

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ГНСС-СТАНЦІЙ

Приймальні антени ГНСС-станцій розташовують на спорудах, будівлях, спеціальних постаментях, фундаменти яких часто перебувають у зоні значних деформацій ґрунту під дією варіації гідротермічних чинників. Це може спотворювати отримані результати моніторингу земної поверхні і ставити під сумнів достовірність їх інтерпретації. Залежно від характерних умов влаштування базової станції глобальної навігаційної супутникової системи, від конструктивних рішень та функціонального призначення будівель, які є базами розташування, приймаються відповідні рішення щодо розміщення ГНСС-станції.

Досліджена система роботи елементів обладнання базової станції глобальної навігаційної супутникової системи, конструктивні особливості приймальних антен, їх кріплення до будівельних конструкцій. Зазначено переважні умови вибору місця для встановлення і експлуатації приймальної антени ГНСС-станції, виділено групи місць установаження приймальних антен на опорних частинах дахів будівель. Розглянута ефективність використання ГНСС-станцій як сукупність методологічних, технічних і організаційних принципів діяльності в системі глобального позиціонування.

Виділено компоненти системи обстеження зовнішніх конструкцій будівель і споруд: підсистема конструктивних рішень об'єктів будівництва, організація обстеження зовнішніх конструкцій, зовнішні чинники гідротермічного походження, підсистема проектних рішень роботи ГНСС-станції, підсистема організації встановлення і підключення.

Виконана оцінка основних характеристик проектних рішень роботи ГНСС-станції, зокрема, вибір конструктивних елементів будівель і споруд для встановлення антени станції, визначення і обробка координат точок.

Ключові слова: перманентна ГНСС-станція; встановлення приймальних антен; стійкість ГНСС-станції; будівлі і споруди; конструктивні рішення.

Постановка проблеми. Одне із завдань геодезії – створення на земній поверхні мережі опорних пунктів, положення яких було б визначене в одній системі координат і які служили б плановим обґрунтуванням будь-яких топографо-геодезичних робіт, у тому числі тих, які виконуються для будівництва і землеустрою. В Україні такою офіційно затвердженою мережею є Державна геодезична мережа, яка налічує 31 599 пунктів 1-4 класів [1]. В травні 2020 року було оприлюднено проект постанови Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до Порядку побудови Державної геодезичної мережі», згідно якого складовими Державної геодезичної мережі, крім звичної нам геодезичної (планової) і нівелірної (висотної) мереж, є українська постійнодіюча (перманентна) мережа спостережень глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС). Точність визначення координат за допомогою ГНСС-станцій становить менше 1 см при умові користування послугою RTK (Real Time Kinematic), що дозволяє отримувати поправки до вимірювань в режимі реального часу.

Проте є зовнішні чинники, які можуть впливати на стійкість станцій перманентної мережі, а отже, і на точність визначення їх місцерозташування.

Приймальні антени GPS-апаратури розташовують на спорудах, будівлях, спеціальних постаментях, фундаменти яких часто перебувають у зоні значних деформацій ґрунту під дією варіації гідротермічних чинників. Це може спотворити отримані результати моніторингу земної поверхні і поставити під сумнів достовірність їх інтерпретації [2, 3].

Мета – дослідити забезпечення стійкості встановлення ГНСС-станцій різних мереж світу.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні Українська мережа перманентних ГНСС-станцій створена з метою підвищення точності геодезичних вимірювань на території України та прив'язки координатної системи до Міжнародної земної системи відліку ITRF [2]. Українська постійнодіюча ГНСС-мережа складається з 417 активних станцій (демонтовано 108 станцій), які належать різним операторам: Головній астрономічній обсерваторії Національної академії наук України, Науково-дослідному інституту геодезії і картографії, Центру прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (мережа «Системи координатно-часового і навігаційного забезпечення України»), компанії ТНТ ТПІ (мережа «TNT TPI GNSS Network»), приватному акціонерному товариству «System Solutions» (мережа System.NET), Національному університету «Львівська політехніка» – «Geoterrace», консорціуму UNAVCO, Inc. (США).

