

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., проф. Самойленко Олександра Миколайовича на дисертаційну роботу Вівата Анатолія Йосиповича «УДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ» представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія і картографія.

Актуальність теми дисертації

В світі експлуатується та будується все більше споруд, промислових об'єктів та обладнання великих розмірів та складної інженерної конструкції з архітектурними та конструктивними рішеннями, які досі ніколи не застосовувалися.

Причиною аварійності та передчасного виходу з ладу конструкцій та обладнання на таких об'єктах можуть бути помилки проектування та будівництва, зношеність конструкцій, відсутність коштів на підтримання та ремонт, а також непередбачувані ситуації, прорахувати які неможливо. Але не останнє місце, як причина виникнення небажаних ситуацій, займає не дотримання геометричної точності зведення. Виходячи з цього, запорукою їх нормального експлуатування є дотримання необхідної точності інженерно-геодезичних вимірювань під час будівництва та монтажу.

Його вирішення можливе тільки за рахунок розроблення та удосконалення методів вимірювань та оброблення їх результатів під час зведення таких споруд та їх експлуатування, а також монтажу та експлуатування прецизійного обладнання.

Саме цій темі присвячена дисертаційна робота, що є вельми актуальним.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується кількома чинниками – широтою й різноманітністю опрацьованої здобувачем джерельної бази, використанням та узагальненням результатів власних теоретичних розрахунків та опрацюванням проведених експериментальних досліджень.

Основні теоретичні дослідження, розроблені схеми та методи вимірювань, математичні моделі та перспективи їх практичного застосування отримані з використанням методів лінійної алгебри, математичного аналізу, моделювання та математичної статистики.

Достовірність теоретичних висновків та отриманих практичних результатів підтверджується результатами лабораторних та польових експериментальних досліджень, результатами оброблення одержаних експериментальних даних та підтвердженням одержаних результатів у порівнянні з результатами одержаними іншими незалежними методами.

Результати досліджень доповідались та обговорювались, на восьми міжнародних конференціях «Геофорум», п'яти міжнародних конференціях «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні», шести міжнародних конференціях «Geoterrace» тощо, підтверджуючи

апробацію достовірності та обґрунтованості результатів досліджень. Тому наукові положення та висновки дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, а отримані результати достовірними.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна дисертації А. Й. Вівата полягає у застосуванні розроблених ним методів та принципів ГНСС-вимірювань у режимі РТК, підвищенні їх точності з метою застосування в інженерній геодезії, а також методах виконання та оброблення інженерно-геодезичних вимірювань, та конструюванні та випробуванні допоміжного обладнання для прецизійних геодезичних вимірювань.

Зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота А. Й. Вівата, складається із вступу, трьох розділів і висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 136 сторінок, в тому числі анотації українською та англійською мовами, переліку опублікованих праць за темою дисертації з 14 найменувань, 119 сторінок основного тексту, які включають 51 рисуноків та 41 таблиць, список використаних джерел на 91 найменування на 9 сторінках, 5 додатків на 8 сторінках.

У *вступі* розглянуті актуальність теми, мета, наукова новизна та практичне значення роботи, основні положення, які виносяться на захист, особистий внесок автора та апробація результатів досліджень.

У *першому розділі* «СУЧАСНИЙ СТАН ВЕДЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ В УКРАЇНІ» обсягом 17 стор.

Перший розділ більше схожий на загальний огляд ситуації, що склалася в інженерно-геодезичному забезпеченні будівництва складних об'єктів та споруд. Автор показав свою наукову ерудицію, показав те, що він вивчив певний досвід інших вчених, опрацював певний перелік наукових робіт за темою дисертації. Але, я не побачив чіткої критики вивчених матеріалів – а що саме ще не досліджено, що саме ще треба дослідити, щоб підвищити продуктивність, ефективність або точність геодезичних робіт. Наприклад, автор описує Державну геодезичну мережу (ДГМ). Але, чітко не визначено, які проблеми для будівництва складних об'єктів та споруд, треба вирішити під час їх геодезичного забезпечення координатною основою пунктів ДГМ. Адже вимоги до точності координат в системі ДГМ нижчі, ніж до точності координат в локальній системі координат об'єкту чи споруди.

Щодо висвітлення в першому розділі проблематики пов'язаної з режимом РТК для ГНСС-вимірювань, удосконаленню якого присвячений другий розділ. В першому є тільки констатація факту, що такий режим давно застосовується, що він досліджувався в дисертації і що його точність підтверджено. А проблема чи задача де? Наприклад, задача щодо підвищення точності режиму РТК так, щоб він міг застосовуватися під час інженерно-геодезичних робіт.

