

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4\(42\)-572-580](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4(42)-572-580)

УДК 528.8:910.1

Зоряна Романівна Тартачинська¹, Роман Олегович Пилипак²¹кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна)

E-mail: ztartachynska@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5704-6128>

Scopus ID: 57203115025

²аспірант кафедри геодезії

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна)

E-mail: romanpylypyak97@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5430-0112>

ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМУ НА ПІВНІЧ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ КОМПАСІВ

У статті подано результати експериментального дослідження точності визначення напрямку на північ різними магнітними компасами. Найвищу точність показали геодезичні бусолі з похибками 30–40'. Польові компаси забезпечили точність близько 1°, а планшетний — до 1,5°, причому максимальна індивідуальна похибка для нього сягала 3°, тоді як для інших приладів була в межах 1,5–2°. Мінімальна похибка для теодолітної бусолі серед спостерігачів-аматорів становила 17', а для досвідченого спостерігача — зменшувалася до 9,5'. Дослідження підтвердило, що конструкція приладу та досвід користувача суттєво впливають на точність орієнтування. Отримані результати важливі для туризму, геодезії та військової топографії.

Ключові слова: магнітний компас; польовий компас; планшетний компас; геодезична бусоль; визначення напрямку на північ; середньоквадратична похибка.

Рис.: 3. Табл.: 2. Бібл.: 10.

Актуальність теми досліджень. Незважаючи на те, що в сучасному світі домінують цифрові технології, традиційні магнітні компаси залишаються важливими інструментами орієнтування, особливо в умовах, де електронні пристрої недоступні або неефективні через зовнішні фактори. Під час планування та прокладання маршруту, дотримання визначеного напрямку на місцевості використовують магнітні компаси. Вони не потребують джерела живлення, працюють у широкому діапазоні температур і можуть застосовуватися в районах зі слабким сигналом супутникової навігації, таких як гори, густі ліси, підземні приміщення чи віддалені регіони. Компаси дозволяють швидко визначати магнітний азимут – один з основних параметрів орієнтування на місцевості.

Сьогодні магнітні прилади активно використовуються у військовій справі, туризмі, геологічних розвідках, археологічних дослідженнях, а також як резервні навігаційні інструменти в авіації та морській діяльності. Наприклад, сучасні військові фахівці знову приділяють значну увагу навчанню орієнтування за картою і компасом через ризик придушення або відключення супутникової навігації: потенційні кіберзагрози здатні вивести з ладу GPS-прилади, тому солдати повинні вміти рухатися за компасом у «деградованому» навігаційному середовищі [1]. Для туристів та шукачів пригод наявність традиційного магнітного компаса в рюкзаку є важливим засобом безпеки: компас слугує надійним резервним інструментом, адже в екстрених ситуаціях виходу з ладу електронного GPS-навігатора він важить лише близько 50 грамів, але може врятувати життя, забезпечивши базову навігацію [2]. Також у польових наукових дослідженнях геологи та археологи продовжують користуватися аналоговими компасами. Зокрема, кишеньковий компас Брюнтонна вже понад сторіччя є стандартним приладом геологів для точного вимірювання орієнтації геологічних структур у полі [3].

Постановка проблеми. У багатьох випадках точність орієнтування є критичною – похибки навіть у кілька градусів можуть суттєво відхилити від запланованого маршруту. Проте на точність визначення магнітного азимута, крім природних та антропогенних факторів (магнітне схилення, локальні аномалії, магнітні перешкоди), впливають приладові похибки компаса та похибки користувача. Розрахунки, наведені в роботі [4], показують, що точність визначення магнітного схилення залежить насамперед від похиб-

