

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук **Заєця Івана Михайловича** на дисертаційну роботу **Пішко Юлії Романівни** «**Актуалізація параметрів методики відносних супутникових спостережень для створення опорних геодезичних мереж**», представленої на здобуття наукового ступеня кандидати технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія

Дисертаційна робота Пішко Ю.Р. складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 207 сторінок, із них 17 сторінок списку використаних джерел із 161 найменувань, з яких 99 на іноземних мовах, 25 сторінок – додатки та 6 сторінок із рисунками і таблицями на окремих сторінках.

Актуальність теми дисертації. Глобальні супутникові системи (ГНСС) постійно розвиваються і модернізуються. Ще у 1993р., коли кількість функціонуючих супутників була доведена до 24 і систему почали використовувати для військових цілей, станцій стеження було тільки 5. У 2005р. кількість станцій стеження доведено до 11 (включено 6 станцій стеження Національного картографічного агентства США NIMA). В подальшому станцій стало 17 і їх кількість постійно зростає. Завдяки цьому суттєво підвищується точність визначення параметрів орбіт та несинхронності «годинників» супутників системи GPS, точність прогнозування їх змін і бортових ефемерид. Таким чином, в кінцевому результаті, зросла точність визначення координат пунктів. У 2010р. було завершено модернізацію обладнання станцій наземного сегменту.

Перші модернізовані супутники системи GPS були запущені ще у 2005 р. В них стабільність частот генераторів супутників стала вищою, що зменшило помилку за несинхронність шкали часу супутників із шкалою системи GPS.

Крім того, в 1997р. було завершено створення системи ГЛОНАСС. З випуском двосистемних приймачів появилась можливість використовувати спільно системи GPS і ГЛОНАСС.

Європейський союз створює ГНСС Galileo, Китай – систему Compass, і частина супутників цих систем вже виведена на орбіти. Геоестаціонарні супутники систем функціонального доповнення SBAS випромінюють сигнали аналогічні до сигналів супутників системи GPS. Їх також приймають приймачі ГНСС.

Як бачимо ГНСС стрімко розвиваються і це потрібно постійно враховувати при виконанні геодезичних робіт з їх використанням. Саме цьому питанню присвячені дослідження автора дисертації, в яких використані результати спостережень, проведених в останні роки. Тому актуальність досліджень у мене не викликає ніяких сумнівів.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Тема роботи тісно пов'язана з програмою наукових досліджень кафедри інженерної геодезії Національного університету «Львівська політехніка». Одним із розділів цієї програми є «Модернізація методики створення опорних геодезичних мереж». Автор брала

участь у виконанні наукової теми кафедри «Вдосконалення технології виконання інженерно-геодезичних робіт та моніторингу геодинамічних явищ і споруд» (№ ДР 0114U005458).

Знання автором робіт вітчизняних і зарубіжних досліджень, близьких до теми дисертації. В першому розділі дисертації зроблений детальний аналіз публікацій, які містять результати досліджень точності довжин векторів та положення пунктів геодезичних мереж, створених із застосуванням ГНСС, а також нормативних документів різних країн про створення геодезичних мереж із застосуванням ГНСС. Критичні зауваження сформульовані в коректній формі. На основі аналізу всіх публікацій автор обґрунтувала мету і завдання досліджень дисертаційної роботи.

Методичний рівень досліджень. Методика досліджень ґрунтується на використанні великих об'ємів спостережень на перманентних станціях різних країн. При їх опрацюванні використано теорії похибок вимірювань, математичного опрацювання геодезичних вимірів та мереж, теорію математичної статистики, методи багатофакторного кореляційного аналізу і точної апроксимації. Для апробації отриманих функціональних залежностей також використано великі об'єми спостережень, але на інших перманентних станціях, що підвищує достовірність перевірки отриманих залежностей.

