

государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 23 апреля 2021 г. № 42. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W22136599>. – Дата доступа: 10.10.2022.

3. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Поверка средств измерений. Правила проведения работ : ТКП 8.003-2011 (03220). – Госстандарт. – Введ. 01.01.2012. – 26 с.

4. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Основные положения и определения : СТБ ИСО 5725-1. – Госстандарт. – Введ. 01.07.2003. – 28 с.

5. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений : СТБ ИСО 5725-2. – Госстандарт. – Введ. 01.01.2022. – 68 с.

6. СТБ ИСО 5725-3 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода». – Госстандарт. – Введ. 01.07.2003. – 36 с.

7. СТБ ИСО 5725-4 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Основные

методы определения правильности стандартного метода измерений». – Госстандарт. – Введ. 26.03.2020. – 34 с.

8. Системы менеджмента. Менеджмент измерений. Анализ измерительных систем : СТБ 2450-16. – Госстандарт.

9. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры : ГОСТ 8.558. – Стандартинформ. – Введ. 01.07.2012. – 26 с.

10. СТБ 8014 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Калибровка средств измерений. Организация и порядок проведения». – Госстандарт. – Введ. 01.07.2001. – 16 с.

11. Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс] : Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19503848>.

12. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий : ISO/IEC 17025-2019. – Стандартинформ. – Введ. 01.09.2009. – 32 с.

13. Рекомендация КООМЕТ. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределенности : СОМЕТ R/GM/32:2017. – Минск: Коомет, 2017. – 43 с.

УДК 528.021

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ В УСЛОВИЯХ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПРЕЦИЗИОННОСТИ

Козаченков С.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений
р.п. Менделеево, Солнечногорск, Московская обл., Российская Федерация*

Аннотация. Проведен анализ состояния эталонной базы средств измерений длины. Приведены результаты промежуточных исследований перспективного метрологического комплекса. Предложены вариант и схема создания линейного полевого эталонного базиса.

Ключевые слова: эталон, средство измерения длины, метрологический комплекс.

THE RESULTS OF THE STUDY OF A PROMISING METROLOGICAL COMPLEX OF LENGTH MEASUREMENT IN CONDITIONS OF INTERMEDIATE PRECISION

Kozachenkov S.

*Russian metrological institute of physico-technical and radio-technical measurements
Mendeleevo, Solnechnogorsk, Moscow region, Russian Federation*

Abstract. The analysis of the state of the reference base of length measuring instruments is carried out. The results of intermediate studies of a promising metrological complex are presented. A variant and a scheme for creating a linear field reference basis are proposed.

Key words: standard, means of measuring length, metrological complex.

Адрес для переписки: Козаченков С.А., р.п. Менделеево, Солнечногорск, Московская обл., 141570, Российская Федерация, e-mail: ksa@vniiftri.ru

На протяжении многих лет странами ЕС и США против Российской Федерации вводятся экономические санкции разного характера. Одним из запретов является экспорт лазерных технологий и оптико-волоконного оборудования.

В современном мире науки и техники России, а в частности в развитии способов решения различных задач в области дальнометрии, остро стоит вопрос создания отечественного эталонного комплекса средств метрологического обеспечения средств измерения длины в полевых условиях.

Одной из таких разработок является макет высокоточного метрологического комплекса средств измерений приращений координат (далее по тексту –

комплекс) созданный специалистами ФГУП «ВНИИФТРИ» в рамках опытно-конструкторской работы.

Особенностью данного комплекса является воспроизведение единицы длины в полевых условиях в соответствии с международным определением метра.

Исследования метрологических характеристик комплекса проводились в условиях промежуточной прецизионности измерений [3] с использованием геодезических пунктов из состава астрономо-геодезического полигона комплекса средств метрологического обеспечения средств измерения азимута.

Основным компонентом комплекса, является неравноплечий интерферометр Майкельсона имеющий в своем составе фемтосекундный лазер, который стабилизирован по частоте повторения импульсов с рубидиевым стандартом частоты в качестве опорного генератора, обеспечивая связь единиц длины и частоты.

