

Экономическая составляющая в обеспечении единства измерений

В. В. ОКРЕПИЛОВ*, В. Н. КРУТИКОВ**, Г. И. ЭЛЬКИН***

* ФБУ «Тест-С.-Петербург», С.-Петербург, Россия

** Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений, Москва, Россия, e-mail: vniiofi@vniiofi.ru

*** Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Москва, Россия

Рассмотрены вопросы, затрагивающие связь метрологии и экономики государства. Показано существование прямой зависимости конкурентоспособности товаров и услуг на мировом рынке от уровня развития метрологии. Исследованы различные разделы обеспечения единства измерений, эффективная государственная поддержка которых позволяет развивать наукоемкие технологии и производить высокотехнологичную продукцию.

На основе анализа деятельности ведущих зарубежных и национальных метрологических институтов, опубликованных результатов различных научно-исследовательских работ, научно-аналитических и ежегодных отчетных материалов доказано, что экономический успех зависит, в том числе, от способности производить и продавать точно измеренные и достоверно испытанные товары и услуги.

Ключевые слова: рыночная модель экономики, экономические преимущества метрологии, бюджетное финансирование, метрологическое обеспечение, калибровка, измерительные возможности страны, национальная эталонная база.

A connection between the State metrology and economics is considered. The existence of direct relation between the level of metrology development and the competitiveness of goods and services in the global market is shown. Various sections of the uniformity of measurements assurance should be effectively supported by the State to allow the development of science intensive technologies and the manufacturing of high-tech products.

On the base of analysis of the leading foreign and national metrological institutes activity, of the published results of various research works, of scientific analyses and annual reports the authors prove that economic success depends, inter alia, on the ability to produce and sell precisely measured and reliably tested products and services where the metrology plays a central role for manufacturers, suppliers and consumers.

Key words: market-driven economics model, economic advantages of metrology, budgetary financing, metrological assurance, calibration, measurement procedure, State measurement capabilities, national measurement standards' base.

С изменением экономики России, связанным с переходом от административно-командной модели к рыночной, разрушилась централизованная система управления экономической деятельностью, в том числе и метрологическим обеспечением. При рыночной модели основным критерием экономической деятельности является получение максимальной прибыли при минимизации затрат. В производственном процессе метрология, с одной стороны, является источником дополнительных затрат, снижающим ценовую конкурентоспособность товаров, а с другой стороны, без нее вообще невозможно произвести какой-либо товар, особенно высокотехнологичный. Поэтому чрезвычайно важно понять, какими должны быть роль и уровень государственной поддержки метрологической деятельности в условиях рыночной экономики.

Состояние современного общества немыслимо без измерений. Их применяют практически во всех сферах человеческой деятельности для решения не только производственных, но и многих других государственных задач. Измерения были важной составляющей на всех этапах развития цивилизации на Земле, а обеспечение единства измерений всегда являлось одной из важнейших задач любого государства. В настоящее время очевидно, что ни одно значимое техническое достижение человечества, от египетских пирамид до полетов в космос, было бы невозможно без глубоких знаний в области метрологии.

В нашей стране ежедневно выполняются миллионы различных измерений, свыше двух миллионов человек занима-

ются измерениями в связи со своей профессиональной деятельностью. По оценкам экспертов доля затрат на измерения составляет 5—10 % общественного труда, а в отраслях промышленности, в которых производят сложную технику, она достигает 20—30 %. Стоимость таких работ в России составляет около 2 %, а в развитых странах 4—6 % валового внутреннего продукта (ВВП) [1, 2].

Уровень экономического развития современного государства, включая развитие торговли, промышленности, медицины, науки, обороны, строительства, экологии, ЖКХ, в значительной мере определяется состоянием метрологии. Качественное поддержание здоровья человека также во многом зависит от возможности проведения точной диагностики и лечения, при которых важны достоверные измерения.

Одним из приоритетных государственных интересов является торговля. При этом государство должно защищать не только свои интересы (поступление налогов в казну), но и граждан от недобросовестной торговли для поддержания общественного спокойствия. В тех случаях, когда предметом торговой сделки является количество товара, измерения — неотъемлемая часть процесса.

