

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **ПЕРІЯ СЕРГІЯ СЕРГІЙОВИЧА «ТЕОРЕТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТРИГОНОМЕТРИЧНОГО ТА ГЕОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ»** представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія і картографія.

### *Актуальність теми дисертації*

Не дивлячись на активне впровадження сучасних космічних технологій, які стали одним з найважливіших чинників розвитку геодезичної науки та практики в Україні та світі, підвищення точності та удосконалення методик вимірювань класичними методами ніколи не втрачають актуальності. Дана дисертаційна робота якраз і пов'язана із розвиненням традиційних методів та технологій тригонометричного та геометричного нівелювання, як важливої частини геодезичної науки та практики.

В галузі геодезії геометричне нівелювання завжди було основним методом роботи сучасних геодезистів зважаючи на його високу продуктивність та високу точність вимірювань під час створення системи висот на поверхні Землі. З ним завжди конкурувало тригонометричне нівелювання зважаючи на більш високу продуктивність по відношенню до геометричного, але недоліком його завжди було і остається більш низька точність з-за значної дії вертикальної рефракції. В остання роки важливим доповненням, щодо визначення висотної компоненти координат, стало ГНСС-нівелювання. Але саме доповненням, яке дозволяє у порівнянні з класичними методами геометричного та тригонометричного нівелювання визначити висоти квазігеоїда над поверхнею загального Земного еліпсоїда. Для практичних цілей картографування та проектування нам потрібні висоти відносно квазігеоїда, тому класичне нівелювання завжди буде первинним, чи опорним, по відношенню до ГНСС-нівелювання. Із цього випливає цілком логічний висновок, що удосконалення методів тригонометричного та геометричного нівелювання завжди будуть актуальними.

Щодо гармонійного співвідношення між застосуванням геометричного та тригонометричного нівелювання, то основним питанням завжди поставало питання, щоб середня квадратична похибка (СКП) визначення висот з тригонометричного нівелювання не перевищувала допустимі величини регламентованої відповідними інструкціями для геометричного нівелювання. Тому актуальним також є питання порівняльного аналізу геометричного та тригонометричного нівелювання з метою вироблення рекомендацій щодо переваг того чи іншого методу та практичних рекомендацій щодо їх застосування в конкретних польових умовах, а також гармонійного поєднання цих методів у прецизійних моніторингових геодезичних мережах. Це також робить представлену дисертаційну роботу вельми актуальною.

*Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується кількома чинниками – вдалою і продуманою логікою викладення матеріалу, широтою й різноманітністю опрацьованої здобувачем джерельної бази, використанням та узагальненням великого масиву результатів власних експериментальних*

узагальненням великого масиву результатів власних експериментальних досліджень, як на експериментальних полігонах так і на над відповідальних, складних об'єктах народного господарства України, таких, як гдро- та атомні електростанції та тунелі. Основні теоретичні дослідження, розроблені математичні моделі та результати інтерпретації їх практичного застосування отримані з використанням методів математичного аналізу, моделювання, статистики та кореляційного аналізу.

Достовірність теоретичних висновків та практичних результатів, одержаних для тригонометричного нівелювання, підтверджуються їх порівнянням з результатами геометричного нівелювання. Результати досліджень неодноразово доповідались та обговорювались на багатьох міжнародних та українських наукових конференціях, симпозиумах і семінарах, підтверджуючи апробацію достовірності та обґрунтованості результатів досліджень. Тому, наукові положення та висновки дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, а отримані результати достовірні.

### ***Наукова новизна отриманих результатів***

Наукова новизна дисертації С. С. Перія визначається комплексним використанням результатів тригонометричного і геометричного нівелювання у геодезичних моніторингових мережах та мережах складних та відповідальних будівельних об'єктів.

Для вирішення задач високоточного визначення висотної компоненти геодезичних мереж розроблені методи уведення відповідних поправок у результати вимірювань, виключення або послаблення основних впливових чинників застосуванням розроблених способів вимірювань. Так розроблені методи одночасного двостороннього тригонометричного нівелювання, методика двостороннього геометричного нівелювання “вперед-назад”, методика обчислення еквівалентної висоти променя нівелювання над підстильною поверхнею, з метою автоматизованого уведення поправки за вертикальну рефракцію у результати геометричного нівелювання, методика комплексного дослідження ходу фокусувальної лінзи із урахуванням вертикальної рефракції та кута негоризонтальності променя нівелювання, методика побудови динамічного просторового рефракційного поля для геодезичних моніторингових спостережень із використанням кореляційних взаємозв'язків спостережуваних напрямів у реальному часі.

Розроблений та досліджений зразок нівеліра-рефрактометра, який, теоретично, дозволяє послабити дію рефракції на результати геометричного нівелювання.

