

УДК 521.28

ФУНКЦІОНУВАННЯ СТАНЦІЇ СУМІСНИХ АСТРОНОМІЧНИХ, ГЕОДЕЗИЧНИХ І ГЕОФІЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У СТЕПАНІВЦІ

М. Тищук, А. Гожий

Полтавська гравіметрична обсерваторія НАН України

Ключові слова: станція сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Розв'язання багатьох важливих задач у геодинаміці (вивчення еволюції фігури Землі, дослідження різноманітних явищ і процесів, що відбуваються як всередині планети, так і на її поверхні) потребує комплексного підходу. Його можна забезпечити проведенням сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень (САГГС) в тому самому пункті. Зокрема, на основі результатів таких спостережень можна визначити всі комбінації чисел Лява, що характеризують пружні властивості Землі. Дані САГГС щодо зміни просторового положення пункту можуть використовуватись для створення координатних мереж різного призначення, для встановлення нуль-пунктів земних систем координат, для потреб високоточної навігації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Важливість сумісного використання різнорідних спостережень показано в роботах [1–5]. У статтях [2, 3, 5–8] обґрунтовано доцільність створення окремих станцій САГГС і їх мереж в Україні, Євразії, світі. В Полтавській гравіметричній обсерваторії (ПГО) для таких цілей створено експериментальну станцію сумісних спостережень поблизу Полтави на спостережній базі радіотелескопа УРАН-2 у с. Степанівка [9, 10]. Особливістю цієї станції є те, що результати різноманітних спостережень на її пунктах в різні епохи можуть приводитись до того самого геометричного центра. Для такого приведення повинна застосовуватись відповідна методика редуційних вимірів та обчислень [10–12].

Постановка завдання

Метою статті є короткий огляд сучасного стану станції САГГС у Степанівці, видів спостережень, що на ній проводяться, досліджень і їх результатів, здобутків і труднощів у її роботі, можливих перспектив розвитку станції.

Короткий опис станції

Станція сумісних спостережень розміщена в с. Степанівка Полтавського району, на відстані 20 км від Полтави в північно-східному напрямку. Вона розташована на базі лабораторного корпусу радіотелескопа УРАН-2. Координати станції: 49°37'49" північної широти, 34°49'21" східної довготи, висота над рівнем моря 110 м. Навколишня територія – рівнинна, ґрунти – супіщані.

На станції є чотири пункти спостережень і мережа стінних реперів (див. рисунок).

1 – фундаментальний геодинамічний пункт (обладнаний в підвальному приміщенні корпусу, являє собою основний постамент 1.1 діаметром 1,67 м з трьома марками та допоміжний постамент 1.2 діаметром 1,14 м з маркою; над обома постаментами є наскрізні вертикальні отвори через всі перекриття корпусу; над основним постаментом також є похилий наскрізний отвір у напрямку на північний полюс світу).

2 – пункт геодезичних визначень (основний – 2.1, у вигляді сталевого чотириного штатива на металевій решітці, прикріпленій до залізобетонної плити, розміщеної над третім поверхом будівлі, на її несучих стінах; під штативом у плиті закладена марка; 2.2 – азимутальний пункт або міра, у вигляді ґрунтового репера з маркою; він розташований на відстані 383 м на північ від основного).

3 – пункт лінійно-кутових геодезичних визначень; він споруджувався як новий павільйон для лазерно-віддалемірних спостережень; розташований в північно-східній частині будівлі над її другим поверхом.

4 – пункт астрономо-геодезичних і геофізичних визначень (займає західну башту будівлі, на третьому поверсі якої планувалось облаштувати павільйон для зенітно-полярних астрономічних спостережень).

5 – мережа стінних реперів лабораторного корпусу (репери 5.1–5.6).

На рисунку товстою лінією показано триповерхову частину споруди, потовщеною лінією – двоповерхову частину, тонкою лінією – одноповерхову частину будівлі; пунктиром показані проєкції постаментів, розташованих у підвальному приміщенні корпусу.

