

Как видим, различные расчеты по карте, в том числе расчеты с использованием цифровых моделей рельефа, являются не чем иным как аналитическими функциями ГИС. Создание ГИС под конкретную специфику позволит использовать ее при изучении смежных дисциплин.

В перспективе создание на основе ГИС базы учебных геодезических данных, к которой преподаватели и студенты будут иметь доступ через локальную компьютерную сеть или интернет. Программный комплекс ГИС «Панорама» предлагает широкие возможности для реализации данных проектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудж, С.А. Интеграция геодезического образования / С.А. Кудж, В.Я. Цветков // Интеграция образования. – 2014. – № 1(74). – С. 25–30.
2. Савиных, В.П. Геоинформатика как система наук / В.П. Савиных, В.Я. Цветков // Геодезия и картография. – 2013. – № 4. – С. 52–57.
3. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: моногр. / А.П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.
4. Давыденок, О.В. Использование Autocad Map при создании цифровых топографических планов / О.В. Давыденок.
5. Сайт КБ Панорама [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisinfo.ru>.

УДК 528.381

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ TRIMBLEM3 DR5

**М.А. БАГРОВА, Ю.А. ЧЕРКАС**

*(Представлено: канд. техн. наук, доц. Г.А. ШАРОГЛАЗОВА)*

*Исследуется точность тригонометрического нивелирования путем сравнения с результатами геометрического нивелирования III класса. Сравниваются по точности и трудоёмкости наиболее распространённые способы тригонометрического нивелирования между собой.*

Появление современных электронных тахеометров позволило значительно изменить методы и методику выполнения различных геодезических работ. На сегодняшний день все сильнее и сильнее растет популярность тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров. Данный вид геодезических работ с применением электронных тахеометров более прост, удобен и имеет ряд преимуществ перед геометрическим нивелированием.

Один из наиболее актуальных вопросов сегодня – это применение тригонометрического нивелирования в тех работах, где согласно нормативным документам должно выполняться геометрическое нивелирование технического класса точности.

Ярким примером может служить возможность замены технического геометрического нивелирования, требуемого при создании высотного съемочного обоснования, тригонометрическим. Инструкция по топографическим съемкам масштабов 1:500...1:5000 запрещает использовать тригонометрическое нивелирование при развитии сетей сгущения для обеспечения топографической съемки с сечением рельефа менее 2 м. На сегодняшний день выполнено значительное количество исследований точности тригонометрического нивелирования. Согласно половине исследований тригонометрическое нивелирование не уступает по точности техническому нивелированию и нивелированию IV класса. Результаты же других исследований показывают, что тригонометрическое нивелирование даже с применением современных электронных тахеометров, как правило, уступает по точности техническому нивелированию.

В связи с актуальностью данного вопроса в настоящей работе выполнено исследование по определению точности тригонометрического нивелирования с применением различных способов.

Для исследования были выбраны две оптимальные линии по длине и превышению, опирающиеся на фундаментальные пункты, заложенные в 2012 году на учебно-научной базе Полоцкого государственного университета. Длины исследуемых линий составляли около 77 и 322 м.

Методика выполнения тригонометрического нивелирования по каждой выбранной линии предполагала:

- 1) выполнение поверки тахеометра согласно паспорту прибора;

2) установку тахеометра TrimbleM3 DR5 над центром пункта с точностью 1 мм, измерение высоты прибора с точностью 1 мм 2 раза – до начала наблюдений и после их окончания (расхождение не более 1 мм);

3) установка отражателя над центром пункта с точностью 1 мм, измерение высоты отражателя с точностью 1 мм;

4) измерение вертикального угла и наклонной дальности 30-ю приемами в одном направлении (прямо) в каждую видимость с повтором действий 1, 2, 3:

- утро (7...9) часов,
- день (12...14) часов,
- вечер (18...20) часов;

5) измерение вертикального угла и наклонной дальности 30-ю приемами в двух направлениях (прямо и обратно) в каждую видимость с повтором действий 1, 2, 3:

- утро (7...9) часов,
- день (12...14) часов,
- вечер (18...20) часов;

6) измерение вертикального угла и наклонной дальности 30-ю приемами по методике тригонометрическим нивелированием «из середины» в каждую видимость с повтором действий 1, 2, 3:

- утро (7...9) часов;
- день (12...14) часов;
- вечер (18...20) часов.

Измерение превышений в тригонометрическом нивелировании производилось с использованием электронного тахеометра TrimbleM3 DR5.

Эталоном для оценки точности тригонометрического нивелира послужили значения превышений по исследуемым линиям, полученным из геометрического нивелирования III класса. Оценка точности выполнена отдельно для каждой видимости по формуле СКП Гаусса:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}},$$

где  $m$  – средняя квадратичная погрешность;  $\Delta$  – отклонение полученного значения от эталонного;  $i$  – номер приёма;  $n$  – число приёмов.

Результаты анализа приведены в таблице.

