А.А., antk1986@gmail.com, ORCID: 0009-0002-8472-3072,
Вовк О. С., sasha.vovk.89@gmail.com, ORCID: 0009-0008-2334-8452,
Хмельницька атомна електростанція

СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТ НА ПРОМИСЛОВОМУ МАЙДАНЧИКУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ АЕС

Атомні електричні станції на сьогоднішній день складають основну частину у виробництві електроенергії в Україні; забезпечуючи потреби побутових та промислових споживачів; а після повномасштабного вторгнення рф; систематичних обстрілів критичної інфраструктури; розподільчих станцій та об'єктів генерації стали; фактично; основою енергетичної безпеки України.

Сьогодні на території України в експлуатації перебуває чотири атомних електростанції: Запорізька АЕС (окупована рф); Південноукраїнська АЕС; Рівненська АЕС та Хмельницька АЕС. Сумарна потужність діючих енергоблоків на підконтрольній території України складає 7835 МВт. Чорнобильська АЕС перебуває у стадії зняття з експлуатації.

Важливим елементом при проектуванні; будівництві та експлуатації АЕС є забезпечення безпечної та надійної роботи будівельних конструкцій будівель та споруд. Для забезпечення цих умов при проектуванні АЕС проектними організаціями розробляються робочі програми проведення геодезичного моніторингу будівель та споруд як у період будівництва так і експлуатації.

У даній статті ми розглянемо метод використання ГНСС-вимірювань із власною базовою станцією та створення локальної системи координат для забезпечення виконання робіт із геодезичного моніторингу будівель та споруд АЕС.

Ключові слова: будівельна сітка; мережа; полігонометрія; планово-висотна основа; деформаційні марки; геодезичний моніторинг; ГНСС-спостереження; координати; висоти пунктів.

Вступ

Хмельницька АЕС розташована в 3;5 км на південь від міста Нетішин; міста-супутника АЕС. Середня висота над рівнем моря становить 210;00 метрів

в БС; відмітка планування території АЕС – 206;00 метрів. Клімат помірно-континентальний; максимальна глибина промерзання ґрунту – 80 см.

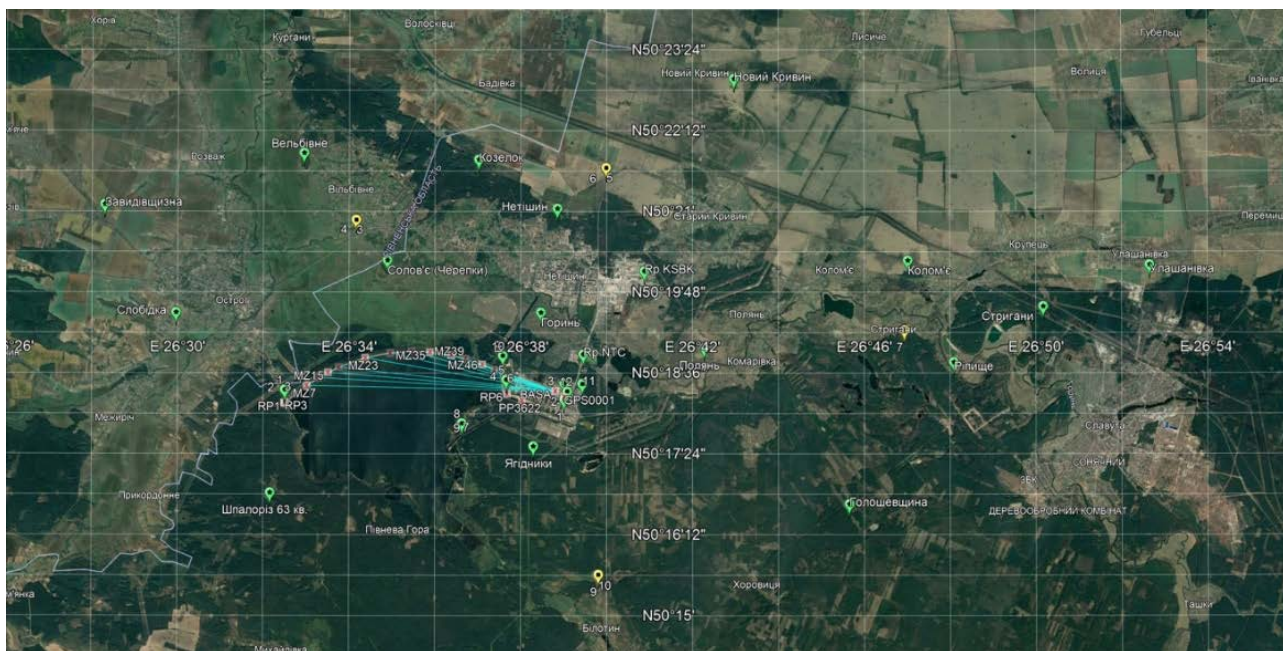
Під час проектування та будівництва ХАЕС у 1980-х роках була закладена планово-висотна основа. Ця основа була створена методом згущення існуючої на той час мережі від загальнодержавних пунктів; що знаходяться поблизу майданчика будівництва; також закладались нові геодезичні знаки: пункти полігонометрії; глибинні репери та стінові висотні репери. Після виконання цих робіт було виконано винос в натуру та закріплення пунктів будівельної сітки; яка створювалась як вільна мережа; що опирається на один вихідний пункт та орієнтується по одній із твердих сторін. Будівельна сітка являє собою умовну систему координат у вигляді мережі квадратів із сторонами розміром 100 метрів та має підписи по осях координат «А» та «В» і призначена для розмічувальних робіт під час будівництва АЕС.