Для воспроизведения единицы длины на основе фемтосекундного лазера применялся метод [1], основанный на регистрации максимумов совпадения фемтосекундных импульсов, который позволяет воспроизводить единицу длины равную 2,5 м, определяемую частотой повторения импульсов лазера равной 61 МГц.

Сутью данного метода воспроизведения длины [1] является получение интерференционной картины в результате работы устройства внутрифазовой модуляции при совпадении фемтосекундных импульсов от опорного и измерительного плеча интерферометра.

Интерференционная картина [3] представляет собой сигнал интерференции двух совмещенных в пространстве лазерных пучков в точках *A*, *B* («реперные» точки), в зависимости от дистанции *L* вдоль измеряемой линии. Расстояния между точками *A*, *B* и соседними реперными точками *C*, *D* имеют одинаковую протяженность (рис. 1).

$$|AB| = \frac{c}{2nF} = |BC| = |CD|, \quad (1)$$

где *c* – скорость света в вакууме; *n* – показатель преломления среды; *F* – частота повторения фемтосекундных импульсов.

Показатель *n* рассчитывается по данным метеопараметров (температура, давление, влажность).

На макете комплекса, реализующего вышеописанный метод, были проведены экспериментальные исследования стабильности положения «реперного» узла, чувствительности к изменению длины при разности хода волн интерферометра на дистанциях 309 м и 421 м, соблюдая условия промежуточной прецизионности (измерения выполнялись многократно на одних и тех же пункта в течение длительного периода времени).

Результаты проведенных исследований макета высокоточного метрологического комплекса средств измерений приращений координат (длины) в полевых условиях показывают, что воспроизведение единицы длины с использованием аппаратуры из состава комплекса позволяет создать эталон воспроизведения длины в полевых условиях с получением СКО результата измерения менее 11 мкм.

В процессе дальнейшего развития метрологического комплекса средств измерения приращений координат (длины) и поддержания в готовности к применению по назначению эталонной базы метрологического обеспечения средств измере-

ния длины, планируется проектирование и строительство эталонного линейного полевого базиса (далее по тексту - базиса), интегрировав его в уже существующий астрономо-геодезический полигон расположенный на территории ФГУП «ВНИИФТРИ», что позволит в будущем проводить совместные измерения длины и углов при выполнении метрологических работ различного характера.

Эталонный линейный полевой базис должен в себя включать:

- набор геодезических опорных пунктов (ГОП);
- комплект датчиков измерения температуры окружающей среды на каждом геодезическом опорном пункте;
- комплект датчиков измерения относительной влажности на каждом геодезическом опорном пункте;
- комплект датчиков измерения атмосферного давления на крайних и центральном ГОП;
- пункт управления и контроля работ (ПУКР) в виде одноэтажного легко возводимого здания, где предусмотрено рабочее место оператора оборудованное ПВЭМ и волоконно-оптической линией связи с выходом в сеть «Интернет» (создание локальной сети) для передачи, контроля и регистрации метеорологических параметров получаемых с метеодатчиков, а также дистанционного управления средствами измерений.

Здание ПУКР подключено к электрической сети и оборудовано телефонной связью, внутри установлена система поддержания температурно-влажностного режима (система кондиционирования воздуха) для комфортного проведения метрологических работ;

– электрическую сеть для электроснабжения всех элементов базиса.

На всем протяжении измерительной линии от первого до последнего геодезического опорного пункта базиса планируется дополнительно установить защитные экраны, с целью создания приблизительно однородной метеорологической среды, а также для защиты от случайного попадания в створ базиса посторонних целей и предметов.

Перспективный комплекс средств метрологического обеспечения средств измерения длины в полевых условиях предполагает объединение в себе эталона воспроизведения единицы длины и базиса, что позволит в будущем решать задачи научного и прикладного характера по метрологическому обеспечению большого спектра современной измерительной техники.

