

propelling catheter for minimally invasive surgery and other devices for medical applications.

For movement of multi-legged robot through a pipe we use the trawling wave of the *Holothuria* for «*Holothurobot*». Merging the kinematics of a salamander with the kinematics of an octopod allows us to develop «*Eightleggedrobot*» – a new eight legged robot with only three actuators. Combining a flying insect and a piezotransducer with extremities supplies a new object – the piezomicrorobot «*Minchrobot*». Merging the bristle-body with the cross vibrations of unbalanced motor allows us to develop a new *Vibrobristleworm*.

Using our interactive software for the improvement of «man-computer» dialogue is proposed to visualize a selection process of properties and parameters of the robots on a computer screen. The analyses of biological objects and alternative technical systems allow us to create several new biologically inspired robots.

We used the tree-like classifications for automatic construction of various transparent morphological Cubes (boxes) on the screen of a computer. The analyses of biological objects and graphical modelling of technical objects by means of computer animation (*Morphing* – method) offers new opportunities for the engineers. *Morphing* may support the engineer designing technical system implementing biological model. The described technique does not supply convertible constructive

drawings immediately, however, it provides new solutions with new ideas. Furthermore, it is possible to develop essential new robots.

References

1. Zimmermann, K.: An approach to the modelling of biological and technical movement systems. 1. International Conference on Motion Systems, Univ. Jena, 1997.
2. Lysenko V., Zimmermann K. Ahranovitch A. Procedure for designing the new technical systems with use of the morphologic inventive Cube. 50. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium. 2005. TU Ilmenau.
3. Lysenko, V.; Zimmermann, K.: New procedure for designing optimized technical systems with use of biological objects. 1st Intern. Conf. on Design & Nature, Udine, Sept. 2002, WIT Press Southampton.
4. V. Lysenko / K. Zimmermann / A. Ahranovich. Method for designing new technical systems based on a Transparent Morphological Cube with the use of the tree-like classifications. 53. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium. 2008. TU Ilmenau.
5. V. Lysenko / W. Minchenya / K. Zimmermann., Minimization of the number of actuators in legged robots using biological objects. 52. Internationalen Wissenschaftlichen Kolloquium. 2007. TU Ilmenau.

УДК 531.74.089.68(045)(476)

МОДЕРНИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ПЛОСКОГО УГЛА-ГРАДУСА

Жагора Н.А., Макаревич В.Б., Горошкова А.Н., Алятина Н.Н., Таланова Т.И., Дорогонько А.Г.

Белорусский государственный институт метрологии, Минск, Республика Беларусь

В Международной системе единиц СИ единицей плоского угла является радиан. Радиан выражен через метр – основную единицу СИ как отношение длины дуги сегмента окружности к радиусу окружности. Для нахождения угла косвенным путем через измерение длины используются, например, такие средства измерений как синусная линейка и угловой интерферометр.

Поскольку такой подход обеспечивает связь единицы плоского угла с основными единицами СИ, существует и альтернативный подход к определению углов, который основан на делении окружности. Деления окружности образуют замкнутый цикл и в сумме равны 2π радиан. Таким образом, окружность является естественным эталоном плоского угла.

В настоящее время в БелГИМ имеется Национальный эталон единицы плоского угла-градуса НЭ РБ 6-01. Создан в период (1999-2000 гг.) и утвержден в качестве национального постановлением Госстандарта от № 38 от 24.09.2001 г.

Эталон востребован. Основой эталона до мо-

дернизации являлся автоматизированный лазерный гониометр ГС-1Л (данные приборы серийно выпускались на заводе Арсенал, Украина в 80-е годы прошлого столетия).

Для обеспечения национальной безопасности, интеллектуальной независимости, выпуска качественной и конкурентоспособной продукции, бесперебойного оказания метрологических услуг потребителям, не дожидаясь полного отказа имеющегося эталона. Поэтому в период с 2016 по 2018 г. создан новый Национальный эталон единицы плоского угла-градуса.

Эталоны единицы плоского угла-градуса имеются во многих национальных метрологических институтах, что подтверждается официальными данными, опубликованными на Web-сайте Международного бюро мер и весов (BIPM) в Приложении С.