ки наведення магнітної стрілки на північ, що і стало причиною цього дослідження точності наведення компасів. Оскільки компаси часто застосовують невідготовлені користувачі: туристи чи рибалки, то спостерігачами в цьому дослідженні були особи, які мали невеликий досвід користування компасом, або користувались ним вперше і їхні результати порівнювали з результатами досвідченого спостерігача.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження вказують на додаткові фактори, необхідні для досягнення максимальної точності. У роботі [5] запропоновано метод визначення девіації магнітного компаса за допомогою методу найменших квадратів, що підвищує точність вимірювань у польових умовах. Сучасні дослідження калібрування компасів в авіації та навігаційних системах, особливо безпілотних літальних апаратів (БПЛА), включають алгоритми горизонтального обертання для корекції впливу магнітних перешкод [6]. Крім того, у роботі [7] експериментально довели, що зміни температури є суттєвим джерелом похибок компасів, оскільки впливають на стабільність магнітних сенсорів і спричиняють зсув нуля. Автори запропонували термокомпенсаційні алгоритми для стабілізації результатів у змінному кліматі. Дослідження [8] показало, що тип приладу є критичним фактором точності: магнітні компаси демонструють середню похибку близько $1,5^\circ$, тоді як волоконно-оптичні та супутникові компаси забезпечують вищу стабільність показань.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Попри наявність широкого спектра досліджень, більшість із них стосуються високоточних приладів або навігаційних систем, тоді як польові компаси, що активно використовуються туристами, військовими та геологами, залишаються дослідженими недостатньо. Особливо бракує порівняльних експериментів між різними типами аналогових компасів за участю кількох спостерігачів, що дозволили б кількісно оцінити внесок людського фактора в загальну похибку. Також недостатньо вивчено вплив досвіду користувача та конструктивних особливостей компаса (довжина магнітної стрілки, наявність мікрометричного гвинта, форма шкали) на середньоквадратичну помилку наведення. Таким чином, залишається актуальною проблема експериментальної оцінки точності аналогових компасів різних типів за участю непрофесійних спостерігачів у реальних польових умовах.

Мета дослідження. У цьому дослідженні розглядається точність визначення напрямку на північ за допомогою різних магнітних компасів та вплив досвіду користувача на результати вимірювань.

Виклад основного матеріалу. У першій частині експерименту дослідження виконували 7 спостерігачів за допомогою теодолітів 4Т30 і різних видів компасів. В експерименті використовували: одну теодолітну бусоль, яка є в комплекті з теодолітом, дві геодезичні бусолі, два польових компаси китайського виробництва, один компас українського виробництва та один планшетний компас. Перед початком експерименту всі прилади були перевірені на намагніченість та справність. Після виконання перевірок декількох геодезичних бусолей були відібрані ті прилади, де виконувались усі умови перевірок [9]. Учасники експерименту виконували спостереження, дотримуючись певних правил. Передусім вони уникали локальних магнітних аномалій. Мобільні телефони та металеві предмети тримали на кілька метрів від теодоліта. Компас утримували у горизонтальному положенні та чекали стабілізації стрілки перед відлічуванням. Досліджуваний прилад (компас чи бусоль) закріплювався на вертикальному крузі (у випадку теодолітної бусолі) або на зоровій трубі, встановленій горизонтально (відлік вертикального круга дорівнював $0^\circ 00'$). Після приведення теодоліта в робочий стан спостерігачі наводили стрілку компасу на північ, чекали 20–30 секунд для стабілізації, після чого відлічували горизонтальний круг теодоліта. Кожен учасник виконав по 30 наведень на кожному приладі, фіксуючи результати в журнал.

Польові вимірювання були перенесені в Excel для розрахунку середніх значень і середньоквадратичних похибок (СКП) для перших трьох, п'яти, десяти та тридцяти вимірювань ($m(3)$, $m(5)$, $m(10)$, $m(30)$) відповідно. Середні вагові значення (mwa) були обчислені для кожного набору СКП. За ваги приймали кількість вимірів, які враховували в процесі обчислень для кожної групи відліків. Графіки на рис. 1 ілюструють розподіл СКП для кожної групи вимірювань та їх середньовагове для всіх типів досліджених компасів та для всіх учасників експерименту. Значення подані в радіанах (вертикальна вісь).

