

пульт дистанционного управления и силоизмерительное устройство давления на тормозную педаль. Автотранспортное средство устанавливается на испытательный стенд так, чтобы колеса проверяемой оси располагались на роликах. Опорно-воспринимающее устройство предназначено для размещения опорных роликов и принудительного вращения колес диагностируемой оси автомобиля, а также для формирования (с помощью датчиков тормозной силы и веса) электрических сигналов, пропорциональных соответственно тормозной силе и части веса автомобиля, приходящегося на каждое колесо диагностируемой оси. Раму опорно-воспринимающего устройства укладывают на резиновые подкладки, чтобы погасить вибрацию. Поверхности роликов силовых стендов делают рифлеными со стальной наваркой, обеспечивающей постоянный коэффициент сцепления по мере износа роликов, или же покрывают базальтом, бетоном и другими материалами, обеспечивающими хорошее сцепление шин. Для лучшего сцепления роликов с шинами колес оба ролика делают ведущими, а расстояние между ними – таким, чтобы обеспечить невозможность съезда автомобиля со стенда при торможении. Выезд автомобиля со стенда после проверки тормозов ведущей оси обеспечивается реактивным моментом мотор-редукторов или подъемниками, расположенными между роликами. Для этой цели один из роликов (со стороны выезда) снабжают устройством, допускающим вращение только в одну сторону.

Из-за тяжелых условий эксплуатации (большой поток техники, загрязнение, не своевременное техническое обслуживание), происходит преждевременный выход из строя датчиков силы и веса, что приводит к приостановлению функционирования стенда, до замены или ремонта датчиков. Так же при эксплуатации по мере износа опорных роликов ухудшаются их эксплуатационные качества, уменьшается диаметр и межосевое расстояние, приводящее к проскальзыванию колес автомобиля, занижению показаний тормозного усилия. Эти выводы основаны на анализе проверок тормозных стендов, проведенных ла-

бораторией НИЦИСИиТ в течении 5 лет ($350 \pm 10\%$ в год). При выполнении поверки, государственный поверитель «предупреждает» о критическом либо предкритическом состоянии элементов тормозного стенда (регулировка датчиков, замене роликов). В случае с тормозными роликами, поверитель измеряет максимальный износ роликов (с помощью щупов или измеряет диаметр роликов), а в случае с измерительными датчиками, поверитель нагружает стенд в пределах всего диапазона измерения (с помощью калиброванного датчика силы и специального приспособления), после чего высчитывает погрешность результатов измерений. Владелец стенда принимает решение о замене или регулировке этих компонентов дилерами с последующей внеочередной поверкой.

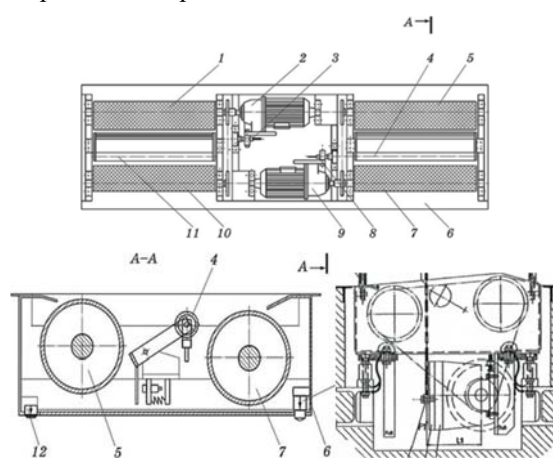


Рисунок 4 – Опорно-воспринимающее устройство:
1, 5, 7, 10 – ролики; 2, 9 – мотор-редукторы;
3, 8 – тензометрические датчики; 4, 11 – следящие ролики; 6 – рама; 12 – датчики веса

Литература

1. СТБ 1641-2016 «Транспорт дорожный. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы поверки».
2. Диагностирование автомобилей. Практикум: учеб. пособие / Под ред. А. Н. Карташевича. – Минск: Новое знание. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 208 с.

УДК 535.231.11

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Длугунович В.А., Дунец Д.О., Исаевич А.В., Круплевич Е.А., Насенник Л.Н.

Институт физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время рынок лазерной и оптоэлектронной техники стремительно растет и имеет широкий круг областей применения, включающих медицину, промышленность, энергетику, био- и наноиндустрию, авиакосмические

технологии, агропромышленное производство, национальную безопасность. Для его развития необходимо современное метрологическое обеспечение лазерной и оптоэлектронной техники, базирующееся на современной эталонной базе,

основой которого является точность воспроизведения, хранения и передачи соответствующим средствам измерений (СИ) размеров единиц и в первую очередь основных энергетических величин: мощности и энергии лазерного излучения (ЛИ).

