

## СОВРЕМЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПРИБОРОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

И.С. Тревого, И.М. Цюпак  
Национальный университет «Львовская политехника»

**Ключевые слова:** эталонный базис, эталонный полигон, метрологическая аттестация.

**М**етрологическое обеспечение геодезических измерений гарантирует их единство и способствует повышению качества и эффективности работ. В современной геодезии и при кадастровых съемках преобладают линейные измерения, которые выполняются с помощью GPS-приемников, электронных тахеометров, светодальномеров, лазерных рулеток и традиционных приборов. Метрологическая аттестация линейных приборов базируется на нормативных технических документах [1,2]. В них приводится лояльная поверочная схема для геодезических средств измерения длин и регламентируется передача единицы длины от эталона к рабочим средствам измерений. Необходимость периодической метрологической аттестации или поверки линейных приборов связана с изменением в дальнейшем некоторых технических параметров приборов, то есть для обеспечения единства измерений необходим своеобразный метрологический мониторинг измерительной техники. Исходя из международного опыта, метрологическую аттестацию приборов следует выполнять на эталонных базисах. Для аттестации и поверки приемников сигналов GPS-спутников предпочтительнее иметь эталонную геодезическую сеть. Количество метрологических объектов должно быть достаточным для обеспечения эффективного эталонирования. Например, в США в 1983 г. функционировало 189 эталонных базисов.

Частота метрологических аттестаций и поверок самих эталонных объектов зависит от стабильности их конструкции, размеров, места расположения, типа центров и других причин. Но особенно важно, чтобы эталонные линии оставались неизменными длительное время, поэтому сами метрологические объекты должны проходить периодический контроль альтернативными методами.

Проводятся исследования [8], направленные на усовершенствование конструкции эталонных базисов и их центров, обеспечение стабильности метрологических объектов; разработку эффективной методики контролирования эталонных линий. Важно детально изучить и установить периодичность повторных измерений метрологических объектов.

В Институте геодезии Национального университета «Львовская политехника» более 30-и лет ведутся исследования по метрологии – одному из приоритетных направлений. Были построены и эффективно использованы несколько эталонных линейных геодезических базисов специальной конструкции, закрепленных высокостабильными трубчатыми центрами, и разработаны рекомендации по эталонированию на них геодезической измерительной техники. Результаты исследований внедрены в геодезическое производство в разных регионах бывшего СССР.

Существующие в Украине эталонные базисы и эталонные геодезические сети для аттестации приборов линейных измерений не решают полностью проблему точности определения метрологических параметров и возможностей использования новой геодезической техники и современных технологий [3, 4]. Поэтому в течение 12 лет был создан новый многофункциональный научный геодезический полигон (НГП), названный Яворовским и предназначенный для исследования современной геодезической техники и технологий, для метрологической аттестации и поверки линейных приборов [4, 5]. С целью определения параметров трансформации между геоцентрической и локальной системами координат была повышена точность вычисления высот квазигеоида в пределах сантиметров для территории полигона путем выполнения гравиметрической съемки.

В проектировании и создании НГП принимали участие ученые Института геодезии Национального университета «Львовская политехника» (руководитель проекта профессор И.С.Тревого), а также специалисты других университетов, предприятия «Укргеодезкартография», отдельных геодезических фирм, метрологические организации: ННЦ «Институт метрологии», «Львовстандартметрология», «Укрметрестандарт» и др.