Станції обладнані апаратурою фірм Leica, GPS COM, Trimble, TOPCON [4]. Антени дозволяють приймати сигнали GPS-супутників NAVSTAR (США), GLONASS (Росія), Galileo (ЄС), BeiDou (Китай) [5].

На даний час близько 200 організацій, що займаються збором GNSS-даних з базових станцій по всьому світу, об'єднані в IGS (International GNSS Service), яка, в свою чергу, входить до Міжнародної асоціації геодезії. Центри обробки даних та аналізу IGS: Природні ресурси Канади EMR (Канада), Уханський університет WHU (Китай), Геодезична обсерваторія Печни GOP-RIGTC (Чехія), Космічне агентство CNES GRG (Франція), Європейське космічне агентство ESA/ESOC (Німеччина), GeoForschungsZentrum GFZ (Німеччина), Європейський центр визначення орбіт CODE (Швейцарія), Лабораторія реактивного руху JPL (США), Массачусетський технологічний інститут MIT (США), Національна геодезична служба NGS (США), Інститут океанографії імені Скриппса SIO (США), Американська морська обсерваторія USNO (США). Основою IGS є глобальна мережа з понад 400 перманентних станцій, що відстежують GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS та SBAS.

Європейська мережа перманентних станцій EPN (European Permanent Network) є добровільним об'єднанням більше 100 комерційних установ, університетів та науково-дослідних інститутів у більш ніж 30 європейських країнах. Частиною Європейської мережі перманентних станцій є більше 300 постійнодіючих GNSS-станцій, центри обробки даних, що забезпечують доступ до даних станції, аналітичні центри, які аналізують дані ГНСС, продуктивні центри або координатори, що генерують продукцію EPN, і Центральне бюро, яке відповідає за щоденний моніторинг та управління EPN. Мережа функціонує під егідою підкомісії IAG (Міжнародної асоціації геодезії) Регіональної довідкової комісії для Європи EUREF [6].

В Європі існують кілька сотень інших перманентних (референсних) GNSS-станцій спостереження власних мереж згущення EPN: GRF (Німеччина), IBE (Іспанія), SGN (Франція), AMO (Австрія), MON (Моніторинг Близького Сходу), CEG (перманентна мережа CEGRN), GRE (Греція), SGO (Угорщина), GNSS Szolgáltató Központ (Угорщина), UPA (Італія), AGR (Нідерланди), ARA (Іспанія та Португалія), ASG-EUPOS (Польща), BGF (Англія), BUL (Болгарія), CAT (Каталонія), CZEPOS (Чехія), EST (Естонія), LatPos (Латвія), LitPos (Литва), SKPOS (Словаччина), NGI (Бельгія).

Для проведення досліджень розглянемо деякі з цих мереж.

До складу Чеської GNSS-мережі CZEPOS входить 28 постійних станцій, рівномірно розташованих по території на відстані приблизно 60 км. На території Чеської Республіки знаходяться 23 станції CZEPOS, які розташовані на будівлях кадастрових відділень Управління землевпорядного бюро, і 5 зовнішніх станцій, що беруть участь у дослідницькій мережі VESOG. Це станції Брно (TUBO), Печні (GOPE), Пльзень (PLZE), Острава (VSBO) та Полон (POL1)), якими керують наукові установи [7, 8]. Станції обладнані апаратурою фірми Leica.

Приймальні антени кріпляться до нерухомих частин будівель. Вони розташовані так, щоб забезпечити постійний якісний прийом сигналу супутника GPS (максимальне охоплення горизонту 5°) і в той же час дозволяють легко й горизонтально орієнтуватися. Конструкція антен – Dorne & Margolin: дросельне кільце антени пригнічує багатопроменевий ефект і забезпечує стабільність фазового центру антени. Антени обладнані захисним кожухом (обтічником). Структура антени з'єднана з громовідведенням будівлі, провід антени між антеною і приймачем закріплені громозахисником, з'єднаним з еквіпотенціальною системою будівлі.

