

4. Внуков Ю.Н., Саржинская А.Г. Методика теоретического определения составляющих силы резания при токарной обработке. 2008
5. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М.: «Высшая школа», 1985. – 304 с.
6. Зворыкин К.А. Работа и усилие, необходимые для отделения металлической стружки. – М.: Русская типо-литография, 1893г. – 76 с.
7. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. М.: Машгиз, 1956. - 363 с.
8. Клушин М.И. Исследования процесса резания металлов. М.: Машгиз, 1949. -165 с.
9. Кривоухов В.А. Деформирование поверхностных слоев металла в процессе резания. М.:Машгиз, 1945.
- 10.Куфарев Г.Л. Экспериментальное изучение пластической деформации при резании материалов. Известия вузов СССР. Машиностроение. 1959. № 7.
- 11.Оленин Л.Д. О контактных напряжениях при внедрении плоского и скругленного пуансонов в полупространство. Материалы Международного научного симпозиума. М.: МГТУ МАМИ 2005. с.
- 12.Оленин Л.Д.. К анализу механики резания упрочняемого материала. Стружкообразование. Известия МГТУ «МАМИ» №1 2008. с. 183..190.
- 13.Оленин Л.Д.. К анализу механики резания. Резание инструментом с притупленной режущей кромкой. Известия МГТУ «МАМИ» № 2009. с. 1.1.
- 14.Розенберг А.М., Еремин А.Н. Элементы теории процесса резания металлов. – М. – Свердловск.: Машгиз, 1956. – 319 с.
- 15.Розенберг Ю.А., Тахман С.И. Силы резания и методы и определения : Учебное пособие: В 2 ч. – Курган : Изд-во КМИ, 1995. – 130 с. и 103 с.
- 16.Тиме И.А. Сопротивление металлов и дерева резанию. – С.-Петербург, 1870.
- 17.Astakhov V.P., Shvets S. The assessment of plastic deformation in metal cutting. Journal of Materials Processing Technology. 146 (2004). 193-202
- 18.Cook N.H., Shaw M.C. Visual Metal Cutting Study, Mechanical Engineering, №11, vol.73, 1951
- 19.Lee E.H., Shaffer B.W. The theory of plasticity applied to a problem of machining. Journal of Applied Mechanics, No. 4, vol. 18, 1951, S. 405-413
- 20.Oxley P.L.B. Mechanics of Machining, an analytical approach to assessing machinability. Chichester: Ellis Horwood, 1989, 242 p.
- 21.Palmer W.B., Oxley P.L.B. Mechanics of metal cutting. Proc. Inst. Mech. Eng. 173. 623-654.
22. Oxley P.L.B. Mechanics of Machining, an analytical approach to assessing machinability. Chichester: Ellis Horwood, 1989, 242 p.
- 23.Shaw M., Cook N., Finnie J. Transactions of the ASME. vol.75, pp 273-288, 1963.

Контроль качества на основе использования квалиметрических образов технических изделий

к.т.н. доц. Мартишкин В.В., Прилепина Н.Н., Фазлулина М.Э.
МГТУ «МАМИ»

Аннотация. Рассматривается контроль качества технических изделий (ТИ) с использованием метода построения квалиметрических образов этих ТИ. Предложенный метод является новым в области контроля качества ТИ. Квалиметрический образ – это геометрическая модель, построенная с помощью различных методов свертки показателей качества. Целью контроля качества ТИ с помощью квалиметрических образов является выявление недостатков оцениваемого ТИ и улучшение его конструкции. По сравнению с традиционными методами контроля качества предложенный метод прост и не требует больших затрат времени.

Введение

В машиностроении на стадиях проектирования применяют несколько методов контроля качества технических изделий (ТИ). Но все эти методы, как правило, трудоемки и не наглядны. Квалиметрические образы обладают наглядностью и дают возможность рассчитывать качество ТИ по минимуму определяющих деталей и их показателей. Сначала рассчитывают параметры качества ТИ, затем их “свертывают” в обобщенный показатель. Геометрически обобщенный показатель в квалиметрическом образе представляет собой вектор в 3-х мерном пространстве, величина и направление которого показывает качество оцениваемого изделия: ниже, равно или выше качества базового изделия.

