

Литература

1. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь. Статистический сборник / И.В. Медведева – председатель редакционной коллегии – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. – 98 с.

2. Серенков П.С. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации: учеб. пособие / П.С. Серенков [и др.]. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2014. – 256 с.

3. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения / Р. Штойер – М. : Радио и связь, 1992. – 504 с.

4. Сатаров Г.А., Каменский В.С. Общий подход к анализу экспертных оценок методами неметрического многомерного шкалирования / Сатаров Г.А., Каменский В.С. – В кн. : Статистические методы анализа экспертных оценок. – М., 1977. – 107 с.

УДК 006.91

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ И ЭТАПЫ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Серенков П.С., Солодухо Ю.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В соответствии с СТБ 2450 система измерений или измерительная система – это набор инструментов или средств измерений, эталонов, операций, методов, приспособлений, программного обеспечения, персонала, окружающей среды и предположений, используемый для определения количества единиц измерений или фиксированных величин в измеряемой характеристике, то есть полный процесс, который используется для проведения измерений. Следует отметить, что первенство в появлении понятия «система измерений» принадлежит американским метрологам – производителям автомобильной техники. В рамках отраслевого стандарта на СМК QS9000 было разработано руководство Measurement Systems Analysis (MSA), 4-я редакция которого и легла в основу вышеуказанного стандарта.

Говоря о системе измерений, следует отметить, что она является ключевым элементом системы менеджмента измерений, требования к наличию которой устанавливает новая редакция стандарта СТБ ISO 9001, и техническая составляющая результативности которой обеспечивается результативностью системы измерений. Причем под управлением системы менеджмента измерений может находиться одновременно несколько единичных систем измерений.

Для обеспечения правильности построения и предъявления требований к системам измерений принято их классифицировать. Причем классы отличаются целями и задачами (назначением), нормативно-методическим обеспечением и особенностями жизненного цикла процедур. Двухуровневая (в общем случае) иерархическая структура систем измерений выглядит следующим образом.

На нижнем уровне находится система измерений для целей прямых измерений, имеющая в своей основе модель системы прямого измерения. К системе прямого измерения предъявляется классическое требование к точности результата измерения в виде: $A = A_0 \pm U, P$. Все более сложные системы измерений высшего уровня

имеют в своей основе одну или несколько систем прямых измерений.

Системы измерений второго или высшего уровня – это системы измерений для целей косвенных (сложных) измерений, системы измерений для целей испытаний и системы измерений для целей контроля.

К системам измерений для целей косвенных измерений предъявляется требование обеспечить получение результата измерений параметра с заданной (или меньшей) неопределенностью. Как правило, требуемый итоговый параметр связан с составляющими функциональной зависимостью. Каждая из составляющих на низшем уровне представляет собой систему измерений для целей прямых измерений.

К системам измерений для целей испытаний предъявляется требование обеспечить получение результата испытаний с заданной (или меньшей) неопределенностью. Испытания представляют собой измерения, проведенные в определенных заданных условиях, которые влияют на результаты этих измерений и от которых зависит их результат. Таким образом, каждая из влияющих на результат испытаний величин на низшем уровне представляет собой систему измерений для целей прямых измерений.

Системы измерений для целей контроля классифицируются на системы измерений для целей измерительного контроля и системы измерений для целей метрологического контроля (например, поверка). К системам измерений для целей измерительного контроля предъявляется требование дать заключение о годности с заданной степенью риска (обеспечить заданный уровень риска). К системам измерений для целей метрологического контроля предъявляется требование дать заключение о годности средства измерений к применению, то есть заключение о нахождении метрологических характеристик средства измерений в пределах установленных границ. И измерительный, и метрологический контроль

представляет собой прямые или косвенные измерения, результаты которых сравниваются (иногда по специальным правилам) с предельно допустимыми границами. Таким образом, каждое из измерений на низшем уровне представляет собой систему измерений для целей прямых измерений.