В першому розділі також згадуються методи вимірювань під час монтажу технологічного обладнання, які не застосовуються і не досліджуються в наступних двох розділах. Наприклад, методи створених вимірювань, гідростатичного нівелювання, мікронівелювання, вертикальності спеціальних

каналів на АЕС, вимірювання не вертикальності, неперпендикулярності та співвісність тощо. Ерудиція і обізнаність продемонстровані, але навіщо це було наведено – не пояснюється. Наприклад, можна було написати, що в третьому розділі досліджувалися методи більш точні та/або ефективніші у порівнянні з наведеними. Про це треба писати – це не розуміється само собою.

Наведені також вимоги до звичайних розпланувальних робіт. Наведені метрологічні характеристики сучасних геодезичних приладів, які є в настановах з експлуатування цих приладів. Але що з ними не так? Що автор збирається дослідити, щоб підвищити точність вимірювань цими геодезичними приладами чи покращити ефективність геодезичних робіт нами? Наприклад, написати, що за відсутності прямої видимості на точки потрібне додаткове обладнання. Цього немає.

Другий розділ «ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ГНСС-МЕТОДУ В RTK-РЕЖИМІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЙОГО В ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ», обсягом 43 стор., присвячений підвищенню точності ГНСС-вимірювань, як при будівництві та експлуатуванні різноманітних інженерних об'єктів, на прикладі такого складного об'єкту як Дністровська ГАЕС, так і для інших геодезичних робіт. Досліджується точність ГНСС-методу вимірювань в режимі RTK в залежності від віддалі до базової станції, у тому числі від автономної базової станції, яка створюється на майданчику, на якому проводяться геодезичні роботи. Дослідження проведені в широкому діапазоні від 0,2 до 51 км. Для практичного використання виведені рівняння регресії, але для абсолютної похибки за модулем, а не для середньої квадратичної похибки вимірювань планових координат та геодезичних висот. Здобувач не вказав обмеження для досліджуваних режимів, які роблять ці методи придатними для застосування на майданчику, де виконуються певні інженерно-геодезичні роботи, наприклад, розпланування чи виконавчі знімання. Крім того, з матеріалів наведених в дисертації видно, що найбільш точно визначається вимірювана довжина бази, менш точно її азимутальне орієнтування і ще менш точно геодезична висота. Це відомий факт, але автор міг би це проаналізувати для тих умов для яких він проводив дослідження.

В дисертації досліджений також запропонований автором режим так званого «Синхронного RTK-вектора». Він полягає у тому, що на майданчику, де виконуються інженерно-геодезичні роботи, пропонується вимірювання у режимі RTK проводити одночасно двома роверними приймачами ГНСС. Це потребує певних зусиль, адже два геодезисти повинні зв'язатися між собою, одночасно встановити приймачі на точки, які координуються, і певний обумовлений час не переміщувати приймачі. Потім, перейти на пару наступних точок і так само синхронізувати вимірювання. Дослідження оснований на досить значному статистичному матеріалі, який, після зрівнювання та відсіювання менш точних вимірювань, дозволяє стверджувати, що в діапазоні до 3 км досягнута цілком задовільна для інженерно-геодезичних робіт точність. Автор робить висновок: «За середнім значенням абсолютних похибок векторів можна зробити висновок про підвищення точності на 75% порівняно з одиничними RTK». Це хороше досягнення, але геодезисти звикли оперувати середніми квадратичними похибками вимірювань. Наприклад, СКП вимірювань цим

методом дорівнює 5 мм в діапазоні до 3 км від базової станції. Нажаль, такої характеристики автор не навів.

Аналізуються комплексні ГНСС-мережі створені з великої кількості статичних та РТК-векторів. Для них вводиться поняття жорсткості геодезичної мережі створеної методом ГНСС разом з відомим поняттям середньої квадратичної похибки одиниці ваги під час її зрівнювання. На великих статистичних даних аналізується кількість статичних та РТК-векторів, відкинутих за результатами зрівнювання геодезичної мережі. Зроблено висновок, що синхронні РТК вимірювання досягають майже такої самої точності, що і статичні вимірювання.

Заслуговує на увагу методика трансформування координат з системи ITRF до земної системи координат ГТТ Дністровської ГАЕС. Методика дозволила добитися граничних залишкових похибок трансформування планових координат точок з системи у систему координат не більше 5 мм в межах геодезичної мережі Дністровської ГАЕС. Така гранична похибка є хорошим результатом, адже це відповідає точності інженерно-геодезичних і моніторингових робіт на будівельному майданчику.

У третьому розділі «ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ТАХЕОМЕТРІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ» обсягом 39 стор. досліджуються похибки вимірювань геодезичними приладами та похибки вимірювань під час виконання інженерно-геодезичних робіт за допомогою розробленого спеціального допоміжного обладнання.