У 2017 році стартувала нова версія програми CZEPOS з назвою CZEPOS Computing Service. В порівнянні з попередньою версією до нової версії сервісу було додано наступну функціональність: координати зазначених точок тепер можна обчислювати не тільки з сусідніх станцій CZEPOS, але і з віртуальної опорної станції (для цього спочатку створюється необхідний віртуальний RINEX); протокол обчислення тепер включає в себе, крім середніх помилок обчислених координат, також параметри точності DOP (а саме: параметр GDOP геометричної точності, параметр точності HDOP горизонталі, параметр точності позиціонування PDOP і вертикальний параметр VDOP) [7].

Словацька служба позиціонування в реальному часі SKPOS включає мережу безперервно працюючих довідкових станцій GNSS, підключених віртуальною приватною мережею до Національного сервісного центру, створеного при Геодезико-картографічному інституті в Братиславі.

Опорні станції, розташовані на території Словаччини, встановлюються здебільшого на опорних частинах дахів будівель переважно кадастрових відділів районних рад, або, залежно від обставин, вони монументовані залізобетонним стовпом або спеціальним глибоко просвердлений брекети-пам'ятник. Позиції координат опорних станцій обчислюються за допомогою наукового програмного забезпечення Бернського GNSS. Довідкові станції, розташовані на території Словаччини, також підключені точним нівелюванням до мережі національного

рівня, що дозволило визначити їх висоти за даними Врв. Всі довідкові станції, розташовані на території Словаччини, оснащені приладами марки Trimble. 16 антен мають точні параметри положення та зміни фазового центру, що визначаються індивідуальним абсолютним калібруванням роботів. На інших антенах під час обчислення використовуються значення з так званого абсолютного калібрування типу.

LatPos - глобальна навігаційна супутникова система, яка постійно працює в Латвії. Система LatPos включає 25 базових станцій GNSS, які постійно експлуатуються і рівномірно розподілені на території Латвії. Середня відстань між станціями - 70 км. Кожна довідкова станція містить приймач, здатний приймати сигнал, переданий NAVSTAR. Очікується, що в майбутньому сигнали будуть надходити також від ГЛОНАСС та Galileo. Довідкова станція GNSS дозволяє користувачеві приймачу GNSS встановлювати координати з точністю до двох сантиметрів у реальному часі та з точністю до п'яти міліметрів, якщо використовуються збережені дані. Дані за більш тривалий період також доступні для наукових цілей. Станції оснащені геодезичними кільцевими антенами з дроселем з куполом над ними, які зменшують багатопроменевий ефект відбитого сигналу, що може заважати точності вимірювань. Усі антени розташовані таким чином, щоб мати максимальну експозицію до неба, що дозволяє їм приймати сигнали з усіх можливих супутників.

Для порівняння із закордонним досвідом охарактеризуємо процес встановлення ГНСС-станції в Україні. Перманентна (постійна) станція системи позиціонування GPS «Прилуки» PRYL розміщена у місті Прилуки Чернігівської області, встановлена в 2007 року спільно Головною астрономічною обсерваторією Національної академії наук України та Чернігівським державним інститутом економіки і управління. Дозволяє працювати одразу з двома системами позиціонування - GPS [9] та ГЛОНАСС [10]. Розташування станції дало змогу утворити майже рівносторонній трикутник (довжини сторін 120–140 км) між пунктами Київ (GLSV) – Чернігів (CNIV), що вже існують у Європейській мережі супутникової системи глобальної навігації. Така конфігурація забезпечує оптимальні умови для інтерполяції систематичних похибок спостережень в зоні дії мережі (коло, що покриває трикутник, утворений станціями) згідно з теорією реалізації технології VRS [11]. В зоні покриття мережі користувачі одержують можливість досягнення сантиметрового рівня точності при використанні мінімального комплексу (одного приймача) супутникового геодезичного GPS-обладнання.

