

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРОННИХ ТАХЕОМЕТРІВ

Появі електронних тахеометрів передувало створення та удосконалення електронних теодолітів і топографічних світловіддалемірів. Електронний тахеометр (ЕТ) – це вимірювальний прилад, у якому конструктивно об'єднані електронний теодоліт, світловіддалемір і мікропроцесор із прикладним геодезичним, програмним забезпеченням. Мікропроцесор дає змогу зберігати дані вимірів у внутрішній пам'яті і здійснювати обробку й аналіз результатів вимірів безпосередньо в полі.

Останнім часом чітко простежується тенденція розвитку електронних тахеометрів – від “звичайних” приладів до роботизованих станцій. Прилад забезпечується сервоприводами, модулем наведення на візирну ціль і радіокомунікаційним пристроєм. З їхньою допомогою він автоматично наводиться на спостережувану точку, а всі команди оператор подає з пульта дистанційного керування. Оператор забуває про необхідність змінювати фокусування зорової труби при ручному наведенні на точку. Він повністю зосереджений на показах дисплея. Істотно збільшується якість кодування об'єктів під час знімання, що приводить до зниження часу камерального опрацювання.

Сьогодні виробляється і ціла сім'я тахеометрів-автоматів. Це не просто автоматизовані прилади із сервоприводами і пристроями автоматичного наведення на візирну ціль, а свого роду давачі положення об'єкта, які можна використовувати як складений елемент комп'ютеризованої технології. Електронні тахеометри стали запорукою науково-технічного прогресу і все ширше застосовуються в топографогеодезичних роботах, в інженерній геодезії, в геодезичній метрології тощо. Враховуючи велику кількість моделей ЕТ виникла необхідність виконати детальний аналіз їхніх технічних характеристик і функціональних можливостей та розробити класифікацію сучасних електронних тахеометрів.

Ринок геодезичних приладів пропонує велику кількість електронних тахеометрів, які випускають найвідоміші приладобудівні фірми світу, такі, як: Leica Geosystem, Trimble, Sokkia, Topcon, Nikon, Foif, Pentax, Spectra Precision, South та інші (див. рис. 1). Крім того, кожна з фірм намагається урізноманітнити асортиментний ряд новими моделями приладів, додатково доповнюючи їх новими можливостями.

У табл.1 відображено тенденції виробництва моделей вищевказаними фірмами в період 2004–2008 рр.Ці електронні тахеометри забезпечують різноманітні вимоги користувачів щодо точності, швидкодії, можливостей програмного забезпечення тощо. Для вибору потрібного ЕТ необхідно детально розібратися у можливостях приладу. Перевагу надають точності кутових та лінійних вимірів.

- Прецизійні – це такі ЕТ, точність вимірювання кутів яких становить $\leq 1''$, ліній ≤ 1 мм. Їх використовують для високоточних інженерно-геодезичних робіт. Крім цього, їх можна застосовувати в метрології, наприклад, для перевірки ліній взірцевих геодезичних базисів з метою контролю їхньої стабільності. Еталоном у цьому класі є прилад фірми Trimble 5601 DR Standart, що має точність кутових вимірів $0,5''$, а лінійних $0,3$ мм до 1 км. Таким приладом користується Укрметгестстандарт.

- Точні – це ЕТ, точність кутових вимірювання яких коливається в межах від $1'' - 5''$, а лінійних 4 мм на 1 км. Такі прилади доцільно використовувати для різноманітних топографогеодезичних робіт, для створення мережі полігонометрії, землевпорядних та кадастрових робіт. Такими ЕТ є, наприклад, прилад NPL 632 фірми Nikon, SET X1 фірми Sokkia тощо.

- Рутинні – це прилади, точність кутових вимірювань яких може досягати $10''$, а лінійних 5 мм і більше на кілометр. Ці ЕТ використовують для створення знімальної основи, а також застосовують для виконання електронних тахеометричних зйомок різних масштабів. Серед них можна назвати модель Focus 4 фірми Spectra Precision, 326X фірми Pentax тощо.

- Безрефлекторні – це прилади, що працюють без відбивача. Сьогодні ця функція постійно розвивається, а прилади цього класу здатні працювати без застосування відбивача на великих відстанях; такі, як Leica FlexLine, – до 1000 м, а Topcon IS – 1 до 2000 м.