Раздел 1 данной работы посвящен краткому описанию метода определения качества ТИ на основе аддитивных и мультипликативных операций, раздел 2 – оценке качества реального технического изделия на основе использования квалиметрических образов.

1. Расчет качества ТИ на основе аддитивных и мультипликативных операций

Расчет качества технического изделия на основе аддитивных и мультипликативных операций представляет собой сложный и длительный процесс [1]. Процедуру расчета качества реального технического изделия на этой основе мы показываем на примере изделия «Гидроцилиндр главный тормозной 47.000 СБ», заимствованный из [2]. В этом источнике изделие представлено в виде сборочного чертежа и спецификации (стадия ТП).

Последовательность расчета качества ТИ на основе сборочного чертежа изделия (стадия ТП):

- Исходя из принципа устройства и спецификации данного изделия строят структурную схему изделия.
- Исходя из структурной схемы изделия идентифицируют детали по классам и по их значению для функционирования ТИ. Для этого используют таблицы описания и классификации деталей [3].
- Назначают качественные (описательные) коэффициенты сложности, точности и категории контроля (k_{cl} , k_m , k_k) для деталей данного ТИ [4].
- Рассчитывают качество деталей по формуле $Q_d = \bar{k}_d$,
где: Q_d – качество детали, $\bar{k}_d = \sqrt[3]{k_{cl} \cdot k_m \cdot k_k}$ – среднее геометрическое показателей качества детали, k_{cl} – коэффициент сложности, k_m – коэффициент точности, k_k – коэффициент категории контроля.

- Назначают балльные оценки для деталей исходя из значения детали для функционирования изделия в конкретном сборочном узле.

- Рассчитывают нормированные коэффициенты весомости β_d для каждой детали.

- Рассчитывают качество сборочных единиц по формуле $Q_{сб} = \sum_{i=1}^n \beta_d \cdot Q_d$,

где $Q_{сб}$ – качество сборочной единицы, n – количество деталей в сборочной единице.

- Рассчитывают качество оцениваемого технического изделия $Q_{оц}$ по формуле:

$$Q_{оц} = \left[\beta_{сб.m} \sum_{i=1}^m Q_{сб} + \beta_{d.узд} \sum_{i=1}^{n_{узд}} Q_d \right],$$

где $Q_{оц}$ – качество оцениваемого изделия, $\beta_{сб.m}$ коэффициент весомости m -й сборочной единицы, $\beta_{d.узд}$ – коэффициент весомости группы деталей, не входящих в сборочные единицы ($\sum \beta_{сб.m} + \sum \beta_{d.узд} = 1.0$), m – количество сборочных единиц, $n_{узд}$ – количество деталей, не входящих в сборочные единицы (эти детали объединяют в группу и присваивают ей коэффициент весомости).

- Рассчитывают качество базового образца изделия $Q_{\bar{b}}$ по формуле:

$$Q_{\bar{b}} = \left[\beta_{сб.м} \sum_{i=1}^m Q_{сб.б} + \beta_{д.изд} \sum_{i=1}^{n_{изд}} Q_{д.б} \right].$$

Состав этой формулы такой же, как и для оцениваемого ТИ: состав и структура оцениваемого и базового изделий одинаковы, разнятся только качественные характеристики деталей и соответственно сборочных единиц. У базового изделия в расчет принимаются наилучшие (образцовые) параметры, достижимые в современных условиях [4].

- Рассчитывают качество изделия относительно базового по формуле

$$Y = (Q_{оц.} / Q_{\bar{b}}) \times 100\%$$

- По результатам расчета уровня качества оцениваемого изделия делают вывод о качестве изделия.

Например, для изделия «Гидроцилиндр главный тормозной 47.000 СБ» получено, что $Q_{оц.}=0.491$, $Q_{\bar{b}}=0.623$, $Y = (Q_{оц.} / Q_{\bar{b}}) \times 100\% = (0.491 / 0.623) \times 100\% = 78.8\%$, то есть качество оцененного изделия хуже базового на 21.2%, поэтому необходимо принять меры по улучшению качества оцениваемого ТИ.