У 1992 році на замовлення Київського відділення інституту «Енергопроект» підрядною організацією були виконані роботи із створення виконавчого генерального плану промислового майданчика АЕС. На час створення генплану на території знімання не збереглись більшість пунктів геодезичної основи минулих років. Для забезпечення території промайданчика АЕС новою планово-висотною основою була розвинена мережа полігонометрії 4 класу; 1 та 2 розрядів; нівелірна мережа 4 класу та виконані комплексні інженерно-геодезичні вишукування в масштабі 1:500 з січенням рельєфу через 0;5 м. Мережа полігонометрії була вирівняна в місцевій системі; що була прийнята раніше інститутом «УкрДІГВЗ» при топографо-геодезичних роботах на території м. Нетішин на основі пунктів тріангуляції «Горинь» та «Ягідники». Для максимального збереження раніше прийнятої умовної системи координат у вигляді будівельної сітки «А»; «В» мережа полігонометрії була повторно вирівняна на вихідних координатах пунктів тріангуляції «Горинь» та «Ягідники» і координатах пунктів №8 та №9; що збереглись на території промислового майданчика з минулих років.

Виклад основного матеріалу

Станом на 2024 рік планово-висотна основа Хмельницької АЕС представлена наступними пунктами:

1. Глибинні біметалічні репери для проведення геодезичного моніторингу будівель та споруд АЕС.
2. Глибинні біметалічні репери для проведення спостережень на геодинамічному полігоні АЕС.
3. Пункти полігонометрії.
4. Стінові висотні репери.
5. Деформаційні марки на будівлях та спорудах.