Обеспечение обороны и безопасности государства, когда современные образцы вооружения и военной техники фактически стали высокоэффективными, многофункциональными измерительными системами, невозможно без использования на достаточном уровне высокоточных средств и совершенных методов измерений. Анализ последних аварий промышленных и военных объектов показывает,

что существенную роль в их возникновении играет недостаточное метрологическое обеспечение безопасного функционирования.

Причина возрастания важности метрологии на современном этапе заключается также в глобализации. Для процветания на экономическом рынке любая страна должна постоянно увеличивать свои измерительные возможности и обеспечивать их признание на международном уровне. В этих условиях спрос на высококачественные метрологические услуги постоянно повышается, поэтому становится актуальным вопрос обеспечения предприятий промышленности и экономики данными о поставщиках услуг, их номенклатуре, характеристиках, степени доверия к ним.

В 1999 г. было подписано Соглашение «О взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами» (CIPM MRA). Согласно этому Соглашению на сайте Международного бюро мер и весов (МБМВ) [3] публикуются данные о калибровочных и измерительных возможностях (СМС — Calibration and Measurement Capabilities) национальных метрологических институтов (НМИ) — хранителей первичных эталонов стран.

Со стороны России в число институтов-подписантов вошли семь государственных НМИ: ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, ВНИИОФИ, ВНИИМС, ВНИИФТРИ, УНИИМ, СНИИМ и ВНИИР. Указанное Соглашение установило механизм признания российских измерительных возможностей и результатов испытаний соответствующей продукции, производимой в России, в том числе в рамках ВТО, на международном уровне. Важно отметить, что во всех странах с развитой метрологией финансирование фундаментальных исследований в этой области, разработка и содержание государственных первичных эталонов осуществляется государством.

Достоверность и взаимное признание СМС основаны на: всесторонней национальной и международной экспертизе СМС, предлагаемых для включения в базу данных МБМВ; результатах международных и региональных сличений национальных эталонов; наличии в НМИ эффективных систем

менеджмента качества (СМК), удовлетворяющих требованиям стандарта [4]; результатам международных проверок эффективности работы СМК.

По количеству позиций СМС, включенных в базу данных МБМВ, Россия делит с Германией 2-е и 3-е места, уступая лишь США.

В своем послании к Всемирному Дню Метрологии в 2005 г. Директор МБМВ профессор Э. Воллард отметил, что указанное Соглашение влияет на сокращение технических барьеров в торговле и дает экономический эффект свыше 4 млрд. долларов [5].

Анализ состава СМС конкретной страны позволяет получить представление о развитии в этой стране тех или иных видов измерений, а, следовательно, об уровне развития соответствующих отраслей промышленности и экономики, оценить перспективы и направления промышленного и торгового сотрудничества.

Экономический успех страны зависит также от способности производить и продавать точно измеренные и достоверно испытанные товары и услуги. Здесь метрология играет центральную роль для производителей, поставщиков и потребителей товаров и услуг. Все слои общества должны быть уверены в точности и надежности измерений.

На рис. 1 показано распределение измерительных возможностей России, США и Германии в соответствии с занимаемым местом в различных областях. Если говорить о лидирующих позициях (первые три места), то распределение выглядит следующим образом:

Россия — электромагнитные, акустические, ионизирующие измерения и термометрия;

США — электромагнитные, оптико-физические, физико-химические, линейные и угловые измерения, измерения массы;

Германия — акустические, оптико-физические, линейные и угловые и физико-химические измерения, измерения массы, термометрия.

Проанализировав распределение, можно сделать выводы.

1. В России недостаточно развиты измерения, обеспечивающие конкурентоспособность в таких областях, как машиностроение, микро- и нанoeлектроника, фотоника, фармацевтика и новые материалы. Из диаграммы следует, что лидирующее положение по соответствующим измерительным возможностям занимают США и Германия. Это обеспечивает им передовые позиции в перечисленных выше отраслях.

