

## Конкурентно сравняване на качеството на методи за комплексен двупрофилен контрол със и без еталонно колело

Младен Петров

*Competitive compare the quality of methods for complex dual-flank gear test with and without reference master gear. The article presents the results of an expert evaluation of the sources of measurement errors when using classical measurement device integrated dual-flank gear test using reference master gear and a method developed by the authors without using reference gear. Expert assessment is made of the knowledge base methods - Cause and effect diagrams, FMEA and QFD method and based on certain conditions results are coming through planned research experiment.*

**Keywords:** - Metrology, gears, complex dual-flank gear test, FMEA, QFD.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Всяка фирма иска да подобрява своя продукт и пътят за това е повишаване на качеството. Непознаването на изискванията на потребителите, често води да разработка на нерентабилни продукти. Маркетингът, трябва да създаде система за непрекъснато следене на информацията от потребителя и за обратна връзка с него. Процесът на оценяване на качеството на продуктите се състои от следните етапи:

1. Ранжиране по важност на потребителските изисквания (анкета №1)
2. Оценяване мнението на потребителите за качеството на конкуриращи се продукти (анкета №2)
3. Оценяване мнението на експерти за качеството техническите показатели на конкуриращи се продукти (анкета №3).
4. Построяване на QFD матрица.

Цели и задачи на метода QFD [6] са: да насочва планирането на качеството, съобразно желанията на клиента ; да подобрява прегледността на резултатите от планирането ; да идентифицира критичните показатели на качеството на продуктите; да насочва техническите разработки към желанията на клиентите ; да се създават по добри продукти; да се намалят производствените разходи, чрез отстраняване на допълнителните промени във фазата на производството ; да ограничава продукти, които не биха имали пазарен успех. QFD методът се осъществява от колектив, включващ специалисти от различни области на познанието.

Почти всички продукти имат многобройни характеристики и показатели на качеството, но нито е икономично, нито е необходимо да се подобряват всички, защото не всички са еднакво важни за потребителите. В статията е представено предпроектно изследване на теоретично разработен комплексен метод за двупрофилен контрол на еволвентни зъбни колела без използване на еталонно зъбно колело [1], [2], [3]. На базата на това изследване са взети инженерни решения за реализиране на уреда, върху който е приложен разработения метод, програмните продукти и метрологичното оборудване.

**FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)** [6], [4] представлява аналитичен инженерен метод, който се използва за изследване и отстраняване на потенциални несъответствия, проблеми, дефекти и грешки. По същество това е превантивен метод за осигуряване на качеството на изделия и процеси, при който чрез балови оценки поставени от екип от специалисти се определя степента на влияние на потенциалите причини върху някакво следствие – в случая грешка при измерване по метода на трите колела, описан подробно в [1], [2], [3].

Същността на FMEA в случая се състои в подробно изследване на процеса на измерване по метода на комплексна двупрофилна проверка (КДП), включващ по-голямата част от причините, разкрити при съставянето на причинно-следствените



**Маловажни фактори** - фактори с  $RPZ < 50$ . Повечето от тях не оказват съществено влияние върху грешката при измерване, някои заради малко влияние, други и заради лесна откриваемост, възможност за компенсиране или елиминиране на влиянието.

**Метод QFD** - В конкретния случай, използването на метода QFD, цели да се избере оптимален вариант за провеждане на експерименталната част. Решават се следните задачи:

1. **Определяне и ранжиране по важност на изискванията на потребителите, които използват контролно оборудване на зъбни колела** - информацията от този анализ, показва кои изискване са най-важни за потребителите, т.е. - защо потребителят предпочита един или друг метод за контрол.

2. **Определяне на комплексния индекс на качеството на предлаганите за анализ методи** - информацията от този анализ, показва с голяма обективност, какво е очакваното качество от потребителите за всеки от изследваните методи.

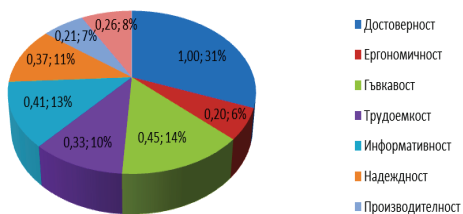
3. **Определяне на отношението „цена - комплексен индекс на качеството”** - информацията от този анализ, показва каква е готовността на потребителя да придобие конкретен метод и явява ли се съответния метод иновативен за пазара.