2. Построение квалиметрических образов технических изделий

При расчетах качества ТИ с помощью квалиметрических образов не обязательно рассчитывать качество каждой детали и каждой сборочной единицы.

Расчеты качества ТИ с использованием нормированных коэффициентов весомости приводят к тому, что показатели качества деталей и сборочных единиц становятся пропорциональными коэффициентам весомости соответствующих показателей качества (метод взвешенного суммирования $Q_i = \sum \beta_i \times \bar{k}_i$). Поэтому использование принципов взвешенного суммирования дает возможность построить квалиметрический образ ТИ по качеству одной сборочной единицы, а качество сборочной единицы построить по качеству одной детали. Построенный таким образом квалиметрический образ обладает такой же информацией, как и при расчетах на основе аддитивных и мультипликативных операций. На рисунке 1 показан треугольник качества сборочной единицы

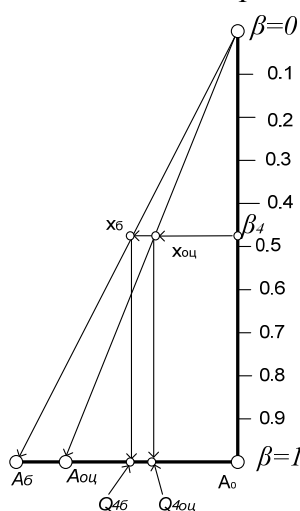


Рисунок 1 – Треугольник качества сборочной единицы

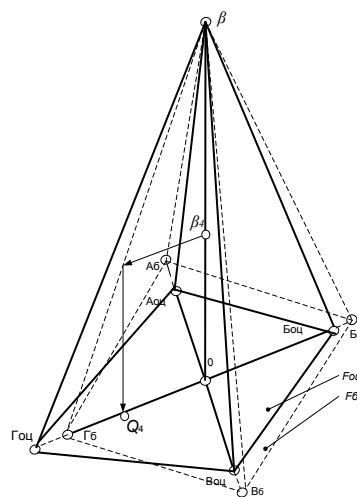


Рисунок 2 - Полный квалиметрический образ оцениваемого и базового технического изделия. (Сплошные линии – образ оцениваемого изделия, пунктирные - образ базового изделия).

На рисунке 1: $A_{\bar{b}} - A_0$ - качество базовой сборочной единицы, $A_{оц} - A_0$ - качество оцениваемой сборочной единицы, β_4 - весомость детали № 4 в сборочной единице, $Q_{4\bar{b}}, Q_{4оц}$ - каче-

ство деталей базового и оцениваемого ТИ соответственно. Качество базового и оцениваемого изделия получают путем проведения гипотенузы через точки β_0 и X_{β} , X_{α} .

Полный квалиметрический образ всего ТИ (например, состоящего из 4-х сборочных единиц), представляет собой так называемый «многогранник качества» (рисунок 2). В основании этого «многогранника качества» лежит многоугольник качества ТИ. В многоугольнике качества каждая диагональ представляет собой качество сборочной единицы, вычерченной в масштабе коэффициентов весомости β . Многоугольник качества строят в декартовых координатах (на плоскости).

На рисунке 2: β – шкала весомостей деталей и сборочных единиц, β_4 и Q_4 – соответственно весомость и качество базовой детали №4 в сборочной единице $\Gamma_{\alpha i}-0-\beta$. Конечной целью определения качества ТИ на основе квалиметрического образа является определение его уровня относительно базового, после чего делают необходимые управляющие решения.

2.1 Определение качества изделия «Гидроцилиндр главный тормозной 47.000» на основе квалиметрического образа

На рисунках 3 и 4 показано определение качества изделия «Гидроцилиндр главный тормозной 47.000 СБ» исходя из качества сборочной единицы № 3.