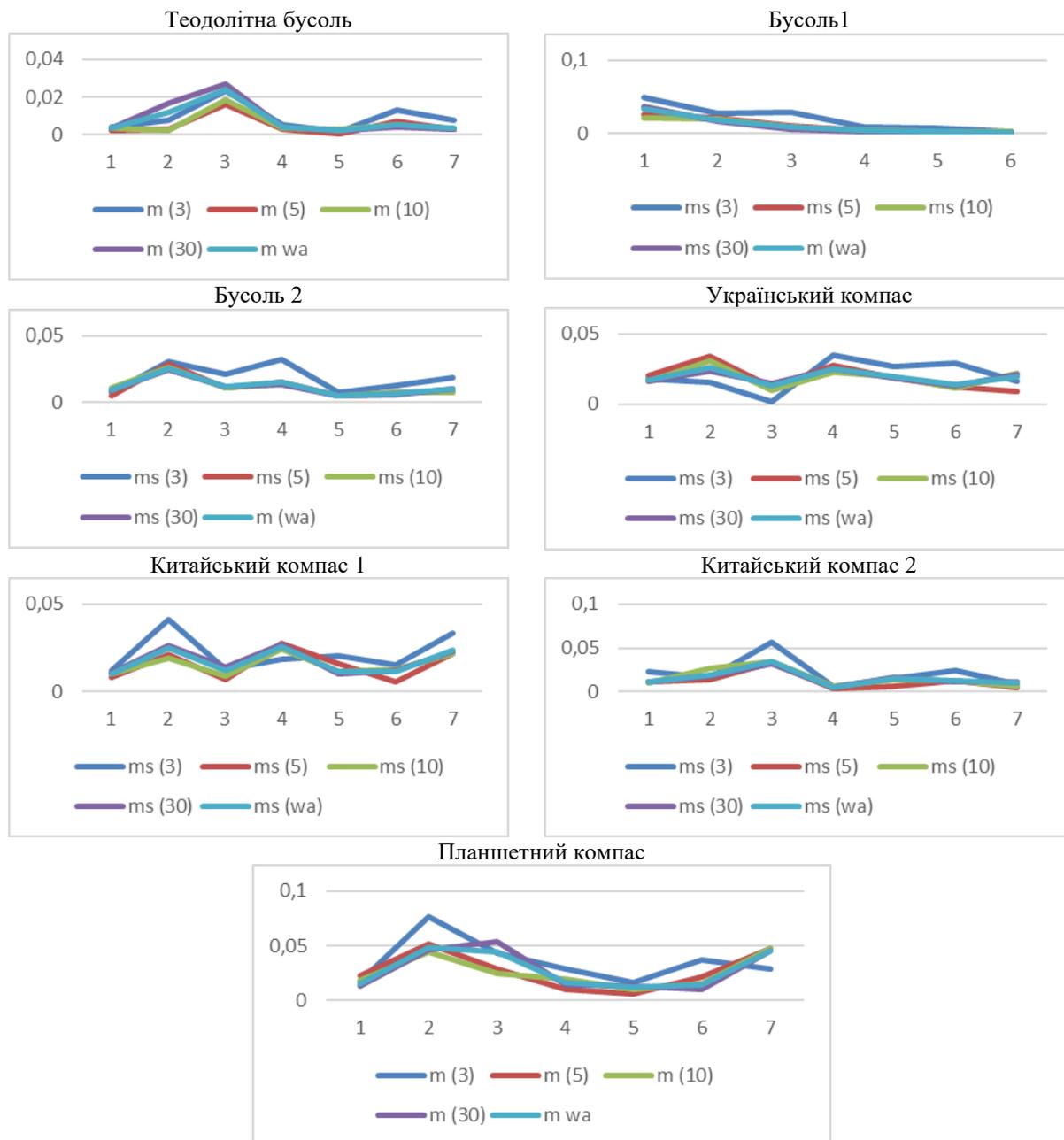


Рис. 1. Розподіл середньоквадратичних похибок кожної групи вимірів і їх середнього вагового
Джерело: розроблено авторами.

У табл. 1 наведено статистичні параметри та похибки результатів спостережень для різних видів досліджуваних приладів. Аналіз включав визначення максимальних (max) і мінімальних (min) значень для кожного приладу та їх усередненого значення (mean), максимальні відхилення від середнього (Δmax), усереднені значення СКП для кожного

приладу (*m*). Оскільки була виявлена значна розбіжність між індивідуальними похибками спостерігачів, тобто максимальними і мінімальними значеннями похибок для кожного приладу, додатково було проведено порівняння отриманих похибок з граничними величинами. Для теоретичних розрахунків граничну похибку $\Delta_{гран}$ зазвичай визначають як потрійну СКП, тобто $\Delta_{гран} = 3m$, на практиці, враховуючи обмежену кількість вимірювань, приймають подвійне значення СКП $\Delta_{гран} = 2m$ [10]. Ці граничні значення були обчислені та наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Статистичні параметри спостережень для різних типів компасів з тридцяти вимірів

	Бусоль теодолітна	Бусоль 1	Бусоль 2	Український компас	Китайський компас 1	Китайський компас 2	Планшетний компас
min	0° 17' 22"	0° 05' 08"	0° 07' 49"	0° 44' 08"	0° 35' 27"	0° 17' 15"	0° 40' 33"
max	1° 27' 32"	1° 53' 12"	1° 22' 49"	1° 28' 08"	1° 28' 34"	1° 57' 56"	2° 47' 39"
mean	0° 40' 30"	0° 38' 11"	0° 26' 56"	1° 05' 33"	0° 58' 55"	0° 52' 03"	1° 36' 15"
Δ_{max}	0° 47' 03"	1° 15' 01"	0° 55' 53"	0° 22' 35"	0° 29' 39"	1° 05' 47"	1° 11' 24"
<i>m</i>	0° 23' 38"	0° 42' 15"	0° 27' 03"	0° 17' 39"	0° 24' 46"	0° 32' 31"	0° 58' 25"
<i>2m</i>	0° 47' 16"	1° 24' 30"	0° 54' 06"	0° 35' 18"	0° 49' 32"	1° 05' 03"	1° 56' 51"
<i>3m</i>	1° 10' 54"	2° 06' 45"	1° 21' 09"	0° 52' 56"	1° 14' 18"	1° 37' 34"	2° 55' 16"

Джерело: розроблено авторами.