Литература

1. Воспроизведение единицы длины в диапазоне от 64 до 575 м с применением фемтосекундного лазера / Д. А. Соколов [и др.] // Вестник метролога, 2021. – 3 с.

2. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

3. Козаченков, С. А. Перспективы метрологического обеспечения геодезических средств измерений в части поверки линейных характеристик в лабораторных условиях в диапазоне до 300 метров / С. А. Козаченков, Д. А. Соколов. – Сборник: Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практи-

ческой деятельности. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ, 2019. – 214-217 с.

4. Способ воспроизведения единицы длины в лазерных дальномерах на основе интерферометра Майкельсона : патент РФ 2698699 / С. А. Губин, Д. А. Соколов, В. М. Татаренков. – Опубл. 29.08.2019.

УДК 53.089

МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ НЕАДДИТИВНОЙ ВЕЛИЧИНЫ (ТЕОРИЯ РЕЙТИНГОВ)

Романчак В.М., Серенков П.С.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Предложена модель измерения неаддитивной величины, в частности модель субъективного измерения. Рассмотрена обобщенная структура модели измерения, которая включает эмпирическую систему, математическую систему и гомоморфизм эмпирической системы в числовую систему. Установлено, что основными недостатками классических теорий измерения являются: 1) гомоморфизм не отображает операции в системах, что позволило бы говорить об осмысленности теоретической модели измерений; 2) отсутствует модель эмпирического измерения, которая могла бы подтвердить существование гомоморфизма. Для преодоления недостатков существующих теорий определено уравнение измерения, связывающее результаты отображения эмпирической операции в числовую, а также сформулирована модель эмпирического измерения. Для этого предложено использовать скорректированную модель Стивенса, которая дополнена принципом отражения Дж. Барзилая.

Ключевые слова: теория измерений, рейтинг, функция полезности, квалиметрия.

NON-ADDITIVE QUANTITY MEASUREMENT MODEL (RATING THEORY)

Romanchak V., Serenkov P.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. This work considers a model for measuring non-additive quantities, in particular a model for subjective measurement. For this, a structure was considered that included an empirical system, a mathematical system, and a homomorphism of the empirical system into a numerical system. The main shortcomings of classical measurement theories seem to be: 1) homomorphism does not display operations (in this case, one cannot speak of the meaningfulness of the model); and 2) there is no empirical measurement model that could confirm the existence of a homomorphism. To overcome the shortcomings of existing theories, a definition of the measurement equation is given. As a result, a measurement model is obtained that is free from the shortcomings of classical measurement theories. The model uses the corrected model of S. Stevens and the reflection principle of J. Barzilai.

Key words: measurement theory, rating, utility function, qualimetry.

*Адрес для переписки: Романчак В.М., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: Romanchak@bntu.by*

В настоящее время в теории измерений появились новые тенденции, которые необходимо учитывать для обоснования процесса субъективного измерения [1]. Например, предложена математическая модель эмпирической системы [2, 3]. Недостатком теорий измерения является отсутствие уравнения измерения. Чтобы реализовать на практике процедуру измерения, т. е. проводить эмпирические измерения, необходимо определить модель измерения.

Получена модель измерения, на основании которой сформулирована новая классификация шкал измерения [4, 5]. В новой модели значения величины определены в шкале интервалов, и (или) в шкале лог-интервалов. Шкала отношений – это

шкала интервалов, в которой определен нулевой элемент – начало отсчета. Шкала отношений является вспомогательной шкалой. Кроме того, для модели измерения выполняются принципы:

Принцип отражения [2]. Необходимым условием применимости операций над значениями шкалы является существование соответствующей эмпирической операции.

Принципу эквивалентности [4]. Результаты измерения, полученные в шкале интервалов и шкале лог-интервалов, эквиваленты.

Из принципа эквивалентности органично следуют:

– эмпирический закон Стивенса в форме парных сравнений [4];