

МНОГОСТУПЕНЧАТАЯ МОДЕЛЬ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМЫ

1. Постановка проблемы в общем виде

Изделия, представляющие собой криволинейные тела или поверхности, нашли широкое распространение. Форма их определяется их функциональным назначением и в ряде случаев не может быть сведена к более простой. Она может быть определена условиями обтекания для изделий, связанных с движением в жидкости или газе, условиями эксплуатации, а также условиями сопряжения с естественными сложными формами при изготовлении обуви или одежды.

При изготовлении таких изделий могут возникать проблемы двух видов. Первая связана с тем, что производство подобных изделий представляет собой сложный многооперационный процесс. Пространственное изделие изготавливается, как правило, из плоской заготовки, которая, в свою очередь, также изготавливается из других заготовок. Каждый этап производства, в свою очередь, также разбивается на ряд стадий, каждая из которых характеризуется своим показателем качества. В результате общий показатель качества изделия представляется, как сложная композиция показателей качества отдельных стадий.

Вторая часть проблемы связана с существующей до сих пор неопределенностью в контроле геометрических параметров криволинейных изделий и поверхностей. В ряде случаев до сих пор применяются органолептические методы. В тоже время появившиеся в последнее время технологии трехмерного сканирования и трехмерного прототипирования позволяют в значительной степени решить эту задачу

2. Анализ последних исследований и публикаций, выделение нерешенных частей проблемы

Для анализа сложного производственного процесса, как правило, используют системный подход. При этом каждый этап рассматривают, как элемент, связанный с другими элементами, предполагающий наличие связей, которые входят в элемент и связей, которые выходят из элемента.

В частности, метод организационного моделирования предполагает разработку формализованных математических, графических, машинных и других отображений распределения полномочий и ответственности в организации, являющихся базой для построения, анализа и оценки различных вариантов организационных структур по взаимосвязи их переменных [1].

Общая системная модель производственного процесса показана на рис. 1 [2].

Наряду с существенными преимуществами аналитические математические модели имеют недостатки, связанные с невозможностью определения точных значений некоторых их параметров. В ряде публикаций [3, 4] предложены приближенные методы определения их

значений и анализа системы производственного процесса.



Рис. 1 – Модель производственного процесса

В большинстве из этих исследований система производства представляет собой линейный процесс, в лучшем случае процесс, разветвленный по двум параметрам. В то же время современный процесс производства криволинейных изделий представляет собой многостадийный процесс, каждый из этапов которого представляет собой систему, связанную с предыдущей системой.

В процессе изготовления изделий сложных геометрических форм особое место принадлежит контролю. В ряде случаев, особенно при производстве потребительских товаров применяются не всегда объективные органолептические методы [5]. Предлагаемые в некоторых работах технологии контроля криволинейных поверхностей [6] относятся, в основном к области строительства и геодезии. Предлагаемые в ряде работ способы вычисления и контроля геометрических параметров криволинейных тел [7] на наш взгляд трудно реализуются на практике. К тому же относятся они, в основном к контролю плоских деталей. Разрабатываемые оптические методы [8] используются для контроля и измерения самых различных свойств, параметров и характеристик изделий машиностроения и приборостроения. Данные методы, к сожалению, практически не используют современных методов трехмерного сканирования. Дальнейшее распространение оптических методов, а также средств контроля и измерений сталкивается с рядом трудностей общего и частного характера. Во-первых, отсутствует обобщенная методика расчета основных параметров этих средств контроля, необходимая для инженерного проектирования новых систем, т.е. для решения часто возникающих новых производственных задач. Во-вторых, наблюдаемая тенденция к повышению точности измерений геометрических параметров изделий массового производства требует определения рациональных путей борьбы с влиянием перечисленных выше факторов, снижающих эту точность. Это определение должно базироваться на тщательном анализе источников основных погрешностей контроля и измерений и исследовании разнообразных способов учета ослабления их влияния на результаты измерений.