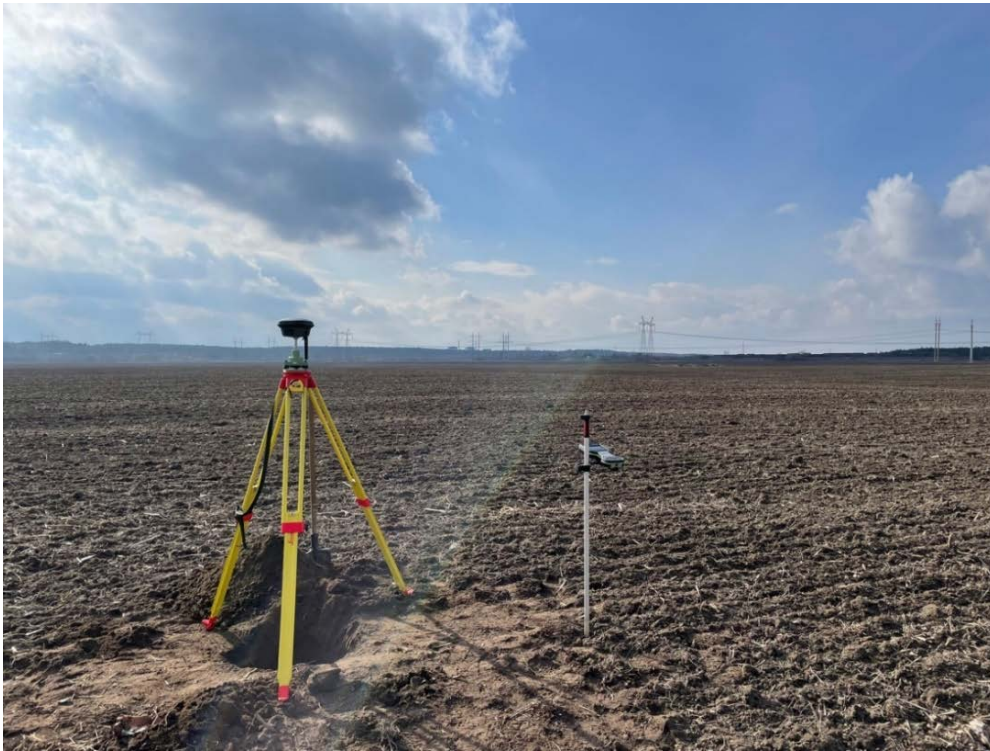
Мал. 1. Схема розташування глибинних реперів для спостереження за деформаціями будівель та споруд АЕС; глибинних реперів геодинамічного полігону; контрольно-вимірювальних пристроїв греблі водосховища-охолоджувача; а також пунктів ДГМ в зоні спостереження АЕС.

Глибинні репери для проведення геодезичного моніторингу представлені у кількості 12 штук. 3 репери для проведення робіт із моніторингу на промисловому майданчику станції та 9 реперів для проведення робіт на гідротехнічних спорудах. Всі репери об'єднані у 4 куці; по три одиниці в кожному.

Глибинні репери геодинамічного полігону представлені у вигляді 6 куців (по 2 репери в кожному) та використовувались при вивченні тектонічних змін в геологічному середовищі району розташування ХАЕС для виявлення зон інтенсивного розвитку деформаційних процесів земної кори і прогнозування землетрусів.

Пункти полігонометрії закладені у 1992 році; для проведення робіт із створення актуального генерального плану АЕС на той час. В той самий час закладались стінові репери та деформаційні марки для проведення робіт із геодезичного моніторингу.

У 2022 році геодезичною групою експлуатаційного підрозділу АЕС були проведені роботи із встановлення та налаштування власної базової станції Leica GR-50; обстеження пунктів ДГМ в зоні спостереження АЕС; ГНСС-спостережень пунктів ДГМ та пунктів планово-висотної основи АЕС; створення трансформаційного поля для переходу від державної системи координат УСК-2000 до локальної; що використовується на даний час при експлуатації АЕС.



Мал. 2. ГНСС-спостереження на пункті ДГМ Полянъ. 2022 рік.

Планові координати пунктів ДГМ (в системі УСК-2000) та абсолютні висоти були отримані із виписки від Науково-дослідного інституту геодезії і картографії (ДП «НДІГК»). Планові координати і абсолютні висоти пунктів полігонометрії та глибинних реперів на промисловому майданчику АЕС (в місцевій системі координат) були отримані із наявних технічних звітів.

Таблиця 1.

Перелік пунктів ДГМ; що були обстежені.