Відповідність паспорту спеціальності та назві роботи. Дисертаційна робота Пішко Ю.Р. відповідає паспорту спеціальності 05.24.01 і охоплює напрямок досліджень з питань основних геодезичних робіт, засобів та методів виконання вимірів із застосуванням системи глобального позиціонування, розвитку геодезичних мереж, як основи для виконання геодезичних робіт на території країн і континентів.

На нашу думку, назва дисертаційної роботи відповідає змісту проведених Пішко Ю.Р. досліджень.

Аналіз основного змісту, наукової новизни, вірогідності досліджень та обґрунтованості висновків та рекомендацій. Формулювання викладені в роботі, а саме мета і задачі досліджень, наукова новизна, результати досліджень, їх практичне значення, висновки та рекомендації показують, що дану роботу необхідно розглядати як методологічно-експериментальний розв'язок задачі одного із напрямків, який спрямований на вдосконалення методу створення високоточних геодезичних мереж.

Перший розділ «**Критичний аналіз технічної і наукової літератури за темою дисертації**». Розглянуто джерела помилок, які впливають на результати спостережень ГНСС. Виконано аналіз технічної літератури багатьох країн, яка регламентує процес створення геодезичних мереж на їх територіях із застосуванням ГНСС. Проведено критичний аналіз публікацій з результатами досліджень залежності точності довжин векторів геодезичних мереж від тривалості сеансів спостережень та віддалі між одночасно працюючими

приймачами, досліджень точності положення пунктів геодезичних мереж, визначених з допомогою ГНСС, а також впливу на точність положення пунктів таких мереж, створених одно- та двосистемними приймачами, зміни кута відсічки та застосування різних типів ефемерид при опрацюванні результатів супутникових спостережень. Аналіз публікацій виявив конкретні задачі, вирішення яких було метою автора дисертації.

Другий розділ **«Визначення точності довжин векторів та положення пунктів в мережах, створених з допомогою ГНСС»** містить опис методики та процесу виконаних Пішко Ю.Р. досліджень залежності точності визначення довжин сторін мереж, створених відносним статичним методом, від віддалі між приймачами, тривалості сеансів спостережень та типу приймачів (двочастотні і одночастотні). Для досліджень створювались мережі із перманентних станцій різних країн, із спостережень яких формувались сеанси спостережень різної тривалості дво- і одночастотними приймачами.

Завдяки тому, що координати перманентних станцій відомі з високою точністю, то і віддалі між станціями можна було обчислити також з точністю на багато вищою від точності отриманих довжин за спостереженнями. Тому різниці віддалей між станціями, обчислені за результатами спостережень і обчислені за координатами, автор вважала істинними помилками отриманими за спостереженнями. Оскільки сеансів спостережень кожної тривалості було декілька або декілька десятків, то були обчислені СКП довжини кожної сторони мережі, визначені за спостереженнями. Для отримання функціональної залежності між СКП довжини сторони від її довжини і натурального логарифму тривалості сеансів спостережень дво- і одночастотними приймачами дисертанткою застосовано багатofакторний кореляційний аналіз. Оскільки, аналіз залежності СКП довжини вектора окремо від довжини сторони і окремо від тривалості сеансу спостереження показав, що залежність СКП від тривалості сеансу спостережень не є лінійною і, що вона близька до логарифмічної залежності.

Для перевірки формул, виведених в дисертації, створена мережа із 19-ти перманентних станцій, в якій довжини 171 вектора змінюються від 3,0 до 89,9 км. На всіх перманентних станціях використовувались двосистемні двочастотні приймачі. Для цієї мережі були сформовані сеанси спостережень такої ж тривалості, як і в мережі, яка використана для отримання формули для оцінки точності довжин сторін, а саме: 24, 12, 6, 3, 2, 1 та 0,5 год. Апробація цих формул показала, що розходження між обчисленими за виведеними нами формулами та отриманими за результатами спостережень СКП довжин векторів не перевищують 17% для двочастотних приймачів та для одночастотних – 23% при віддальх до 30 км. І тільки при тривалості сеансів спостережень 12 і 24 години СКП, які визначено за формулами, дають дещо більші помилки.