2. Несмотря на то, что Россия является мировым лидером по поставкам энергоресурсов, она не обеспечивает достаточный уровень измерений в этой области. Низкая точность измерений количества энергоресурсов на всех этапах приводит к неконтролируемым потерям и уменьшению налоговых поступлений и других платежей.

3. Диаграммы на рис. 1 отражают информацию по отраслям, в которых Россия имеет хорошее метрологическое обеспечение. Это электроэнергетика, в том числе атомная, и металлургия, что соответствует нынешнему положению дел в России.

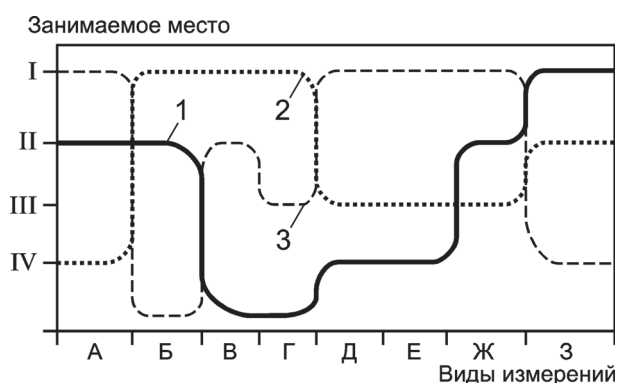


Рис. 1. Распределение измерительных возможностей России (1), США (2) и Германии (3) в соответствии с занимаемым местом:

А — электромагнитные измерения; Б — акустические измерения; В — измерения массы; Г — линейные и угловые измерения; Д — оптико-физические измерения; Е — физико-химические измерения; Ж — радиоактивные и ионизирующие измерения; З — термометрия

Возникает естественный вопрос: «Нужно ли вообще государству финансировать метрологию? Может быть, лидирующие отрасли сами поднимут метрологию на передовые позиции?»

Анализ государственного финансирования десяти наиболее развитых в экономическом отношении стран показывает, что в области метрологии финансированию уделяется значительное внимание. Для эффективного решения государственных задач в данной области и развития необходимой системы измерений во всех развитых и развивающихся странах созданы НМИ. Такие институты анализируют состояние метрологии в государстве, рекомендуют направления ее развития с учетом приоритетных направлений развития страны и централизованно финансируются государством в достаточном объеме.

Оценки показывают, что на современном этапе достаточный объем государственного финансирования для промышленно развитых стран должен составлять 0,01—0,015 % ВВП. В частности, бюджетное финансирование NIST (США) составляет примерно 1,2 млрд. долларов (около 37 млрд. руб.), что составляет 0,01 % ВВП страны; РТВ (Германия) — порядка 300 млн. евро (около 12,3 млрд. руб.), приблизительно 0,012 % ВВП. Еще более значительное государственное финансирование метрологии в Китае, Индии, Бразилии и в настоящее время оно превышает 0,015 % ВВП. Бюджетное финансирование 7 НМИ Росстандарта составляет около 0,6 млрд. руб. (0,0007 % ВВП).

Исследования, проведенные во многих странах мира с рыночной экономикой, подтверждают прямую и значительную технико-экономическую выгоду от государственных вложений в метрологию. Авторы этих исследований указывают, что вложения в совершенствование метрологического обеспечения позволяют ежегодно увеличивать ВВП на 0,8—1,5 % [6, 7].

Сопоставление объема государственного финансирования НМИ и количества СМС показывает, что в России финансирование одной признанной за рубежом измерительной возможности в 49,5 раз меньше, чем в США и соответственно в 34,7 раз меньше, чем в Германии. Данную ситуацию можно рассматривать с разных сторон. С одной стороны, учитывая, что измерительные возможности США, России и Германии, зафиксированные в МБМВ, достаточно близки (первые три места), российские метрологи действуют гораздо эффективнее, чем их американские и немецкие коллеги. С другой стороны, малое бюджетное финансирование не позволяет создать метрологическое обеспечение высокотехнологичных отраслей, например таких, как точное машиностроение, микро- и наноэлектроника, фармацевтика, новые материалы и фотоника. Ведь лидирующие позиции российской метрологии в электроэнергетике и металлургии были заложены более 30 лет назад. Это еще раз подтверждает, что без значительной государственной поддержки национальной метрологии развитие высокотехнологичных отраслей в условиях рыночной экономики невозможно.