4. **Определяне на техническите показатели на оборудването (вкл. хардуер и софтуер), което реализира съответните методи** - информацията от този анализ, показва какви са метрологични и технико-икономически характеристики на технологичното оборудване, прилагано за съответните методи, които трябва да бъдат заложени в заданието за проектирането му.

5. **Определяне на коефициента на техническа важност** – информацията от този анализ, показва на кои технически показатели трябва да бъде обърнато по-голямо внимание в процеса на проектиране, за да се постигне удовлетворяване на потребителските изисквания. Това спомага да се оптимизират разходите за проектиране и да се поставят по-ясно и точно границите на техническите показатели при зададено за проектиране на конкретно технологично оборудване.

Както е известно [6], маркетинговите проучвания се осъществяват чрез анкети или преки допитвания. За целта на проучването е разработена комплексна анкетна карта включваща двете анкети – една за ранжиране на потребителските характеристики

(таблица 1) и втора, за диференциално оценяване на двата метода. Анкетите са разпратени на 30 специалисти в областта на метрологичното осигуряване на производството на зъбни колела. Върнати бяха 20 анкетни карти, които са обработени по класическите изисквания на метода QFD [6]. Всеки анкетирани е ранжирал потребителските изисквания с числа от 1 до 8 по низходящ ред на предпочитание.



Фиг.3. Разпределение на тегловните коефициенти на потребителските

Данните от анкетата са обработени на програма разработена на EXCEL и на фиг.2 са дадени тегловните коефициенти на съответните потребителски изисквания. Най-висока стойност на тегловния коефициент получава потребителското изискване, събрало най-малкия сумарен бал. Следващите тегловни коефициенти се получават като отношение между сумарния бал на най-предпочитаното потребителско изискване и този на всяко останало потребителско изискване. Довереността на полученото ранжиране на показателите по значимост се проверява с коефициента

на съгласуване (конкордация)  $W = \frac{12 \cdot \sum d^2}{N^2 \cdot (n^3 - n)}$ , където

$d^2 = [\sum r - 0,5 \cdot N(n+1)]^2$ . При пълна съгласуваност на мненията този коефициент е 1, а при пълно различие в мненията на анкетиранияте клони към 0.

Определена е и средно-квадратичната стойност  $\sigma$  на ранговете и интервалът  $\pm 2 \cdot \sigma$ , извън който мненията на потребителя се приема за нерепрезентативно.

Ранжиране на потребителските изисквания	Таблица 1	
Показател		Ранг
<b>Достоверност</b> – желанието на потребителите методът на измерване да възпроизвежда най-добре реалните стойности на показателите на качество на зъбните колела.		
<b>Ергономичност</b> - желанието на потребителите методът на измерване и технологичното оборудване, върху което той се прилага, да не изискват специални физически или интелектуални умения от операторите, които го прилагат		
<b>Гъвкавост (универсалност)</b> - под това название се разбира желанието на потребителите методът на измерване да бъде в голяма степен универсален, с минимални разходи на време и средства за пренастройване на технологичното оборудване.		
<b>Трудоемкост</b> - желанието на потребителите методът на измерване да не изисква много разходи не само на труд при прилагането му, но и при подръжката и пренастройването.		
<b>Информативност (комплексност)</b> - желанието на потребителите методът на измерване да дава на потребителя възможно най-много информация за реалните стойности на показателите на качество на зъбните колела при минимални разходи на време и средства.		
<b>Надеждност</b> - желанието на потребителите методът и метрологичното оборудване (уред, еталони и окомплектовка) да запазват заложените в спецификацията показатели на качество и функционални показатели в определените граници, достатъчно дълго време.		
<b>Производителност</b> - желанието на потребителите методът за осигурява удовлетворителен брой контролирани бройки продукти и показатели за единица време.		
<b>Метрологична готовност</b> - желанието на потребителите методът да осигурява за приемливо кратко време пренастройване на метрологичното оборудване за контрол на продукти с различна конфигурация и размери.		