Графік на рис. 2 ілюструє розподіл величин середньовагових похибок наведення стрілки компаса чи бусолі на північ для кожного спостерігача на всіх випробуваних приладах. А графіки на рис. 3 демонструють розподіл похибок у визначенні напрямку на північ для різних типів компасів залежно від кількості спостережень. Значення на графіках подані в градусах.

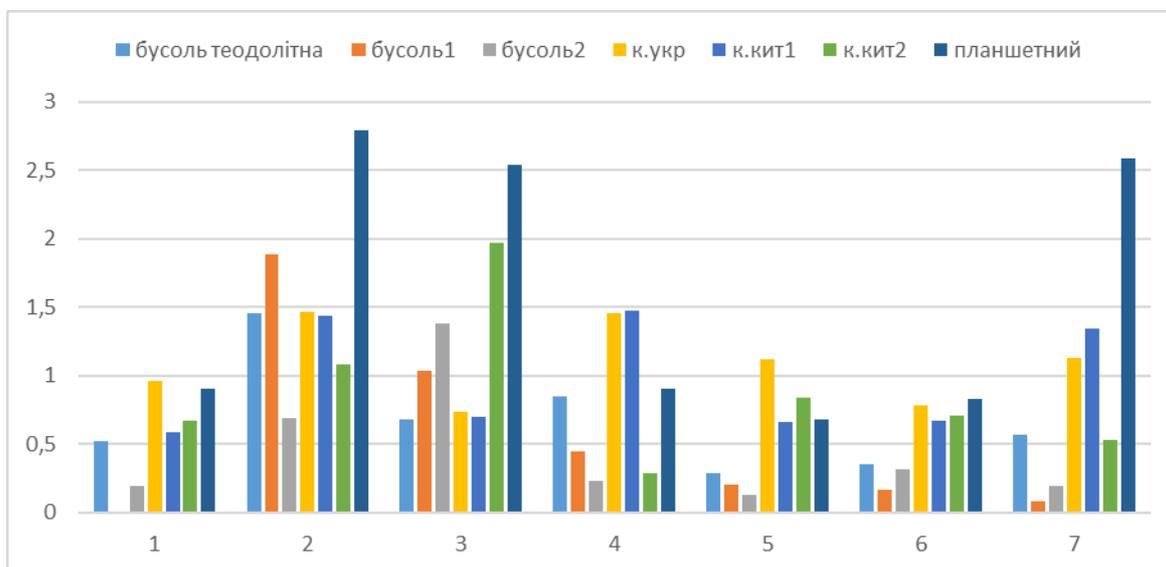


Рис. 2. Розподіл похибок у визначенні напрямку на північ для кожного спостерігача
Джерело: розроблено авторами.

Найменш точним виявився планшетний компас: через недоліки конструкції (коротка магнітна стрілка, відсутність фіксації корпусу, слабе демпфування, незручність відліку) він забезпечував значно гіршу точність. Середня похибка наведення для цього приладу склала близько 1°36', що більше, ніж у інших компасів, а максимальне індивідуальне відхилення сягало 2°47'39". Польові компаси — український та два китайські — показали прийнятні результати з погляду польової орієнтації. Їх середні похибки наведення магнітної стрілки на північ коливалися в межах від 0°52' (китайський компас 2)

до 1°05,5' (український компас), що дещо гірше порівняно з геодезичними компасами (бусолями), але залишається в допустимих межах для практичного використання. В одного зі спостерігачів при використанні китайського компаса 2 максимальне індивідуальне відхилення сягало 1°57'56". Це свідчить про вплив не лише конструкції приладу, але й індивідуального досвіду та навичок користувача.

На основі додатково проведеного статистичного аналізу було встановлено, що максимальні значення похибок, які були одержані спостерігачем № 2 для бусолі 1 і спостерігачем № 3 для бусолі 2, суттєво впливають на середнє значення похибки наведення стрілки компаса на північ, але максимальні їхні відхилення від середнього значення не перевищує граничні похибки для теоретичних розрахунків (3m). Максимальні значення відхилень від середніх похибок для бусолі 2 і китайського компаса 2 перевищують подвійне значення стандартного відхилення всього в межах 1'.