Касаясь истории развития отечественной метрологии, необходимо отметить, что на протяжении всего пути становле-

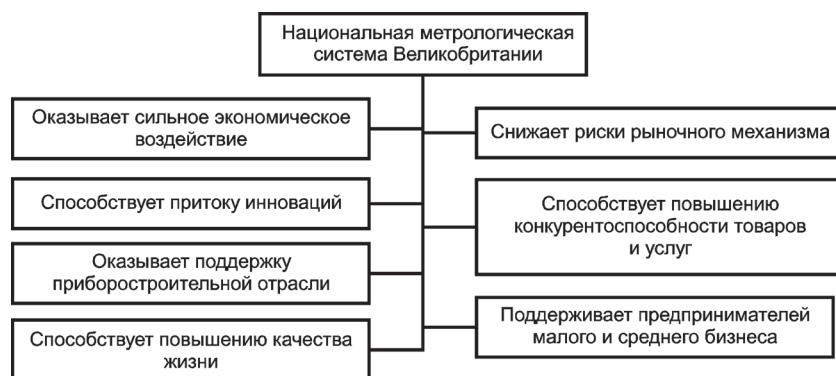


Рис. 2. Влияние НМС Великобритании на экономику страны

ния и развития России, руководители государства уделяли большое внимание созданию государственной системы обеспечения единства измерений в стране. Это зародилось еще в Древней Руси, когда при ведении торговли со своими соседями русские князья Владимир и Святослав сталкивались с необходимостью соблюдения определенных правил измерений. Тогда надзор за правильностью торговых мер и весов осуществляло духовенство, а затем — образованное в XV в. Российское государство.

Неоценимое значение для развития метрологии в России имели работы, проведенные Д. И. Менделеевым в возглавляемой им Главной палате мер и весов, когда наряду с практической работой по обеспечению единства измерений в стране были развернуты глубокие научные метрологические исследования. Велика роль Д. И. Менделеева и во внедрении в России метрической системы мер.

Таким образом, в России по мере развития торговли и других видов деятельности осознавалась важность метрологии, и государство всегда оказывало поддержку. Однако, как показывают приведенные выше цифры, на современном этапе развития государство оказывает недостаточную финансовую поддержку метрологии.

В зарубежной литературе опубликованы материалы многочисленных исследований ученых и экспертов Европы, Азии, США, Австралии в области оценки экономической эффективности метрологической деятельности и ее влияния на производственную сферу частных компаний и экономику государства в целом. Одни из первых исследований были проведены в 1965 г. в США Национальным Бюро стандартов (NBS) с целью изучения состояния национальной метрологической системы (НМС) страны. В результате установлено, что экономический эффект от метрологической деятельности составил 3,5 % ВВП [6]. В 1999 г. в Великобритании проводили исследования роли НМС и ее влияния на экономику страны. В частности, по заказу отдела политики национальной системы метрологии Департамента торговли и промышленности Великобритании С. Боунс (Cambridge Technology Centre) подготовил аналитический обзор логического обоснования экономической выгоды НМС Великобритании [9]. В данном обзоре выявлены факторы, посредством которых деятельность НМС оказывает положительное влияние на экономику страны. Важнейшим из этих факторов оказалось поддержание стабильной инфраструктуры государственной