### ***Зміст дисертаційної роботи***

Дисертаційна робота С. С. Перія, складається із анотації та списку опублікованих праць за темою дисертації українською та англійською мовами на 23 сторінках, вступу, чотирьох розділів і висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації 284 сторінки, в тому числі 230 сторінок основного тексту, які включають 110 рисунків та 25 таблиць, список використаних джерел на 158 найменувань на 17 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 «АНАЛІЗ МЕТОДИКИ І ТОЧНОСТІ ТРИГОНОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ»* обсягом 55 стор. виконано аналіз розвитку, за багато останніх років, сучасного стану та тенденцій розвитку теорії та практики визначення висот точок з тригонометричного нівелювання. Автор зробив спробу творчо переопрацювати досвід вчених геодезистів в галузі тригонометричного нівелювання. Ретельно проаналізована теорія тригонометричного нівелювання. Викладений сучасний погляд на дослідження точності одностороннього тригонометричного нівелювання. Ще раз доведено, відомий факт, що основними складовими похибки визначення перевищення з тригонометричного нівелювання є СКП вимірювань вертикального кута та СКП обчислення коефіцієнта вертикальної рефракції. Встановлений зв'язок коефіцієнта вертикальної рефракції з метеорологічними параметрами приземного прошарку атмосфери. Ретельно проаналізовані методи визначення атмосферної вертикальної рефракції такі як метеорологічний та геодезичні способи визначення рефракції на наземних трасах. Викладене прогнозування вертикальної рефракції способом рефракційного базису із застосуванням рефракційних співвідношень, а також визначення вертикальної рефракції за коливаннями зображень. Тобто, зібрані та у авторській інтерпретації викладені усі значні досягнення в галузі методів визначення вертикальної рефракції як основного джерела похибок тригонометричного нівелювання.

*Другий розділ «РОЗРАХУНОК І ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СПОСОБІВ ТРИГОНОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ»* обсягом 46 стор. присвячений аналізу та розробленню способів методичного виключення чи послаблення дії вертикальної рефракції як джерела похибок тригонометричного нівелювання. Приділено чималу увагу виключенню чи послабленню впливу інших джерел похибок. Наприклад, похибки вимірювань висоти приладу та візирних цілей, які, як відомо, є основним джерелом похибок на коротких відстанях. Цілком слушно приділено увагу уведенню поправок у перевищення визначені з тригонометричного нівелювання за ухилення прямовисної лінії за результатами ГНСС-спостережень. Проаналізована точність цього методу.

Як заходи щодо підвищення точності тригонометричного нівелювання пропонується добре відоме двостороннє тригонометричне нівелювання. Однак автор викладає цей метод використовуючи розроблені ним методи та засоби обґрунтування точності двостороннього тригонометричного нівелювання. Розроблені також дистанційний спосіб тригонометричного нівелювання між точками та спосіб тригонометричного нівелювання через допоміжну точку. Виконано порівняння способів тригонометричного нівелювання та експериментальна апробація неоднчасного двостороннього тригонометричного нівелювання при передачі висот на Дністровській ГАЕС. Перспективним є метод двостороннього тригонометричного нівелювання у нівелірних ходах без вимірювання висот приладу і візирних цілей, що дозволяє виключити або значно послабити вплив вимірювань висот приладу та візирних цілей на результати тригонометричного нівелювання.

У *третьому розділі* «ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СПОСОБІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ» обсягом 67 стор. розроблені теоретичні основи та виконана їх експериментальна перевірка щодо підвищення точності геометричного нівелювання. Виконано обґрунтування точності геометричного нівелювання. Особливо цікавим, з точки зору практичного застосування є розроблений автором спосіб двостороннього геометричного нівелювання “вперед-назад”. Теоретичні розрахунки та експериментальні дослідження цього способу переконливо доводять, що його застосування дозволяє добитися значного послаблення основних похибок геометричного нівелювання, у тому числі вертикальної рефракції, дозволяє контролювати та враховувати зміни негоризонтальності візирної осі нівеліра.

Під час застосування автором розробленого методу “вперед-назад” необхідно виконувати велике перефокусування оптичної системи нівеліра тому, як застосовуються короткі та довгі плечі. Під час геометричного нівелювання з середини ця проблема не стоїть так гостро тому, як фокусування або не виконується або оптика перефокусується на невелику відстань. Виконані дослідження ходу фокусувальної лінзи нівелірів доводять, що цю значну похибку цілком можливо взяти під контроль і довести уведені поправки до прийнятної точності.

Цікава ідея автора стосується вимірювання вертикальної рефракції з застосуванням плоского дзеркального відбивача. Розроблений та досліджений, на базі теоретичних вишукувань, нівелір – рефрактометр доводить можливість виконання вимірювань таким методом, але має і недоліки, про які йтиметься нижче. Запропоноване застосування фотофіксації зображень і їх опрацювання для компарування штрих-кодових рейок видається цілком логічним кроком.

