

Патент 2169643 РФ МКИ С1 7 В 23 С 3/16. № 99121978/02. Заявл. 27.03.2001. Бюл. №18 3. Кузьмин В.Ф., Марьин С.Б., Пекарш А.И Способы изготовления деталей с криволинейной поверхностью. Патент 2180877 РФ МКИ С1 7 В 23 В 35 00. № 2000107167/02. Заявл. 22.03.2000. Опубл. 27.03.2002. Бюл.

ИДК 621.01.001

П.С. Серенков, В.Д. Микитович

## МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ТИПА

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

При проработке технического задания на разработку, каждое изделие, в том числе и в машиностроении, характеризуется целым рядом требований, называемых показателями качества изделий.

На рынке современных информационных технологий менеджмента качества в последнее время четко определились два подхода: ON-Line Quality Control, Off-Line Quality Control.

ON-Line Quality Control - подход, предполагающий активное управление качеством уже действующих процессов, при этом в качестве главного инструмента предполагается широкое использование статистических методов.

Off-Line Quality Control предполагает обеспечение качества продукции и процессов еще на этапе разработки и включает три основных стадии: проектирование систем (system design); проектирование параметров (parametr design); проектирование допусков (tolerance design).

Анализ практических наработок показал, что третья стадия Off-Line Quality Control - проектирование допусков или проектирование норм точности (ПНТ)- методически не проработана.

На кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы» была разработана методика, которая содержит алгоритм распределения суммарного допустимого диапазона рассеяния выходного параметра на составляющие изделия. Рационально распределение суммарного допустимого диапазона структурировать его в виде иерархической «пирамиды», изображенной на рис. 1. [2]. Мы назвали процедуру распределения суммарного допустимого диапазона рассеяния выходного параметра качества изделия в соответствии с иерархией структуры изделия процедурой проектирования норм точности.

Проектирование норм точности - это процесс проведения проектировочных расчетов параметрических цепей (в том числе и размерных), в результате которых суммарный диапазон рассеяния каждого из параметров, определяющих работоспособность изделия или его составных частей, оптимально распределяется между всеми составляющими цепей в виде частных диапазонов рассеяния или норм точности. Проектирование норм точности осуществляется на всех стадиях конструирования и призвано решать различные по значимости и сложности задачи.

Всякое сложное изделие можно разделить на такие составные части, при разработке которых имеются существенные различия в методах и принципах конструирования и проектирования норм точности (рис 1).

Изделие (И). Проектирование норм точности изделия на этом уровне сводится к оптимальному распределению заданной в техническом задании неопределенности функционирования рабочего элемента между комплексными неопределенностями функционирования функциональных устройств (исходными данными для анализа функциональных устройств):

$$u(PЭ_{И}) = \sum C_i u(PЭ_{ФУ_i}) \quad (1)$$

Заданный параметр качества  $Y \pm U$  распределяется между структурными элементами каждого уровня «пирамиды» в порядке иерархии построения изделия.

Функциональные устройства (ФУ). Функциональные устройства – структурные элементы изделия, выполняющие элементарные преобразования. Для ФУ характерным требованием является неопределенность положения рабочего элемента функционального устройства (РЭ<sub>ФУ</sub>) относительно базового элемента функционального устройства (БЭ<sub>ФУ</sub>), а неопределенность перемещения РЭ<sub>ФУ</sub> относительно БЭ<sub>ФУ</sub>. Проектирование норм точности ФУ сводится к распределению неопределенности  $u(y_1)$  между конструктивными цепями, входящими в данное функциональное устройство.