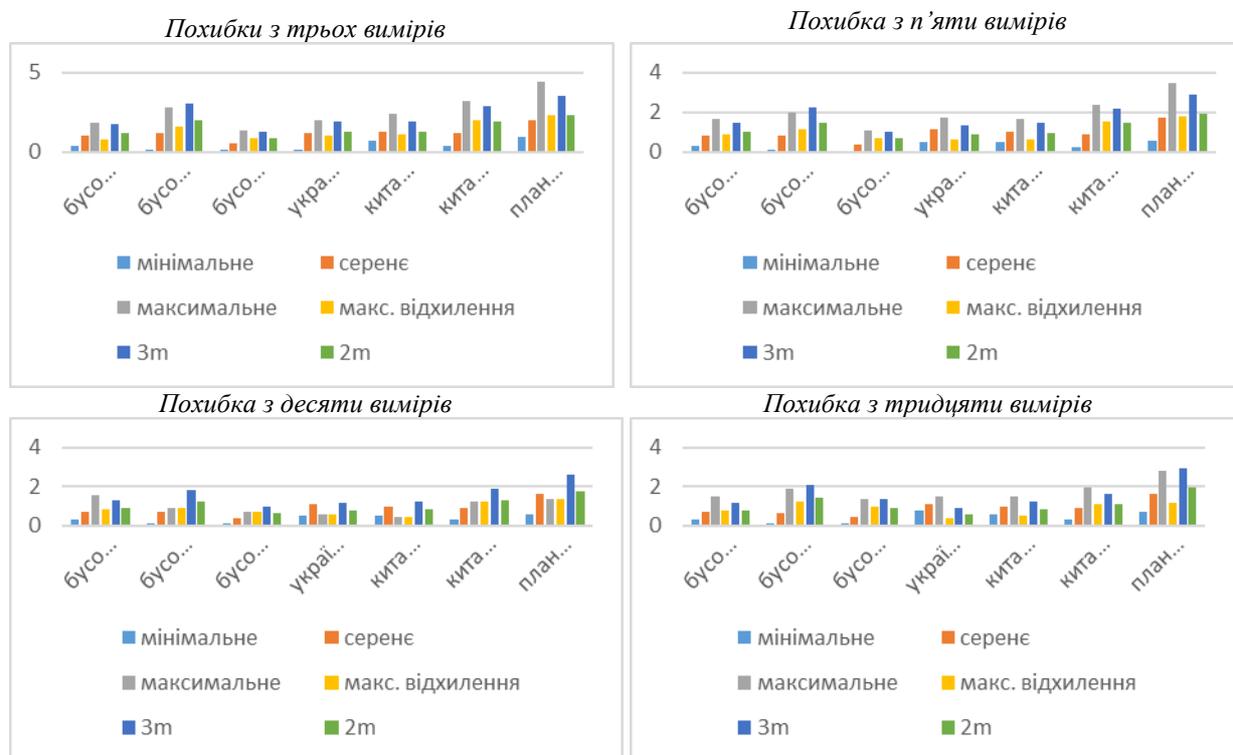


Рис. 3. Розподіл похибок у визначенні напрямку на північ для різних типів компасів залежно від кількості спостережень

Джерело: розроблено авторами.

Застосування більшої кількості вимірювань (до 30) дозволило звужити довірчі інтервали оцінок і чітко виявити різницю в точності між типами компасів. Результати узгоджуються з дослідженнями точності компасів, проведеними іншими авторами. Зокрема, в роботі [5] вказано, що типова середня похибка ручного компаса під час польових спостережень становить 1–2°, тоді як у геодезичних компасів похибка рідко перевищує 0,5°. Отримані в цьому дослідженні значення повністю відповідають цим межах, що підтверджує достовірність отриманих результатів і правильність експериментальної методики.

Щодо приладової точності компасів слід зазначити, що геометрія та маса магнітної стрілки впливають на стабільність її вказування. Наприклад, довша або масивніша стрілка має більший момент інерції, через що повільніше коливається і довше заспокоюється, але менше піддається дрібним збуренням. Водночас легка стрілка швидше встановлюється на північ, але може бути більш чутливою під час руху.

Друга частина експерименту була спрямована на дослідження точності суміщення стрілки компаса з нульовим штрихом досвідченим спостерігачем, а також на оцінку точності визначення напрямку на північ за допомогою однотипних приладів шляхом фіксації відліків горизонтального круга під час кожного наведення.

Для дослідження було відібрано ще п'ять теодолітних бусолей. Теодолітну бусоль, використану в першій частині експерименту, позначили як Бусоль 0. Усі шість теодолітних бусолей по чергово встановлювали на той самий теодоліт і відлічували горизонтальний круг під час наведення магнітної стрілки на північ. Під час вимірювань положення лімба та самого теодоліта залишались незмінними.