**В современной геодезии и при кадастровых съемках преобладают линейные измерения, которые выполняются с помощью GPS-приемников, электронных тахеометров, светодальномеров, лазерных рулеток и традиционных приборов**

Частота метрологических аттестаций и поверок самих эталонных объектов зависит от стабильности их конструкции, размеров, места расположения, типа центров и других причин

Особенности проектирования и создания НГП изложены в публикациях [5-7]. В них рассматривается использование полигона для решения комплекса научно-технических геодезических задач, среди которых можно выделить: исследование спутникового нивелирования, использование методов геодезической астрономии для контроля угловых измерений, исследование современных технологий и методов, разработка принципов построения метрологических полигонов, усовершенствование конструкции эталонных линейных базисов и разработка технологии контроля их длин на основе спутниковых измерений, разработка методики контроля эталонного полигона, методики для проведения аттестации и метрологической поверки GPS-аппаратуры. В состав НГП входят два локальных метрологических объекта: эталонный линейный геодезический базис и эталонная фундаментальная геодезическая сеть для метрологической аттестации GPS-приемников. На использование этих объектов для аттестации и поверки аппаратуры ННЦ «Институт метрологии» выдан соответствующее свидетельство.

Эталонный линейный базис функционирует с 2003 г. Он закреплен 20-ю специальными трубчатými центрами с принудительным центрированием. Длина базиса 2260 м – достаточная для проведения метрологической аттестации и поверки практически всех современных линейных приборов. В начальной части базиса заложен фазовый участок с короткими интервалами между центрами для проведения специальных исследований.

Стабильность эталонного базиса контролируется как с помощью спутниковых измерений, так и отестированными прецизионными геодезическими приборами, принадлежащими организациям системы Госстандарта. В табл. 1 представлен перечень приборов, которыми осуществлялся контроль линий эталонного базиса в течение 2003-2009 гг.

Определение эталонных линий базиса в разные годы		Таблица 1
Год измерений	Инструмент	Организация
2003	ПЛД-1М, дальномер	ННЦ «Институт метрологии»
2006	Trimble 5700, GPS-приемник	НУ «Львовская политехника»
2006	ET Trimble 5601 DR-Standart, дальномер	Укрметртестстандарт
2007	ET Trimble 5601 DR-Standart, дальномер	Укрметртестстандарт
2009	Leica TCR1201+R400, дальномер	ННЦ «Институт метрологии»
2009	Trimble 5700, GPS-приемник	НУ «Львовская политехника»

Детальный анализ экспериментальных измерений разными приборами и методами показал, что расхождения между значениями линий эталонного базиса, полученными методом, основанным на применении спутниковых технологий и с помощью отестированных прецизионных электронных тахеометров, не превышают 1 мм. Это свидетельствует не только о достаточно высокой точности оперативного метода GPS, но и о стабильности положения трубчатых центров эталонного базиса. Отметим, что максимальное отклонение линий за шесть лет эксплуатации базиса достигло 1,5 мм.

На эталонном базисе проводятся экспериментальные исследования и метрологическая аттестация, а также поверка приборов. Результаты метрологических работ оформляются соответствующими документами предприятием «Львовстандартметрология».

В эталонную геодезическую сеть (НГП-полигон) входят восемь пунктов, пять из которых закреплены фундаментальными монолитами с центрами специальной конструкции с принудительным центрированием. Монолиты заложены до коренных пород на глубину до 4,5 м. Кроме того, в эталонную сеть включены начальный и конечный пункты эталонного линейного базиса, а также перманентная станция GPS-SULP, входящая в сеть EUREF. Расстояние от станции SULP до эталонного полигона составляет 40 км, а максимальное расстояние между пунктами эталонной геодезической сети – 20, 5 км.

Для метрологической аттестации спутниковых приемников пока нет единых нормативных документов и методики. Поэтому в настоящее время эталонная геодезическая сеть является оптимальным метрологическим объектом, позволяющим оценивать фактическую точность GPS-аппаратуры. Для достижения статуса эталонной геодезической сети, поддержания ее точности проводятся ежегодные GPS-кампании длительностью 3-5 суток, с использованием

двухчастотных приемников фирмы Trimble, обеспеченных высокоточными антеннами. Обработка суточных файлов наблюдений осуществляется преимущественно программой TGO, но дополнительно использовались также программы GAMIT, GrafNav/GravNet и для контроля отдельных решений – Bernese v. 5.0. Анализ результатов обработки многолетних наблюдений GPS в эталонной сети НГП позволяет утверждать, что точность определения пространственных координат меньше 1 см, а положение фундаментальных пунктов сети достаточно стабильно. Это демонстрируют данные табл. 2, где приведен фрагмент разностей векторов эталонной сети.

