

УДК 621.713.12

АНАЛИЗ МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ПАРАМЕТРОВ

Кубрин Д. С., Спесивцева Ю. Б.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. При конструировании различных механизмов, машин, приборов и других изделий, проектировании технологических процессов, выборе средств и методов измерений возникает необходимость в проведении размерного анализа, с помощью которого можно установить правильное соотношение взаимосвязанных размеров и определить допустимые рассеяния параметров.

Ключевые слова: размерная цепь, допуск, качество, замыкающее звено, экономическое обоснование.

ANALYSIS OF METHODS FOR NORMALIZING THE ACCURACY OF PARAMETERS

Kubryn D., Spesivtseva Y.

*Belarusian National Technical University,
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. When designing various mechanisms, machines, devices and other products, designing technological processes, choosing measurement tools and methods, it becomes necessary to conduct dimensional analysis, with the help of which it is possible to establish the correct ratio of interrelated dimensions and determine the permissible dispersion of parameters.

Keywords: dimensional chain, tolerance, quality, closing link, economic justification.

*Адрес для переписки: Кубрин Д. С., ул. Молодежная 31, г. п. Мачулищи 223012, Республика Беларусь
e-mail: dk250036@gmail.com*

Современные темпы развития точного приборостроения обуславливают повышение требований к показателям качества приборов самого разного назначения. В этой связи приобретает большее значение совершенствование процесса проектирования, в котором общие идеи сначала превращаются в концептуальные решения, а затем в конкретные требования к параметрам деталей, зафиксированным в конструкторской и технологической документации. При этом считается, что наиболее важным является проектирование параметров, а проблеме назначения допусков, как правило, не уделяется должного внимания.

В настоящее время интерес к этой задаче вырос как в научных исследованиях, так и в промышленности, что объясняется с одной стороны растущими требованиями к себестоимости и качеству продукции, а с другой стороны наличием реальных производственных данных, обусловленных новыми технологиями и возможностями компьютерной техники. Целью работы является анализ методов нормирования точности для выявления текущих проблем и постановки задач для дальнейших исследований.

В литературе имеют место основные направления: минимизация чувствительности отклонений параметров к изменению производственных процессов, применение статистических методов при нормировании точности и использование оптимизации для минимизации затрат.

При разработке продукции должны соблюдаться требования как к функционированию изделия, так и к технологичности изготовления его составляющих и контролепригодности параметров деталей. Традиционно допуски назначаются ме-

тодом аналогов или «проб и ошибок», последовательно приближаясь к обеспечению заданного показателя качества, если допуски принадлежат звеньям размерной цепи. На различных этапах процесса проектирования необходимо обеспечить баланс между частными конфликтующими целями, прежде всего между качеством и стоимостью, при этом минимизации чувствительности допусков к изменению производственных процессов уделяется мало внимания. Руководствуясь этой необходимостью Тагути предложил трехэтапный подход к назначению номинальных значений параметров и допусков:

1) определение характеристик изделия критически важных для его функционирования и достижения целевых показателей качества;

2) выбор для ключевых параметров номинальных значений, которые должны отражать оптимальные условия работы, установление предельных значений, в которых параметр может варьироваться без значительного влияния на качество изделия;

3) проверка полученных значений с точки зрения того, как различные изменения в параметрах влияют на качество, корректировка номинальных размеров и допусков при необходимости.

В дальнейшем он пришел к выводу, что вариация или отклонение от оптимального значения, закончится неизбежными потерями в виде сокращения срока службы изделия, проблемами при его обслуживании. Тагути подчеркнул важность уменьшения вариативности процессов за счет невосприимчивости их к различным источникам шума. Эту процедуру назвали робастным проектированием параметров.