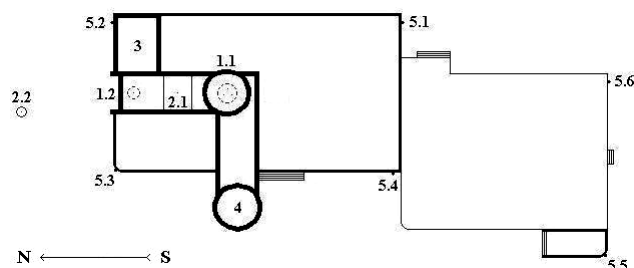


Схема станції сумісних спостережень

Опис виконаних видів спостережень, їх цілей і результатів

Із назви станції зрозуміло, що на ній можна виконувати декілька видів спостережень для потреб геодинаміки. Поки що найбільшу частину із уже виконаних визначень становлять геодезичні визначення; проводяться регулярні геофізичні й супутні їм метеорологічні визначення. Ще не розпочаті астрономічні визначення; тільки частково виконуються редуційні вимірювання.

Геодезичні визначення. Протягом періоду створення і функціонування станції на ній велись як класичні геодезичні вимірювання (кутів, відстаней, перевищень), так і супутникові спостереження.

Лазерна локація супутників (ЛЛС). На пункті 4, в його верхній частині, де був павільйон лазерно-віддалемірних спостережень, протягом 1994–1997 рр. проводились експериментальні спостереження низькоорбітних штучних супутників Землі Ajisai, Torex, Adeos та інших за допомогою ЛД-2к для визначення змін координат станції і гравітаційного поля планети. Вони проводились у режимі випробувань апаратного комплексу і його модернізації. Спостереження виконували В. В. Некрасов, М. Ф. Тищук. Початкова обробка спостережень здійснювалась в ПГО, а основна – в Головній астрономічній обсерваторії НАН України. Якщо під час започаткування таких спостережень точність вимірювання відстаней до супутників становила 1,5 м, то пізніше була досягнута точність 0,4–0,5 м. Але й вона не була достатньою на той час. Основною причиною низької точності спостережень була застаріла електронна апаратура комплексу. Конструкція півсферичної бані з вертикально орієнтованою щільною, що характерна для астрономічних павільйонів, також значно утруднювала проведення ЛЛС. Тому спостереження на цьому пункті були припинені і почалось будівництво нового павільйона для лазерного віддалеміра (пункт спостережень 3). Однак будівництво не було завершено через скорочення фінансування у зв'язку зі зменшенням кількості пунктів спостережень ЛЛС в Україні і припиненням їх у Полтаві.

Спостереження у глобальній навігаційній супутниковій системі (ГНСС). На пункті 2 проведено декілька серій ГНСС-визначень. Сьогодні ми вже маємо результати визначень координат кампаній 1999 і 2012 років, змін координат між цими епохами для основного 2.1 і азимутального 2.2 пунктів спостережень. Кампанію 1999 р. виконували спеціалісти Українського державного аерогеодезичного підприємства під керівництвом А. О. Антощука і В. О. Загоруйка з нашою участю. Використовували ГНСС-приймачі Trimble 4000 SSE. Тривалість спостережень – дві доби. Кампанію 2012 р. виконував співробітник ДНВП “Полтавагеодесцентр” Д. В. Стахів з нашою участю. Використовувались ГНСС-приймачі Trimble 5700. Вимірювання на основному пункті тривали добу, а на азимутальному – виконувались двома серіями по п'ять і чотири години. Дані спостережень оброблялись в НДІ геодезії і картографії (м. Київ). Крім того, для напрямку 2.1–2.2 ми обчислювали азимути, довжини хорд і величини дуг, а також зміни цих величин.

Основний пункт геодезичних визначень 2.1 входить до Державної геодезичної мережі під назвою “УРАН-Степанівка”. Він належить до спеціальної групи, в яку потрапили пункти ГНСС-визначень, що розташовані переважно на територіях обсерваторій і спостережних станцій. Визначення на ньому виконано для створення і підтримки державної системи координат, а також інших досліджень.