Конструктивные цепи (КЦ). Основные структурные элементы замкнутой конструктивной цепи: рабочий (РЭ<sub>КЦ</sub>), базовый элемент (БЭ<sub>КЦ</sub>). Структура конструктивной цепи имеет целью ограничить лишние степени свободы рабочих (схемных элементов) конструктивной цепи. Как правило, схемные элементы имеют 1 степень подвижности. Остальные 5 должны быть запрещены. Материально этот запрет и реализуется конструктивными цепями [1, 2]. Функциональной точностью замкнутой конструктивной цепи называется неопределенность положения РЭ<sub>КЦ</sub> относительно БЭ<sub>КЦ</sub>. Проектирование норм точности конструктивной цепи сводится к распределению установленной или заданной функциональной точности между показателями функциональной точности соединений и деталей.

Соединения (СД). В каждом соединении можно выделить следующие структурные элементы: рабочий элемент соединения РЭ<sub>СД</sub>, базовый элемент соединения БЭ<sub>СД</sub>. Соединяемые детали образуют контактную пару. Функциональная точность соединения деталей определяется неопределенностью положения РЭ<sub>СД</sub> относительно БЭ<sub>СД</sub>. Проектирование норм точности соединений сводится к распределению установленной или заданной функциональной точности между показателями функциональной точности детали.

Детали (Д). Первичными элементами изделия (И) и простейшими объектами проектирования норм точности являются детали (Д). Деталь как объект конструирования представляет собой неделимое однородное тело, материал, форма и размеры которого обусловлены назначением [1]. В каждой детали можно выделить три структурных взаимосвязанных элемента: рабочий (РЭ), базовый (БЭ), свободный (СЭ). Функциональная точность деталей определяется неопределенностью положения РЭ относительно БЭ. Проектирование норм точности деталей заключается в распределении заданной комплексной неопределенности функционирования детали между действующими неопределенностями на рабочих, базовых, и свободных элементах.

При распределении показателей качества решаются следующие задачи:

Задача 1. Самой сложной задачей в процессе проектирования норм точности является операция выявления источников действующих неопределенностей. Действующими неопределенностями являются лишь те, которые оказывают влияние на точность рассматриваемого рабочего элемента.

По уровню обобщенности неопределенности параметров можно разделить на: элементарные, которые относятся к деталям (их называют действующими неопределенностями); комплексные, которые относятся к сборочным единицам таким, как рабо-

чие элементы соединений деталей, конструктивных цепей и т.д.

**Задача 2.** В общем случае коэффициент влияния (КВ) - это некоторая функция, связывающая действующую неопределенность с приведенной (неопределенностью положения РЭ).

Линейная теория точности предполагает действие неопределенностей на результат функционирования РЭ как линейный полином, т.е. через коэффициенты влияния [4]. Существует целый ряд методов: дифференциальный, относительных неопределенностей, преобразования исходной схемы, плана малых перемещений, геометрический, метод фиктивной нагрузки (Ю.В. Любатов), способ плеча и линии действия (Н.А. Калашников) [5, 6].

**Задача 3.** При проведении анализа изделия на всех уровнях (ФУ, КЦ, СД и Д) возникает вопрос об учете действующих неопределенностей, в частности об их комплексировании (сложении). Существуют различные подходы в зависимости от того, какова природа действующих неопределенностей: случайная или систематическая. Возможны три подхода к сложению действующих неопределенностей различной природы проявления: метод максимума – минимума, вероятностный метод, комбинированный.

В точностных расчетах изделия случайные неопределенности, как правило, задаются в виде интервалов рассеяния полей допусков параметров. На основании этого с помощью вероятностного метода каждый конструктивный параметр (размер, массу, электрические характеристики и т.д.) можно представить следующим образом (по методу академика Бородачева):

$$A_{\Sigma} = A_{\Sigma 0} + M_{\Sigma} \pm \frac{t_{\Sigma}}{2} \quad (2)$$

где:  $A_{\Sigma}$  - интервал значений конструктивного параметра А;  $A_{\Sigma 0}$  - номинальное значение конструктивного параметра А;  $M_{\Sigma}$  - математическое ожидание, наиболее вероятное значение среднего отклонения.