Разности векторов 2006-2008 гг.		Таблица 2
Название линии	Разность, мм	
GOSH-ANDR	3,5	
GOSH-TZSU	-2,6	
GOSH- VASL	0,2	
ANDR-TZSU	-5,7	
ANDR – VASL	3,7	
TZSU – VASL	-0,7	

Стабильность эталонного базиса контролируется как с помощью спутниковых измерений, так и оттестированными прецизионными геодезическими приборами, принадлежащими организациям системы Госстандарта

Специалисты ННЦ “Институт метрологии” признали эталонную геодезическую сеть НГП пригодной для метрологической аттестации и поверки спутниковых приемников.

Таким образом, проведенные исследования дают основание для следующих выводов:

- на Яворовском научном геодезическом полигоне создано два метрологических объекта для аттестации линейных средств измерений, GPS-приемников и проведения экспериментальных исследований;
- многолетний мониторинг с использованием современного оборудования показал высокую пространственно-временную стабильность метрологических объектов на уровне нескольких миллиметров для эталонного GPS-полигона и <1 мм – для эталонного линейного базиса;
- разработан экспериментальный метод оперативной проверки линейных интервалов эталонного базиса на основе GPS-измерений, которые обеспечивают точность до 1 мм;
- подтверждена устойчивость трубчатых центров базиса, которые на протяжении длительного времени практически не изменили своего пространственного положения;
- производственным и научным организациям предлагается использовать эталонный линейный базис и эталонный GPS-полигон Яворовского НГП для тестирования и поверок геодезических приборов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РТМ 68-8.12-85. Общие технические требования к образцовым базисам для контроля геодезических дальномеров.
2. ГОСТ 8.503-84 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения длин в диапазоне 24-75000 м.
3. Тревого І.С., Костецька Я.М. Проблеми метрологічного забезпечення віддалемірних вимірів в Україні//Вісник геодезії та картографії. 1997. № 1(7). – С. 61-66.
4. Тревого І.С., Савчук С.Г., Костецька Я.М. Проблеми створення та перспективи оптимального використання наукового геодезичного полігона//Вісник геодезії та картографії. 2001. № 3. – С. 35-40.

5. Тревого І.С., Савчук С.Г., Денисов О.М. та ін. Науковий геодезичний полігон для метрологічної атестації геодезичних приладів та технологій//Сб. науч. трудов «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». 2005. – С. 33-43.
6. Тревого И.С. Геодезический полигон для метрологической аттестации приборов и апробации технологий//Геопрофи. 2009. № 1. – С. 6-12.
7. Тревого І.С., Савчук С.Г., Денисов О.М., Волчко П.І. Новий взірцевий геодезичний базис //Вісник геодезії та картографії. 2004. № 1. – С. 12-16.
8. Гусев Ю.С., Гурич А.Ю. Метрологическое обеспечение спутниковых приёмников// Геопрофи. 2006. № 2. – С. 62-63.

**Для метрологической аттестации спутниковых приемников пока нет единых нормативных документов и методики. Поэтому в настоящее время эталонная геодезическая сеть является оптимальным метрологическим объектом, позволяющим оценивать фактическую точность GPS-аппаратуры**

#### MODERN SCIENTIFIC GEODETIC RANGE FOR CERTIFICATION OF DEVICES AND TECHNOLOGIES

I. Trevoho, I. Tsyupak  
National University "Lviv Polytechnic"

The results of creation and use of metrology of objects of scientific geodetic range are analyzed, namely reference linear basis and reference geodetic range for certification and control of linear geodetic devices.