Тахеометричні визначення. Виконувала на основному пункті геодезичних визначень 2.1 у 2000 р. група

О. М. Самойленка з Українського державного науково-виробничого центру стандартизації, метрології і сертифікації та з нашою участю. Використовувався електронний тахеометр Sokkia SET500. Метою роботи було створення локальної координатної мережі (ЛКМ) на станції сумісних спостережень. До ЛКМ, крім вказаного пункту, увійшли: азимутальний пункт геодезичних визначень 2.2, пункт астрономо-геодезичних і геофізичних визначень 4 та центр антенного поля РТ УРАН-2. В результаті всі пункти цієї ЛКМ визначено в державній системі координат, а азимут з напрямку 2.1–2.2 був переданий і на інші напрямки в мережі.

Геометричне нівелювання. Нівелірні роботи ми виконуємо періодично з 2001 р. До локальної висотної мережі (ЛВМ) станції САГГС входять марки пунктів спостережень 1.1, 1.2, 2.1, 2.2 та мережа із шести стінних реперів 5.1–5.6. Метою цих робіт є визначення і контроль висотної стабільності пунктів спостережень та будівлі лабораторного корпусу радіотелескопа. Вже здійснено висотну прив'язку ЛВМ до державної висотної системи координат та виконано сім серій визначень перевищень у мережі. Отримано зміни висотного положення марок і реперів відносно марки основного постаменту 1.1 фундаментального геодинамічного пункту. Для вимірювань використано нівеліри Н-3, Н-05, НВ-1.

Геофізичні спостереження. Подібно до геодезичних визначень на станції планується проведення також різних геофізичних вимірювань. Але поки що проводяться тільки нахиломірні спостереження.

Нахиломірні спостереження. З 2009 р. ми виконуємо неперервні щотижневі експериментальні визначення нахилів земної кори на основному постаменті 1.1 фундаментального геодинамічного пункту за допомогою чотирьох рівневих односекундних нахиломірів: двох – у напрямку меридіана (NS), двох – у напрямку першого вертикала (WE). Головні цілі спостережень: вивчення стабільності основного фундаментального постаменту станції сумісних спостережень у Степанівці, вивчення довгоперіодичних нахилів земної кори в напрямку NS і WE, вивчення такої загальновідомої особливості нахиломірних спостережень, коли на тому самому постаменті різні нахиломіри дають різні результати. В цьому дослідженні застосовано методику паралельних взаємоконтролюючих нахиломірних спостережень на тому самому постаменті. Отримано ряди визначень нахилів протяжністю 5,5 року. Зроблено попередні висновки про характер нахилів у цьому місці, про їхні особливості в різних точках постаменту.

Метеорологічні спостереження. Метеорологічні визначення завжди супроводжують геодезичні, геофізичні, астрономічні спостереження і здебільшого є допоміжними. Але коли метеорологічні визначення проводяться регулярно і довготривалий час, то вони вже набувають самостійного значення і дають змогу проводити також певні дослідження метеорологічного характеру. Така ситуація склалась і на нашій станції сумісних спостережень. Спочатку визначення атмосферних параметрів, а також параметрів середовища на основному постаменті 1.1 фундаментального геодинамічного пункту тільки супроводжували регулярні

нахиломірні спостереження, а тепер, маючи чітку періодичність і значну тривалість, є окремим видом.

Спостереження за станом атмосфери. До них належать: вимірювання зовнішньої температури на станції та оцінка стану хмарності за десятибальною шкалою (з 2009 р.), визначення напрямку вітру й оцінка сили вітру за шкалою Бофорта (з 2010 р.). Ми виконуємо їх на регулярній основі, щотижнево, двічі під час нахиломірних спостережень. Основна мета – вивчення зв'язків атмосферних факторів з нахилами земної кори. За результатами таких спостережень чітко простежується сезонний характер впливу зовнішніх температур на нахили.

Спостереження за станом середовища на пункті. До них належать: вимірювання температури в підвальному приміщенні на основному постаменті 1.1 (з 2009 р.) та визначення напрямків слабких повітряних потоків (НСПП) над цим постаментом. Виконуємо їх також на регулярній основі, щотижнево. Температура вимірюється двічі під час нахиломірних спостережень. Визначення НСПП здійснюються після завершення нахиломірних спостережень. Вивчення НСПП розпочато у 2011 р. у чотирьох точках на постаменті. Кількість точок визначень поступово збільшувалась і з початку 2012 р. визначення НСПП відбуваються в п'ятнадцяти точках постаменту. Мета таких визначень – вивчення впливу неоднорідностей середовища на пункті на результати нахиломірних спостережень, а також взаємозв'язок стану середовища на пункті й стану атмосфери (оскільки це підвальне приміщення не має досконалої теплової ізоляції ні від першого поверху, ні від інших підвальних приміщень, ні від зовнішнього середовища, і через нього проходять деякі комунікації тепломережі лабораторного корпусу). Проведені спостереження свідчать про неоднорідність середовища над постаментом та його певний вплив на результати вимірів нахилів.