Представяне на двата конкуриращи се метода		Таблица №2
Метод А – класически метод	Метод В – разработван метод	
измерване на колебанието на измервателното междуосово разстояние с помощта на класически уред за комплексна двупрофилна проверка (междуцентромер). Той се реализира с помощта на специално еталонно зъбно колело, което се колебае в радиално направление при плътно двупрофилно (безхлабинно) зацепване с измерваното зъбно колело. [1,2,3,5]	измерване на колебанието на измервателното междуосово разстояние на класически междуцентромер по метода на трите колела. Това е нов метод за комплексен контрол, който се изследва. Той се реализира без помощта на еталонно зъбно колело, чрез комбинация от три последователни измервания на контролирани зъбни колела при класическо двупрофилно зацепване. [1,2,3]	

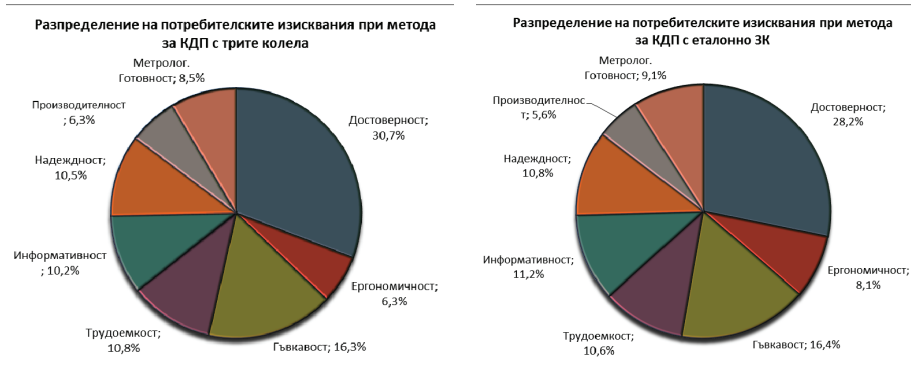
#### Определяне на комплексния индекс на качеството.

При анкета №2 всяко анкетирано лице дава своето предпочитание за съответните потребителски характеристики (табл.1) на сравняваните конкуриращите се метода (табл.2). Използват се пет възможни отговори, които в последствие се трансформират в балови оценки: 0,9 – “високо мнение”, 0,7 – “почти високо мнение”, 0,5 – “не мога да преценя”, 0,3 – “почти ниско мнение”, 0,1 – “ниско мнение”.

Резултатите от маркетинговото проучване на качеството на конкурентите, представени в таблица 2, са обработени по методиката дадена в [6]. Всеки анкетиран дава своята балова оценка за всяко потребителско изискване, конкретно за двата метода. Работи се с относителния брой на анкетиранияте дали съответната

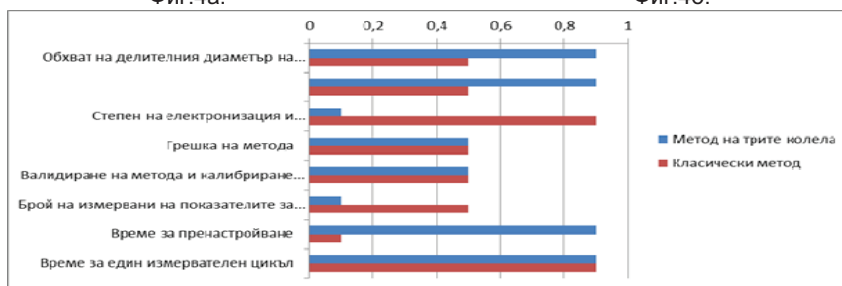
балова оценка  $P = \frac{v}{N}$ . Диференциалният индекс на качеството за всеки показател е

сума от произведенията на баловата оценка и относителният брой на поставилите я лица. Комплексният индекс на качеството  $Q$  се получава, като адитивна сума на претеглените, с тегловния коефициент от анализа на потребителските изисквания, диференциални индекси на качеството :  $Q_i = \sum K_{i,j} \cdot W_{j,i}$  , Където  $j = 1,2,3...$  са потребителските изисквания на продукта. (фиг.4.а,б) .



Фиг.4а.

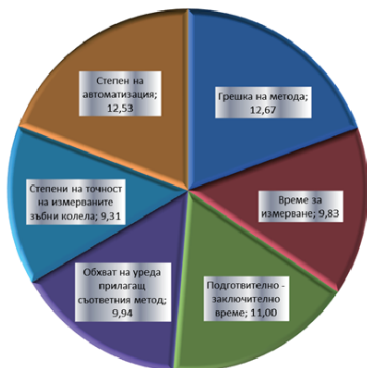
Фиг.4б.



фиг.5.

### Определяне и ранжиране на техническите показатели по важност.

Разпределение на коефициентите на техническата важност



Фиг.6.