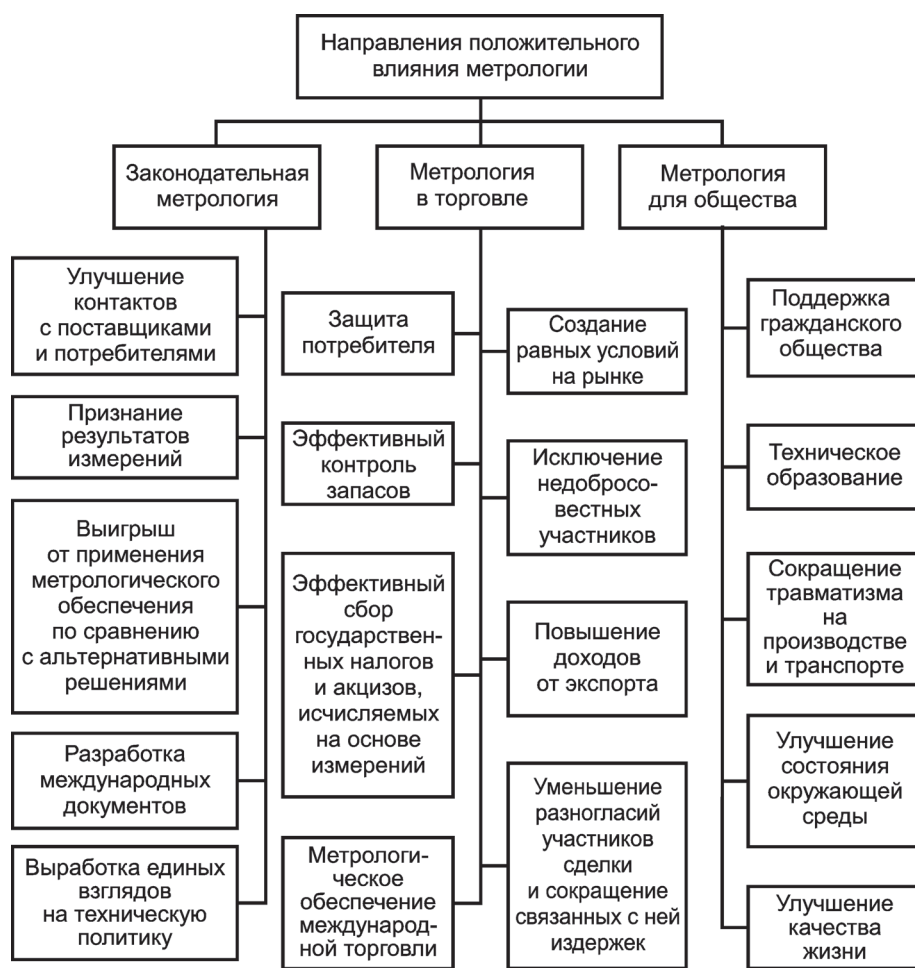


Рис. 3. Области деятельности, в которых метрология обеспечивает достижение экономических преимуществ

метрологии и обеспечение ее развития в интересах страны. Исследования в области патентов показали, что 10 % из них связаны с метрологией. В целом оценки влияния НМС Великобритании на экономику страны приведены на рис. 2.

Эти и другие данные подтвердили то обстоятельство, что метрологическая система оказывает сильное воздействие на экономику страны, способствует повышению конкурентоспособности продукции и качества жизни людей.

В исследовании [10], выполненном для Международного комитета законодательной метрологии (МКЗМ), проанализировано влияние метрологической системы на различные отрасли экономики страны (рис. 3). Основная цель этих исследований — изучение влияния метрологии на различные сферы человеческой деятельности. В процессе исследований было подтверждено положительное влияние метрологии на деятельность людей и общество в целом.

Полученные экспертные оценки показывают, что правильные и выполненные в полном объеме измерения дают значительный экономический эффект, соответствующий 2,7 % ВВП Евросоюза, а соотношение выгода — затраты составляет 3:1 [10]. Там же отмечено, что в Европе более 13 млрд. евро в год тратят на измерения в сфере медицинских услуг. При этом доход вследствие возвращения пациентов к работе на каждый потраченный евро составляет 3 евро.

Еще одним примером может служить влияние метрологии на доходы поставщиков и потребителей природного газа.

При ежегодном потреблении газа в объеме 5,0 млрд. м³ [9] в случае снижения точности измерений на 0,5 % могут быть недопоставлены или не оплачены потребителем около 25 млн. м³. Соответственно повышение точности измерений приведет к ощутимым прибылям в масштабах отрасли.

Следует отметить, что это весьма актуально и для России. Например, в [12] отмечено, что более 60 % потерь энергоресурсов приходится на устаревшую, незащищенную от вмешательства, либо просто отсутствующую метрологическую базу. В [13] показано, что экономический эффект от программы США, связанной с измерением холестерина, за 13 лет составил 3,5 млрд. долларов.