У *четвертому розділі* «ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТРИГОНОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ НА ВАЖЛИВИХ ВЕЛИКИХ ПРОМИСЛОВИХ ОБ’ЄКТАХ» обсягом 54 стор. теоретично розглядаються цікаві ідеї щодо дослідження кореляційних взаємозв’язків між рефракціями різних напрямів спостереження та їх застосування для визначення вертикальної рефракції із двосторонніх спостережень.

В останні чотирьох підрозділах четвертого розділу представлена апробація розроблених у дисертації теоретичних положень у реальних мережах тригонометричного нівелювання та виконане порівняння результатів двостороннього тригонометричного нівелювання з результатами геометричного нівелювання. Наведені реальні приклади дозволили проаналізувати реальні похибки тригонометричного нівелювання у порівнянні з геометричним нівелюванням підчас будівництва геодезичної основи Бескидського тунелю, моніторингових спостережень на Дністровській ГАЕС, геодезичного моніторингу напірного водопроводу на Теремле-Ріцькій ГЕС, геодезичних моніторингових спостережень на Дністровській ГЕС. Доведено, що точність мереж тригонометричного нівелювання відповідає вимогам до побудови мереж геометричного нівелювання II класу.

В цілому, позитивне враження про дисертацію справляє ретельно оформлені графічні матеріали та докладно відпрацьовані висновки формул.

### ***Зауваження до дисертаційної роботи***

Після детального ознайомлення із дисертаційною роботою Перія С. С. на наш погляд необхідно зробити наступні зауваження:

1. В ряді практичних матеріалів не представлений ретельно, з точки зору теорії наведеної в першому та другому розділах дисертації, процес оброблення первинних даних до кінцевого результату. Просто названо метод і наведений вдалий кінцевий результат оброблення тригонометричного нівелювання у порівнянні з геометричним. Наприклад, у розділі 2.7 у табл. 2.4 стор.132 наведені результати двостороннього тригонометричного нівелювання способом нівелювання між точками від Рр 13 до Рр 11 на Рівненській атомній електростанції у 2018р. В цій таблиці автор обчислює коефіцієнт рефракції за різницями перевищень у прямому і зворотному напрямку. Коефіцієнти рефракції досягають аномальних значень, від найкоротшої лінії 48 м до найдовшої у 424 м, та складають: -6,68; -2,36; -2,05; -2,40; -1,66, що відповідає, за моїми розрахунками, дуже великим від'ємним кутам рефракції у -5,3"; -6,0"; -6,8"; -8,1"; -11,6". Нажаль немає жодних пояснень, чому виникли такі великі від'ємні коефіцієнти.

При цьому, нев'язка за всім ходом нівелювання, між середніми перевищеннями, в прямому та зворотному напрямку, з тригонометричного та з перевищеннями з геометричного нівелювання, склала 3,1 мм. Після цього, середні значення перевищень з тригонометричного нівелювання були виправлені, не ясно якими поправками, у результаті чого нев'язка зменшилася до 0,1 мм. Не збігається також назва методу нівелювання. Так у тексті і перед таблицею названий метод двостороннього тригонометричного нівелювання, а посилання іде на формулу для дистанційного способу тригонометричного нівелювання.

Для деяких мереж наведені зразу середні значення для двостороннього тригонометричного нівелювання, тобто не наведена і не проаналізована важлива інформація. Сказано, що введені поправки в результати тригонометричного нівелювання, але не показано за якими формулами вони були обчислені і які вони за величиною.

Ряд матеріалів, наведених у тексті, не відповідає темі дисертації. Наприклад, для декількох мереж наведені СКП зрівняних значень горизонтальних координат пунктів мережі.

2. Метод вимірювання вертикальної рефракції з застосуванням плоского дзеркального відбивача з теоретичної точки зору описаний цілком коректно і переконливо, але недоліком представленого у дисертації матеріалу є відсутність будь-якого аналізу складових похибки цього методу. Тобто, не доведено, чи можливо сучасними засобами вимірювань досягти прийнятної точності вимірювань та, відповідно, коефіцієнта вертикальної рефракції. Наприклад, не згадується з якою похибкою необхідно і можливо пласке дзеркало привести у вертикальне положення, як врахувати неvertикальність дзеркала, яка необхідна стабільність вертикальності цього дзеркала. Чи не бачимо ми на графіках, побудованих за результатами експериментальних досліджень, коливання самого дзеркала, а не зміну вертикальної рефракції? Не розрахований вплив визначеної СКП нівелювання на станції на похибку визначення самого коефіцієнта рефракції.