№ з/п	Індекс БГД	Назва пункту	Клас пункту	Координати, м		Висота над рівнем моря, м	Клас нівелювання
				x	y		
1	M351521300	Новий Кривин	2	7,857	5,018	255.271	IV
2	M351523000	Голошевщина	2	6,285	1,999	235.199	IV
3	M351520800	Завидівщина	2	3,693	1,201	259.255	IV
4	M351540800	Вільбівне	3	5,142	8,451	192.807	IV
5	M351540900	Козелок	3	2,436	9,417	235.679	IV
6	M351532900	Нетішин	3	2,150	3,099	232.410	IV
7	M351541100	Полянъ	3	5,421	1,397	198.865	IV
8	M351541000	Горинь	4	1,275	2,414	195.641	IV
9	M351533000	Солов'є (Черепки)	3	2,891	6,574	196.374	IV
10	M351535200	Слобідка	3	3,797	0,202	222.541	IV
11	M351541200	Ягідники	4	2,983	4,467	233.309	IV
12	M351533700	Колом'є	3	3,477	9,440	221.691	IV
13	M351542000	Ріпище	4	1,820	5,081	212.325	IV
14	M351522800	Шпалоріз 63 кв.	2	8,603	2,465	226.085	IV
15	M351521600	Улашанівка	2	5,896	7,471	221.513	IV
16	M351535800	Стригани	3	4,226	0,993	224.075	IV

Таблиця 2.

Перелік висотних пунктів ДГМ; що були обстежені.

№ з/п	Індекс	Назва пункту	Клас пункту	Координати, м		Висота над рівнем моря, м	Клас нівелювання
				x	y		
1	M3515B0360*	01137, гр. рп.		800	700	219.368	II
2	M3515B0350*	У-381, гр. рп.		300	800	227.057	II
3	M3515B0520*	У-191, ст. марка		200	200	231.752	II
4	M3515B0330*	У-1004, гр. рп.		300	200	231.081	II
5	M3515B0320*	01152, гр. рп.		000	400	217.390	II
6	M3515B0310*	У-542, гр. рп.		900	700	217.499	II
7	M3515B0910*	У-217, ст. марка		885	625	219.072	II

* - координати пунктів наближені з точністю 100 м

Всього було обстежено 16 пунктів державної геодезичної мережі та 7 висотних пунктів. При обстеженні даних пунктів практично всюди було виявлено відсутність металевих сигналів та охоронних стовпчиків; лише на пунктах «Завидівщина» та «Горинь» сигнали були збережені; завдяки близькому розташуванню біля поселень.

Центри пунктів збережені та знаходяться в задовільному стані. Планові та висотні координати пунктів підтверджуються. На деяких пунктах абсолютна висота; що була надана ДП «НДІГК» відрізнялась від фактично визначеної. Наприклад; на пункті ДГМ «Горинь» висота відрізняється на 21 см; на пункті «Нетішин» – на 11 см; на пункті «Ріпище» – на 13 см.

Із 7 висотних пунктів фактично було відшукано лише один. Марка У-217 знаходиться на залізничній станції Баран'є на 173 км залізниці Шепетівка-Здолбунів. Фактично виміряна абсолютна висота пункту відрізняється від наданої на 61 см. Решта висотних пунктів не була відшукана у зв'язку із відсутністю точних координат розташування та відсутністю розпізнавальних знаків і карток прив'язки центрів.