3. Цель работы – разработка многомерной модели нормативного обеспечения многостадийного производства деталей сложных пространственных форм на основе применений современных технологий трехмерного сканирования и прототипирования, построения математических моделей системы с раскрытием неопределенностей.

4. Многостадийная модель производства

Рассмотрим процесс производства изделия, представляющего собой сложную пространственную форму в виде линейного последовательного процесса.

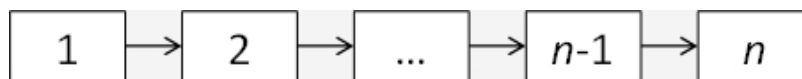


Рис. 2 – Линейный процесс производства

Составляющими процесса могут быть процесс получения исходной заготовки, процесс получения плоской заготовки, процесс работы с плоской заготовкой, процесс получения из плоской заготовки поверхности, процесс окончательной отделки и т.п.

Например, пример перехода от первого процесса при изготовлении изделий из натуральной кожи может быть продемонстрирован на рис. 3.

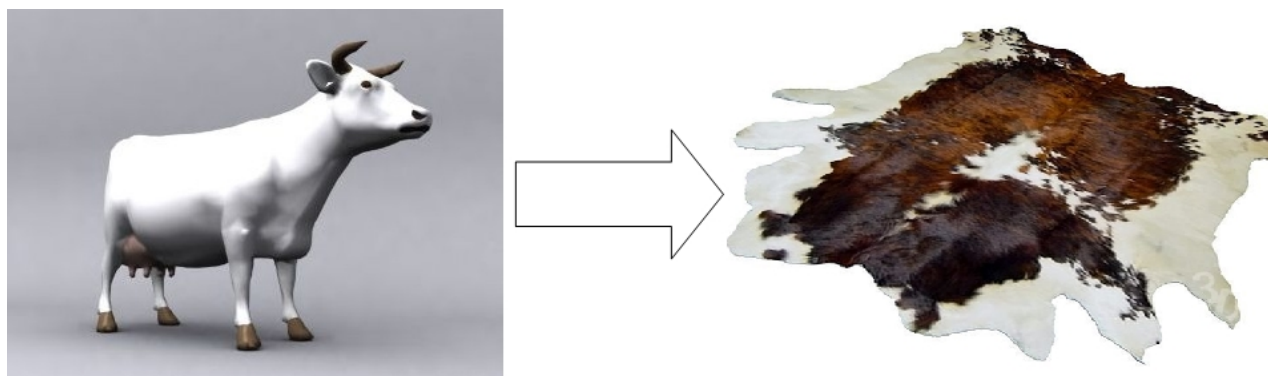


Рис. 3 – Процесс преобразования пространственной заготовки в плоскую

Обратим внимание, что в конкретном данном случае преобразование пространственной формы в плоскую производится экспериментально, то есть предварительное прогнозирование результата можно только представить. Современные методы трехмерного сканирования совместно с применением геометрических методов развертывания могут в значительной степени автоматизировать этот процесс.

Исследователями накоплен большой опыт построения аналитических математических моделей технологических процессов [2-4]. Опыт основан на глубоком теоретическом анализе процессов, происходящих в исследуемом объекте. При выводе уравнений аналитических математических моделей используются фундаментальные законы сохранения вещества и энергии, а также геометрических и математических преобразований. Все это дает возможность таким моделям адекватно описывать технологические процессы в широком диапазоне действия входных и управляющих воздействий. Если этот процесс осуществится, например с использованием современных методов сканирования, точность моделирования процесса будет наивысшей.