- Універсальні – спеціальний клас ЕТ, наприклад, з інтегрованим GPS-приймачем. Точність кутових і лінійних вимірювань висока. Перша такі прилади почала випускати компанія Leica Geosystem моделі SmartStation 1201+, забезпечує високу точність вимірювання кутів $1''$, ліній $1+1.5$ ррм.

Однією з основних переваг SmartStation є можливість виконувати геодезичні роботи за відсутності розвинутої опорної мережі. Ці прилади доцільно використовувати для визначення меж ділянок, які розташовані на значній віддалі від пунктів опорної мережі, а також для розмічувальних робіт на будівельних майданчиках, де видимість перебивається будівлями, обладнанням та технікою. Реально ЕТ TPS1200 та TPS 1200+ зі встановленим на ньому інтегрованим GPS-приймачем може працювати на відстані до 50 км від базової станції. Крім того, прилад можна розмістити в будь-якому зручному місці, не потрібно прокладати опорних ходів, координати точки стояння визначаються за допомогою RTK (кінематика в реальному часі) з точністю 10 мм + 1 рмм, а унікальна вбудована система моніторингу цілісності даних одразу дає змогу перевіряти всі отримані результати вимірювання. У цьому ЕТ передбачена програма автоматичного пошуку та наведення на візирну ціль (призму), що разом із дистанційним управлінням, яке здійснюється через радіомодем, дає змогу прискорити виконання роботи і зменшити кількість виконавців (оператор з відбивачем може виконувати знімання сам, без

сторонньої допомоги). Залежно від поставлених задач систему Leica SmartStation можна використовувати окремо, як електронний тахеометр, так і GPS-станцію (див. табл. 2).

Таблиця 1

Моделі сучасних електронних тахеометрів

Фірма	Моделі ЕТ
Leica Geosystem	TPS 1201+,1202+,1203+,1205+; TC403,405,407,TCR403,405,407; TC802,803, 805,TCR802,803,805;
Sokkia	SET230(R3T)/330RT(R3T)/530RT(R3T); SETX1/X2/X3/X5; SRX1/X2/X3/X5;
Pentax	R-332NX/323NX/325NX/326NX; W – 822NX/823NX/825NX; V – 227N/228N;
Topcon	GTS-751/753/755/102N/105N/901A/903A; GPT – 3002LN/3003LN/3005LN/7501/7503/ 7505/9001A/9003A/9003M;
Trimble	5601/5602/5603/5605/5503(DR200+); M3/S6(DR300)/S8 High Precision/VX;
Nikon	DTM 362/352/332/522/652; NPL 362/352/332/632;
South	NTS322/325/352R+/355R+/ 352/355/662/665;
Spectra Precision	Focus4/5/10;
FOIF	RTS 705, OTS 600;
Stonex	STS2R, STS5R, STS – 02R;

Таблиця 2

Класифікація сучасних ЕТ за точністю та дальністю вимірювання з відбивачем та без відбивача
Ще один параметр, який характеризує сучасні ЕТ, – це реєстрація даних вимірювань. Переважно прилади

Марка	Leica FlexLine TS09	Nikon NPL 632	Sokkia SRX1	Pentax W822NX	South NTS-662	Topcon IS -1	Trimble S8
Вимірювання ліній (mm+ppm) з призмою	1+1.5	3+2	1,5+2	2+2	2+2	2+2	1+1
без призми	1+1.5	3+2	3+2	5+2,5	5+3	2+2	3+2
Вимірювання віддалі, м: на 1 призму;	3500	5000	5000	4500	1800	4000	3000
на 3 призми	5400	5000	6000	5600	2600	5300	5000
Дальність роботи приладу без відбивача, м	1000	210	500	270	180	2000	800

можуть реєструвати від 10 до 32 тис. символів, крім того, майже всі вони забезпечені картками пам'яті від 32–256 МВ (див. табл. 3). Передавання інформації від джерела до приладу і навпаки здійснюється за допомогою різних портів вводу/виводу: починаючи від стандартного USB та порту RS-232, закінчуючи сучасними технологіями Bluetooth та Wi-Fi (безпроводні технології).