Вказана на сторінці 202 похибка визначення коефіцієнту рефракції у 0,1 не підтверджена розрахунками. Цей метод визначення коефіцієнту рефракції навряд чи можна використовувати для прокладення ходів нівелювання, але він може бути цілком придатний для дослідження рефракції у приземних шарах атмосфери за різних умов нівелювання. Слід тільки попрацювати над істотним збільшенням точності метода.

3. У підрозділі 3.2. «Обґрунтування точності геометричного нівелювання» зроблена невдала і недоречна спроба розрахунку основних складових похибки геометричного нівелювання на станції. По перше, в джерелах дуже ретельно опрацьовано це питання і автору дисертації ці джерела відомі. По друге, розрахунок вийшов далеко неповним, хоча автор і каже, що розглядає основні джерела. По третє, неясно, нащо цей розрахунок, в контексті дисертації, зроблений взагалі. Тобто, не зрозуміло нащо в дисертацію внесені тривіальні, добре відомі речі. Треба було навести тільки те, що вдалося істотно покращити чи удосконалити, як це показано у інших підрозділах.

4. В дисертації зовсім відсутні додатки. Як польовому геодезисту та вченому мені було б дуже цікаво подивитися первинні дані спостережень у додатках. Хай не всі, а тільки найбільш показові з короткими коментарями та посиланнями з основного тексту. Можливо вибірково, для прикладу, у додатках треба було показати, як дані осереднювались, які до них вводились поправки обчислені за розробленими формулами. Тобто, для прикладу, треба було показати увесь ланцюг обчислень до остаточного результату. А так, наводиться тільки збіжність з прямого та зворотного перевищення, Гарні СКП перевищень зі зрівнювання мережі, а також хороша збіжність між геометричним та тригонометричним нівелювання.

5. Автор часто використовує декілька термінів, як правильних, так і не правильних, для позначення одних і тих самих понять. Наприклад, в назві і на початку пункту 1.2.5 вживається правильний термін «відхилення прямовисної лінії» (хоча більш правильно – «ухилення»), а в тексті вживається термін «відхилення важка», а далі вживається «складові прямовисних ліній» без слова «відхилення».

Інший приклад. Загально відомий термін «середній квадратичний відхил» вживається як, «середня квадратична величина поправок» (стор. 230), «середня квадратична величина відхилення» (стор. 254), «середньо квадратичне значення» (стор. 68).

Скрізь за текстом термін «точність» вживається поряд з певними цифровими значеннями, наприклад «точність 1 мм (0,2"; 0,3 мм/км)», які характеризують похибку вимірювань. Цього категорично не можна робити. Точність, це величина обернено пропорційна модулю похибки. Більша похибка – менша точність, менша похибка – більша точність. Точність це загально технічне або, навіть, філософське поняття, яке не можна вживати замість слова похибка. Тому, перед цифровими значеннями треба писати або «похибка», або «середня квадратична похибка (СКП) чи середній квадратичний відхил (СКВ), або невизначеність вимірювань.

Такий неуважний підхід породжує тавтологію, наприклад, цитата: «необхідно забезпечити точність визначення коефіцієнт вертикальної рефракції з точністю 0,013».



6. На сторінці 131 йдеться про хід тригонометричного нівелювання із середини, але про нього пишеться: «спостереження виконувалися ... способом кругових прийомів». Це спосіб вимірювань горизонтальних напрямків. На мій погляд це звичайна неуважність автора. Не може досвідчений геодезист цього не знати.

7. У тексті дисертаційної роботи редакційних неточностей щодо вживання загально прийнятих правил. Є декілька ряд орфографічних помилок. Є декілька незакінчених слів. Це дещо псує загальне враження про дисертацію та ускладнює її читання.

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

1. Дисертаційна робота Перія Сергія Сергійовича на тему «Теоретико-експериментальне обґрунтування методів підвищення точності тригонометричного та геометричного нівелювання» є завершеною науковою роботою, в якій пропонуються нові підходи, теоретичні розробки і моделі щодо вирішення проблемних питань підвищення точності тригонометричного та геометричного нівелювання.
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 апробовані на 7 міжнародних та українських наукових конференціях. Дослідження опубліковані в 40 наукових працях, з яких, у наукових періодичних виданнях інших держав та у виданнях України, які внесені до міжнародних наукометричних баз даних – 6, у наукових фахових виданнях України – 24, у збірках матеріалів конференцій – 9, у монографії – 1, а також у восьми патентах України.
4. Висловлені зауваження ні в якому разі не зменшують наукового значення виконаних досліджень, а сама дисертаційна робота С. С. Перія відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань" Міністерства освіти і науки України, та її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора 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



*[Handwritten signature]*  
22.11.19p

О. М.Самойленко

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