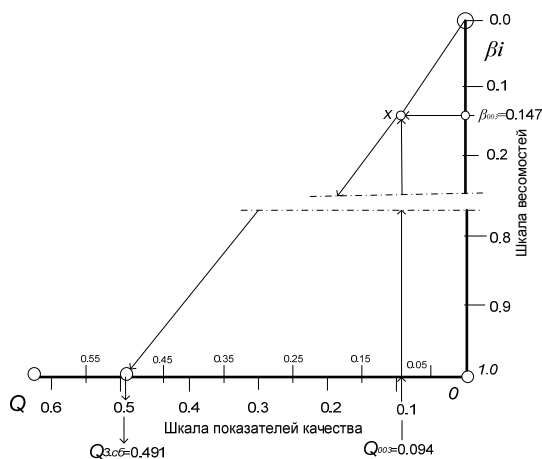


Рисунок 3 - Треугольник качества сборочной единицы № 3

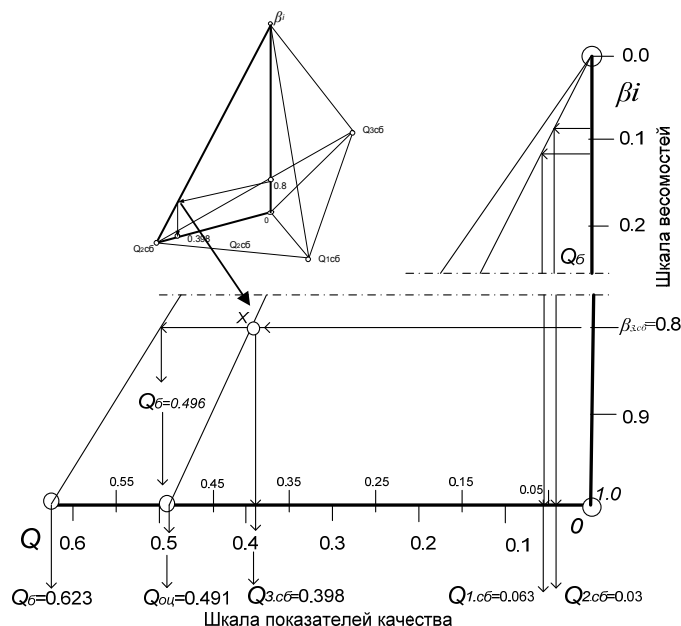


Рисунок 4 - Квалиметрический образ оцениваемого и базового изделия в виде «треугольника качества»

Сначала определяют качество сборочной единицы № 3 по качеству одной детали этой

сборочной единицы, обладающей наибольшей весомостью. Такой деталью является деталь 003 («корпус», $\beta_{003}=0.147$, $Q_d=0.094$).

По коэффициенту весомости и по показателю качества этой детали находят точку (например, x), через которую проводят гипотенузу до пересечения со шкалой качества Q . Пересечение гипотенузы со шкалой качества соответствует качеству этой сборочной единицы, рисунок 3.

На рисунке 3: $Q_{3.сб}=0.491$ – качество сборочной единицы №3, $\beta_{003}=0.147$ и $Q_{003}=0.094$ – соответственно весомость и качество детали 003, входящей в сборочную единицу № 3.

На рисунке 4: $Q_б=0.623$ – качество базового изделия, $Q_{оц}=0.491$ – качество оцениваемого изделия, $Q_{1.сб}$, $Q_{2.сб}$, $Q_{3.сб}$ – качество сборочных единиц № 1, 2, 3 оцениваемого изделия, β_i – весомость сборочных единиц.

В таблице 1 показаны результаты сравнения оцениваемого и базового изделия и выводы по этим сравнениям.

Таблица 1

Результаты сравнения квалиметрических образов оцениваемого и базового изделий

Объекты сравнения	Показатели качества изделий	Показатели качества сборочных единиц		
		Сборочная единица №1	Сборочная единица №2	Сборочная единица №3
Базовое изделие (расчетные значения)	0.623	0.080	0.0471	0.496
Оцениваемое изделие (фактические значения)	0.491	0.063	0.0302	0.398
Разница в показателях качества в натуральных единицах, Δ	0.132	0.0169	0.0169	0.098
Допустимое расхождение в показателях качества (субъективность в назначении коэффициентов), $\Delta_{доп}$, %	30	30	30	30
Фактическая разница в показателях качества, $\Delta_{факт}$, %	32	26	55	32
Степень несоответствия показателей качества, $\Theta=\Delta_{доп}-\Delta_{факт}$, %	-2	+4	-25	-2
Предложения по результатам сравнения оцениваемого и базового изделий (результаты сравнения)	Конструкцию необходимо улучшить	Сборочная единица не требует корректировки	Необходимо пересмотреть конструкцию сб. единицы	Найти детали, требующие улучшения конструкции

Как видно из таблицы 1, показатель качества сборочной единицы №1 оцениваемого ТИ соответствует качеству базового (даже с некоторым превышением).