Наряду с существенными преимуществами аналитические математические модели имеют недостатки, связанные с затруднением, а порой и невозможностью определения точных значений некоторых их параметров. Параметры каждого этапа процесса влияют на показатели качества изделия в целом. Как уже было указано, в ряде случаев эти параметры являются неопределенными их удобно обозначать в виде вектора

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n)$$

Известно несколько подходов к раскрытию неопределенностей. Широко используется вероятностный подход [4], в котором неопределенные параметры $A_i, i = 1, n$ характеризуются

функциями плотности распределения $p_i(A_i), i = 1, n$. Математические модели, в состав которых входят такие параметры, имеют названия вероятностных. В этом случае функции распределения строятся на основании накопленных статистических данных о поведении стохастических параметров. Трудность применяемой методики связана с необходимостью проведения большого числа экспериментов на объекте во время хода технологического процесса для определения параметров законов распределения стохастических величин.

Другой подход связан с использованием теории нечетких множеств [3] и уходит в сферу субъективной информации. Неопределенные параметры $A_i, i = 1, n$ характеризуются функциями принадлежности $\mu_i(A_i), i = 1, n$ которые строятся на основе опросов экспертов. Модели, в которых неопределенные параметры характеризуются функциями принадлежности, получили название нечетких математических моделей. Недостатком этой методики является то, что для надежного построения функции принадлежности требуется мнение нескольких экспертов.

Учитывая, что в общей модели нами представлены только укрупненные стадии, эксперты должны быть очень квалифицированными, причем иметь четкие представления о материалах из различных, порой слабо связанных друг с другом областей.

Рассмотрим отдельно укрупненно отдельную стадию, связанную, например, с обработкой плоской заготовки для последующего преобразования в поверхность. В качестве примера приведем процесс работы с натуральными шкурами, полученными из предыдущего технологического процесса. Стадия отличается тем, что каждая заготовка имеет криволинейную форму, причем форма индивидуальна для каждой заготовки. Процесс работы с может иметь вид



**Рис. 4 – Этапы
стадии
производства**

Для обеспечения качества на каждом этапе производства необходим комплекс методов контроля качества.

Проблема качества носит в современном мире универсальный характер. Анализ качества плоских криволинейных изделий осуществляют тремя методами: органолептическим, измерительным и социологическим. К сожалению, преобладающим является органолептический метод, имеющий зачастую субъективный характер. Применение

фотограмметрических методов совместно с компьютерными методами распознавания существенно повысит эффективность этого процесса.

Обращаем внимание на схожесть процессов по этапам производства. Отмечаем, что, несмотря на то, что физическая сущность процессов различна, формальная последовательность действий однородна. При объединении этапов производства в одну модель можно получить прямоугольную структуру, которая демонстрирует симметричный алгоритм производства (рис. 6). Результатом любого производства должна выступать продукция с ее показателями качества, конкурентоспособности, энергосбережения и др.

В общем случае обобщенный процесс контроль-производство-контроль может быть представлен в виде линейного алгоритма (рис. 5).

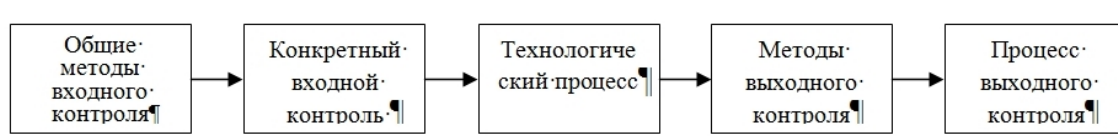


Рис. 5 – Линейный алгоритм контроля

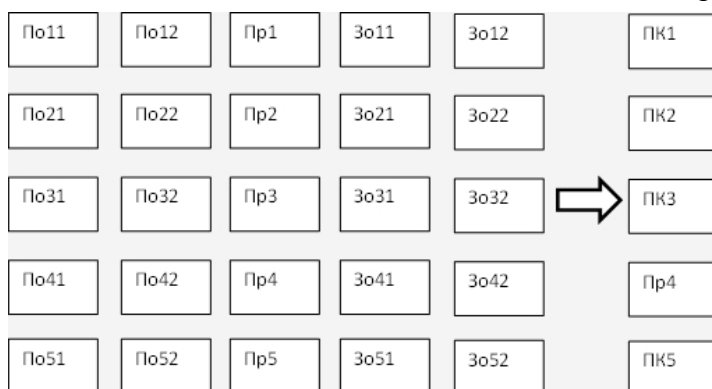


Рис. 6 – Симметричная модель стадии производства

Очевидно, каждому этапу и элементу системы можно поставить в соответствие некоторый показатель весомости, который вносит свой вклад в суммарный эффект производства обозначим весомость отдельного элемента системы символом E_{ij} , где i – номер этапа производства, j – номер процесса обеспечения качества. Обозначим также R_i – весомость показателя качества.