Следует отметить, что во всех перечисленных выше случаях, в зависимости от сложности система измерений по аналогии с поверочной схемой может иметь форму разветвленной структуры, однако на самом низшем уровне всегда будет система измерений для целей прямых измерений.

Для того, чтобы разработать результативную систему измерений, необходимо рассматривать процесс измерений комплексно, во-первых, как процесс (процессный подход), который в качестве выходных данных «создает» числа (данные), а во-вторых, СТБ 2450 и руководство MSA рассматривают систему измерений на всех основных этапах ее жизненного цикла (системный подход).

В наиболее общем случае система измерений имеет следующий жизненный цикл:

- планирование;
- проектирование и реализация;
- апробация, валидация и верификация;
- эксплуатация и поддержание в рабочем состоянии;
- полный анализ;
- совершенствование.

Концепция жизненного цикла системы измерений заключается в том, что система измерений с течением времени может претерпевать изменения по мере изучения и совершенствования процесса.

Таким образом, техническая составляющая обеспечения результативности системы менеджмента измерений заключается в ресурсном и методическом обеспечении этапов жизненного цикла единичной системы измерений как основного объекта менеджмента в части управления качеством механизмов преобразования.

Структура жизненного цикла системы измерений определяет ее состав (этапы), их последовательность и взаимосвязи. Рассмотрим основные этапы жизненного цикла систем измерений немного подробнее.

Этап планирования. На этом этапе происходит формирование концепции метода измерений и применяемых средств, всесторонний комплексный анализ возможностей реализации последующих этапов, анализ сильных и слабых сторон, закладываются требования к дальнейшим этапам жизненного цикла. В результате получается оптимальная концепция метода, средств измерений и условий, в которых они выполняются.

Этап проектирования и реализации системы измерений является ключевым этапом жизненного цикла. На данном этапе происходит выбор и

техническое обоснование метода измерений, измерительного оборудования, персонала (операторов), окружающей среды (условий), эталона и т. д.

Этап апробации, валидации и верификации системы измерений. На данном этапе происходит проверка системы измерений (наличие и состав элементов, структуры) с целью определения ее соответствия требованиям, а также валидация/верификация в первую очередь метода измерений, в ходе лабораторного эксперимента с оформлением соответствующих подтверждающих документов.

Этап эксплуатации и поддержания в рабочем состоянии системы измерений. Поддержание системы измерений в рабочем состоянии подразумевает под собой осуществление мониторинга и контроля характеристик системы измерений (метода) в процессе рутинной эксплуатации. Типичным примером мониторинга характеристик системы измерений являются контрольные карты. Результатом мониторинга является идентификация и анализ тренда характеристик системы измерений.

Этап полного анализа системы измерений. Данный этап жизненного цикла реализуется в случае получения результатов, сигнализирующих об ухудшении характеристик системы измерений на этапе мониторинга. Целью этапа полного анализа является выявление причин, из-за которых система измерений по той или иной характеристике перестает соответствовать требованиям.

Этап совершенствования системы измерений. Данный этап реализуется либо по результатам этапа полного анализа системы измерений, либо в инициативном порядке (например, при изменении требований к системе измерений, ужесточении требований заказчика, изменении требования ТНПА). Как следствие, выходом этого этапа является изменение требований к системе измерений.

Таким образом, говоря о системе измерений необходимо учитывать целый ряд этапов, каждый из которых имеет свои нюансы и от которых зависит ее результативность. Причем обеспечение этих этапов подразумевает под собой целый спектр методов – от метрологического подтверждения основного измерительного оборудования до статистических методов контроля качества рутинных измерений.

Проблемой является то, что несмотря на наличие действующей в Республике Беларусь Системы обеспечения единства измерений, единого подхода или документа, «закрывающего» все этапы жизненного цикла системы измерений в ней нет. С другой стороны, существует достаточно богатая зарубежная практика метрологической деятельности.

Поэтому первая задача состоит в рассмотрении и анализе как подходов Системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь

в отношении отдельных метрологических аспектов обеспечения различных этапов жизненного цикла системы измерений, так и зарубежных эмпирических подходов и наилучших метрологических практик.