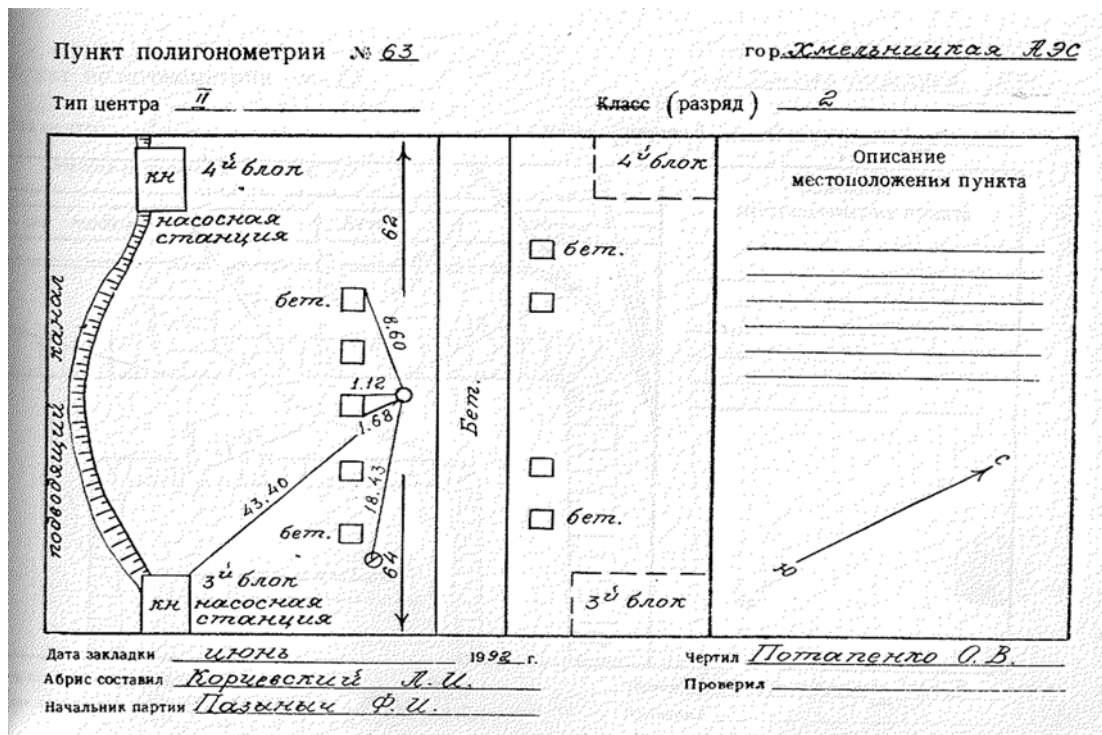


Мал. 3, 4. Пункти триангуляції ДГМ «Стригани» та «Завидівщина».

На території проммайданчика АЕС вдалось віднайти та відновити велику кількість пунктів полігонометрії; що були закладені у 1992 році (малюнки 5; 6). Більшість пунктів була збережена та знаходиться в задовільному стані. Пункти полігонометрії вдалось відновити завдяки наявним технічним звітам; відомим координатам та карткам заклади центрів (малюнок 7).



Малюнки 5; 6. Пункти полігонометрії №1135 та №0119; що були закладені у 1992 році.



Мал. 7. Картка закладки пункту полігонометрії 2 розряду №63 на території АЕС.

Результати опрацювання серій ГНСС-спостережень та вирівнювання результатів вимірювань дозволили створити локальну систему координат; яка

співпадає з існуючою будівельною сіткою на території АЕС; що була закріплена пунктами полігонометрії у 1992 році; та використовується для проектних та будівельних робіт на даний час.

Так як територія промислового майданчика АЕС являє собою рівне плато із відміткою планування 206;00 в Балтійській системі висот 1977 року; для створення параметрів переходу до ЛСК були використані; переважно; координати пунктів ДГМ; а висоти були взяті від глибинних реперів та деформаційних марок (МЗ) земляної греблі водосховища-охолоджувача. В результаті опрацювання результатів спостережень на 53 пунктах було отримано параметри переходу та створена трансформаційна модель; яка дозволяє в режимі РТК-вимірювань отримувати точність в плані до 1 см а по висоті до 3 см; що цілком забезпечує потреби при проведенні топографічних зйомок та виконанні інших геодезичних робіт. Також варто відзначити точність та якість робіт; з якою була закладена мережа пунктів полігонометрії у 1992 році. Результати вирівнювання ГНСС-спостережень та отримані нев'язки показані в таблиці 3.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Станом на 2024 рік більшість пунктів полігонометрії; що закладались у 1992 році відновлені та використовуються під час проведення геодезичних робіт геодезичною групою АЕС.