Описанная матрицей четвертого порядка математическая модель в этом случае будет выглядеть в виде

$$\begin{Bmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} & E_{14} & E_{15} \\ E_{21} & E_{22} & E_{23} & E_{24} & E_{25} \\ E_{31} & E_{32} & E_{33} & E_{34} & E_{35} \\ E_{41} & E_{42} & E_{43} & E_{44} & E_{45} \\ E_{51} & E_{52} & E_{53} & E_{54} & E_{55} \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \\ R_5 \end{bmatrix}.$$

В общем виде, таким образом, модель производства в легкой промышленности может быть представлена, как

$$\{E\}X = [R],$$

где $\{E\}$ – матрица элементов производственного процесса,

$[R]$ – вектор показателей качества,

$[X]$ – вектор нормативного обеспечения.

Обращаем внимание, что Матрицей описана только одна стадия производства. Движения по стадиям, этапам производства и контроля может быть продемонстрировано в трехмерной модели (рис. 7).

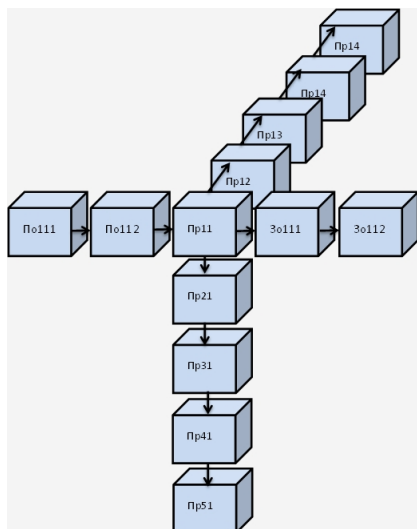


Рис.7 – Трехмерная модель многостадийного процесса

Процесс обеспечения показателей качества для каждого элемента процесса может быть представлен пространственной матрицей вида

Процесс обеспечения качества в этом случае описывается системой прямоугольных матриц вида

$$\begin{Bmatrix} E_{11j} & E_{12j} & E_{13j} & E_{14j} & E_{15j} \\ E_{21j} & E_{22j} & E_{23j} & E_{24j} & E_{25j} \\ E_{31j} & E_{32j} & E_{33j} & E_{34j} & E_{35j} \\ E_{41j} & E_{42j} & E_{43j} & E_{44j} & E_{45j} \\ E_{51j} & E_{52j} & E_{53j} & E_{54j} & E_{55j} \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1j} \\ X_{2j} \\ X_{3j} \\ X_{4j} \\ X_{5j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{1j} \\ R_{2j} \\ R_{3j} \\ R_{4j} \\ R_{5j} \end{bmatrix}, j = 1, 5 \text{ Результирующие показатели качества}$$

получаются в виде суммирования отдельных показателей с весовыми коэффициентами, соответствующих фазам производства.

