

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 24 М ДО 4000 КМ

И.С. Сильвестров (ВНИИФТРИ)

В 2003 г. окончил факультет микроприборов и технической кибернетики Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники» по специальности «магистр по направлению информатика и вычислительная техника». После окончания университета работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — заместитель начальника научно-исследовательского отделения. Кандидат технических наук.

А.В. Мазуркевич (ВНИИФТРИ)

В 1998 г. окончил Серпуховский военный институт РВСН (в настоящее время — Серпуховский филиал военной академии РВСН имени Петра Великого) по специальности «приборы и системы ориентации, навигации и стабилизации». После окончания института проходил службу в должности помощника начальника отделения контроля прицеливания и астрономо-геодезического обеспечения войсковой части 44039. С 2002 г. работал в 32-м Государственном научно-исследовательском институте МО РФ. С 2012 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — начальник отдела метрологического обеспечения геодезических измерений.

Д.М. Верницкий (ВНИИФТРИ)

В 1985 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал в ГУП «МосЦТИСИЗ», с 2001 г. — в ООО НПП «Геокосмос». С 2007 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — начальник лаборатории.

Д.А. Соколов (ВНИИФТРИ)

В 2005 г. окончил физико-математический факультет Московского государственного областного университета по специальности «физика, информатика». После окончания университета работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — научный сотрудник.

Д.А. Голуб (ВНИИФТРИ)

В 2013 г. окончила факультет картографии и геоинформатики МИИГАиК по специальности «инженер-картограф». После окончания университета работала в ООО «ГИС ИННОВАЦИЯ». С 2014 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — инженер-геодезист.

Государственное регулирование защиты прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений в Рос-

сийской Федерации регулируются Федеральным законом от 26 августа 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», который устанавливает обязательные метрологические

требования, обеспечивающие получение объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окру-

жающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической. Требования этого закона также распространяются на осуществление геодезической и картографической деятельности, проводимой в соответствии с Федеральным законом от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ «О геодезии и картографии». Таким образом, средства измерений, которые применяются при выполнении геодезических и картографических работ, должны проходить испытания в целях утверждения типа и поверку.

Одним из основных видов измерений, осуществляемых в сфере геодезии и картографии, является измерение длины (приращения координат) в диапазоне от нескольких метров до сотен километров. Однако, в начале 2000-х гг. сложилась ситуация, когда имевшаяся эталонная база не всегда позволяла в полной мере обеспечить передачу эталонной единицы длины к рабочим средствам измерений в соответствии с требованиями действующего законодательства об обеспечении единства измерений. Это было связано как с повышением точностных характеристик рабочих средств измерений (спутниковые геодезические приемники и лазерные дальномерные системы, включая сканирующие), так и с тем фактом, что первичный эталон длины для расстояний более десятков метров находился на террито-

рии Украины и, после распада СССР, стал недоступен для применения в РФ.

В связи с этим с 2007 г. по 2012 г. в ФГУП «ВНИИФТРИ» по заказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии была проведена разработка, изготовление и утверждение Государственного первичного специального эталона единицы длины в диапазоне от 24 м до 4000 км (ГЭТ 199-2012).

▼ **Состав и назначение Государственного первичного специального эталона единицы длины**

ГЭТ 199-2012 является базовым государственным первичным эталоном для осуществления измерений в таких областях, как геодезия и картография, создание и применение глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) (в первую очередь для построения и обеспечения функционирования фундаментальной государственной геодезической сети в РФ), мониторинг стабильности объектов повышенной опасности, обеспечение обороны и безопасности государства и многих других.

В настоящее время ГЭТ 199-2012 применяется для оценки показателей точности высокоточных средств измерений длины и приращений координат, используемых в РФ, а также при оценке соответствия продукции требованиям технических регламентов (например, оценка погрешности пройденного пути

для тахографов). Перечень геодезических средств измерений, метрологическая оценка которых осуществляется с использованием ГЭТ, включает: базисы линейные и пространственные, системы измерительные (геодезические сети базисные опорные активные), радиодальномеры, рейки нивелирные, специальные средства измерений геометрических характеристик строительных изделий и конструкций, тахографы, тахеометры электронные, светодальномеры, системы лазерные координатно-измерительные, сканеры лазерные наземные и воздушные, аппаратуру аэросъемочную цифровую фотографическую, нивелиры оптические, нивелиры цифровые, нивелиры лазерные, геодезические приемники сигналов GPS/ГЛОНАСС/Galileo, станции опорные и контрольно-корректирующие GPS/ГЛОНАСС/Galileo и др. При этом работы, проводимые на ГЭТ, позволяют, в том числе, обеспечить доступ на территорию РФ только тех средств измерений, которые однозначно соответствуют заявляемым для них характеристикам.

