

**І.С. Тревого\*, Є.Ю. Льків, Д.В. Кухтар**

\*Національний університет “Львівська політехніка”,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ПЛІВКОВИХ ВІДБИВАЧІВ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД**

© Тревого І.С., Льків Є.Ю., Кухтар Д.В., 2013

*Приведены результаты исследований средней квадратичной погрешности измерения расстояния при повороте плоскости пленочного отражателя в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Полученные данные могут быть использованы при проектировании сетей наблюдений за деформациями инженерных объектов с применением электронных тахеометров.*

*The results of investigations rms error in measuring distance when turning film plane reflector in the horizontal and vertical planes. These data can be used for designing networks observing deformations engineering facilities using total stations.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні в інженерній геодезії все частіше використовуються електронні тахеометри. Можливість вимірювання віддалей до плівкових відбивачів значно розширює горизонти застосування тахеометрів [8]. Самоклеїні плівкові відбивачі (ПВ) широко використовуються для монтажу обладнання, проведення виконавчих знімачів та спостережень за деформаціями інженерних об'єктів [1,7]. Також неможливо обійтися без ПВ для створення просторової знімальної мережі в умовах густої забудови або промислового майданчика (у цехах, ангарах, депо і т.д.). Використання ПВ у важкодоступних місцях вимагає наведення під гострими кутами до їх площини. При цьому виникає запитання щодо достовірності та точності визначення віддалі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми.** У сучасній нормативній документації немає жодних згадок про плівкові відбивачі. Навчальна геодезична література обмежується лише даними про точність визначення віддалей до ПВ на основі технічних характеристик відповідних приладів. Проаналізовано наукові праці [2, 3], в яких наведено дані експериментів з визначення залежності систематичної похибки віддалі від кута повороту ПВ. Зацікавленість авторів [2] цією проблемою виникла в зв'язку з виробничим завданням: закріплення опорних пунктів деформаційної мережі плівковими відбивачами. У працях [4–6] наведено методики досліджень безрефлекторного режиму електронного тахеометра при наведенні на марки під різними кутами.

**Невирішені частини загальної проблеми.** На думку авторів, описана проблема потребує подальшого дослідження зі зміною умов проведення експерименту. Річ у тім, що у вищевказаних публікаціях дослідження виконували за розвороту відбивача лише у горизонтальній площині. Необхідність наведення на ПВ під різними зенітними кутами потребує досліджень за розвороту відбивача і в горизонтальній, і у вертикальній площинах.

**Постановка завдання.** Дослідити, як змінюється похибка визначення віддалі за розвороту плівкового відбивача в горизонтальній і вертикальній площинах. Встановити граничний кут повороту відбивача при різних довжинах візирного променя.

**Викладення основного матеріалу.** Для розв'язання поставленої задачі був проведений експеримент у лабораторних умовах. Дослідження проводили за допомогою плівкового відбивача фірми Sokkia розміром 40×40 мм, закріпленого на спеціально виготовленій пластині, що кріпиться до зорової труби теодоліта 2Т30 замість коліimatorного візиру. Для виконання вимірювань віддалі використовували електронний тахеометр Sokkia SET 530RK. Положення відбивача відносно падаючого променя тахеометра встановлювали шляхом зміни відліку на горизонтальному і вертикальному кругах теодоліта.

Згідно з паспортними даними приладу, номінальна похибка вимірювання віддалі електронним тахеометром Sokkia 530RK при наведенні на ПВ становить  $\pm(3\text{мм}+2\cdot 10^{-6}D)$ . Ця величина слугуватиме критерієм оцінювання адекватності визначення віддалі до ПВ під гострим кутом до його площини.

Експериментальне дослідження виконували за такою методикою. Було проведено чотири серії досліджень: на віддалі 25 м, 50 м, 75 м, 100 м. Перед початком кожної серії площину плівкового відбивача встановлювали перпендикулярно до лінії візування (кут повороту відбивача в горизонтальній і вертикальній площинах становить 0°). Поворот плівкового відбивача виконували в горизонтальній площині за годинниковою стрілкою з кроком – 15°. Поворот у заданому напрямку закінчувався за неспроможності приладу виконати чергове вимірювання. На кожній установці виконували 15 прийомів вимірювання віддалі. Зазначений порядок установок повторювали за нахилу площини відбивача у вертикальній площині на 0°, 10°, 25°, 45°.