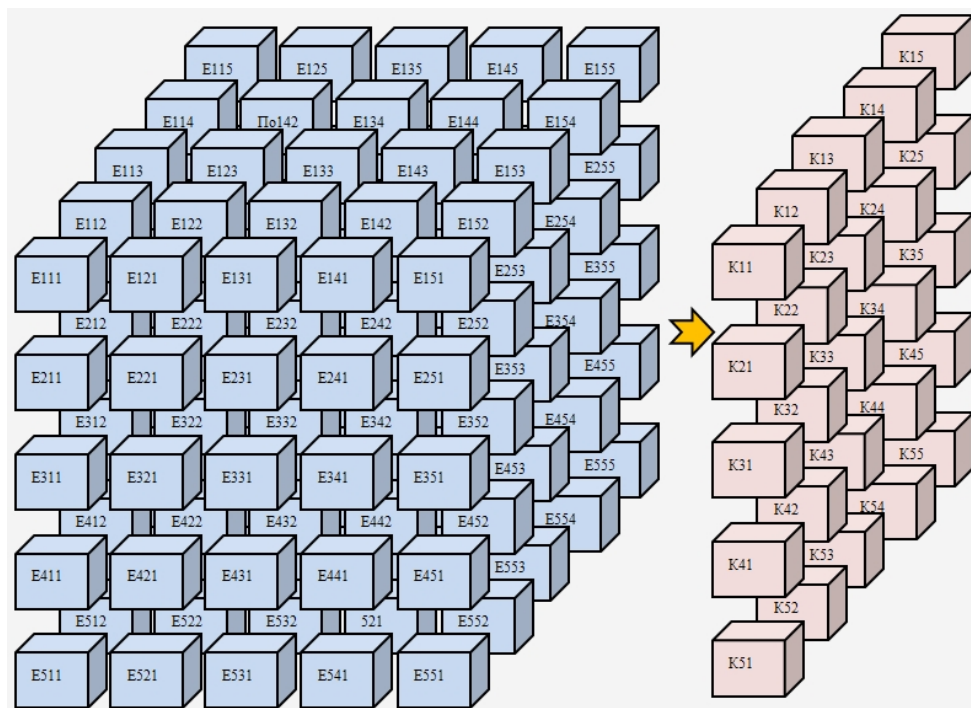


Рис. 8 – Пространственная матрица обеспечения качества многостадийного процесса

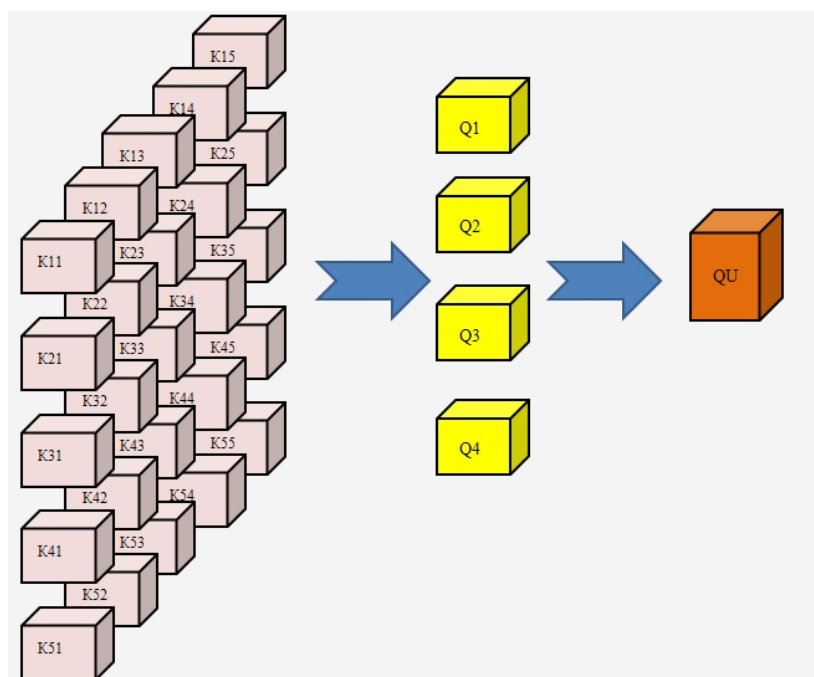


Рис. 8 – Суммирование показателей качества многостадийного процесса

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

Для успешного обеспечения контроля качества в многостадийном производстве изделий сложной формы необходимо построение системы пространственных матриц производства совместно с применением современных технических методов трехмерного сканирования и прототипирования.