Після виконаних робіт із створення локальної системи координат та приведення її до параметрів існуючої будівельної сітки геодезичною групою розпочаті роботи із створення актуального генерального плану АЕС в масштабі 1:500 та проведення геодезичного моніторингу будівель та споруд станції. На момент написання статті було виконано 3 цикли ГНСС-спостережень за деформаціями земляної греблі водосховища-охолоджувача АЕС; перевірку стабільності глибинних реперів планово-висотної основи та моніторинг інших споруд.

Таким чином встановлення та налаштування власної базової станції дозволило суттєво скоротити терміни виконання робіт; підвищити точність геодезичних робіт та створити єдину основу для виконання робіт як власними силами так і передачу планово-висотної основи при виконанні геодезичних робіт підрядними організаціями. Також слід зазначити; що можливість використання ГНСС-приймачів в режимі РТК-вимірювань суттєво підвищує ефективність геодезичних робіт. Окремо варто додати; що результати проведення ГНСС-спостережень за гідротехнічними спорудами є досить обширними та складають багаторічну базу спостережень. Висвітлення результатів цих досліджень буде розглянуто у наступній статті.

Таблиця 3.

Результати визначення нев'язок по пунктам після вирівнювання
та створення локальної системи координат.

Нев'язки

#	ID точки (A)	ID точки (B)	Использовать	Невязка В [м]	Невязка С [м]	Невязка высоты [м]
1	15	15	Высота	-	-	0,0348
2	53VRZN1	53VRZN1	Высота	-	-	0,0768
3	63 22	63 22	Высота	-	-	0,0351
4	65VRZN1	65VRZN1	Высота	-	-	-0,0022
5	69MARVBET1	69MARVBET1	Нет	-	-	-
6	BARAN219.4238	BARAN219.4238	Высота	-	-	-0,6171
7	GLRP1	GLRP1	Высота	-	-	0,0405
8	GLRP2	GLRP2	Высота	-	-	0,0315
9	GLRP3	GLRP3	Высота	-	-	0,0372
10	Goryn84	Goryn84	Координаты и высота	-0,0025	0,0430	-0,0083
11	GTC RP8	GTC RP8	Высота	-	-	0,0609
12	GTCRP1	GTCRP1	Высота	-	-	-0,0288
13	GTCRP4	GTCRP4	Высота	-	-	0,0368
14	KONTRP210.896	KONTRP210.896	Координаты и высота	0,0017	0,0028	0,0506
15	Kozelok84	Kozelok84	Местоположение	0,0039	0,0124	-
16	Netishyn84	Netishyn84	Координаты и высота	0,0326	0,0613	-0,1183
17	Novyj Kryvyn84	Novyj Kryvyn84	Местоположение	-0,0136	-0,0421	-
18	Polyan 84	Polyan 84	Координаты и высота	-0,0019	0,0142	-0,0541
19	Ripusche 84	Ripusche 84	Координаты и высота	-0,0085	-0,0748	0,1334
20	Shpaloriz 84	Shpaloriz 84	Координаты и высота	-0,0134	0,0062	-0,1067
21	Slobidka 84	Slobidka 84	Местоположение	-0,0172	-0,0064	-
22	Solvje 84	Solvje 84	Местоположение	0,0267	0,0102	-
23	Strygany 84	Strygany 84	Нет	-	-	-
24	Ulashanivka84	Ulashanivka84	Координаты и высота	-0,0020	0,0349	0,0040
25	Velbivne 84	Velbivne 84	Местоположение	0,0259	-0,0292	-
26	Zavydivschizna 84	Zavydivschizna 84	Местоположение	-0,0318	-0,0324	-
27	GLRP5	GLRP5	Высота	-	-	0,0371
28	GTC RP1	GTC RP1	Высота	-	-	-0,0288
29	GTC RP2	GTC RP2	Высота	-	-	-0,0289
30	GTC RP3	GTC RP3	Высота	-	-	-0,0288
31	MZ11	MZ11	Высота	-	-	-0,0141
32	MZ15	MZ15	Высота	-	-	-0,0103
33	MZ19	MZ19	Высота	-	-	-0,0230
34	MZ23	MZ23	Высота	-	-	-0,0256
35	MZ27	MZ27	Высота	-	-	0,0116
36	MZ3	MZ3	Высота	-	-	-0,0277
37	MZ31	MZ31	Высота	-	-	0,0182
38	MZ35	MZ35	Высота	-	-	0,0233
39	MZ39	MZ39	Высота	-	-	0,0283
40	MZ43	MZ43	Высота	-	-	0,0310
41	MZ46	MZ46	Высота	-	-	0,0335
42	MZ50	MZ50	Высота	-	-	0,0346
43	MZ52	MZ52	Высота	-	-	0,0355
44	MZ54	MZ54	Высота	-	-	0,0366
45	MZ7	MZ7	Высота	-	-	-0,0191
46	PP35II	PP35II	Высота	-	-	0,0366
47	PP3622	PP3622	Высота	-	-	0,0373
48	PP37MARVBET1	PP37MARVBET1	Высота	-	-	0,0373
49	RP GTC 10	RP GTC 10	Высота	-	-	0,0344
50	RP11	RP11	Высота	-	-	0,0457
51	RP12	RP12	Высота	-	-	0,0451
52	RP4	RP4	Высота	-	-	0,0368
53	RP6	RP6	Высота	-	-	0,0372