Щодо досліджень інструментальних похибок електронних тахеометрів, з яких розпочинається третій розділ, то я не побачив поглибленого вивчення існуючої в Україні нормативної бази, існуючих методик повірки кутомірних та інших геодезичних приладів та існуючого еталонного обладнання. Автор створив свій комплект обладнання для досліджень тахеометрів, використавши замість автоколімаційних труб звичайні нівеліри. Показав, що на цьому обладнанні можна виконувати не повірку приладів в сенсі Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», а перед польову перевірку тахеометрів за їх основними параметрами. Тобто показав певний рівень своєї компетенції, але у відриві від діючих в Україні нормативних документів.

Дослідив стабільність основних метрологічних характеристик тахеометра в часі та за різної температури, у тому числі похибки перефокусування, та похибки вимірювань віддалей тахеометром у порівнянні з інтерферометром, прийнятим за еталон. Виконав розрахунки точності вимірювань координат тахеометром, але без чіткої прив'язки до об'єктів робіт.

Дослідив розроблену методику підвищення точності визначення віддалей за допомогою опосередкованих лінійно-кутових вимірювань тахеометром. Метод полягає у підвищенні точності визначення однієї з сторін трикутника за рахунок вимірювань двох інших сторін та кута між ними. Не вказана сфера застосування методу. На мою думку, він може бути корисним для визначення з високою точністю довжини недоступної для прямих вимірювань сторони трикутника під час монтажу прецизійного технологічного обладнання.

Автор вказує що він досяг СКП визначення довжини метрового інтервалу 0,03 мм, а десятиметрового 0,2 мм. На мою думку, щоб досягти такого

результату СКП вимірювань кута між двома сторонами повинна бути на рівні 0,5", чого досягти не просто. При цьому, похибка наведення на кінці цієї сторони трикутника повинна бути не більше 0,01 мм. Для цього сторона повинна бути закріплена спеціальними марками. Тобто, практична сторона розробленого методу викликає запитання.

Далі, цей розділ присвячується дослідженню розробленого допоміжного обладнання, яке важливе під час виконання високоточних інженерно-геодезичних робіт.

Розроблена так звана оптимальна візирна ціль, яка являє собою концентричні кола нанесені на катафотну плівку. Розміри кіл розраховані таким чином, що забезпечують найвищу точність наведення сітки ниток тахеометра на візирну ціль під різними, навіть гострими кутами.

Розроблений та виготовлений кульковий відбивач для тахеометрів. Це актуально, зважаючи на високу вартість аналогічних відбивачів, які входять до комплектів лазерних трекерів та які легко зношуються та пошкоджуються. Наведені дослідження німецьких геодезистів щодо точності куткових та лінійних вимірювань на аналогічний кульковий відбивач, які здійснювалися під різними кутами. Нажаль автор провів дослідження кулькового відбивача своєї конструкції тільки в двох точках. Результат задовільний, але для переконливості занадто мала статистика.

Дуже актуальним для монтажу прецизійного обладнання може бути розроблений та досліджений двопризмовий давач-вектор. Розроблена не тільки його конструкція, а і теорія і практика застосування. Особливо корисним він може бути, коли необхідно визначити координати недоступних точок прецизійного обладнання з високою точністю. За результатами досліджень СКП визначення координат точок не перевищує 0,3 мм, що є цілком пристойним результатом. Щоб забезпечити високу точність вимірювань координат, сам двопризмовий давач-вектор повинен бути ретельно досліджений. Автором розроблена відповідна методика досліджень та проаналізовані складові похибки вимірювань координат. Недоліком таких вимірювань є велика їх трудомісткість та складність обчислень. Однак, за наявності автоматизованих тахеометрів та програмного забезпечення цей недолік значно послаблюється.

Методика побудови геодезичних мереж в умовах обмеженого простору, особисто мене не вразила ні за конструкцією її закріплення ні за точністю (0,5 – 0,6 мм). В лабораторії створена звичайна інженерно-геодезична дослідницька мережа. Згадується, що аналогічна мережа була створена на Запорізькій АЕС. Автор продемонстрував свою кваліфікацію, тобто те, що він здатен виконувати складні високоточні роботи. Якщо б він включив в мережу, наприклад, розроблені ним катафотні марки, то це дало б значно більше інформації для аналізу.

У **висновках** до роботи підведений підсумок проведених досліджень, але висновки, в цілому, не повністю відбивають та узагальнюють досягнуті результати. Було б правильно більше зосередитися на тому, що досягнуто і де ці досягнення можна застосувати.