Наилучшими измерительными возможностями в области измерений плоских углов обладают такие страны как Германия (PTB), Россия (VNIIM) и Великобритания (NPL). В основе со-

здания эталонов плоского угла в НМИ этих стран лежит классическая схема воспроизведения плоского угла, реализуемая с помощью высокоточных автоколлиматоров и прецизионных поворотных столов, которая и была взята за основу модернизации эталона.

Состав эталона

Эталон представляет комплекс следующих средств измерений и оборудования:

- автоколлиматоры цифровые ELCOMAT HR производства фирмы “Möller-Wedel GmbH” (Германия) № 283, № 284;
- стол прецизионный поворотный Rotary Table RT-300 производства фирмы «Kunz precision AG» (Швейцария) № RT-300-14-102;
- призмы многогранные эталонные № 01 (24грани), № 118 (24грани), № 018 (8 граней);
- стол специальный из гранита размером 1800 × 1200 мм на опорах активной изоляции от вибраций с компрессором;
- стол сменный предметный (с регулировочными винтами);
- плиты твердокаменные регулируемые под автоколлиматоры;
- компрессор безмасляный спиральный Atlas Copco с ресивером;
- программное обеспечение (далее ПО) «INCOLINK» - ПО цифровых автоколлиматоров;
- ПО «SPiiPlus MMI Application Studio 2.20» – ПО прецизионного поворотного стола;
- ПО эталона (программы FlatAngel и FAMProtocols);
- ПЭВМ с периферийными устройствами;
- комплект документации.

Описание эталона

Общий вид эталона представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид эталона

- 1 – цифровые автоколлиматоры ELCOMAT HR,
- 2 – электронные блоки управления автоколлиматорами, 3 – многогранная призма 0 класса точности, 4 – сменный предметный стол с регулировочными винтами для установки угловых мер и многогранных призм, 5 – прецизионный поворотный стол Rotary Table RT-300, 6 – контроллер и вакуумный блок кондиционирования воздуха, 7 – ПЭВМ с периферийными устройствами, 8 – стол специальный из гранита, 9 – опоры активной изоляции от вибраций, 10 – регулируемая твердокаменная плита

Национальный эталон единицы плоского угла – градуса состоит из двух цифровых автоколлиматоров ELCOMAT HR (1) № 283, № 284 с электронными блоками управления (2), расположенных на регулируемых твердокаменных плитах (10), прецизионного поворотного стола Rotary Table RT-300 (5), на который устанавливается сменный предметный стол с регулировочными винтами (4) и призмы 0 класса точности (3).

Оборудование размещается на специальном столе из гранита (8), расположенном на опорах активной изоляции от вибраций (9).

Для обеспечения стабильной и правильной работы радиальных и осевых воздушных подшипников прецизионного поворотного стола Rotary Table RT-300 (5) в вакуумный блок кондиционирования воздуха (6) подается сжатый воздух под давлением 5,5 бар от безмасляного спирального компрессора Atlas Copco с ресивером.

На рисунке 2 представлены: эталонная 24-гранная призма (1), сменный предметный стол с регулировочными винтами (2), прецизионный поворотный стол Rotary Table RT-300 (3).

На рисунке 3 представлены цифровые автоколлиматоры с электронными блоками управления.



Рисунок 2

- 1 – эталонная многогранная призма в оправе (24 грани), 2 – сменный предметный стол (с регулировочными винтами), 3 – прецизионный поворотный стол Rotary Table RT-300

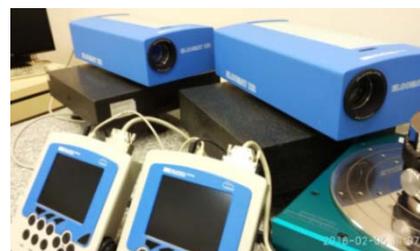


Рисунок 3 – Цифровые автоколлиматоры с электронными блоками управления

Принцип действия эталона

Принцип действия эталона основан на делении полной окружности на заданные углы замкнутым циклом. Окружность является естественным эталоном плоского угла-градуса. В этой связи сумма всех углов окружности равна 2π радиан или 360°, а сумма всех отклонений углов окружности равна 0.