З метою визначення місця встановлення станції було досліджено різні висотні споруди у Прилуках – Прилуцький агротехнічний коледж, Прилуцький професійний ліцей, Прилуцьке районне управління земельних ресурсів. Обрано споруду Прилуцької районної державної адміністрації. В процесі виконання рекогносцивальних робіт 4-х поверхової споруди було досліджено конструкцію даху, бетонних плит перекриття та технічного поверху, технічну можливість встановлення опори антени GPS/GNSS-приймача над приміщенням, де буде розташований програмно-апаратний комплекс, визначена видимість горизонту $\pm 5^\circ$. З урахуванням таких вимог була запроєктована опора антени з примусовим центруванням. Стабільність планово-висотного положення антени забезпечується невеликими розмірами опори (1 м) та надійним її кріпленням (4 анкерні болти) крізь бетонну плиту перекриття даху. У верхній частині опора захищена гофрованою трубою та скріплена хомутами для запобігання проникнення вологи усередину опори. Для забезпечення антикорозійних процесів спеціально виготовлений становий гвинт з латуні. Знайдено рішення під'єднання автономного кабелю мережі Інтернет, забезпечено автономне живлення 220 В.

Аналізуючи GNSS світу, можна відмітити, що комплекс обладнання будь-якої станції постійнодіючої мережі ГНСС включає в себе такі основні компоненти: прийомна антена сигналів ГНСС, приймач сигналів ГНСС, монтажна конструкція антени, засоби комунікації, засоби живлення.

Приймальні антени ГНСС-станцій влаштовують на відкритій ділянці місцевості (даху) з максимально відкритим горизонтом, щоб отримувати безперешкодний радіонавігаційний сигнал із супутників. За допомогою засобів комунікації (Інтернет) приймач передає отриману інформацію в Центр опрацювання для подальшої обробки та розповсюдження серед користувачів. Збір, передача та накопичення даних відбувається безперервно, цілодобово і в режимі реального часу, оскільки значні затримки (більше п'яти секунд) в передачі вимірювальної інформації від кожної із станцій до Центру опрацювання та далі до користувача, роблять неможливим отримання фіксованого рішення на стороні користувача [12].

Одним з важливих етапів встановлення станції є вибір місця розміщення приймальної антени. В результаті дії зовнішніх чинників гідротермічного походження постаменти GPS-станції можуть здійснювати локальні сезонні та повільні рухи [13, 14], тому приймальні антени встановлюють таким чином, щоб конструкція була стійка, максимально нерухомою в процесі експлуатації.

Досліджуючи постійнодіючі перманентні мережі, можна виділити переважні умови вибору місця для встановлення і експлуатації приймальної антени ГНСС-станції: 1 – забезпечення відкритості небесної сфери для отримання якісного прийому сигналу при кутах елевачії супутників 5° – 90° ; 2 – повна відсутність (за окремими виключеннями) поряд зі станцією кабелів і дротів, а також металевих конструкцій; 3 – бажана наявність блискавковідводу на цьому ж даху; 4 – можливість кріплення до нерухомих частин будівель і споруд для уникнення горизонтальних і вертикальних рухів станції (металева зварна конструкція складається з вертикальної труби і елементів закріплення, попередньо фарбується і закріплюється анкерними гвинтами, на кінець труби встановлюється накінецьник з різьбою 5/8 дюйма або трегер); 5 – віддаленість від станцій мобільних операторів не менше 400 м, так як антени стільникового зв'язку і антени GPS-станцій працюють в одному діапазоні частот (близько 1800 MHz); 6 – забезпечення безперебійного електроживлення базової станції (встановлення джерела безперебійного живлення), віддаленість від потужних електричних приладів (котлів, насосів, водонагрівачів, кондиціонерів тощо); 7 – забезпечення надійного підключення до мережі Інтернет для безперебійної роботи в режимі RTK (бажано дровий зв'язок); 8 – можливість встановлення приймача на відстані до 30 м від антени; 9 – можливість укладання договору оренди місця на будівлі чи споруді або договору про встановлення особистого строкового сервітуту або іншого документа, що посвідчує законне використання земельної ділянки; 10 – дотримання чинних нормативів з питань санітарного та епідеміологічного благополуччя населення, екології, охорони праці, енергозбереження, пожежної безпеки, міцності, надійності та необхідної довговічності будинків і споруд, а також архітектурних вимог. Після встановлення обов'язково потрібно обмежити доступ співробітників. Досвід показує, що чим менше співробітників будуть допущені до обладнання, тим надійніше воно працює.