Крім того, виконана перевірка формул інших авторів за результатами сучасних спостережень, яка показала, що вони дають завищені значення СКП,

помилки яких перевищують їх значення, визначені за результатами спостережень, навіть більше ніж на 50%.

В цьому ж розділі описано отримання функціональної залежності точності положення пунктів мережі від тривалості сеансів спостереження, середньої довжини і кількості векторів, які сходяться в пункті, що оцінюється. На всіх перманентних станціях мережі використовували двосистемні двочастотні приймачі. За результатами спостережень сформовано сеанси спостережень такої ж тривалості, як і в попередньому дослідженні і ще додано сеанси тривалості 0,25 год. Отримані після врівноваження координати пунктів порівнювались із їх точними значеннями, отриманими з відповідних сайтів. Для кожного пункту за помилками, отриманими для кожної тривалості сеансу спостережень, обчислено СКП координат x і y та СКП положення пункту. Для встановлення функціональної залежності між СКП положення пунктів та тривалістю сеансів спостережень, середньою довжиною та кількістю векторів, що сходять в пункті, для якого обчислюємо СКП, Пішко Ю.Р. скористалась програмою STATISTICA. Так отримано дві функціональні залежності. В одній СКП положення пункту є прямо пропорційною до середньої довжини векторів, що сходяться в ньому і до натурального логарифму тривалості сеансів спостережень та обернено пропорційною до кількості векторів. Друга залежність СКП від середньої довжини векторів та натурального логарифму тривалості сеансів спостережень є експоненційною, а від кількості векторів залишається обернено пропорційною.

Апробація формул показала, що друга формула дає точніші результати від першої, а також, що точність обох формул є вищою в мережах з коротшими сторонами і при коротших сеансах спостережень.

Третій розділ «**Вплив на точність положення пунктів кута відсічки, типу ефемерид та спільного використання двох систем GPS і ГЛОНАСС**». Наведені результати дослідження ефективності використання систем GPS і ГЛОНАСС. Вони виконані на чотирьох мережах. В трьох кількість станцій 11 - 12, кількість векторів 33 і 28 і їх довжини від 8,6 ... 13,4 км до 33 ... 42 км). Четверта мережа має два в рази більше станцій (23) і більше векторів (57), які майже у два рази довші (20 - 77 км). Для кожної із систем виконано порівняльний аналіз точності положення пунктів при спостереженнях супутників двох систем і тільки системи GPS, тобто підраховано, який відсоток пунктів мереж при застосуванні двох систем визначено з вищою точністю, який відсоток пунктів визначено з однаковою точністю та який – з нижчою точністю, ніж при використанні тільки системи GPS. Дослідження показало, що ефективність використання двох систем зростає при зменшенні тривалості сеансів спостережень. При тривалості спостережень 24 год близько 70% пунктів мають однакову точність, приблизно 20 відсотків – вищу точність, а близько 10 – меншу точність. При сеансі спостережень 12 год ефективність є вищою, бо однакову точність мають близько 40% пунктів, нижчу – 32 %, а

вищу точність – 29%. При тривалості сеансу спостережень 0,25 год вищу точність мають 78,9%, меншу точність 19,7% і однакову точність 1,3%.

Загальний висновок зроблено такий, що при використанні двосистемних приймачів ефективно підвищення точності буде при сеансах спостережень, коротших ніж 2 год.

Для дослідження впливу змін кута відсічки на точність положення пунктів мережі, визначених відносним статистичним методом при використанні двосистемних двочастотних і одночастотних приймачів та односистемних двочастотних і одночастотних приймачів. З перманентних станцій сформовано три мережі: дві з 12 станцій і одна з 11. В мережах кількість векторів і їх довжини є майже однаковими. Сеанси різної тривалості опрацьовано в семи варіантах, тобто встановивши певне значення кута відсічки, а саме: 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 30° і 40° . На підставі отриманих результатів рекомендується при опрацюванні результатів спостережень встановлювати значення кута відсічки від 15° до 30° .