В 2019 г. в рамках подпрограммы «Эталоны Беларуси» ГНТП «Эталоны и научные приборы» создан Национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения (ЭСМЭЛИ), предназначенный для воспроизведения и хранения в спектральном диапазоне от 0,3 до 10,6 мкм единицы средней мощности ЛИ в динамическом диапазоне от 10^{-9} до 2 Вт и единицы энергии ЛИ в диапазоне от 10^{-7} до 1 Дж, а также передачи единицы средней мощности ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808; 1,064 и 10,6 мкм и единицы энергии ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808; 1,064 мкм эталонам низшего звена, калибровочным (поверочным) установкам и рабочим СИ энергетических характеристик ЛИ, применяемым для калибровки, диагностики и измерений характеристик источников и приемников оптического излучения. Постановлением Госстандарта эталон внесен в Государственный реестр национальных и исходных эталонов Республики Беларусь за № НЭ РБ 56-19.

Функционально эталон состоит из следующих основных систем: комплекса средств измерений средней мощности и энергии лазерного излучения, основой которого являются эталонный измерительный преобразователь калориметрического типа ПИ-15 (ЭИП), снабженный обмоткой замещения для подачи в нее мощности электрического тока, и трап-детектор модели LTD-11 эталонного класса; комплекса аппаратуры передачи размера единиц средней мощности и энергии ЛИ поверяемым (калибруемым) эталонам и рабочим СИ энергетических характеристик ЛИ, включающего четыре стабилизированных непрерывных лазера со средней мощностью излучения до 10 Вт, оптическую систему транспортировки излучения и модули формирования импульсного излучения; блока управления, сбора и обработки измерительной информации и оптического стола, необходимого для размещения указанных систем эталона [1].

В ЭСМЭЛИ применена структурная схема с использованием «последовательного» способа воспроизведения единицы средней мощности ЛИ и передачи ее размера, который предполагает измерения значений мощности ЛИ с помощью ЭИП либо трап-детектора при измерениях мощности низкоуровневого ЛИ и последующей установки на их место калибруемого СИ. При этом с помощью приемника-«свидетеля», на который отводится часть излучения лазера, фиксируется возможное относительное изменение мощности источника ЛИ в процессе передачи размера еди-

ницы. «Последовательный» способ обеспечивает высокие метрологические характеристики воспроизведения единицы средней мощности ЛИ и передачи ее размера, а также позволяет использовать в составе эталона менее мощные лазеры. Кроме того, использование приемника-«свидетеля» позволяет сэкономить рабочий ресурс калориметра и устанавливает менее жесткие требования к характеристикам источников ЛИ и, прежде всего, к стабильности мощности ЛИ [2].

Специальная конструкция приемного элемента ЭИП позволила минимизировать неконтролируемые тепловые потери в окружающую среду, обусловленные теплопроводностью, конвекцией и излучением, и достичь высокой эквивалентности мощности поглощенного оптического излучения и мощности постоянного электрического тока замещения. Время формирования выходного сигнала не превышает 5 минут. Необходимая точность измерений мощности оптического излучения достигается путем замещения последней мощностью электрического тока, которая при калибровке ЭИП измеряется с высокой точностью.

При подаче постоянного электрического тока на обмотку замещения ЭИП происходит преобразование мощности электрического тока, выделяемой в его электрическом нагревателе, в тепловой поток, в результате чего в термобатарее ЭИП образуется аналоговый выходной электрический сигнал, пропорциональный средней мощности теплового потока. Этот сигнал измеряют с помощью нановольтметра и определяют текущее значение коэффициента преобразования средней мощности электрического тока. Полученное в результате проведенных исследований среднее значение коэффициента преобразования средней мощности электрического тока K_{Σ} составляет $5,10 \pm 0,01$ мВ/Вт.

После проведения калибровки ЭИП по постоянному электрическому току, в него подают оптическое излучение. В приемном элементе преобразователя излучение поглощается и преобразуется в тепловой поток, средняя мощность которого пропорциональна средней мощности излучения. В результате этого, как и при воздействии электрического тока, термобатарея ЭИП реагирует на тепловое воздействие и обеспечивает появление электрического сигнала, пропорционального средней мощности оптического излучения. Это позволяет проводить с помощью эталона воспроизведение единицы средней мощности оптического излучения.