Згідно вищенаведених умов можна виділити групи місць спеціального встановлення приймальних антен (рис. 1): а – безпосередньо на даху будівель (на плоскій покрівлі, на бічній скатній поверхні, в коньковій частині скатної поверхні, на карнизній планці); б – на парапетних стінках (зверху і збоку); в – до вентиляційних шахт споруд (монтаж ззовні і у середині); г – до зовнішніх стін будівель і споруд; д – на спеціальних постаментах (на металевій вежі або трубі, на бетонній основі або на бетонному стовпчику, на добудованій внутрішній несучій стіні); е – на відкритих ділянках місцевості (на спеціально оснащеному майданчику, на металічній щоглі, на кам'яній або бетонній основі).



a)



з)



б)



д)



в)



е)

Рис. 1. Місця установки приймальних антен ГНСС-станцій (фото з Internet)

Ефективність використання ГНСС-станцій спирається на багатofакторність і розглядається як сукупність методологічних, технічних і організаційних принципів діяльності в системі глобального позиціонування.

Під діяльністю в системі глобального позиціонування в широкому розумінні потрібно враховувати всю суму дій, необхідних для безперебійної роботи мереж позиціонування у реальному часі.

В методологічному аспекті – це комплекс наукових методів досліджень в області космічної геодезії для розробки системи методик, математичних моделей, алгоритмів розрахунку, програмних комплексів, які забезпечують оптимальний пошук принципів організації фіксації координат в різних системах. В технічному аспекті систему можна визначити як комплекс інформаційного, математичного і технічного забезпечення системи глобального позиціонування. Технічне забезпечення впливає на ефективність роботи системи, тому йому надається особливе значення. Організаційний аспект полягає безпосередньо у створенні перманентних мереж спостережень глобальних навігаційних супутникових систем, зокрема у виборі місць розташування та встановленні пунктів ГНСС-систем, координуванні їх безперебійної роботи і взаємозв'язку у системі.

На основі такого підходу сформована граф-модель (рис. 2). Представлена модель має ребра (зв'язки) и вершини (відповідні підсистеми), які об'єднані в єдину систему (S).

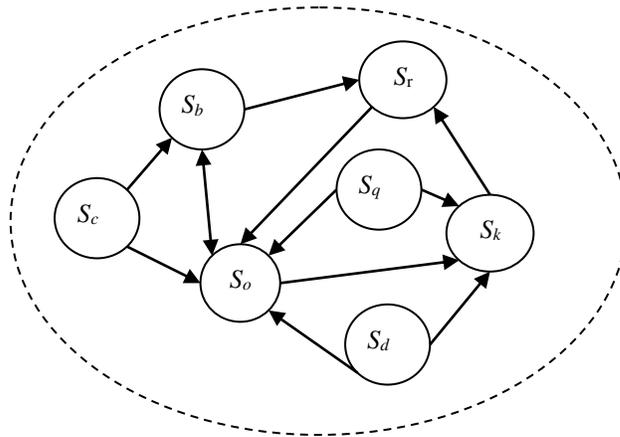


Рис. 2. Граф-модель системи обстеження конструкцій будівель і споруд для розміщення ГНСС-станцій

Кожній компоненті системи відповідає визначена вершина граф-моделі. Організації обстеження зовнішніх конструкцій – S_r , підсистемі конструктивних рішень об'єктів будівництва – S_o , зовнішнім чинникам гідротермічного

походження – S_b , підсистемі проектних рішень роботи ГНСС-станції – S_k , територіям – місцям розташування пунктів – S_c , технічному забезпечення – S_q , підсистема організації встановлення і підключення – S_d , координуванню і опрацюванню отриманих сигналів – S_k , забезпеченню чинними нормативними документами – S_n . Взаємозв'язки між підсистемами характеризуються ребрами графа-моделі $(S_b - S_r)$, $(S_b - S_o)$, $(S_c - S_b)$, $(S_c - S_o)$, $(S_q - S_o)$, $(S_q - S_k)$, $(S_d - S_o)$, $(S_r - S_o)$, $(S_o - S_k)$, $(S_k - S_r)$, $(S_o - S_b)$, $(S_d - S_k)$.