Оцінку точності результатів спостережень наведено в табл. 2, де *асер (3)*, *асер (5)* *асер (10)* *асер (30)* - усереднені значення відліків горизонтального круга відповідно з трьох, п'яти, десяти і тридцяти вимірів; *асер ваг* – середньо вагове значення відліку для кожної бусолі під час суміщення магнітної стрілки бусолі з нульовим діленням шкали; похибка δ , тобто відхилення середньо вагового значення для кожної бусолі від загального середнього відліку на північ для шести бусолей і *ms* – СКП визначення напрямку на північ.

Як видно з табл. 2, для всіх бусолей значення скп знаходяться в діапазоні від 7 ϵ до 14', а їх середнє значення становить 9,5', що приблизно у 4 рази краще за результати спостережень, виконаних спостерігачами-аматорами. Максимальна різниця між відліками на північ для різних бусолей становить 1° 17', а максимальне відхилення від середнього значення - 42'. Отже, хоча точність суміщення стрілки бусолі з нульовою поділкою в цій частині експерименту істотно перевищує результати спостережень аматорів, через наявні розбіжності між показами різних бусолей похибка визначення напрямку на північ становила 34', що відрізняється від попереднього результату 40,5' всього на 6,5'.

Таблиця 2 – Статистичні параметри спостережень для теодолітних бусолей

	Бусоль 0	Бусоль 1	Бусоль 2	Бусоль 3	Бусоль 4	Бусоль 5
<i>асер (3)</i>	87° 43' 20"	87° 44' 40"	86° 35' 50"	86° 32' 00"	87° 26' 40"	87° 41' 20"
<i>асер (5)</i>	87° 48' 00"	87° 40' 18"	86° 34' 36"	86° 31' 48"	87° 25' 24"	87° 43' 36"
<i>асер (10)</i>	87° 45' 00"	87° 36' 03"	86° 39' 42"	86° 29' 48"	87° 31' 09"	87° 41' 00"
<i>асер (30)</i>	87° 44' 26"	87° 36' 28"	86° 37' 21"	86° 26' 06"	87° 28' 40"	87° 37' 06"
<i>асер ваг</i>	87° 44' 51"	87° 37' 17"	86° 37' 27"	86° 27' 50"	87° 28' 43"	87° 38' 51"
δ	0° 29' 01"	0° 21' 27"	-1° 21' 37"	-1° 12' 00"	0° 12' 53"	0° 23' 01"
<i>ms</i>	0° 09' 38"	0° 06' 47"	0° 13' 43"	0° 07' 46"	0° 09' 16"	0° 08' 35"

Джерело: розроблено авторами.

Висновки. Найнижча точність спостерігалася у планшетного компаса, що зумовлено його конструктивними особливостями: коротка стрілка, повільна стабілізація та складність наведення на північ. У чотирьох спостерігачів похибка коливається в межах 40-55'. Водночас у трьох інших перевищує 2°. У середньому точність наведення стрілки планшетного компаса складає 1,5°. Середня точність визначення напрямку на північ у досліджуваних польових компасах українського і китайського виробництва становить близько 1°. Геодезичні бусолі продемонстрували найвищу точність, що пояснюється їхньою конструкцією: удвічі, а подекуди втричі довша стрілка порівняно з компасами та можливість точнішого суміщення її з нульовою поділкою за допомогою навідного гвинта теодоліта. Одержана в результаті осереднення середніх вагових всіх спостерігачів-аматорів точність наведення стрілки теодолітної бусолі становила 40' і мензульних 27'-38'. Для всіх досліджуваних приладів СКП результатів вимірювань не перевищують 1°. Найбільші величини СКП спостерігаються для бусолі 1 і планшетно-

го компаса - 50' і 58' відповідно. На їх значення вплинули максимальні похибки спостерігача № 2. Для решти приладів стандартне відхилення становить 25'.

Досвідчений спостерігач здатний забезпечити значно вищу точність суміщення стрілки бусолі з нульовим штрихом шкали. У даному експерименті середня СКП становить 9,5', що у чотири рази краще за результати спостерігачів-аматорів. Через помітні розбіжності між значеннями відліків горизонтального круга під час суміщення стрілки бусолей з нульовим діленням шкали похибка визначення напрямку на північ теодолітними бусолями склала 34', що несуттєво відрізняється від результату недосвідчених спостерігачів. Причиною такого результату є приладові похибки, такі як: неточне встановлення шкали бусолі та ексцентриситет, тобто не збігання осі обертання магнітної стрілки з центром бусольного кільця.