Проведене дослідження впливу використання різних типів ефемерид на точність положення пунктів показало, що ефективність використання остаточних ефемерид зростає із зменшенням тривалості сеансів спостережень: при тривалості сеансів 24, 12 і 6 год підвищується точність положення пунктів в середньому на 10%, а при тривалості 0,5 і 0,25 год – на 31%. у порівнянні з точністю, отриманою при використанні бортових ефемерид. При опрацюванні результатів, отриманих двосистемними приймачами рекомендується використовувати бортові ефемериди ГЛОНАСС та остаточні або швидкі GPS.

Практична цінність роботи. Дисертаційна робота Пішко Ю.Р. містить цікаві дослідження, виконані, використовуючи великі об'єми результатів спостережень. Результатом цих досліджень є встановлені функціональні залежності, які дають можливість апіорно оцінити точність визначення довжин векторів та положення пунктів геодезичних мереж, створених за результатами відносних статичних спостережень. Ці формули автор рекомендує для обґрунтування необхідної тривалості спостережень на стадії проектування мереж заданої точності нормативними документами або замовником.

Результати досліджень Пішко Ю.Р. впроваджені у Державне підприємство «Закарпатський геодезичний центр», а також в навчальний процес, а саме формули виведені в дисертаційній роботі Пішко Ю.Р. використовуються при виконанні розрахунково-графічної роботи на тему «Проект створення із застосуванням ГНСС геодезичної основи для знімання території в крупних масштабах» з дисципліни «Технології ГНСС в інженерній геодезії» студентами освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» спеціальності 8.08010101, про що свідчать представлені в дисертації акти впровадження.

Редакційний аналіз дисертації показав, що вона представляє логічно завершену наукову працю, з достатнім обґрунтуванням викладених результатів проведених досліджень.

Отримані в роботі результати підтверджуються коректним застосуванням математичного апарату та їх узгодженістю з матеріалами сучасної науково-технічної літератури по даній тематиці.

Оцінка публікацій автора Основні результати Пішко Ю.Р. опубліковані в 10 статтях та одних тезах доповіді. Матеріали дисертації широко апробовані на семи міжнародних та на одній всеукраїнській конференціях і на одному всеукраїнському семінарі, а також на семінарах кафедри інженерної геодезії НУ «Львівська політехніка». Публікації матеріалів дисертації відповідають вимогам Наказу Мінмолодьспорту України № 1112 від 17.10.2012 р. «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» із наступними змінами, внесеними відповідними наказами МОН України.

До дисертаційної роботи є такі зауваження:

1. Результати апробації формул інших авторів краще було б зробити в першому розділі, де є аналіз досліджень цих авторів і приведені їх формули.
2. Нумерацію схем мереж краще було зробити так, як нумерують рисунки, по розділах. Тоді не було б в дисертації декількох схем мереж з однаковими номерами.
3. Деякі таблиці доцільно було замінити графіками, бо вони більш наглядно представляють зміни величин.
4. Назви таблиць 2.26 і 2.28 є неточними, бо найменшою може бути тільки одна величина, а не декілька.
5. У роботі трапляються стилістичні неточності та описки.

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

В авторефераті коротко викладений повний зміст дисертаційної роботи

Загальна оцінка дисертаційної роботи Дисертаційна робота Пішко Ю.Р. є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують один із напрямів науково технічного завдання, яке пов'язане із актуалізацією методики відносних статичних спостережень до актуального стану ГНСС. На завершення зазначимо, що робота Пішко Ю.Р. за актуальністю, науковою новизною, вірогідністю та обґрунтованістю висновків і рекомендацій відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 656 від 19.08.2015.

Заступник директора
Науково-дослідного інституту
геодезії і картографії,
к.т.н.
м.Київ



І.М.Заєць