ГЭТ 199-2012 включает три государственных первичных эталона единиц длины:

- эталонный измерительный комплекс длины до 60 м;
- лазерный эталон сравнения и эталонные базисы в диапазоне 24–3000 м;
- эталоны сравнения на основе приемников космических навигационных систем (приемников ГНСС) и опорные

Основные метрологические характеристики эталонного измерительного комплекса длины до 60 м

Таблица 1

Показатель	Значение
Предел допускаемых абсолютных значений среднего квадратического отклонения результата измерений	10 мкм
Граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,95)	(10 + 0,5 L) мкм, где L — длина базиса в метрах

базисные пункты в диапазоне 1–4000 км [1].

▼ Эталонный измерительный комплекс длины до 60 м

Этот комплекс используется, главным образом, для проведения поверок, калибровок и испытаний с целью утверждения типа рабочих эталонов длины, высокоточных электронных тахеометров, трекеров, интерферометров, лазерных рулеток и других измерительных приборов, а также, для проведения научно-исследовательских работ [2]. Основные метрологические характеристики комплексы приведены в табл. 1.

В состав комплекса входят (рис. 1):

- стойка управления и контроля;
- стойка индикации и контроля;
- стойка питания измерительного базиса;
- измерительный базис протяженностью до 60 м;
- двухмодовый лазерный интерферометр и др.

Принцип работы комплекса основан на регистрации минимумов сигналов двухчастотной интерференции с высоким разрешением и низкой инструментальной погрешностью.

Конструкция комплекса представляет собой измери-



Рис. 2

Электронный тахеометр, входящий в состав лазерного эталона сравнения и эталонных базисов в диапазоне 24–3000 м

тельную линию длиной до 60 м, выполненную в виде горизонтальной направляющей, по которой перемещается каретка с отражателями. Положение каретки измеряется с погрешностью до 2 микрон с помощью абсолютного дальномера на основе двухмодового гелий-неонового (He-Ne) лазера ЛГВС-21/1. Лазер генерирует две моды с ортогональными поляризациями и мощностью излучения в каждой моде приблизительно 0,4 мВт. Межмодовый интервал составляет 643 МГц. Оптические частоты этого лазера стабилизированы по линии усиления He-Ne среды. Лазер имеет систему

стабилизации межмодового интервала оптического излучения.

Вдоль измерительной линии расположено 32 прецизионных датчика температуры, а также измерители давления, влажности и содержания углекислого газа. С одной стороны измерительного комплекса расположено место для установки поверяемых приборов [2–4].

▼ Лазерный эталон сравнения и эталонные базисы в диапазоне 24–3000 м

Основной частью данного эталона является дальномер электронного тахеометра (рис. 2). Он позволяет определять расстояния в диапазоне от 24 м до 3000 м. При проведении измерений учитываются данные о показателе преломления атмосферы вдоль трассы измерений, получаемые с помощью метеоприборов.

Основные метрологические характеристики эталона приведены в табл. 2.

В состав эталона входят:

- высокоточные средства измерений длины (электронные тахеометры);
- базисные пункты в диапазоне длин от 24 м до 3000 м;
- комплекс средств измерения метеорологических параметров.



Рис. 1

Эталонный измерительный комплекс длины до 60 м

Основные метрологические характеристики лазерного эталона сравнения

Таблица 2

Показатель	Значение
Предел допускаемых абсолютных значений среднего квадратического отклонения результата измерений	На нижней границе диапазона — $\leq 0,05$ мм; на верхней границе диапазона — $\leq 1,0$ мм
Граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,95)	0,2 мм

Основные метрологические характеристики эталонов сравнения на основе приемников космических навигационных систем

Таблица 3

Показатель	Значение
Предел допускаемых абсолютных значений среднего квадратического отклонения результата измерений	На нижней границе диапазона — $\leq 1,0$ мм; на верхней границе диапазона — $\leq 20,0$ мм
Граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,95)	20 мм

Все электронные тахеометры, входящие в состав эталона, подвергаются поверкам и калибровкам, для чего используется эталонный измерительный комплекс длины в диапазоне до 60 м. Это позволяет осуществлять передачу единицы длины от эталонного измерительного комплекса длины в диапазоне до 60 м к лазерному эталону сравнения.