В результаті досліджень взаємозв'язків моделі були виділені одиничні зв'язки. На їх основі було здійснено укрупнення і об'єднання складових підсистем. Це організація обстеження зовнішніх конструкцій – S_r , підсистема конструктивних рішень об'єктів будівництва – S_o , зовнішні чинники гідротермічного походження – S_b , підсистема проектних рішень роботи ГНСС-станції – S_k , підсистема організації встановлення і підключення – S_d (рис. 3).

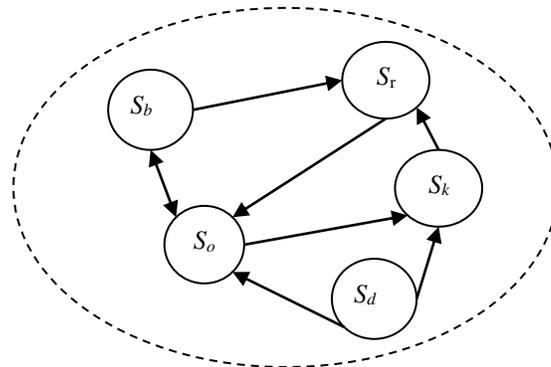


Рис. 3. Граф-модель системи обстеження конструкцій будівель і споруд для розміщення ГНСС-станції після укрупнення

В результаті моделювання спостерігається стійкий зв'язок укрупнених елементів з підсистемою «організація встановлення і підключення». Зміст даного компоненту включає дослідження ймовірних місць розташування базової станції, встановлення і експлуатація приймальної антени ГНСС-станції і приймача результатів вимірювань, підключення до загальної мережі, визначення координат точки.

Висновки та пропозиції. При розміщенні ГНСС-станції необхідно враховувати вплив навколишнього середовища, особливості конструктивних рішень будівель і споруд, характеристики ГНСС-станції. Кожна будівля чи споруда відрізняються за функціональними характеристиками, конструктивними

рішеннями, місцем розташування тощо. Ці ознаки впливають на вибір місця встановлення та конструктивне рішення ГНСС-станції.

У зв'язку з цим потрібне інноваційне рішення, яке враховує багатофакторне формування системи обстеження зовнішніх конструкцій будівель і споруд. Таким рішенням є використання моделювання. Для цього були визначені компоненти системи обстеження. Це організація обстеження зовнішніх конструкцій, підсистема конструктивних рішень об'єктів будівництва, зовнішні чинники гідротермічного походження, підсистема проектних рішень роботи ГНСС-станції, підсистема організації встановлення і підключення.

Використання моделювання дозволило сформуванати систему обстеження зовнішніх конструкцій будівель і споруд для розміщення ГНСС-станції, яка враховує багатофакторний вплив чинників зовнішнього гідротермічного походження, організацію обстеження стану зовнішніх конструкцій, проектні рішення роботи ГНСС-станції та організацію встановлення і підключення елементів станції. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на організацію оцінки якості проектних рішень із розміщення ГНСС-станції.

Список використаних джерел:

1. Схема ДГМ / Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії. URL: <http://dgm.gki.com.ua/ua/home> (дата звернення: 20.11.2021).

2. Павлик В.Г., Кутний А.М., Нестеренко С.В. Визначення локальних вертикальних рухів перманентної GPS – станції у Полтаві. *XIII Міжнародна науково-практична конференція «Академічна й університетська наука: результати та перспективи»*. Полтава: НУПП. 10-11.12.2020. С. 114-119.

3. Tretyak K.R., Smirnova O.M., Bredeleva T.M.. Study of periodic changes of the world satellite permanent stations altitudes. *Геодинаміка*, 1(12)/2012. С. 11-29.

4. Українська ГНСС-мережа. Офіційний сайт. ГАО НАН України. URL: <https://gnss.mao.kiev.ua/?q=node/1> (дата звернення: 12.10.2021).