Зауваження до дисертаційної роботи

Після детального ознайомлення із дисертаційною роботою Вівата А. Й. на наш погляд необхідно зробити наступні зауваження:

- 1) На мою думку, більш точно треба було б сформулювати назву роботи, наприклад, «МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ПІД ЧАС ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ» або «МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ НА СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТАХ БУДІВНИЦТВА». Така назва більш точно відбиває сутність роботи.
- 2) Термін «точність» використовується тоді, коли мова іде про похибку вимірювань. Але «точність» величина обернено пропорційна модулю похибки. Вища точність – менша похибка. Наприклад, на рис. 1.3 одна з осей позначена як «точність», а повинно бути СКП вимірювань або невизначеність вимірювань.
- 3) Я не згоден з тим, що автор інтерпретує різниці між геодезичними висотами, одержаними з ГНСС вимірювань, та нормальними висотами, одержаними з геометричного нівелювання, виключно як хвилі квазігеоїда відносно еліпсоїда, які зображено на рис. 2.22. Цитата: «Поява похибок у висотах пунктів можна пояснити відхилення прямовисних ліній від нормалі до еліпсоїда Красовського у районі Дністровської ГАЕС.» Це твердження є некоректним. Тобто, за інтерпретацією автора, на відстанях між пунктами у 1 – 2 км квазігеоїд має, умовно, «гори» та «впадини» у 10 – 20 мм, що може призвести до зміни ухилення прямовисної лінії від 0 до 20". Цього не може бути. Квазігеоїд має дуже плавний рельєф відносно еліпсоїда і на такий малій ділянці його можна апроксимувати сферою центр якої лежить на прямовисній лінії. Відхили від такої сфери можна інтерпретувати як похибки геометричного і ГНСС-нівелювання. Для обчислення ухилень прямовисної лінії для всього району робіт можливо використати формули аналогічні до (2.15). Тільки в правій частині треба підставляти різниці нормальних та геодезичних висот. Тоді, коефіцієнти a_z і b_z будуть пов'язані з ухиленнями прямовисної лінії в меридіані та першому вертикалі відповідно.
- 4) Є некоректні та невдалі вирази і невідповідна термінологія, наприклад:
 - на стор. 17: «Високоточна інженерна геодезія за точністю наближається до машинобудівних допусків...», треба «Похибки інженерно-геодезичних вимірювань знаходиться в межах допусків встановлених в машинобудуванні»;
 - Табл. 1.6 термін «Діапазон простору» – треба «діапазон вимірювань». Термін «швидкість» – треба, наприклад, «продуктивність вимірювань».
 - на стор. 43: «З урівноваження мережі отримали точність 1-2 мм.», треба, «Середня квадратична похибка зрівняних планових координат точок не перевищує 2 міліметри»;
 - на стор. 34 «непрямовисність вертикальної осі приладу» та на стор. 84: «...встановлення **вертикальної осі** у прямовисне положення...», треба

«...встановлення **осі обертання приладу** у прямовисне положення...». Так само не можна вживати «горизонтальна вісь обертання», а треба «вісь обертання труби»;

- чомусь, замість терміну «роздільна здатність опричних приладів» з'явився термін «розрізнявальна здатність», хоча на рис. 3.15 наведений термін «роздільна здатність».
- 5) Зазвичай символи, які застосовуються в формулах, не розшифровуються після них. Не завжди інтуїтивно зрозуміло, що точно автор позначив тим чи іншим символом у формулі;
- 6) Є в тексті дисертації невелика кількість незначних граматичних та орфографічних помилок редакційного характеру, які ніяк не впливають на сприйняття матеріалу.

Висновок про відповідність дисертації вимогам атестаційної комісії Міністерства освіти і науки України:

1. Дисертаційна робота Вівата Анатолія Йосиповича на тему «УДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ» є завершеною науковою роботою, в якій пропонуються нові підходи і розробки щодо вирішення завдання підвищення точності результатів інженерно-геодезичних вимірювань ГНСС-методами, методами тахеометричних вимірювань на будівельному майданчику та під час монтажу технологічного обладнання.

2. Автореферат з необхідною повнотою відображає зміст та основні положення дисертації, а сама дисертація написана літературною мовою, достатньо проілюстрована малюнками і таблицями.

3. Результати дисертації в повному обсязі висвітлені в опублікованих періодичних фахових виданнях і багаторазово апробовані на 10 наукових конференціях. Дослідження опубліковані в 14 наукових працях (1 з них одноосібна), 12 у фахових наукових виданнях, 2 у виданнях, які занесені до наукометричних баз даних.

4. Висловлені зауваження не зменшують наукового значення виконаних досліджень, а сама дисертаційна робота Вівата А. Й. відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань" Міністерства освіти і науки України, та її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01-геодезія, фотограмметрія та картографія.

Директор науково-виробничого інституту
геометричних, механічних та
віброакустичних вимірювань ДП
«Укрметртестстандарт», д.т.н., професор



О. М. Самойленко