

проведен эксперимент, в котором проволоочный образец TiNi локально деформировали изгибом через оправку и разгибали, механическое циклирование повторяли 20 раз на оправках различного диаметра (рисунок 3).

На основании результатов данных исследований разработан метод и устройство определения неоднородных участков протяженных изделий TiNi, изначально находящихся в аустенитном состоянии. Метод определения неоднородных деформационных участков заключается в подаче протяженного TiNi изделия через устройство, в котором оно локально подвергается охлаждению ниже температуры перехода материала в мартенситное состояние, с непрерывным измерением ЭДС, возникающей в проволоке. В случае существования неоднородных участков в проволоочном образце наблюдается резкий скачок значения термокинетической ЭДС. Таким образом, по изменению ЭДС определяют участки изделия, в которых фазовый или химический состав отличается от заданного, а значит, эти участки подлежат выбраковке.

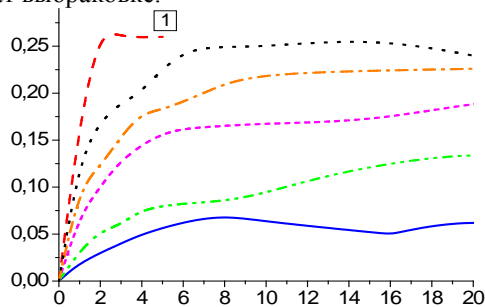


Рисунок 3 – Зависимость изменения величины ЭДС от количества циклов при механическом циклировании через оправки диаметром: 1) 1,1 мм (31%); 2) 2,61 мм (13,4%); 3) 3,5 мм (10%); 4) 4,9 мм (7,1%); 5) 6,8 мм (5,1%); 6) 12 мм (2,9%)

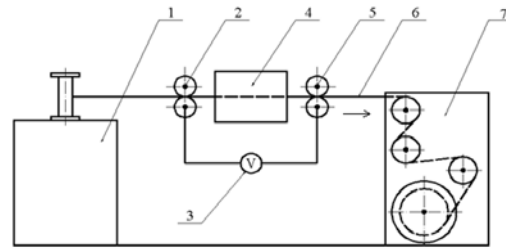


Рисунок 4 – Устройство для контроля качества протяженных TiNi изделий

Устройство, реализующее предложенный способ контроля (рисунок 4) состоит из подающего и принимающего блоков 1 и 7, термостатной камеры 4 и вольтметра 3 с двумя роликовыми контактами 2 и 5, соединяющими с протяженным изделием из никелида титана 6.

1. Фурмаков Е.Ф. Электрический ток, вызванный движением поверхности раздела фаз в металле // *Фундаментальные проблемы естествознания*. – С.-Пб. – 1999. – Т.1, – Вып. 21. – С. 377-378.
2. Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Петрова-Буркина О.А. Электросопротивление никелида титана при нестационарном нагреве // *Письма о материалах*. – Уфа. – 2012. – Т.2. – №2. – С.71-73.
3. Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Лесота А.В. Термоэлектрические явления при прямом фазовом превращении в TiNi сплав // *Сборник тезисов международной научной конференции «Сплавы с ЭПФ: свойства, технологии, перспективы*. Витебск – 2014. – С.33-35.
4. Anatyshuk L.I., Bulat L.P. Thermoelectric Phenomena under Large Temperature Gradients, *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano-Structured Materials*, CRC Press: New York, London, Tokyo. – Ch. 3. – 2005.

УДК 535.241

ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ЛЮКСМЕТРОВ

Скумс Д.В.¹, Данильчик А.В.², Ждановский В.А.², Крейдич А.В.², Луценко Е.В.², Никоненко С.В.²

¹Белорусский государственный институт метрологии

Минск, Республика Беларусь

²Институт физики НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

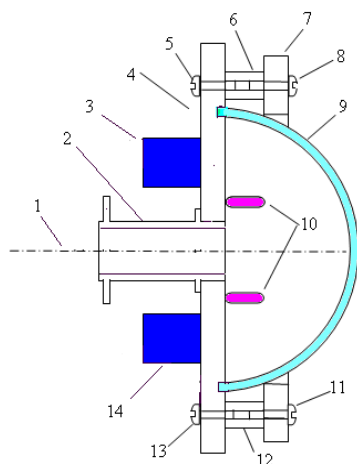
Одной из основных задач определения эксплуатационных характеристик светотехнических изделий является измерение создаваемой ими освещенности. Это обусловлено тем, что согласно ряду технических нормативных правовых актов, освещенность подлежит обязательному контролю [1-4].