Анализ точности тригонометрического нивелирования по линиям разной длины

Период	$S \cdot \sin \nu + i - v$ , м	$\Delta$ max, м	$\Delta$ min, м	$m$ , м
Прямо (большая) 02.07.2013				
Утро (6:55...7:27)	-7,951	0,011	0,010	0,016
День (12:02...12:36)	-7,939	0,010	0,018	0,024
Вечер (19:06...19:39)	-7,966	0,028	0,030	0,016
Прямо – обратно (прямо большая) 03.07.2013				
Утро (7:38...8:05)	-7,950	0,014	0,010	0,016
День (12:41...13:06)	-7,939	0,019	0,017	0,027
Вечер (19:31...19:54)	-7,985	0,037	0,031	0,025
Прямо – обратно (обратно большая) 03.07.2013				
Утро (8:37...9:09)	7,964	0,021	0,017	0,009
День (13:37...14:09)	7,952	0,016	0,015	0,014
Вечер (20:38...21:07)	7,965	0,029	0,030	0,015
Середина (большая) 04.07.2013				
Утро (8:12...9:09)	-7,987	0,016	0,013	0,022
День (13:12...14:08)	-7,987	0,031	0,075	0,027
Вечер (20:03...20:56)	-7,977	0,018	0,015	0,015
Прямо (маленькая) 02.07.2013				
Утро (7:40...8:15)	-1,119	0,005	0,006	0,026
День (12:47...13:19)	-1,110	0,106	0,010	0,035
Вечер (19:51...20:24)	-1,168	0,005	0,004	0,023
Прямо – обратно (прямо маленькая) 03.07.2013				
Утро (7:09...7:33)	-1,165	0,004	0,004	0,020
День (13:07...13:31)	-1,102	0,009	0,006	0,043
Вечер (19:01...19:26)	-1,135	0,004	0,003	0,010

Окончание таблицы

Период	$S \cdot \sin v + i - v$ , м	$\Delta_{\max}$ , м	$\Delta_{\min}$ , м	$m$ , м
Прямо – обратно (обратно маленькая) 03.07.2013				
Утро (8:05...8:31)	1,122	0,006	0,005	0,023
День (11:53...12:42)	1,188	0,006	0,009	0,044
Вечер (20:05...20:33)	1,160	0,004	0,008	0,015
Середина (маленькая) 04.07.2013				
Утро (6:55...7:53)	-1,156	0,003	0,005	0,011
День (11:57...12:49)	-1,139	0,024	0,006	0,006
Вечер (19:05...19:52)	-1,135	0,009	0,006	0,010

Проанализировав таблицу, в частности среднеквадратическую погрешность по каждой серии измерений, можно сделать *вывод*, что в целом, не принимая во внимание отдельных случаев, точность тригонометрического нивелирования, выполненного электронным тахеометром, лежит в пределах от 0,015 до 0,025 м.

Как известно, точность геометрического нивелирования технического класса точности характеризуется случайной средней квадратической ошибкой не хуже 15 мм/км, что для наших длин линий составляет 1 и 5 мм. Следовательно, точность тригонометрического нивелирования, выполненного электронным тахеометром TrimbleM3DR5, существенно уступает точности технического геометрического нивелирования.

Сравнив результаты тригонометрического нивелирования, выполненного днём по большой и малой линии, можно заключить, что, за исключением нивелирования из середины, все остальные способы серьёзно уступают по точности именно на малой линии. Это, скорее всего, связано с малым расстоянием от подстилающей поверхности до визирного луча в дневное время, и при тёплых климатических условиях эта ошибка будет наибольшей.

Проанализировав результаты нивелирования утром и вечером можно сделать вывод, что на малой линии наилучшие точностные показатели были показаны в вечернее время, хотя на большой линии наоборот – в утреннее время. Возможно, это опять связано с разным расстоянием от подстилающей поверхности до визирного луча по малой и большой линиям.

Проведённая работа по статистическому набору информации о тригонометрическом нивелировании, выполненном электронным тахеометром, показала, что необходимо продолжать исследования в этом направлении, в частности в различных метеорологических условиях, с целью выявления наиболее благоприятного периода дня и погоды, когда использование тригонометрического нивелирования будет оправданно в экономическом и точностном плане. Дальнейший набор статистики также необходим для выявления каких-либо закономерностей или выдвижения гипотез о точности полученных результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник геодезиста. – М.: Недра, 1975. – 727 с.
2. Геодезия: учеб.-метод. компл.: в 2 ч. / сост. и общ. ред. Ю.П. Будю. Ч. 2. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 264 с.
3. Дегтярев, А.М. Геодезия: учеб.-метод. компл.: в 2 ч. / А.М. Дегтярев. – Новополоцк: ПГУ, 2010. Ч. 1. – 370 с.

УДК 656.052.1

#### БАЗОВЫЕ СРЕДСТВА ОРИЕНТИРОВАНИЯ НА МЕСТНОСТИ ДЛЯ НЕЗРЯЧИХ

**А.А. ГУСАРЕВА**

(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)

*Рассматривается актуальная проблема пространственной ориентировки слепых и слабовидящих людей. Представлена общая характеристика базовых средств ориентирования на местности. Более подробно изучен и раскрыт принцип работы нововведений XXI века – GPS-навигации.*

Проблема пространственной ориентировки людей с дефектами зрения – одна из серьезных и острых как для самих незрячих, так и для специалистов, занимающихся вопросами их реабилитации.

По данным Всемирной организации здравоохранения, во всем мире насчитывается около 37 млн. незрячих людей. Каждые 5 секунд в мире слепнет один взрослый человек, каждую минуту – ребенок.