Таким образом, приведенные исследования доказывают существенные экономические преимущества от повышения точности измерений.

Переход России к рыночной экономике во многом изменил подходы к составляющим экономической деятельности общества, переформулировал цели и задачи. Это в полной мере коснулось и метрологии. Получение конкретных количественных оценок метрологической деятельности как в масштабе государства, так и для частного предпринимателя или корпорации, представляет довольно сложный процесс, который требует дальнейших тщательных исследований.

Одна из первых попыток формализации такого процесса — утверждение стандарта [14]. В основу этого документа положены приведенные ниже соображения: «Экономическая эффективность метрологических работ должна определяться комплексно с учетом системного подхода, который предусматривает технико-экономический анализ состояния всех элементов метрологического обеспечения на всех уровнях управления производством, выявление экономических последствий их использования в различных отраслях народного хозяйства и на всех его стадиях жизненного цикла продукции (разработка, производство, обращение, потребление продукции).

Важнейшим методическим принципом оценки экономической эффективности является принцип сопоставимости экономического эффекта и производимых затрат по сравниваемым вариантам. Реализация этого принципа требует соблюдения условий сопоставимости по основным признакам сравниваемых вариантов: функциональному назначению; времени осуществления затрат и получаемых экономических результатов; качественным параметрам; методом расчета основных технико-экономических показателей и используемым нормативам; социальному эффекту, включая влияние на окружающую среду».

Отличительной особенностью современного мирового промышленного развития является переход ведущих стран

к новому этапу формирования инновационного общества — построению экономики, базирующейся преимущественно на генерации, распространении и использовании знаний при резком ускорении темпов обновления продукции и технологий.

Комплексный план мероприятий по реализации Основ политики в области развития науки и технологий на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу, утвержденный Председателем Правительства РФ 20 марта 2012 г. № 1207п-П8, предусматривает, что стратегической целью государственной политики в данной области является обеспечение к 2020 г. мирового уровня исследований, разработок и глобальной конкурентоспособности России на направлениях, определенных государственными научно-технологическими приоритетами [15].

Реализация приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в России в соответствии с перечнем критических технологий РФ, утвержденным документом [16], возможна не только при всесторонней государственной поддержке научной, исследовательской, экономической деятельности, но также при поддержке метрологического обеспечения этих приоритетных направлений.

В настоящее время в процессе реализации данных программных документов по модернизации российской экономики обозначились проблемы метрологического обеспечения приоритетных направлений (рис. 4). В то же время одно лишь увеличение финансирования измерений не гарантирует выполнение задач по поддержке технологической модернизации российской экономики и повышение конкурентоспособности продукции на рынке. Необходимо рациональное сочетание мер финансового характера с системными мерами, обеспечивающими своевременную разработку новой эталонной базы и стандартных образцов, новых средств и методов измерений, а также соответствующих нормативных правовых и нормативно-технических документов.

Системный подход к развитию метрологии должен предусматривать анализ экономической эффективности метрологического обеспечения, что, в свою очередь, предполагает постоянную оценку общего экономического результата, во-первых, применительно к конечной продукции, самостоятельно участвующей в производственном процессе, и, во-вторых, во взаимосвязи со всеми техническими устройствами, материальными и людскими ресурсами, обеспечивающими применение и обслуживание данной продукции. Экономическая эффективность метрологических работ должна определяться в комплексе с научно-технической, социальной и другими видами эффективности.

Однако, реализация предложенного подхода развития метрологического обеспечения приоритетных направлений, сталкивается также с проблемами реального российского производства: диспропорцией между технологическим оборудованием и средствами измерений; отсутствием системного подхода к организации метрологического обеспечения производств и формированию парка средств измерений; слабым техническим оснащением метрологических служб



Рис. 4. Основные проблемы метрологического обеспечения приоритетных направлений

предприятий (более 80 % поверочного оборудования выпущено до 1990 г.); недостаточным вниманием к вопросам метрологической экспертизы технологического процесса, разработки методик измерений и повышения квалификации специалистов метрологических служб; сокращением численности или ликвидацией метрологических служб на предприятиях.