5. Нестеренко С.В., Єрмоленко Д.А., Єрмоленко Д.А., Шефер О.В., Клепко А.В. Українська навігаційна супутникова система: стан і перспективи. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: НУПП ім.Ю.В.Кондратюка. 2021. Вип. 3 (65). С. 4–7.

6. EUREF Permanent GNSS Network. URL: <http://www.epncb.oma.be>. (дата звернення: 14.10.2021).

7. Офіційний сайт Чеської GNSS мережі. URL: <http://czepos.cuzk.cz/> (дата звернення: 01.05.2019).

8. Савчук С.Г., Задемленюк А.В. Можливості використання технології RTK у Львівській області для задач земельного кадастру. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Вип. 72. 2009. С. 14 – 21.

9. Система GPS. Взгляд изнутри и снаружи. 2000. URL: <https://www.ixbt.com/car/gps/gps.html> (дата звернення: 12.10.2021).

10. Чем отличается ГЛОНАСС от GPS? / МСС ГЛОНАСС. URL: <https://mssglonass.ru/articles/chem-otlichaetsya-glonass-ot-gps/> (дата звернення: 12.10.2021).

11. Марченко О.М., Третяк К.Р., Ярема Н.П. Референсні системи в геодезії. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2013. 216 с.

12. System Solutions. Офіційний сайт. URL: <https://systemnet.com.ua> (дата звернення: 12.10.2021).

13. Dong D., Fang P., Bock Y., Cheng M. K., Miyazaki S. Anatomy of apparent seasonal variations from GPS-derived site position time series. *Journal Geophysical Research*. 2002. 107 (B4).

14. Lyon T. J., Filmer M. S., Feathersstone W. E. On the use of repeat leveling for the determination of vertical land motion: artifacts, aliasing and extrapolation errors *Journal Geophysical Research*. 2018. 123. P. 7021–7036.

к.т.н., доцент Нестеренко С.В.

Национальный университет

«Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка»

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ УСТАНОВКИ ГНСС-СТАНЦИЙ

Приемные антенны ГНСС-станций размещают на сооружениях, зданиях, специальных постах, фундаментах, фундаментах которых часто находятся в зоне значительных деформаций почвы под действием вариации гидротермических факторов. Это может исказить полученные результаты мониторинга земной поверхности и подвергнуть сомнению достоверность их интерпретации. В зависимости от характерных условий устройства базовой станции глобальной навигационной спутниковой системы, от конструктивных решений и функционального назначения зданий, являющихся базами расположения, принимаются соответствующие решения по размещению ГНСС-станции.

Исследована система работы элементов оборудования базовой станции глобальной навигационной спутниковой системы, конструктивные особенности приемных антенн, их крепление к строительным конструкциям. Указаны преимущественные условия выбора места для установки и эксплуатации приемной антенны ГНСС-станции, выделены группы мест установки приемных антенн на опорных частях крыш зданий. Рассмотрена эффективность использования ГНСС-станций в качестве совокупности методологических, технических и организационных принципов деятельности в системе глобального позиционирования.

Выделены компоненты системы обследования внешних конструкций зданий и сооружений: подсистема конструктивных решений строительных объектов, организация обследования внешних конструкций, внешние факторы гидротермического происхождения, подсистема проектных решений работы ГНСС-станции, подсистема организации установки и подключения. Выполнена оценка основных характеристик проектных решений работы ГНСС-станции, в частности, выбор конструктивных элементов зданий и сооружений для установки антенн станции, определение и обработка координат точек.

Ключевые слова: перманентная ГНСС-станция; установка приемных антенн; устойчивость ГНСС-станции; здания и сооружения; конструктивные решения.

Ph.D, associate Professor Nesterenko Svitlana,
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

ENSURING THE STABILITY OF A GNSS-STATION

Receiving antennas of GNSS-stations are placed on buildings, special pedestals, the foundations of which are often located in the zone of significant soil deformations under the influence of variations in hydrothermal factors. This can distort the obtained results of monitoring the earth's surface and call into question the reliability of their interpretation. Depending on the characteristic conditions of the device of the base station of the global navigation satellite system, on the design solutions and the functional purpose of the buildings that are the bases for the location, appropriate decisions are made on the location of the GNSS station.