Всеки продукт притежава характерни технически показатели, познати главно на експерти, които формират реалното качество на продукта. Достигането на определени нива на техническите показатели е гаранция за високо качество на проектирания продукт. При разработки с ограничени времеви и финансови ресурси, е необходимо да се ранжират, доколкото е възможно обективно, техническите показатели по важност, за да може с оптимален разход на ресурси и да се постигне качество, което е максимално близко до очакваното от потребителите. Техническите показатели (фиг.5) и техните оптимални стойности са определени на базата на анализирания опит на световни водещи фирми [1].

## ИЗВОДИ

1. Ранжирането по степен на важност, чрез FMEA на различните възможни причини, водещи до най-важното следствие, което би компрометирало всеки метод на измерване, а именно – грешката на метода, спомага за обективното оценяване на необходимия ресурс от средство и време, необходим за предприемане на коригиращи действия на етап изследване и проектиране. Видно от фиг.2а. и 2б. е, че критическите причини с голям рисково число, главно за сметка на непознаване на действието на съответната причина върху грешката при измерване, са същите фактори, които се изследват при планирания експеримент [3]. Предписаните коригиращи дейности са взети предвид при разработването на конкретното задание за проектиране на софтуера и стенда за изследване на метода на трите колела.

2. Видно от кръговата диаграма на фиг.3. е, че потребителските изисквания могат да се разделят в три групи, според стойността на тегловния им коефициент, показващ степента на влияние на всяко детерминирано потребителско изискване върху обобщената интегрална оценка. Естествено на първо място е изискването на потребителите да имат висока достоверност на резултатите от измерването с метода на трите колела. Затова и задачата за валидиране на метода се явява и основна. Във втората група влизат изисквания, касаещи гъвкавостта, надеждността и информативността на метода - това са потребителски изисквания, които приоритетно са удовлетворени със съответните технически решения при проектирането и разработването на метода и метрологичното му осигуряване.

3. Сравнителният анализ, чрез метода QFD на мнението и очакванията на потребителите към сравняваните методи за КДП – класическия и разработвания Метод на трите колела, показва, че потребителите биха приели този метод, който има по-голяма гъвкавост и респективно - по-ниска себестойност, независимо, че е по-трудоемък. Резултатът от анализа показва, че предлаганият метод има по-висока комплексна оценка на качеството, респективно – потребителските очаквания към него са по-големи.

4. Коефициентът на техническа важност показва оптимизирането на кои технически показатели с относително ниски разходи на време и средство, най-пълно биха удовлетворили потребителските изисквания. Видно от кръговата диаграма на фиг.6 е, че най-висока стойност имат коефициентите на техническа важност свързани с повишаване на „информативността“ на метода, неговата автоматизация и възможността за минимизиране на грешката на измерване и доказване на коректността на получените резултати.

## ЛИТЕРАТУРА

[1.] ПЕТРОВ Мл. , Бр. СОТИРОВ, Цв. КОРИЙКОВ, Методът за комплексно двупрофилна поверка – състояние и перспективи, International Conferencegeneral Machine Design, October 15-th – 16-th , 2009 , University of Ruse

[2]. ПЕТРОВ Мл. Т. Станчев , Грешка на оценката на амплитудата и фазовият ъгъл на хармониките при метод за комплексен двупрофилен контрол на зъбни колела без еталонно колело, Научни трудове на РУ - 2011, том50, серия2

[3]. ПЕТРОВ Мл., Изследване чрез симулационен експеримент на метод за комплексен двупрофилен контрол без еталонно зъбно колело, Научни трудове на РУ - 2011, том50, серия2

[4]. ИВАНОВ Ив., Ил. Железаров, Управление на качеството, част 1 и 2, Университетско из-во “В.Априлов”, Габрово,1999г.

[5]. МЕТРОЛОГИЯ И ИЗМЕРВАТЕЛНА ТЕХНИКА: книга-справочник в три тома. ,под общ. ред. на проф. д.т.н. Хр. Радев, София: Софтрейд, 2010. 987 с.,

[6]. КОРИЙКОВ Ц. С., Управление на качеството, Русе, 1998.7. СОТИРОВ, Б. Д. Възможности на комплексния двупрофилен контрол за управление на качеството

на цилиндрични зъбни колела.- Стандартизация, метрология, сертификация, 1996, N 2-3.

**За контакти:**

Младен Илиев Петров, катедра „ТММРМ“ при факултет „Машинотехнологичен“ на Русенски университет „Ангел Кънчев“. [www.uni.ruse.bg](http://www.uni.ruse.bg), [mpetrov@ru.acad.bg](mailto:mpetrov@ru.acad.bg)

**Докладът е рецензиран**