

УДК 371.3

## ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ КАСТОМИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Дирша А.В., Соломахо В.Л.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Современная индустрия стремится к инновациям и гибкости, что приводит к распространению кастомизированного производства. Этот подход предполагает адаптацию массового продукта под запросы конкретного потребителя и основывается на модульном принципе организации производства товаров и услуг. Однако, с увеличением сложности и гибкости производства, возникают новые задачи, связанные с обеспечением качества продукции. Учитывая, что обеспечение качества широкое понятие, включающее в себя целый ряд направлений, в данной статье рассмотрим методы обеспечения качества продукции с основным фокусом на метрологическом обеспечении качества.

**Ключевые слова:** кастомизированное производство, искусственный интеллект, контрольно-измерительные машины, групповой подход.

## FEATURES OF METROLOGICAL QUALITY ASSURANCE IN CUSTOMIZED PRODUCTION CONDITIONS

Dirsha A.V., Solomakho V.L.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** Modern industry strives for innovation and flexibility, which leads to the spread of customized production. This approach involves adapting a mass product according to consumer demand and is based on the modular principle of organizing the production of goods and services. However, given the complexity and flexibility of production, new challenges arise related to ensuring product quality. Given that quality assurance is a broad concept that includes a number of areas, this article discusses methods for ensuring product quality with a main focus on metrological quality indicators.

**Keywords:** customized production, artificial intelligence, control and measuring machines, group approach.

*Адрес для переписки: anton.dirsha@gmail.com*

В условиях серийного производства изделий всегда существуют отработанные технологические карты и методики проверки контрольных параметров. Кастомизированное производство продукции отличается от массового и серийного частой сменой выпускаемых изделий, так же возможны существенные различия деталей конструкции однотипового назначения. К сложностям разработки комплекса модифицированных конструкций добавляются сложности создания новых технологических процессов и процессуальных метрологического обеспечения, в условиях ограниченных сроков выполнения изделий.

Традиционное решение данной проблемы включает в себя разработку индивидуального метрологического обеспечения для каждого нового контрольного параметра. Что влечет за собой существенное увеличение себестоимости выпущенной продукции, а также затраты интеллектуальных ресурсов и времени на разработку дополнительного оборудования.

В настоящее время наблюдаются две стратегии решения вопроса метрологического обеспечения кастомизированного производства:

– универсальный подход, заключающийся в создании контрольно-измерительных систем на базе контрольно-измерительных машин (КИМ),

обладающих элементами искусственного интеллекта и способностью самообучения [1–3];

– групповой подход, предполагающий кластеризацию объектов контроля по назначению, структуре, параметрам контроля и т. д. [4] (рисунок 1).

Первый подход очевидно реализуем при условии, что объектами контроля являются геометрические параметры изделий. Наличие КИМ и практическое применение компьютерных технологий, направленных на создание систем, которые обучаются и развиваются на основе получаемых ими в процессе эксплуатации данных представляется достаточно перспективным. Использование производственной базы данных для развития «искусственного интеллекта», со временем, позволит ускорить выполнение типовых контрольно-измерительных операций, снизить нагрузку на оператора контрольно-измерительной машины, повысить качество проводимых измерений и свести к минимуму участие человека в процессе проверки параметров.

К недостаткам такого подхода в настоящий момент можно отнести:

– сложность распространения (пока только геометрические параметры);  
– высокую стоимость реализации;



Рисунок 1 – Групповой подход

– большую долю интеллектуального труда, необходимого для реализации подхода и, соответственно, высокую квалификацию персонала.

В основе второго подхода положена кластеризация контрольно-измерительных процедур с целью их группирования и создания универсальных комплексов оборудования в пределах классификационных групп. Второй подход, в настоящих условиях, представляется более универсальным и менее затратным, имея ввиду наличие контрольно-измерительного оборудования и персонала необходимой квалификации.

Реализация второго пути предполагает выполнение следующих процедур:

– классификацию и анализ требований предъявляемых к продукции;

– выявление источников несоответствий, на основе статистического анализа поступающих на ремонт изделий;

– определение критериев качества для каждого конкретного источника несоответствий;

– разработку систем контроля качества на основе выделенных критериев;

– разработку методик контроля и испытаний продукции;

– разработку методик поверки контрольно-испытательного оборудования.

#### Литература

1. Марушкин, М. Некоторые проблемы современной метрологии в микроэлектронике / М. Марушкин, В. Мартынов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2020. – № 2. – С. 80–91.

2. Розяева, Т.Н. Качество 4.0: сущность, основные элементы, возможности от реализации [Электронный ресурс] / Т.Н. Розяева // КиберЛелинка – Научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-primeneniyu-kontseptsiy-kachestvo-4-0-na-predpriyatiyah/viewer>.

3. Соломахо, В.Л. Повышение эффективности функционирования сложных технических систем на основе технологий нейронных сетей / В.Л. Соломахо, Н.Г. Денисов // Сборник МНТК «Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки». – Минск : БНТУ. – 2019. – С. 156–158.

4. Соломахо, В.Л. Обеспечение качества сопрягаемых поверхностей деталей / В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович // Журнал «Инженер-механик». – 2020. – № 3. – С. 30–32.

УДК 531.768

### МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КАЛИБРОВКЕ АКСЕЛЕРОМЕТРА

Дубейко С.В., Коробко Ю., С. Сенюта В.В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Описана методика оценивания неопределенности измерений при калибровке акселерометра, применяемого при испытаниях специальных покрытий, которые используются при строительстве детских и спортивно-игровых площадок. Построен алгоритм измерения ускорения при калибровке. Выявлены источники неопределенности, построена причинно-следственная диаграмма (диаграмма К. Исикавы).

**Ключевые слова:** акселерометр, виброускорение, измерение, калибровка, методика, неопределенность, алгоритм измерения, причинно-следственная диаграмма, источник неопределенности.

### METHODOLOGY FOR ASSESSING UNCERTAINTY MEASUREMENTS DURING CALIBRATION ACCELEROMETER

Dubeyko S.V., Korobko Yu.S., Senyuta V.V.

Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** A method for estimating measurement uncertainty when calibrating an accelerometer used in testing special coatings that are used in the construction of children's and sports playgrounds is described. An algorithm for measuring acceleration during calibration has been constructed. Sources of uncertainty were identified and a cause-and-effect diagram was constructed (K. Ishikawa's diagram).

**Key words:** accelerometer, vibration acceleration, measurement, calibration, methodology, uncertainty, measurement algorithm, cause-and-effect diagram, source of uncertainty.

Адрес для переписки: Коробко Ю.С., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь  
e-mail: korobko.u@bntu.by

Акселерометры предназначены для измерения ускорения, т. е. скорости изменения скорости, которую он испытывает относительно сво-

бодного падения. Их применяют при оценке ударов, вибраций, резкого увеличения или уменьшения скорости, силы и т. п. В предлагае-