The system of operation of the elements of the equipment of the base station of the global navigation satellite system, the design features of the receiving antennas, their attachment to building structures have been investigated. The preferential conditions for

choosing a place for the installation and operation of the receiving antenna of a GNSS–station are indicated, groups of places for installing receiving antennas on the supporting parts of the roofs of buildings are highlighted. The efficiency of using GNSS–stations as a set of methodological, technical and organizational principles of activity in the global positioning system is considered.

The components of the system for examining the external structures of buildings and structures are highlighted: a subsystem of structural solutions for building objects, the organization of examination of external structures, external factors of hydrothermal origin, a subsystem of design solutions for the operation of a GNSS–station, a subsystem for organizing installation and connection. An assessment of the main characteristics of the design solutions for the operation of a GNSS–station was carried out, in particular, the selection of structural elements of buildings and structures for installing the station antennas, the determination and processing of the coordinates of points.

Key words: permanent GNSS–station; installation of receiving antennas; stability of a GNSS–station; buildings and structures; design solutions.

REFERENCES

1. Skhema DHM / Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan heodezii, kartohrafiy ta kadastru. Naukovo-doslidnyi instytut heodezii i kartohrafiy. URL: <http://dgm.gki.com.ua/ua/home> {in Ukrainian}
2. Pavlyk V.G., Kutnyi A.M., Nesterenko S.V. Vyznachennia lokalnykh vertykalnykh rukhiv permanentnoi GPS – stantsii u Poltavi. XIII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Akademichna y universytetska nauka: rezultaty ta perspektyvy». Poltava. 10-11.12.2020. S. 114-119 {in Ukrainian}
3. Tretyak K.R., Smirnova O.M., Bredeleva T.M.. Study of periodic changes of the world satellite permanent stations altitudes. *Heodynamika*, 1(12)/2012. S. 11-29 {in English}
4. Ukrainiska GNSS-merezha. Ofitsiyni sait. HAO NAN Ukrainy. URL: <https://gnss.mao.kiev.ua/?q=node/1> {in Ukrainian}
5. Nesterenko S.V., Yermolenko D.A., Yermolenko D.A., Shefer O.V., Kliepko A.V. Ukrainiska navihatsiina suputnykova systema: stan i perspektyvy. Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Poltava. 2021. Vol. 3 (65). S. 4–7 {in Ukrainian}
6. EUREF Permanent GNSS Network. URL: <http://www.epncb.oma.be> {in English}
7. Ofitsiyni sait Cheskoj GNSS merezhi. URL: <http://czepos.cuzk.cz/> {in Czech}

8. Savchuk S.H., Zademleniuk A.V. Mozhyvosti vykorystannia tekhnolohii RTK u Lvivskii oblasti dlia zadach zemelnoho kadastru. Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia. Vol. 72. 2009. S. 14 – 21 {in Ukrainian}
9. Systema GPS. Vzhliad yznutry y snaruzhy. 2000. URL: <https://www.ixbt.com/car/gps/gps.html> {in Russian}
10. Chem otlychaetsia HLONASS ot GPS? / MSS HLONASS URL: <https://mssglonass.ru/articles/chem-otlychaetsya-glonass-ot-gps/> {in Russian}
11. Marchenko O.M., Tretiak K.R., Yarema N.P. Referentsni systemy v heodezii. Lviv. 2013. 216 p. {in Ukrainian}
12. System Solutions. Ofitsiinyi sait. URL: <https://systemnet.com.ua> {in Russian}
13. Dong D., Fang P., Bock Y., Cheng M. K., Miyazaki S. Anatomy of apparent seasonal variations from GPS-derived site position time series. *Journal Geophysical Research*. 2002. 107 (B4) {in English}
14. Lyon T. J., Filmer M. S., Feathersstone W. E. On the use of repeat leveling for the determination of vertical land motion: artifacts, aliasing and extrapolation errors *Journal Geophysical Research*. 2018. 123. P. 7021–7036 {in English}