В соответствии с процедурой, установленной Международной комиссией по освещению (CIE),

фотометры, фотометрические головки (ФГ) и люксметры калибруются по чувствительности к освещенности в амперах на люкс, в вольтах на люкс или в делениях шкалы на люкс [4]. Измерения, согласно [4] должны выполняться на фотометрической скамье с использованием в качестве источника излучения светоизмерительные лампы силы света, которые соответствуют стандартному источнику излучения CIE A, при

коррелированной цветовой температуре $T_{cp} = 2856$ К.

Рекомендации [4] были разработаны в начале 80-х гг., когда основным источником освещения являлись лампы накаливания, имеющие относительной спектральное распределение мощности излучения (ОСРМИ) близкое к стандартному источнику излучения *CIE A*. Но в последнее время доля ламп накаливания среди используемых источников освещения существенно снизилась, а в ряде стран их использование для освещения общественных мест запрещено. Вместо ламп накаливания сейчас применяют компактные энергосберегающие люминесцентные лампы и светодиоды (СИД) белого свечения, причем их доля в общем числе используемых источников излучения неуклонно возрастает.



1 – оптическая ось КРИИ; 2 – тубус; 3, 14 – радиаторы охлаждения; 4 – монтажная плата КРИИ; 5, 8, 11, 13 – винты; 6, 12 – стойки; 7 – кольцо; 9 – полусфера; 10 – источники излучения

Рисунок 1 – Устройство КРИИ

ОСРМИ СИД белого свечения значительно отличается от ОСРМИ ламп накаливания. В ряде теоретических исследований показано, что вследствие этого спектрального рассогласования ошибка измерений освещённости, создаваемой современными светотехническими изделиями, может увеличиться [5]. Так как основной объём измерений освещённости проводится на рабочих местах, в жилых и производственных помещениях с помощью наиболее распространённых в Беларуси типов люксметров: ТКА-ПКМ, ТКА-ЛЮКС (Россия) и фотометр-яркометр ТЭС 0693 (Украина), мы провели исследование с целью определить значимость влияния спектрального рассогласования на измерения освещённости, создаваемой светотехническими изделиями на основе СИД белого свечения и лампами накаливания [6]. В результате было установлено, что при переходе от освещения лампой накаливания к СИД погрешность измерений создаваемой ими

освещённости действительно в ряде случаев возрастает. Но при этом относительная погрешность измерений освещённости с помощью упомянутых люксметров увеличивается не более чем на 4 % при нормированном производителем значениях от 6 % до 10 % [6]. Полученные результаты позволяют утверждать, что необходимость в массовом обновлении парка люксметров, эксплуатируемых в Республике Беларусь, отсутствует. Поскольку погрешность измерений освещённости, создаваемой СИД, может превышать нормированное производителем значение, то при внесении в Реестр средств измерений, допущенных к применению в области законодательной метрологии, целесообразно указывать отдельно погрешность измерений освещённости, создаваемой лампами накаливания и СИД.