▼ **Эталоны сравнения на основе приемников космических навигационных систем и опорные базисные пункты в диапазоне 1–4000 км**

Основной составной частью этих эталонов и опорных базисных пунктов является базис длиной 4156 км, образуемый базисными пунктами, расположенными в Менделеево (Московская область) и Иркутске (рис. 3), на которых размещена аппаратура беззапросных измерительных станций (БИС) и квантово-оптических систем (КОС).

Основные метрологические характеристики эталонов приведены в табл. 3.

В состав эталонов входят:

— геодезические спутниковые приемники, принимающие сигналы ГНСС (GPS и ГЛОНАСС);

— опорные базисные пункты в Московской области и Иркутске (рис. 4);

— комплексы аппаратно-программных средств опорных базисных пунктов и базисов в Московской области и Иркутске.

Принцип работы эталонов основан на проведении калибровки КОС (определении систематической составляющей погрешности измерения спутникового дальномера) и калибровки БИС (определении инструментальной погрешности приемников). Далее осуществляется взаимная привязка пунктов размещения КОС и БИС

в Московской области и Иркутске, и выполняется совместная обработка измерений КОС и БИС для вычисления действительного значения базиса номинальной длиной 4000 км.

В заключение следует отметить, что государственный первичный специальный эталон единицы длины в диапазоне от 24 м до 4000 км обеспечивает хранение и передачу единицы длины с наивысшей точностью в Российской Федерации. Первичный эталон позволяет осуществлять оценку и контроль точностных характеристик существующих средств измере-



Рис. 3
Базисный пункт в Иркутске



Рис. 4
Опорный базисный пункт в Иркутске

ний длины, включая геодезические.

В настоящее время ведутся работы по совершенствованию метрологических характеристик государственных эталонов длины в диапазонах 24–60 м и 24–3000 м.

▼ Список литературы

1. Щипунов А.Н., Татаренков В.М., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Федотов В.Н., Васильев М.Ю., Соколов Д.А. Эталонный комплекс средств обеспечения единства измерений длины в диапазоне свыше 24 м: текущее состояние и перспек-

тивы развития // Измерительная техника. — 2014. — № 11. — С. 4–7.

2. Соколов Д.А., Васильев М.Ю., Губин С.А., Олейник-Дзядик О.М., Татаренков В.М., Фонда А.Н. Эталонный измерительный комплекс длины в диапазоне до 60 м из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины в диапазоне 24 м — 4000 км (ГПСЭД) // Метрология времени и пространства. — 2014. — С. 146.

3. Соколов Д.А. Разработка, исследование и применение двухволнового лазерного интерферометра для воспроизведения единицы длины в диапазоне до 60 метров // Метрология в XXI веке. — 2013. — С. 108–113.

4. Татаренков В.М., Щипунов А.Н., Бузыкин В.Н., Васильев М.Ю., Губин С.А., Олейник-Дзядик О.М., Соколов Д.А. Фемтосекундные технологии воспроизведения единицы длины метра на микронном уровне в диапазоне длин до 60 м // Метрология времени и пространства. — 2014. — С. 144–145.

СТАЛКЕР 15-12, 15-14 ТРАССОИСКАТЕЛИ

ПРИЕМНИК ПТ-14

GPS

выноска подземных трасс с последующим наложением на карту.

ФУНКЦИЯ „КОМПАС“

схематическое отображение коммуникации на дисплее приемника.

ПРИЕМНИК ПТ-12

АНТИБЛИКОВЫЙ ДИСПЛЕЙ;

АКТИВНЫЕ ЧАСТОТЫ:

1024 Гц, 8928 Гц, 33 кГц;

ПАССИВНЫЕ ЧАСТОТЫ:

ЭФИР 48-14000 Гц;

РАДИО 10-36000 Гц;

50 Гц;

МАЛЫЙ ВЕС.



ГЕНЕРАТОР ГТ-15

МОЩНОСТЬ 10 Вт;

БЕСКОНТАКТНАЯ ПОДАЧА
ПОИСКОВОГО СИГНАЛА
В КОММУНИКАЦИЮ.

НЕОБХОДИМО И ДОСТАТОЧНО ДЛЯ ПОИСКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ



РАДИО-СЕРВИС

426000, г. Ижевск, а/я 10047; ул. Пушкинская, 268
тел.: (3412) 43-91-44, факс: (3412) 43-92-63
e-mail: office@radio-service.ru, www.radio-service.ru