Измерение углов между полированными гранями призматических мер плоского угла (далее – мер) осуществляется в двух режимах измерения: с помощью одного автоколлиматора ELCOMAT HR (измерение мер типов 1, 2, 3 и 4) и с помощью двух автоколлиматоров ELCOMAT HR (измерение мер типа 4).

Сменный предметный стол устанавливается и базируется на прецизионном поворотном столе Rotary Table RT-300.

Измеряемая мера устанавливается на сменный предметный стол в поле зрения автоколлиматоров таким образом, чтобы нормаль к отражающей поверхности меры была совмещена с осью выходящего излучения одного из автоколлиматоров. Операции по установке измеряемых мер на сменном предметном столе для всех режимов измерения одинаковы.

Измерение углов меры с помощью одного автоколлиматора ELCOMAT HR и прецизионного поворотного стола Rotary Table RT-300 осуществляется в автоматическом режиме по программам

FlatAngel и FAMProtocols. После установки базовых настроек, прецизионный поворотный стол Rotary Table RT-300 поворачивается на заданные углы по и против часовой стрелки N раз, где N – количество приемов измерения, результаты измерений заносятся в протокол автоматически.

Для измерения углов меры с помощью двух автоколлиматоров ELCOMAT HR измеряемую меру устанавливают на сменный предметный стол, первый автоколлиматор направляют на грань m , а второй – на n . После установки базовых настроек в программе FlatAngel, прецизионный поворотный стол Rotary Table RT-300 поворачивается на заданные углы по или против часовой стрелки (в зависимости от выбора направления измерения) N раз, где N – количество приемов измерения, результаты измерений заносятся в протокол автоматически.

Для обработки результатов измерений используют ПО эталона (программы FlatAngel и FAMProtocols).

УДК 311.2

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ИНФОРМАТИВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ АКТИВНОГО ТЕПЛООВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Галаган Р.М., Момот А.С.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

Тепловой неразрушающий контроль (НК) получил широкое распространение во многих областях промышленности, в основном благодаря своей бесконтактности и скорости проведения. Однако однозначная интерпретация результатов активного теплового контроля зачастую бывает затруднена из-за высокого уровня шумов и помех. Тепловые отпечатки дефектов не всегда несут достоверную информацию об их размерах, форме и точном местоположении. Кроме того, анализируя лишь один информативный параметр – температуру – невозможно определить такие параметры дефектов, как глубина залегания или толщина (раскрытие). Известно также, что гистограммы распределения температур в дефектных и бездефектных участках частично перекрывают друг друга, что снижает надёжность принятия решения [1]. В связи с этим, актуальной задачей является введение дополнительных информативных параметров с целью повышения достоверности контроля.

В активном тепловом контроле одним из важных дополнительных информативных параметров является оптимальное время обнаружения τ_{opt} . Это момент времени, при котором дифференциальный температурный сигнал между дефектными и бездефектными областями становится максимальным. Для определения τ_{opt} и максимального

значения температурного сигнала ΔT_{max} удобно использовать тепловые профили – графики изменения дифференциального температурного сигнала во времени в определённых точках объекта контроля. Известен метод динамической тепловой томографии (ДТТ), основанный на зависимости значения τ_{opt} от глубины залегания дефектов [2]. Величина ΔT_{max} существенно зависит от размеров дефектов. Однако для подповерхностных дефектов эти зависимости не наблюдаются.

В общем случае, дефектная и бездефектная области могут иметь схожие распределения температур, что усложняет интерпретацию результатов контроля. В то же время, данные области могут перекрываться по одному параметру, но существенно различаться по другому параметру. Например, увеличение глубины залегания дефектов l приводит к увеличению оптимального времени контроля τ_{opt} , что позволяет отделить внутренние дефекты от поверхностных шумов. Ещё одним информативным параметром может служить геометрический размер дефекта h , анализируя который можно разделить сигналы от внутренних царапин и небольших трещин и внутренние дефекты значительного объёма и площади. Таким образом, можно перейти к многомерному пространству диагностических признаков, что позволит оце-