Для определения допусков на параметры может быть использован метод Монте-Карло, основанный на том, что случайные факторы влияют на параметры изделия и его функционирование. Метод основан на моделировании процессов с помощью генератора случайных чисел, что позволяет при помощи статистических методов анализа определить: параметры, которые в большей степени влияют на работу изделия; степень влияния допусков, оптимальные значения допусков с точки зрения себестоимости. Метод имеет ряд серьезных недостатков: необходимость использования специализированных программ, наличие большого количества данных, продолжительный по времени.

Другой подход к назначению допусков связан с расчетом размерных цепей, которые в зависимости от объекта анализа делят технологические, измерительные и конструкторские. Технологические размерные цепи позволяют определить межоперационные размеры с минимально необходимыми припусками исходя из точности детали. Измерительные размерные цепи связывают составляющие погрешности измерения.

Конструкторские размерные цепи позволяют определить допуски параметров деталей, влияющих на функционирование изделия. При решении прямой (проектной) задачи по известному допуску замыкающего звена рассчитываются допуски составляющих звеньев. При этом могут использоваться метод «проб и ошибок», метод равного качества, метод пропорционального влияния; метод равных допусков, которые по своей сути являются стратегиями эмпирического подбора допусков. Каждый из методов назначения допусков имеет свои преимущества. Однако допуски в первую очередь устанавливаются для обеспечения функционирования изделия, при этом стоимость игнорируется или учитывается косвенно, поэтому часто допуски выбираются более жесткими чем необходимо. Косвенно учитывается стоимость в методе «проб и ошибок», когда вначале на основе опыта конструктора назначаются условные допуски, рассчитывается размерная цепь, затем при необходимости допуски корректируются. Метод трудоемкий и не учитывает количественной информации о стоимости.

Определение набора допусков, обеспечивающих работу изделия при минимальной себестоимости его изготовления, является сложной задачей, которой посвящено большое количество исследований [1]. Первые публикации появились тогда, когда возможности компьютеров были ограничены. Кроме этого, есть работы, в которых рассмотрены цель и ограничение меняются местами, т. е. делается попытка повысить уровень качества изделия без превышения заранее определенного лимита затрат.

Укрупненно все исследования в этой области, можно разделить на следующие направления: решение математической задачи оптимизации, построение зависимости стоимости от точности, моделирование базы данных для расчета, создание системы автоматизированного проектирования допусков.

При постановке задачи распределения допусков в виде математической задачи оптимизации детерминированных и стохастических алгоритмов могут быть преодолены недостатки традиционных подходов. Распределение допусков должно осуществляться автоматически с учетом количественной информации о точности и стоимости изготовления отдельных звеньев размерной цепи.

Тип целевой функции влияет на выбор алгоритма оптимизации и его результаты. Линейные функции удобны для решения, но как правило, не описывают большинство реальных зависимостей. При их линеаризации появляются дополнительные ошибки аппроксимации, поэтому целесообразнее совершенствовать алгоритмы оптимизации, в том числе с возможностью многокритериальной оптимизации.

Большинство исследований основывается на данных, опубликованных в небольшом количестве изданий, и в основном эта информация ограничена изготовлением конкретных конструктивных элементов. Часто реальные производственные данные не доступны по причине их конфиденциальности.

Традиционно считается, что если отклонения параметров находятся в допустимых пределах, то изделия считаются годными. Но неоптимальное распределение допусков можно рассматривать как потерю качества для потребителя.

Таким образом, назначение допусков с учетом их стоимостной реализации является наиболее обоснованным, но для широкого применения такого подхода нужна информация о зависимостях «точность-стоимость» для самых разнообразных конструктивных элементов деталей с разными физико-механическими свойствами. Желательно также чтобы затраты, которые не поддаются прямому измерению, были также учтены. Создание модели «точность-стоимость» является трудоемкой и сложной задачей, но при использовании ее в массовом производстве может быть обеспечено конкурентное преимущество.

Литература

1. Roth, M. From tolerance allocation to tolerance-cost optimization: a comprehensive literature review / M. Roth, B. Schleich, S. Wartzack // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2020. – № 107. – С. 1–54.