Затем стоит задача на основе системного и эмпирических подходов по принципу взаимно-

го дополнения реализовать комплексный подход к ресурсно-методическому обеспечению всех этапов жизненного цикла системы измерений с целью обеспечения технической составляющей системы измерений как центрального элемента системы менеджмента измерений.

УДК 004.35

ИСПЫТАНИЯ 3D-ПРИНТЕРОВ НА ТОЧНОСТЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Соломахо В.Л., Соколовский С.С., Денисов Н.Г.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время в связи с ростом количества технологических задач, решаемых при производстве продукции приборостроения и машиностроения, их дифференциации, возрастают требования к технологическому оборудованию, предназначенному для их решения.

Технологическое оборудование становится более сложным и специализированным, что приводит к усложнению его конструкции и вызывает необходимость интеллектуализации систем управления [1]. На смену субтрактивным технологиям приходят аддитивные, основанные на формировании изделия путем 3D печати, позволяющей материализовывать объекты из их цифровых моделей.

Аддитивные технологии имеют свои преимущества и недостатки. Качество технологий в значительной степени определяется точностью изготавливаемых объектов, которая определяется как точностью самого оборудования, так и используемыми для печати материалами, методом печати, режимом воспроизведения модели и другими влияющими факторами, определяемыми требованиями к технологической операции.

Весомый вклад в формирование точностных характеристик объекта вносит геометрическая и кинематическая точность, которые определяют пространственное положение рабочих узлов 3D-принтера.

Для оценки точности позиционирования нами была разработана методика испытаний, в ходе которой оценивалась точность пространственного положения рабочих органов, формирующих 3D-модель.

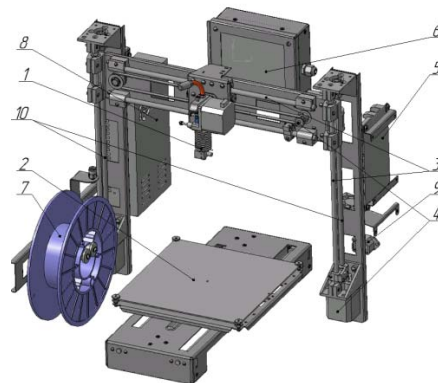
Методика разрабатывалась для 3D-принтера, работающего на методе послойного наплавления FDM (рисунок 1).

В рассматриваемом принтере движение печатающей головки осуществляется по осям Ox , Oz (ZX-head), а движение по оси Oy осуществляет стол (Y-bed). Движение по осям осуществляется с помощью шаговых двигателей.

Определение точности позиционирования рабочих элементов принтера осуществляется для

каждой из осей перемещения рабочих узлов Ox , Oy , Oz .

Окончательной оценкой точности является вероятностная сумма полученных отклонений для каждой из осей с учетом неопределенности, вносимой шаговыми двигателями, так как она влияет на кинематическую составляющую неопределенности положения рабочих элементов и в методике не учитывается.



1 – экструдер; 2 – стол; 3 – направляющие;
4 – двигатели; 5 – контроллер; 6 – фильтр;
7 – катушка; 8 – блок питания; 9 – вилка сетевая;
10 – винты ходовые

Рисунок 1 – 3D-принтер, работающий на методе FDM

Основой испытательной установки является 3-хкоординатная измерительная машина, на рабочий стол которой устанавливается корпус с рабочими узлами 3D-принтера. Главной задачей на первом этапе является совмещение систем координат 3-хкоординатной измерительной машины и 3D-принтера.

Для проведения данной процедуры необходимо осуществить ощупывание горизонтальной цилиндрической направляющей принтера, по которой осуществляется перемещение по оси Ox , в n сечениях (рисунок 2).

Таким образом, будет задана ось Ox , после чего необходимо осуществить аналогичную процедуру для направляющей вдоль оси Oz , а ось Oy будет выстроена автоматически.