С учетом того, что эксплуатируемая в настоящее время в Белорусском государственном институте метрологии (БелГИМ) установка для поверки люксметров УПФ морально и физически устарела, был создан автоматизированный комплекс для поверки люксметров, фотометров и ФГ. Для этого комплекса совместно БелГИМ и Институтом физики НАН Беларуси был разработан комбинированный референсный источник излучения (КРИИ) на основе малогабаритных кварцево-галогенных ламп *Osram HLX64640* (4 шт), СИД белого свечения *Lumileds Luxeon S1000 LXS8-PW27* (8 шт), а также *Luxeon S1000 LXS9-PW30* (8 шт.) и полусфера (рисунки 1, 2). Внутренняя поверхность источника покрыта сульфатом бария. Отношение диаметра полусферы к диаметру выходной апертуры 5/1. СИД и лампы установлены внутри полусферы равномерно вокруг выходного отверстия и симметрично относительно оптической оси КРИИ на монтажной плате 4. Лампы установлены таким образом, чтобы их колбы находились внутри КРИИ. Для обеспечения необходимых условий охлаждения КРИИ используются радиаторы охлаждения 3 и 14 производства фирмы *Fischer Elektronik LA 9/200 230V* и система принудительной вытяжной вентиляции, установленные снаружи источника. В конструкции применяется специальное защитное кольцо, служащее для экранирования элементов СИД и контактных проводов с целью не допущения влияния данных объектов на рассеяние излучения внутри полусферического источника излучения и соответственно на выходящий из него поток излучения. В кольце имеются отверстия для линз СИД и для винтов, служащих для его соединения с монтажной платой.

Питание кварцево-галогенных ламп и СИД осуществляется от источников питания типа *Aghilent 6576* и *BK Precision X195* соответственно. Контроль тока и напряжения кварцево-галогенных ламп и СИД осуществляется двумя мультиметрами *Aghilent 3410*.



Рисунок 2 – Внешний вид КРИИ

В результате исследований основных технических и метрологических характеристик созданного КРИИ было установлено, что в пределах пятна освещенности диаметром 95 мм, создаваемого источником на расстоянии 0,5 м от него:

- КРИИ обеспечивает среднее значение освещенности не менее 4000 лк от светодиодов и не менее 3000 лк от ламп;
- неравномерность распределения освещенности не превышает 2,3 %;
- значение коррелированной цветовой температуры излучения используемых источников излучения составляет 2856 ± 200 К;
- неравномерность распределения коррелированной цветовой температуры не превышает ± 10 К при фиксированных значениях характери-

стик питания ламп и СИД.

По результатам испытаний КРИИ показал высокую стабильность и воспроизводимость освещенности. Дрейф создаваемой КРИИ освещенности в течении 3 часов не превысил $\pm 0,25$ %.

Таким образом, создан комбинированный референсный источник излучения на основе малогабаритных кварцево-галогенных ламп и СИД белого свечения, предназначенный для калибровки люксметров. Источник также может применяться при калибровке многоэлементных приемников типа ПЗС или приборов, изготовленных на их основе.

1. ТКП 45-2.04-153-2009 (02250) Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования.
2. ГОСТ ИСО 8995-2002. Освещение рабочих систем внутри помещений.
3. ГОСТ 32.120-98. Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта.
4. CIE. Publ.№ 53. Methods of Characterizing the Performance of Radiometers and Photometers. – Vienna, CIE Central Bureau. – 1982. – 35 p.
5. Гомбош К., Шанда Я. Освещение светодиодами как проблема фотометрии и колориметрии / Светотехника. – 2009. – № 2. – С. 11-19.
6. Скумс Д.В., Тарасова О.Б., Липлянин А.А., Никоненко С.В. Погрешности измерения освещенности создаваемой светодиодами / Фотометрия и ее метрологическое обеспечение: тезисы докл. XIX научн-технич. конфер. – М.: Логос. – 2013. – С. 38-40.

УДК 620.179.14

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ СООСНОСТИ ГИБКИХ ГОФРИРОВАННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ОБОЛОЧКЕ

Чернышев А.В., Загорский И.Е.

*Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь*

При прокладке трубопроводов для теплосетей, водоснабжения все чаще применяются гибкие трубы. Они состоят из гофрированной напорной трубы, изготовленной из нержавеющей стали, вокруг которой расположена полиэтиленовая оболочка, между ними находится пенополиуретановый теплоизолятор (рисунок 1).

Одним из показателей качества такой трубы является соосность напорной трубы полиэтиленовой оболочке. Несосоосность снижает гибкость трубопровода, а также вызывает дополнительные потери тепла при прохождении по напорной трубе теплоносителя.



Рисунок 1 – Конструкция гибких трубопроводов