У більшості випадків максимальні значення СКП отримано при обчисленні похибки за результатами перших трьох вимірів. Але був виняток. У спостерігача № 3 при дослідженні бусолі 2 і планшетного компаса на початку вимірювань відліки горизонтального круга були на декілька градусів менші ніж у другій половині вимірювань і відповідно максимальне значення СКП було отримане з 30 вимірів.

Високі розбіжності в результатах трьох спостерігачів (№ 2, 3 і 7) можуть свідчити про порушення методики або недостатній досвід роботи з компасами. Також може впливати на результати вимірювань особиста похибка суміщення стрілки магнітного приладу з нульовою поділкою (напрямо на північ) цих спостерігачів. У спостерігача №2 різниця максимального і мінімального значень відліків при наведенні на північ двічі перевищила 9°, у спостерігача № 3 - двічі перевищила 6°, у спостерігача № 7 - один раз перевищила 8° при роботі з планшетним компасом. Стабільні та високі результати були отримані двома спостерігачами № 1 і 6. У спостерігача № 1 максимальна розбіжність між результатами спостережень становила 3° 25' під час вимірювань українським компасом, у спостерігача № 6 - 3° 05' під час вимірювань планшетним компасом. Ще двоє учасників експерименту показали середні результати (№ 4 і 5).

Отримані дані підтверджують, що якість приладу та досвід користувача є ключовими чинниками точності. Геодезичні бусолі завдяки довшій стрілці, демпфуванню та зручності відліку забезпечують кращу повторюваність. Натомість прості польові та планшетні компаси схильні до більших похибок через обмежену стабільність та складність зчитування. Методика 30-кратного повторення дозволила виявити систематичні та випадкові похибки, і підтвердила, що навіть незначне недотримання техніки наведення або відлічування може призвести до значних відхилень.

Практична цінність полягає у можливості орієнтованого вибору типу компаса залежно від вимог до точності: орієнтування на місцевості (туризм, рибалка) допускає використання польових і планшетних компасів, тоді як геодезичні чи військові задачі потребують стабільніших приладів. Отже, результати доцільно враховувати при навчанні, стандартизації вимог до точності та виборі обладнання для польових досліджень.

Список використаних джерел

1. Johnson, L. (2013). *The Global Positioning System (Military Uses)*. У *Sky Alert!* (pp. 55–58). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1830-6_6.
2. Sarjakoski, T., Kovanen, J., & Sarjakoski, L. T. (2012). Map-based LBSs for hiking: A review of requirements, existing solutions, and future trends (pp. 297–321). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-1827-5.ch011>.
3. Von Bitter, P. (1995). The Brunton Pocket Transit: A one hundred year old North American invention. *Earth Sciences History*, 14(1), 98–102. <https://doi.org/10.17704/eshi.14.1.9p17178502jm5615>.

4. Перій С., Тартачинська З., & Пилип'як Р. (2025) Визначення магнітного схилення геодезичним методом. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції GEOFORUM'2025* (с.68-70). Львів-Брюховичі, Україна. https://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2025/04/ТЕЗИ_ГЕОФОРУМ.
5. Felski, A. (1999). Application of the least squares method for determining magnetic compass deviation. *Journal of Navigation*, 52(3), 388–393. <https://doi.org/10.1017/S0373463399008528>.
6. Wang, J. (2021). Application of horizontal rotation calibration algorithm for magnetic compass in UAV. У *Advances in guidance, navigation and control* (Vol. 644, pp. 825–837). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8155-7_69.
7. Pham, V. T., Nguyen, D. C., Tran, Q. H., Chu, D. T., & Tran, D. T. (2015). Thermal Stability of Magnetic Compass Sensor for High Accuracy Positioning Applications. *Sensors & Transducers*, 195(12):1. <https://www.researchgate.net/publication/291348048>.
8. Jaskólski, K., Felski, A., & Piskur, P. (2019). The compass error comparison of an onboard standard gyrocompass, fiber-optic gyrocompass (FOG) and satellite compass. *Sensors*, 19(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s19081942>.
9. Літинський, В. О., Ващенко В. І., & Перій, С. С. (2012). *Геодезичні прилади в топографії. Частина перша*. Львів: Євросвіт.
10. Островський, А. Л., Мороз, О. І., Тартачинська, З. Р., & Гарасимчук, І. Ф. (2011). *Геодезія. Частина перша. Топографія*. Видавництво Львівської політехніки.