Список літератури:

1. Видуев Н.Г. Инженерные изыскания / Н.Г. Видуев, Ю.В. Полищук. – Київ.: Вища школа, 1979. – 267 с.
2. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник / С.П. Войтенко. – 2-ге вид. випр. і допов. – Київ.: Знання, 2012. – 574 с.
3. Войтенко С.П., Шульц Р.В., Самойленко О.М., Адаменко О.В., Терещук О.І., Стараверов В.С., Кузьмич О.Й. Інженерна геодезія: підручник – Чернігів.: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 700 с.
4. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА 2.04-02-98). – Київ., 1999. – 155 с.
5. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов — М. Недра, 1990, ГКИНП(ГНТА)-03-010-02.
6. Костецька Я.М. Геодезичні прилади. ч.2. Електронні геодезичні прилади. – Л.: 2000. – 320с.
7. Кузьмич О.Й., Ісаєв О.П., Чуланов П.О., Бондар С.А. Оцінка точності визначення положення геодезичних пунктів. Наука та освіта: зб. пр. с. 63-67. XVIII Міжнар. наук. Конф. 2024, с. 63-67. ISBN 978-966-330-403-8.
8. Jahn C.H. Das SAPOS®-Qualitätsmanagement der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland / C.H. Jahn, J. Rubach, C. Elsner, A. Schenk, P. Wagenführ, H.-G. Dick, A. Brünner // zfv, 3/2011. – S. 127–137.
9. Шульц Р.В. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями в режимі реального часу / Р.В. Шульц, О.І. Терещук, А.О. Анненков, І.О. Нисторяк // Інженерна геодезія. – 2014. – Вип. 61. – С. 58–76.
10. Савчук С. Експериментальні дослідження точності визначення координат методом RTK з використанням GPRS Internet-з'єднання / С. Савчук, А. Задемленюк, А. Піскорівський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць – Львів, 2009. – Вип. I (17). – С. 58–69.