Таким образом, проведенные в последнее время в нашей стране и за рубежом исследования свидетельствуют, что как ранее (столетия назад), так и сейчас метрология играет значительную роль в развитии экономики вообще и конкретных научно-технических направлений в частности. Ошибочно предполагать, что в условиях рыночной экономики метрология должна развиваться преимущественно за счет бизнеса. В основе обеспечения единства измерений лежит ряд важнейших составляющих, создание и развитие которых возможно только при поддержке государства.

Эффективное развитие выбранных государством приоритетных экономических направлений возможно только при осознанном, сравнимом с развитыми в экономическом отношении странами, государственном финансировании метрологии. При этом государственное финансирование должно охватывать все направления, обеспечивающие развитие конкретного вида измерений (от фундаментальных исследований до соответствующих научно-исследовательских и конструкторских разработок) с выполнением необходимых работ по капитальному строительству, реконструкции и перевооружению.

Л и т е р а т у р а

1. **Ширялкин А. Ф.** Метрология в аспектах качества: учебное пособие. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2010.

2. **Poulson B. W.** Economic Analysis of the National Measurement System. Report from the 1972—75 Study of the National Measurement System by the NBS Institute for Basic Standards. September, 1977.

3. **Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)** [Официальный сайт]. <http://www.bipm.org> (дата обращения 20.01.2014 г.)

4. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025—2006.** Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

5. **Послание** Директора МБМВ профессора Э. Волларда «Глобальное доверие через прослеживаемость в рамках Международной системы единиц СИ» // Главный метролог. 2005. № 4. С. 3. [Электрон. версия] <http://vniim.ru/files/pozdrowol.pdf> (дата обращения 20.01.2014 г.)

6. **Easton B.** Metrology and the Economy. [Электрон. версия] http://www.eastonbh.ac.nz/2000/07/metrology_and_the_economy_lecture/ (дата обращения 20.01.2014 г.).

7. **Lambert R., Temple P.** The Economics of Weights and Measures in the UK. [Электрон. версия] <http://www.bis.gov.uk/assets/nmo/docs/legislation/legislation/economic-analysis-final-report.doc> (дата обращения 20.01.2014 г.).

8. **Окрепилов В. В.** Основы метрологии: учебное пособие. СПб.: Изд-во ГУАП, 2008.

9. **Department of Trade and Industry National Measurement System Policy Unit.** [Электрон. версия] <http://www.bis.gov.uk/files/file32855.pdf> (дата обращения 20.01.2014 г.).

10. **Birch J.** Benefit of Legal Metrology for the Economy and Society. [Электрон. версия] http://www.oiml.org/en/files/pdf_e/e002-e03.pdf (дата обращения 20.01.2014 г.).

11. **Metrology** — in short. Ed. 3rd. [Электрон. версия]. <http://www.afrimets.org/Publications/Forms/AllItems.aspx> (дата обращения 20.01.2014 г.).

12. **Макогон А. А.** Роль и возможности современной отечественной метрологии в процессах рыночного освоения экологических программ (на примерах программы по утилизации попутного нефтяного газа и деятельности ПО «Физтех») // Инновации. Промышленность. Финансы: Спец. семинар, 2010 [Электрон. версия]. <http://www.kipia.info/publication/rol-i-vozmozhnosti-sovremennoy-otechestvennoy-metrologii-v-protsessah-ryinochnogo-osvoeniya-ekologicheskikh-programm> (дата обращения 20.01.2014 г.).

13. **Balconi M.** Tacitness, codification of technological knowledge and the organisation of industry // Res. Policy. 2002. N. 31 (3). P. 357—379.

14. **МИ 2546—99.** ГСИ. Методы определения экономической эффективности метрологических работ.

15. **Приказ** Министерства экономического развития РФ от 2 августа 2012 г. № 481 «Об организации в Минэкономразвития России работы по выполнению Комплексного плана мероприятий по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2020 года и дальнейшую перспективу».

16. **Указ** Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

Дата принятия 15.01.2014 г.