Руководство по выражению неопределенностей предлагает представление параметров другим образом:

$$A_i = A_{i0} + U_{\Sigma i} \quad (3)$$

где  $U_{\Sigma i}$  - расширенная неопределенность.

$$U_{\Sigma i} = u_{\Sigma i} \cdot k_i \quad (4)$$

где  $k_i$  - коэффициент охвата,  $u_{\Sigma i}$  - суммарная стандартная неопределенность.

Наиболее удобно представлять результаты измерений как рекомендует Руководство по выражению неопределенностей, но учитывая, что производственные рабочие привыкли к представлению результатов по Бородачеву, то в данной методике, объединили два этих способа представления результатов измерений.

Изложенный подход основан на полной взаимозаменяемости, т.е. априорном обеспечении показателей качества изделий (еще на стадии проектирования). Однако при распределении на различных уровнях иерархической пирамиды параметров качества на составляющие может иметь место следующая ситуация: функциональная точность составляющих настолько мала, что является технологически не достижимой.

Алгоритм декомпозиции  
Процесса ПНТ

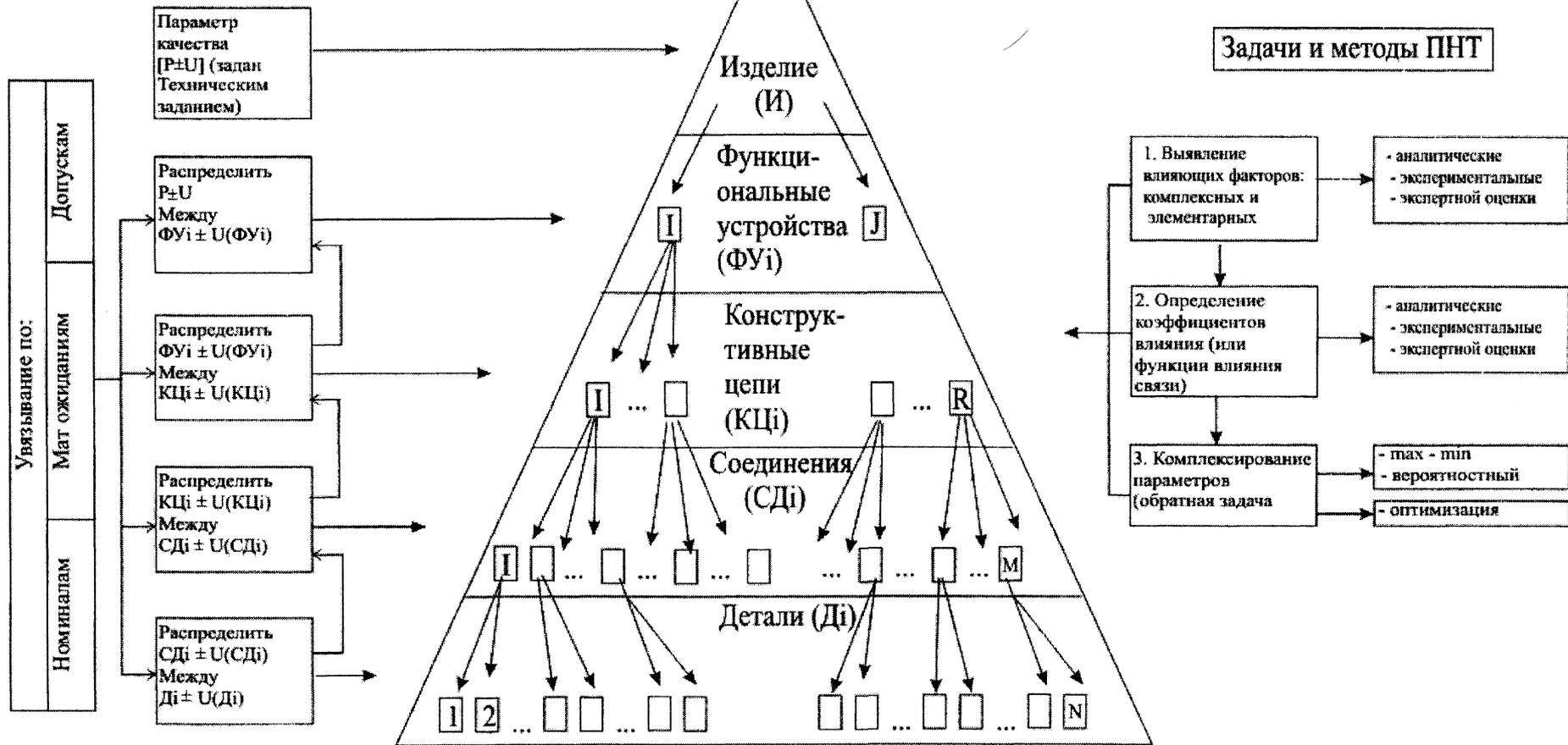


Рис. 1 « Пирамида » развертывания функции качества изделия (QFD) как процедура проектирования норм точности, обеспечивающая соответствие параметров качества заданным требованиям.

Практика создания точных приборов выработала методы и средства, с помощью которых осуществляется компенсация неопределенностей; их подразделяют на группы по двум признакам: по направленности воздействия на компенсируемую неопределенность и по средствам компенсации.

**Литература.** 1. В. В. Кулагин: "Основы конструирования оптических приборов. Учебное пособие для приборостроительных вузов. - Л.: Машиностроение, 1982-312с. 2. Серенков П.С., Романчук В.М., Гейт К.А., Ракина О.Э., Кушнер И.Б., Кузьмицкая Л.В. Проблемы обеспечения качества изделий на стадии разработки. //Тезисы международной научно-практической конференции «Качество-99» \ Изд-во БелГИСС\ Минск, 1999г.- с.52-55. 3. П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. "Расчет допусков размеров." - М.: Машиностроение, 1981 - 189с. 4. В.П. Короткое, Б.