Точність визначення віддалі оцінено за формулою Бесселя:

$$m_s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}},$$

де  $v$  – різниця між вимірним значенням віддалі та його середнім значенням з прийому;  $n=15$  – кількість вимірів.

Результати обчислень середніх квадратичних похибок вимірювання віддалі до плівкового відбивача при його повороті до лінії візування наведено в таблиці.

Таблиця 1

**Середні квадратичні похибки вимірювання віддалі при наведенні на плівковий відбивач (мм)**

Віддалі, м	Поворот відбивача у вертикальній площині	Поворот відбивача в горизонтальній площині					
		0°	15°	30°	45°	60°	75°
25		0°	15°	30°	45°	60°	75°
	0°	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
	10°	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	–
	25°	0,6	0,6	0,4	0,6	0,5	–
	45°	0,5	0,4	0,5	0,6	–	–
50		0°	15°	30°	45°	60°	75°
	0°	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7
	10°	0,6	0,7	0,5	0,5	1,1	–
	25°	0,5	0,5	0,5	0,7	1,1	–
	45°	0,4	0,7	0,6	0,8	0,6	–
75		0°	15°	30°	45°	60°	75°
	0°	0,5	0,4	0,6	0,6	0,9	–
	10°	0,3	0,5	0,6	0,7	1,1	–
	25°	0,3	1,0	0,6	0,5	1,1	–
	45°	1,38	0,5	0,7	1,1	–	–
100		0°	15°	30°	45°	60°	75°
	0°	0,9	0,8	0,6	0,7	–	–
	10°	0,5	0,5	0,7	0,6	–	–
	25°	0,4	0,6	0,6	1,3	–	–
	45°	0,7	0,5	1,5	–	–	–

З таблиці бачимо, що в більшості випадків середня квадратична похибка вимірювання віддалі не перевищує 1 мм. Лише в окремих випадках вона досягає 1,5 мм. Табличне представлення результатів досліджень дає змогу визначити граничні кути між лінією візування та площиною плівкового відбивача для різних віддалей.

### Висновки

1. За результатами досліджень встановлено, що середня квадратична похибка визначення віддалі мало залежить від кута повороту плівкового відбивача. Для віддалей до 100 м вона не перевищує 1,5 мм.

2. Отримані значення середніх квадратичних похибок не перевищують допустимої точності вимірювання віддалі, встановленої паспортом приладу.

3. Отримані результати досліджень можна використати при створенні просторових мереж з використанням деформаційних знаків, які закріплюються плівковими відбивачами.

1. Войтенко С.П. Геодезичне забезпечення влаштування покрівлі НСК “Олімпійський” / С.П. Войтенко, Р.В. Шульц // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2010. – № 1 (19). – С. 185–192. 2. Кузнецов А.И. Определение зависимости систематической погрешности измерения расстояний от угла раз ворота пленочного отражателя / А.И. Кузнецов, С.А. Моисеенко, М.С. Савин // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2011. – № 3 (17). 3. Ламбин В.Н. Исследование особенностей измерения расстояний при наблюдениях на пленочные отражатели / В.Н. Ламбин // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2011. – № 2 (22). – С. 119–123. 4. Назаров И.А. Разработка и исследование современных технологий геодезических обмерных работ при воссоздании живописного облика храма Христа Спасителя: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 25.00.32 – “Геодезия” / И.А. Назаров. – М., 2007. – 23 с. 5. Тарасенко М.І. Методика визначення технічних параметрів електронних тахеометрів при роботі у безвідбивачевому режимі / М.І. Тарасенко, А.Г. Тищенко // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2009. – Вип. 72. – С. 54–61. 6. Тревого І.С. Особливості визначення просторового положення надземних переходів магістральних газопроводів з використанням електронного тахеометра у безрефлекторному режимі / І. Тревого, Є. Ільків, Д. Кухтар // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2011. – № 2 (22). – С. 124–128. 7. Шульц Р.В. Инженерно-геодезическое обеспечение строительства стадиона в г. Львове / Р.В. Шульц, Н.В. Белоус, В.Я. Ковтун, В.А. Игнатенко // Геопроби. – 2012. – № 5. – С. 22–25. 8. Höglund R. Direct Reflex EDM Technology for the Surveyor and Civil Engineer / R. Höglund, P. Large. – Trimble Integrated Surveying Group, Westminster, Colorado, USA.