Ph.D., Professor **Kuzmych Oleksadr**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Keith Aton, Vovk Oleksadr, Khmelnytskyi nuclear power plant

**CREATION AND USE OF THE LOCAL COORDINATE SYSTEM AT
THE INDUSTRIAL SITE Khmelnytsky NPP**

Today, nuclear power plants make up the main part of electricity production in Ukraine, providing the needs of domestic and industrial consumers, and after the full-

scale invasion of the Russian Federation, systematic shelling of critical infrastructure, distribution stations and generation facilities, they became, in fact, the basis of Ukraine's energy security.

Today, four nuclear power plants are in operation on the territory of Ukraine: Zaporizhzhya NPP (occupied by the Russian Federation), South Ukrainian NPP, Rivne NPP and Khmelnytsky NPP. The total capacity of operating power units on the controlled territory of Ukraine is 7,835 MW. The Chernobyl NPP is in the decommissioning stage.

An important element in the design, construction and operation of nuclear power plants is to ensure the safe and reliable operation of construction structures of buildings and structures. To ensure these conditions during NPP design, design organizations develop work programs for conducting geodetic monitoring of buildings and structures both during construction and operation.

In this article, we will consider the method of use

GNSS measurements with its own base station and the creation of a local coordinate system to ensure the performance of geodetic monitoring of NPP buildings and structures.

Keywords: construction grid polygonometry network plan-elevation base deformation marks geodetic monitoring GNSS observation coordinates point heights.

REFERENCES:

1. Vyduiev N.H. *Ynzhenernye yzyskanyia* / N.H. Vyduiev, Yu.V. Polyshchuk. – Kyiv.: Vyshcha shkola, 1979. – 267 s. {in Ukrainian}
2. Voitenko S.P. *Inzhenerna heodeziia: pidruchnyk* / S.P. Voitenko. – 2-he vyd. vypr. i dopov. – Kyiv.: Znannia, 2012. – 574 s. {in Ukrainian}
3. Voitenko S.P., Shults R.V., Samoilenko O.M., Adamenko O.V., Tereshchuk O.I., Staraverov V.S., Kuzmych O.I. *Inzhenerna heodeziia: pidruchnyk* – Chernihiv: NU «Chernihivska politekhnikha», 2022. – 700 s. {in Ukrainian}
4. *Instruktsiia z topografichnoho znimannia u mashtabakh 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (HKNTA 2.04-02-98)*. – Kyiv., 1999. – 155 s. {in Ukrainian}
5. *Ynstruktsiia po nyvelyrovanyiu I, II, III, IV klassov* — M. Nedra, 1990, HKYNP(HNTA)-03-010-02. {in Russian}
6. Kostetska Ya.M. *Heodezychni pryklady. ch.2. Elektronni heodezychni pryklady*. – L.: 2000. – 320 s. {in Ukrainian}
7. Kuzmych O.I. Isaiev O.P. Chulanov P.O. Bondar S.A. *Otsinka tochnosti vyznachennia polozhennia heodezychnykh punktiv*. *Nauka ta osvita: zb. pr. s. 63-67. KhVIII Mizhnar. nauk. Konf. 2024; s. 63-67. ISBN 978-966-330-403-8.* {in Ukrainian}

8. Jahn C.H. Das SAPOS®-Qualitätsmanagement der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland / C.H. Jahn, J. Rubach, C. Elsner, A. Schenk, P. Wagenführ, H.-G. Dick, A. Brünner // zfv, 3/2011. – S. 127–137. {in Ukrainian}

9. Shults R.V. Praktychni doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat za suputnykovymi tekhnolohiiamy v rezhymi realnoho chasu / R.V. Shults, O.I. Tereshchuk, A.O. Annenkov, I.O. Nystoriak // Inzhenerna heodeziia. – 2014. – Vyp. 61. – S. 58–76. {in Ukrainian}

10. Savchuk S. Eksperymentalni doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat metodom RTK z vykorystanniam GPRS Internet-ziednannia / S. Savchuk, A. Zademleniuk, A. Piskorovskyi // Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva: zb. nauk. prats – Lviv, 2009. – Vyp. I (17). – S. 58–69. {in Ukrainian}