А. Тайц. "Основы метрологии и теории точности измерительных устройств." -М.: Издательство стандартов, 1978 -352с. 5. И.А. Грейм. "Элементы проектирования и расчет механизмов приборов." -Л.: Машиностроение, 1972 -216с. 6. А.И. Иванцов. "Основы теории точности измерительных устройств." Учебное пособие для вузов. -М.: Издательство стандартов, 1978. 7. Руководство по выражению неопределенностей измерений. Перевод с английского: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. 8. Справочное руководство к QS 9000 (Quality Sistem Requirement) Statistical Process Control for Chrysler Corporation, Ford Motor SPC Company, Genersl Motor Corporation.

УДК 625.75: 658.562

**Н.Н. Червяковская, В.Л. Соломахо**

## **ПРИНЦИП МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОВЕРОЧНЫХ СИСТЕМ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

*Белорусский государственный институт метрологии  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Обеспечение единства измерений в стране достигается путем точного воспроизведения и хранения установленных единиц физических величин посредством эталонов и передачи их размеров применяемым средствам измерений.

Порядок передачи размера единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений законодательно установлен в поверочных схемах, утвержденных в виде нормативных документов (государственных стандартов либо методических указаний). По области распространения различают государственные, ведомственные и локальные поверочные схемы.

Располагая утвержденной поверочной схемой для какой-то единицы физической величины, мы можем говорить о формальном решении вопроса метрологического обеспечения определенного вида измерений, так как любая поверочная схема содержит сведения о средствах, методах и точности передачи размера единиц физических величин от эталона к рабочим средствам измерений. Таким образом, ее можно рассматривать как своеобразный «каркас» метрологического обеспечения определенного вида измерений

На практике для метрологического обеспечения определенного вида измерений не достаточно иметь только утвержденную поверочную схему. Практически повероч-