Нереалізовані види спостережень

Частина запланованих видів спостережень на станції САГГС уже виконана або продовжує виконуватись. Та залишились і такі, які дотепер не вдалось провести через певні об'єктивні причини і труднощі, які можуть бути подолані, а наші плани із започаткування астрономічних і розширення редуційних вимірювань – реалізовані.

Астрономічні спостереження. До запланованих спостережень належать визначення координат (широти, довготи) і азимутів астрономічними методами і засобами. Вони слугуватимуть незалежним способом визначень, а в поєднанні з геодезичним – даватимуть змогу отримувати складові відхилення прямої лінії в меридіані та першому вертикалі. Крім того, відомо, що регулярні спостереження за змінами широти, довготи й азимута лише в одному пункті дають змогу автономно визначати координати полюса Землі.

На шляху до проведення астрономічних спостережень перед нами постають суттєві проблеми: відсутність переносних інструментів (польового типу) і значні будівельно-господарські труднощі. Плану-

валось, що астрономічні спостереження можуть виконуватись з усіх чотирьох пунктів. Однак через об'єктивні технічні, будівельні, фінансові й господарські причини вони не розпочаті. Поки що астрономічні спостереження можна проводити тільки на основному пункті геодезичних визначень (2.1).

Редуційні визначення. Ми виділили їх в окрему групу, оскільки їм відводиться на станції САГГС особлива роль. Всі результати спостережень на будь-яких пунктах у різні епохи повинні бути віднесені до геометричних центрів (марок) фундаментального геодинамічного пункту 1 саме через редуційні виміри. До таких належать виміри кутів, довжин ліній, перевищень, як детально описано в роботах [10–12].

Сьогодні це реалізується тільки частково, для передавання висот від пунктів спостережень і реперів до фундаментального геодинамічного пункту через вертикальний наскрізний отвір над допоміжним постаментом 1.2 цього пункту. Для передавання просторових, сферичних, планових координат і азимутів потрібно забезпечити відкриття іншого вертикального наскрізного отвору, що над основним постаментом 1.1.

Перспектива метрологічних вимірювань

Станція сумісних спостережень – це об'єкт, що створюється для проведення комплексних досліджень, визначень і вимірювань в різних сферах. На її базі можуть створюватись еталонні полігони для метрологічного контролю різноманітних приладів і вимірів.

Активізація ГНС-визначень на пункті геодезичних спостережень 2 може забезпечити створення умов для виконання метрологічної атестації геодезичних інструментів на його базі.

На основі пунктів спостережень 2 і 3, використовуючи будівельні елементи споруд РТ УРАН-2, що стоять на капітальних фундаментах, забезпечивши станцію відповідними сучасними кутомірними і віддалемірними приладами (такими як теодоліти, тахеометри, віддалеміри), забезпечено умови для створення еталонної бази для метрологічної атестації віддалемірних і кутомірних приладів, які широко використовують різні виконавці. Однак поки що метрологічні дослідження не мають належної державної підтримки, що стримує і розвиток відповідних баз досліджень.

Висновки

1. Попри великі економічні труднощі, станція функціонує, її використовуємо ми і зацікавлені організації.

2. Накопичуються дані на пунктах спостережень.

3. Основний пункт геодезичних визначень 2.1 входить до Державної геодезичної координатної мережі.

4. На основі спостережних пунктів станції можливе створення еталонних полігонів для метрологічної атестації геодезичних кутомірних і віддалемірних приладів.

5. На станції є можливості для організації та дослідження нових нетрадиційних видів віддалемірних і кутомірних визначень.