References

1. J Johnson, L. (2013). *The Global Positioning System (Military Uses)*. У *Sky Alert!* (pp. 55–58). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1830-6_6.
2. Sarjakoski, T., Kovanen, J., & Sarjakoski, L. T. (2012). Map-based LBSs for hiking: A review of requirements, existing solutions, and future trends (pp. 297–321). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-1827-5.ch011>.
3. Von Bitter, P. (1995). The Brunton Pocket Transit: A one hundred year old North American invention. *Earth Sciences History*, 14(1), 98–102. <https://doi.org/10.17704/eshi.14.1.9p17178502jm5615>.
4. Перій С., Тартачинська З., & Пилип'як Р. (2025) Визначення магнітного схилення геодезичним методом. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції GEOFORUM'2025* (с.68-70). Львів-Брюховичі, Україна. https://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2025/04/ТЕЗИ_ГЕОФОРУМ.
5. Felski, A. (1999). Application of the least squares method for determining magnetic compass deviation. *Journal of Navigation*, 52(3), 388–393. <https://doi.org/10.1017/S0373463399008528>.
6. Wang, J. (2021). Application of horizontal rotation calibration algorithm for magnetic compass in UAV. У *Advances in guidance, navigation and control* (Vol. 644, pp. 825–837). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8155-7_69.
7. Pham, V. T., Nguyen, D. C., Tran, Q. H., Chu, D. T., & Tran, D. T. (2015). Thermal Stability of Magnetic Compass Sensor for High Accuracy Positioning Applications. *Sensors & Transducers*, 195(12):1. <https://www.researchgate.net/publication/291348048>.
8. Jaskólski, K., Felski, A., & Piskur, P. (2019). The compass error comparison of an onboard standard gyrocompass, fiber-optic gyrocompass (FOG) and satellite compass. *Sensors*, 19(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s19081942>.
9. Litynskyi, V. O., Vashchenko, V. I., & Perii, S. S. (2012). *Heodezychni prylady v topohrafi. Chastyna persha [Geodetic instruments in topography. Part one]*. Yevrosvit.
10. Ostrovskyi, A. L., Moroz, O. I., Tartachynska, Z. R., & Harasymchuk, I. F. (2011). *Heodeziia. Chastyna persha. Topohrafiia [Geodesy. Part one. Topography]*. Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki.

Дата першого надходження статті до видання: 19.11.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 05.12.2025

Zoryana Tartachynska¹, Roman Pylypyak²

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Geodesy Department,
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)

E-mail: ztartachynska@yahoo.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5704-6128>. **Scopus ID:** [57203115025](https://orcid.org/57203115025)

²Postgraduate Student of the Geodesy Department, Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)

E-mail: romanpylypyak97@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0007-5430-0112>

**ACCURACY OF DETERMINING THE NORTH DIRECTION
FOR DIFFERENT TYPES OF COMPASSES**

The paper presents the results of an experimental study on the accuracy of determining the north direction using various types of magnetic compasses that differed in design, mass, length of the magnetic needle, damping, and manufacturing quality. The main objective of the study was to quantitatively assess the influence of the instruments' structural features and the user's level of training on the root mean square error of aligning the compass needle with the magnetic meridian.

Seven observers without special training took part in the tests; each performed 30 measurements on seven different instruments: a theodolite bussol, two geodetic compasses (bussols), two Chinese field compasses, a Ukrainian field compass, and a tablet compass. The measurements were carried out in real field conditions with strict adherence to the rules for avoiding local magnetic disturbances that could distort the results. To increase the reliability of the calculations, root mean square errors and weighted mean values were determined for series of 3, 5, 10, and 30 observations.

Analysis of the obtained data showed that geodetic compasses provided the highest accuracy — their average errors ranged from 30–40', which is almost twice as accurate as field compasses, whose typical deviations were about 1°. The tablet compass demonstrated the lowest accuracy due to its short needle, high sensitivity to oscillations, and weak damping. Its average error was approximately 1.5°, and the maximum individual error reached 3°, while for other instruments it remained within 1.5–2°. At the same time, the minimum recorded error for the theodolite bussol among amateur observers was 17', whereas for an experienced specialist it decreased to 9.5', clearly demonstrating the importance of user skill in the orientation process.

The results showed a significant influence of the human factor on the accuracy of aligning the compass needle with the zero division of the scale, namely: substantial inter-individual variation was observed, caused by differences in attentiveness, speed of reading fixation, and ability to stabilize the instrument. The study confirmed that the accuracy of determining the north direction depends both on the compass design and on the user's experience. The results may be useful for specialists in tourism, geodesy, military topography, and for preparing recommendations regarding the selection of instruments for work in difficult conditions.

Keywords: magnetic compass; field compass; tablet compass; geodetic compass; determination of north direction; root mean square error.

Fig.: 3. Tab.: 2. Ref.: 10.