Таблиця 3

Реєстрація даних сучасними ЕТ та можливості передавання інформації
Електронні тахеометри переважно комплектують акумуляторами, які, як правило, забезпечують безперервне

Марка	Leica TDM 5005	Nikon NPL-632	Sokkia SRX1	Pentax 822NX	South NTS-662	Topcon GTS-751	Trimble S8
Реєстрація даних в симв. МВ	36000	10000	64MB	128MB	16MB (40000)	64MB	64MB, 256MB
Порти вводу/виводу	RS-232	RS –232, USB	RS-232, USB, Bluetooth	RS-232, USB	RS -232	RS-232, USB	RS –232, USB, Bluetooth

вимірювання кутів та ліній впродовж 10 годин. Фірми-виробники приділяють велику увагу температурним показникам роботи приладів, їхній пило- та водостійкості та їхній масі. Маса сучасних ЕТ – у межах 6–9 кг (див. Табл. 4).

Технічні параметри сучасних ЕТ (час роботи, маса, робоча температура)

Марка	Leica TDM 5005	Nikon NPL-632	Sokkia SRX1	Pentax 822NX	South NTS-662	Topcon GTS-75	Trimble S8
Час роботи, год	5,5	6	9,5	8	8	12	11
Робоча Температура, градуси С	від -20 до +50	від -20 до +50	від -20 до +50	від -20 до +50	від -20 до +50	від -20 до +50	від -20 до +50
Маса, кг	8,7	5,1	6,5	6,3	6	6,1	5,2

Гарантія на прилади надається всіма фірмами – виробниками або їхніми дистриб'юторами і становить 1–4 роки. Окремо надається гарантія на оптику – до шести років (див. табл. 5). Найбільші гарантії на продукцію дають фірми Nikon та Sokkia – 48 та 36 міс. відповідно. Проте, які б гарантії не надавали ці фірми, лідером на ринку за якістю та надійністю продукції була і залишається швейцарська фірма Leica GeoSystem. ЕТ її виробництва застосовуються у всіх сферах геодезії, в будівництві, інженерній справі тощо. Щодо вартості ЕТ, то вона переважно формується за рахунок класу точності кутових вимірів та за функціональними можливостями приладу та самого програмного забезпечення. Вартість різних моделей ЕТ становить від 7 до 50 тис. \$.

Гарантійний термін та ціни на деякі моделі ЕТ

Марка	Leica TDM 5005	Nikon NPL-632	Sokkia SRX1	Pentax 822NX	South NTS-662	Topcon GTS-75	Trimble S8
Гарантія, місяці	24	48	36	24	24	24	24
Ціна, долари США	від 42 тис.	від 16 тис.	від 30 тис.	від 14 тис.	від 7 тис.	від 15 тис.	від 25 тис.

Особливим попитом електронні тахеометри користуються в інженерній геодезії. Наприклад, ЕТ фірми Leica (моделі Leica TCR 405power та Leica TCR802power). Вбудоване програмне забезпечення і набір прикладних програм дають змогу прискорити та полегшити роботу. Програма “Виносу відносно ліній та дуг” уможливорює винесення або перевірку положення точок щодо заданих ліній та дуг. Елементи точки, що виносяться, обчислюються за допомогою перпендикуляра відносно вибраної базової лінії або дуги. Базова лінія може бути зміщена паралельно або повернута залежно від вимог розмічування. Програма “Обернена засічка” дає змогу встановити інструмент в будь-якому місці та визначити координати точки стояння, висотну відмітку та орієнтування горизонтального круга. Програма “Положення недоступної точки” (наприклад, така, що розміщена під мостом) дає змогу визначати цю точку за допомогою результатів вимірювань допоміжної точки, що розміщена під тією, яка визначається, з подальшим візуванням на визначувану точку. Функція “Визначення прихованої точки” дає змогу визначити координати точки, яка перекрита будівлями або технікою, за допомогою спеціальної віхи, на кінцях якої розміщені відбивачі. Під час вимірювань віха розташовується під будь-яким кутом, а програма здійснює виміри прихованої точки так, ніби вимірювання здійснюється прямим візуванням на неї. Крім того, у цих електронних тахеометрах є програми: “Шляховик”, що дає змогу виконувати розмічування і контроль положення траси при будівництві доріг та інших криволінійних об'єктів, а також опція. “Координатна геометрія”, що охоплює низку функцій: пряму та обернену геодезичну задачу, трасування, різноманітні комбінації перетинів (азимут – азимут, відстань – відстань, по 4 точках) визначення ортогональних та подовжніх відступів. Координати обчислених точок можуть бути відразу винесені в натуру