Література

1. Гожий А. В., Тыщук Н. Ф. Изучение временных изменений направления силы тяжести по данным астрономических наблюдений // Тр. III междунар. Орлов. конф. "Изучение Земли как планеты методами астрономии, геофизики и геодезии", 7–12 сент. 1992 г. Одесса. – Киев, 1994. – С. 197–199.
2. Gozhy A., Tyshchuk M. On the using of astronomical data for the test of some geophysical hypotheses // in N. Capitaine, B. Kolaczek, S. Debarbat (eds.): JOURNEES 1995. Systemes de Reference Spatio-Temporels. "Earth Rotation, Reference Systems in Geodynamics and Solar System", September 18–20, 1995. – Warsaw, 1995. – P. 170.
3. Гожий А., Тыщук Н. О целесообразности продолжения долговременных астрооптических наблюдений за изменяемостью координат // Труды Всерос. конф. "Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики", 23–28 сентября 1996 г. – С.-Петербург. – С. 273–276.
4. Gozhy A., Tyshchuk M. On the principles of the astrooptical observations continuation for the changes of coordinate stations nowadays and in the future // in J. Vondrak & N. Capitaine (eds.): JOURNEES 1997. Systemes de Reference Spatio-Temporels. "Reference systems and frames in the space era: present and future astrometric programmes", September 22–24, 1997. – Prague, 1997. – P. 202–204.
5. Гожий А., Тыщук Н., Новикова Ю. О целесообразности и принципах продолжения астрооптических наблюдений за изменяемостью координат // Кинематика и физика небесных тел. Приложение. – Киев, 1999, № 1. – С. 109–110.
6. Гожий А. В. Про доцільність створення в Україні декількох пунктів сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень в глибоких вертикальних шахтах // Геодезія, картографія і аерознімання. – Львів, 2000. – № 60. – С. 11–15.
7. Гожий А. Обґрунтування доцільності створення в Україні спеціальної мережі пунктів сумісних комплексних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень за зміною їх просторового положення // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. – Львів, 2003. – С. 98–102.
8. Gozhy A. On expediency of creation in Eurasia network of unified points of joint astronomical, geodetic and geophysical determinations of their position changes // in A. Finkelstein and N. Capitaine: Journees 2003. Systemes de Reference Spatio-Temporels. "Astrometry, Geodynamics and Solar System Dynamics: from milliarseconds to microarcseconds", 22–25 September 2003. – St. Petersburg: IAA RAS, 2003. – P. 238–239.
9. Гожий А., Тыщук М. Створення станції сумісних астрономічних, геофізичних і геодезичних спостережень для потреб досліджень з геодинаміки // Кинематика и физика небесных тел. Приложение. – Киев, 1999. – № 1. – С. 113–114.
10. Тыщук М., Гожий А. Створення експериментальної станції сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. – Львів, 2003. – С. 103–109.
11. Tyshchuk M., Gozhy A. On reduction of results of joint astronomical, geodetic and geophysical observations to one geometrical centre // Кинематика и физика небесных тел. Приложение. – Киев, 2005. – № 5. – С. 369–371.
12. Тыщук М. Про приведення результатів визначень координат на допоміжних пунктах спостережень до основного геометричного центра // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. – Львів, 2007. – Вип. II (14). – С. 68–72.

Функціонування станції сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень у Степанівці

М. Тыщук, А. Гожий

Коротко описано сучасний стан справ на станції сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень у Степанівці, а саме: призначення станції, її устрій, виконані види спостережень, їх цілі і результати, здобутки і труднощі в роботі станції, можливі перспективи її розвитку.

Функционирование станции совместных астрономических, геодезических и геофизических наблюдений в Степановке

Н. Тыщук, А. Гожий

Кратко описано современное состояние дел на станции совместных астрономических, геодезических и геофизических наблюдений в Степановке, а именно: назначение станции, ее устройство, выполненные виды наблюдений, их цели и результаты, достижения и трудности в работе станции, возможные перспективы ее развития.

The operation of the joint astronomical, geodetic and geophysical observation station in Stepanivka

M. Tyshchuk, A. Gozhy

The current situation at the station of joint astronomical, geodetic and geophysical observations in Stepanivka is briefly described, namely: the purpose of the station, its structure, types of the performed observations, their goals and results, achievements and problems in the operation of the station, possible prospects of its development.