При работе эталона в режиме передачи единицы средней мощности ЛИ излучение одного из лазерных источников блока излучателей с помощью поворотных зеркал, выставляемых в нужное положение блоком автоматизированных платформ, сначала направляется на ЭИП либо на трап-детектор, а затем на калибруемое СИ, кото-

рое устанавливаются на место эталонного измерителя. Часть излучения от светоделительной пластинки подается на приемник-«свидетель», который используется для оценки уровня мощности и контроля стабильности мощности ЛИ, поступающего на приемники излучения при их последовательной замене. Сигналы с ЭИП, трап-детектора и приемника-«свидетеля» подаются на нановольтметр и далее на блок измерений и управления эталоном, выполняющий обработку сигналов и осуществляющий управление работой эталона с помощью персонального компьютера.

При воспроизведении и передаче единицы энергии ЛИ в измерительный канал с помощью блока автоматизированных платформ вводится один из оптико-механических затворов (ОМЗ). Каждый ОМЗ предназначен для работы на определенной длине волны излучения (0,532; 0,808; 1,064 мкм), соответствующей длине волны излучения лазеров. ОМЗ формируют импульсы ЛИ длительностью от 10 мкс до 10 с, частота следования которых может варьироваться от 0 до 100 кГц. Характеристики импульсов излучения контролируются в отдельном канале с помощью оптоэлектрического преобразователя FPS-1, на который светоделительной пластинкой направляется часть излучения. Длительность и частота следования импульсов с преобразователя FPS-1 измеряются с помощью частотомера.

Основные точностные метрологические характеристики ЭСМЭЛИ в спектральном диапазоне от 0,3 до 10,6 мкм: расширенная неопределенность ($k = 2$, $P = 95\%$) размера единицы средней мощности ЛИ, воспроизводимой эталоном, не более 0,04 % в диапазоне от $5 \cdot 10^{-3}$ до 2 Вт; не более 0,15 % в диапазоне от 10^{-9} до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт; размера единицы энергии ЛИ, воспроизводимой эталоном, не более 0,29 %. Эталон обеспечивает передачу единицы средней мощности ЛИ на фиксированных длинах волн с расширенной неопределенностью не превышающей 0,24 % и единицы энергии ЛИ – не превышающей 0,10 %.

Эталон соответствует требованиям введенного в Республике Беларусь межгосударственного стандарта ГОСТ 8.275-2016 [3].

Области применения ЭСМЭЛИ: передача размера единиц средней мощности и энергии ЛИ эталонам более низкого ранга и высокоточным средствам измерений, применяемым в медицине, промышленности, науке, образовании и т.д., посредством их поверки и калибровки; проведение исследований метрологических характеристик разрабатываемой аппаратуры в области приборостроения, медицины, науки и техники.

Созданный эталон единиц средней мощности и энергии ЛИ по своим характеристикам соответствует эталонам наиболее крупных метрологических центров и является конкурентоспособным с зарубежными аналогами. По некоторым параметрам, таким как динамический диапазон воспроизведения единицы средней мощности ЛИ, стандартная неопределенность воспроизведения единицы средней мощности ЛИ, динамический диапазон воспроизведения единицы энергии ЛИ, стандартная неопределенность воспроизведения единицы энергии ЛИ он превосходит эталоны отдельных международных центров.

Литература

1. Национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения // В.А. Длугунович [и др.] / Метрология–2019: Тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–28 марта 2019 г. / Под общ. ред. канд. техн. наук Гуревича В.Л. – Мн.: БелГИМ, 2019. – С. 40–44.
2. Эталонная база Системы обеспечения единства измерений лазерной и светодиодной техники Республики Беларусь // В.А. Длугунович [и др.] / Полупроводниковые лазеры и системы на их основе: 12-й Белорусско-Российский семинар, 27–31 мая 2019, Минск. – Мн.: Ковчег, 2019. – С. 43–46.
3. ГОСТ 8.275-2016 Государственная поверочная схема для средств измерений средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм. – Введ. 2018 – 09 – 01. – Мн.: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 12 с.

УДК 303.222

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПРЕДЕЛЬНЫМИ КАЛИБРАМИ

Соломахо В.Л.¹, Цитович Б.В.², Михейчик А.В.¹

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный институт повышения квалификации по стандартизации,
метрологии и управлению качеством
Минск, Республика Беларусь

Важным вопросом каждого производства является обеспечение качества выпускаемой продукции. Любое нарушение требований к качеству продукции ведет к увеличению издержек производства и, как следствие, удорожанию самой про-

дукции. Поэтому с целью обеспечения заданного уровня качества продукции необходимо своевременно идентифицировать нарушения требований к качеству, которые выявляются с помощью технического контроля, проводимого на всех стадиях