В условиях многостадийного процесса вполне эффективным инструментом выступает

аутсорсинг [9]. При этом происходит передача процессов, признаваемых непрофильными для предприятия-потребителя, поставщикам, которые специализируются на выполнении именно этих процессов. Следовательно, при аутсорсинге предприятие часть своих забот перекладывает на плечи своих поставщиков, что обеспечивает первому определенные конкурентные преимущества за счет сокращения издержек на ведение непрофильных процессов, повышения качества профильных процессов и использования освободившихся площадей для развития производства, а второму – увеличение объемов бизнеса.

На сегодняшний день в условиях многостадийного производства основным инструментом высокой гарантии создания успешной продукции является применение метода «Структурирование функции качества (QFD)».

Список использованных источников:

1. Михальски Т. Японские организационные формы в западной экономике / Т. Михальски // Менеджмент и маркетинг. – 1997. – № 2. – С. 13–15.
2. Кафаров В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. – М. : Высшая школа, 1991. – 400 с.
3. Gruhn G. Interval approach to Process System Engineering problems / G. Gruhn, S. Colditz // Computers. Chem. Enging. – 1996. – Vol. 20. – P. 533–538.
4. Советов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 2001. – 343 с.
5. Сидоров В. А. Органолептические методы технического диагностирования механического оборудования / В. А. Сидоров // Оборудование и инструмент для профессионалов. Металлообработка. – 2009. – № 5. – С. 72–75.
6. Литвинова Л. Ф. Разработка и исследование технологии геодезического контроля геометрии криволинейных поверхностей : дис. ... канд. техн. наук. : 05.24.01 «Геодезия» / Л. Ф. Литвинова. – Ростов н/Д, 1999. – 124 с.
7. Пат. 2148787 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 B 5/26. Способ вычисления геометрических параметров криволинейных тел и устройство для его осуществления / Бессонов Е. А. – № 97116570/28; заявл. 24.09.1997 ; опубл. 10.05.2000, Бюл. № 13 – С. 338.
8. Тарасов В. В. Лазерные сканирующие системы контроля геометрических параметров изделий массового производства : дис. ... доктора техн. наук : 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы» / В. В. Тарасов. – СПб., 1998. – 211 с.
9. Аронов И. З. Аутсорсинг: «за» и «против» / И. З. Аронов // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 9. – С. 14–17.

Рябчиков А.Н. «Многоступенчатая модель нормативного обеспечения процесса изготовления деталей криволинейной формы».

В статье рассмотрено создание многомерной модели нормативного обеспечения многостадийного производства деталей сложных пространственных форм на основе применений современных технологий трехмерного сканирования и прототипирования.

Рассмотрены современные методы моделирования и предложена схема многомерного нормативного обеспечения.

Ключевые слова: детали сложных пространственных форм, трехмерное сканирование, быстрое прототипирование, матричная модель, многостадийный процесс, нормативное обеспечение.

Рябчиков О.М. «Багатоступенева модель нормативного забезпечення процесу виготовлення деталей криволінійної форми».

У статті розглянуто створення багатовимірної моделі нормативного забезпечення багатостадійного виробництва деталей складних просторових форм на базі використання сучасних технологій тривимірного сканування і прототипування. Розглянуті сучасні методи моделювання і запропонована схема багатовимірного нормативного забезпечення.

Ключові слова: деталі складних просторових форм, тривимірне сканування, швидке прототипування, матрична модель, багатостадійний процес, нормативне забезпечення

Riabchykov O.M. “Multistep normative standards model of curvilinear detail creation process supply”.

In the article normative standard multidimensional model of multistep production of shape form detail creation basing on 3d scanning and rapid prototyping technologies is considered. Modern methods of modeling are considered. Also the scheme of multidimensional normative standards is shown.

Key words: curvilinear multidimensional details, three-dimensional scanning, rapid prototyping, matric model, multistep process, normative standards.

Стаття надійшла до редакції 9 квітня 2013 р.