Показатели качества сборочной единицы №2 оцениваемого ТИ не совпадают с показателями качества базового ТИ (ниже на 25%), что говорит о том, что необходим пересмотр конструкции этой сборочной единицы.

Показатели качества сборочной единицы №3 оцениваемого ТИ не совпадают с показателями качества базового ТИ (ниже на 2%), что говорит о том, что необходимо улучшить качество некоторых деталей этой сборочной единицы (повысить точность, уменьшить шероховатость, заменить материал детали).

Выводы

1. Контроль качества технических изделий с использованием квалиметрических образов состоит в сравнении квалиметрических образов базового (эталонного) ТИ и оцениваемого

ТИ. Квалиметрические образы оцениваемого и базового ТИ сравнивают и делают соответствующие выводы: нуждается оцениваемое изделие в улучшении или нет.

2. В основе повышения качества технических изделий лежит улучшение конструктивных и технологических показателей деталей и сборочных единиц. Чем больше учитывается показателей, тем точнее и объективнее оценка качества детали или сборочной единицы.

Литература

3. Каазик Ю.Я. Математический словарь. М., изд. "Физматлит", 2007. - 335 с.
4. Аксарин П.Е. Чертежи для детализации. М., "Машиностроение", 1993. - 160 с.
5. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения. М., "Форум", 2008. -860 с.
6. Чупырин В.Н. и др. Технический контроль в машиностроении. Справочник проектировщика. М., "Машиностроение", 1987. - 510 с.

Сборные дисковые зуборезные фрезы и процесс механической обработки крупномодульных зубчатых колес на станках с ЧПУ

Отт О.С.
ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»

Аннотация. Предложена технология обработки крупномодульных зубчатых колес на многокоординатном оборудовании с ЧПУ. Рассмотрены возможности применения сборного дискового инструмента с прямолинейными режущими кромками для чистовой механической обработки эвольвентных профилей зубьев.

Ключевые слова: технология обработки крупномодульных зубчатых колес, многокоординатное оборудование с ЧПУ, сборный дисковый инструмент

Зубчатые колеса относят к числу наиболее сложных и трудоемких деталей в машиностроении, от качества которых в большой степени зависят эксплуатационные характеристики и надежность машин, приборов и механизмов, в которых они применяются. Зубчатые детали используются в тяжелом транспортном машиностроении, судостроении, атомном и энергетическом машиностроении, горнодобывающем и подъемно-транспортном машиностроении, а также в интенсивно развивающейся в последнее время ветроэнергетике.

Самыми распространенными среди зубчатых передач являются цилиндрические, поскольку методы их нарезания универсальные и применяются практически во всех типах производства. Характерными для тяжелого машиностроения можно считать цилиндрические зубчатые колеса диаметром 250 – 12 500 мм, имеющие модуль не менее 10 мм.

Для нарезания зубьев крупномодульных зубчатых деталей применяют пальцевые ($m = 50-75$ мм), дисковые ($m = 30-50$ мм) и червячные ($m = 10-30$ мм) модульные фрезы на универсальном зуборезном оборудовании. Операции зубофрезерования занимают большую долю (около 70-80%) технологического времени, затрачиваемого на полную обработку детали, поэтому важно уделять повышенное внимание этому процессу.

Сегодня основным направлением развития металлообработки является использование многокоординатного оборудования с ЧПУ совместно с высокопроизводительным твердосплавным инструментом. Такое сочетание на операциях зубофрезерования позволит повысить производительность обработки, снизить себестоимость и улучшить качество обработки зубчатых колес.

Применение современных станков с ЧПУ позволяет резко увеличить скорости резания, что дает возможность эффективного использования зуборезного инструмента с режущей частью из твердого сплава. Кроме того, вследствие замены традиционных кинематических цепей станков электрическими связями и индивидуальными приводами, управляемыми ПК, появилась возможность электронного согласования движений инструмента и изделия. К то-