

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

инж. Димка Костадинова Василева

ПЛАНИРАНЕ КОНТРОЛА НА КАЧЕСТВОТО

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за получаване на образователна и научна степен
„ДОКТОР”

по докторска програма: Технология на машиностроенето, към
професионално направление: Машинно инженерство

Научен ръководител: доц. д-р инж. Павлина Тотева

Рецензенти:

1.

2.

ВАРНА

2018

Дисертационният труд е обсъден на 18.04.2018г. в катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини“ и насочен за защита.

Автор: Димка Костадинова Василева

Заглавие: Планиране контрола на качеството

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

инж. Димка Костадинова Василева

Заглавие:

ПЛАНИРАНЕ КОНТРОЛА НА КАЧЕСТВОТО

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за получаване на образователна и научна степен

„ДОКТОР”

ВАРНА

2018

Дисертационният труд съдържа 149 страници, 67 фигури, 26 таблици, оформени в 6 глави, общи изводи и списък на използваната литература от 82 заглавия, от които 18 на кирилица и 64 на латиница.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 05.10.2018 г. на открито заседание на жури сформирано със заповед на Ректора. Материалите по защитата (дисертацията, рецензиите и становищата) са на разположение на интересуващите се в Докторантския център, стая 318 НУК.

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Проблемът за осигуряване на надеждност и производителност на измерванията в машиностроенето при отчитане на непрекъснато нарастващи експлоатационни изисквания в условията на пазарната конкуренция става все по-актуален. Актуална задача е правилното планиране контрола на качеството и разработения алгоритъм за това, с цел осигуряване на необходимата достоверност на контрола. Решаването на разглежданите задачи ще доведе до повишаване ефективността на производството т.е. до повишаване качеството, конкурентоспособност на произвежданите изделия, повишаване на съгласуваността между производството и контролните операции по точност и степен на автоматизация и намаляването на загубите от брак и дефектна продукция, намаляване на разходите за сервизно обслужване.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Целта е **Разработване на комплексна методика за планиране контрола на качеството**. Поставената в дисертационната работа цел ще се постигне чрез решаването на следните основни задачи:

1. Анализ на показателите за оценка контролопригодността на изделията;
2. Разработване на алгоритъм, включващ задачите при планиране контрола на качеството;
3. Разработване на методика за избор на контролирани параметри;
4. Анализ на възможностите на програмните продукти за автоматизиран избор на контролирани параметри;
5. Уточняване на терминологията, свързана с оценка възможностите на измервателните средства;
6. Сравняване на методите за оценка възможностите на измервателните средства и изготвяне на препоръки за тяхното прилагане в различни отрасли на промишлеността;
7. Разработване на методика за избор на измервателни средства;
8. Изследване влиянието на неопределеността при измерване върху грешките от първи и втори род.

Научна новост

Разработена е комплексна методика за планиране контрола на качеството, включваща избор на контролирани параметри, избор на измервателни средства, оценка възможностите на измервателните средства, основана на определяне на разходите за контрол.

Практическа приложимост

Практическата стойност на работата се състои в разработването на апарат, необходим за рационалното и ефективно метрологично осигуряване на производството. Предложените алгоритми могат да намерят приложение в предприятия (фирми) и организации в различни сфери на дейност.

Апробация

Част от резултатите от дисертационния труд са докладвани и публикувани в:

1. Toteva P., D. Vasileva, Tasks in Planning of Quality Inspection, Proceedings in Manufacturing Systems, Volume 8, Issue 1, pp 183-188, 2013, ISSN 2067-9238, Bucarest, 2013.

2. Toteva P., D. Vasileva, N. Mihaylova, Selecting of Measuring Instruments, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol.7, Issue1, pp 6-11.

3. Тотева П., Д. Василева, Изследване влиянието на неопределеността при измерване върху сортирането на обработените детайли, Научни трудове на Русенския Университет - 2014, том 53, серия 2.

4. Toteva P., D. Vasileva, Study of the Influence of Measurement Uncertainty on the Sorting of Machined Parts, Applied Mechanics and Materials, ISSN: 1662-7482, Vols. 809-810, pp 1275-1280.

5. Д. Василева, Изследване влиянието на закона на разпределение на неопределеността при измерване върху грешките от първи и втори род, Годишник на Технически Университет - Варна, 2016, Том 1, стр.48-51.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационният труд са публикувани в 5 бр. научни статии, една от които самостоятелна.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от 149 страници, като включва увод, 6 глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо 82 литературни източници, като 64 са на латиница и 18 на кирилица. Работата включва общо 67 фигури и 26 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА И ФОРМУЛИРОВКА НА ЗАДАЧИТЕ

Контролът на качеството е процедура или набор от процедури, които трябва да гарантират, че даден продукт или услуга отговарят на определени изисквания за качеството. Благодарение на него може да бъде установено моментното състояние на качеството на продуктите и да се предприемат превантивни и коригиращи действия за неговото поддържане или подобряване.

От направеният анализ на съвременното състояние на проблема, са установени следните изводи:

1. Липсва обобщен подход за планиране на контрола на качествените показатели в производствения цикъл.
2. Не е разработена обобщена стратегия за оценка на контролопригодността на производствените детайли, възли и изделия.
3. Липсва единна методика за избор на измервателни средства и тяхното прилагане в различни производства.

4. Отсъства анализ на програмните продукти от гледна точка на приложението им за избор на контролируеми параметри.
5. Няма проведени изследвания за влиянието на неопределеността при измерване върху грешките от 1-ви и 2-ри род.

Целта е да се разработи методика за планиране контрола на качеството.

За постигнето на тази цел, са поставени следните основни задачи:

1. Анализ на показателите за оценка контролопригодността на изделията;
2. Разработване на алгоритъм, включващ задачите при планиране контрола на качеството;
3. Разработване на методика за избор на контролирани параметри;
4. Анализ на възможностите на програмните продукти за автоматизиран избор на контролирани параметри;
5. Уточняване на терминологията, свързана с оценка възможностите на измервателните средства;
6. Сравняване на методите за оценка възможностите на измервателните средства и изготвяне на препоръки за тяхното прилагане в различни отрасли на промишлеността;
7. Разработване на комплексна методика за избор на измервателни средства;
8. Изследване влиянието на неопределеността при измерване върху грешките от първи и втори род.

ГЛАВА 2. ПЛАНИРАНЕ КОНТРОЛА НА КАЧЕСТВОТО

2.1 Планиране на контрола като задача при подготовка на производството.

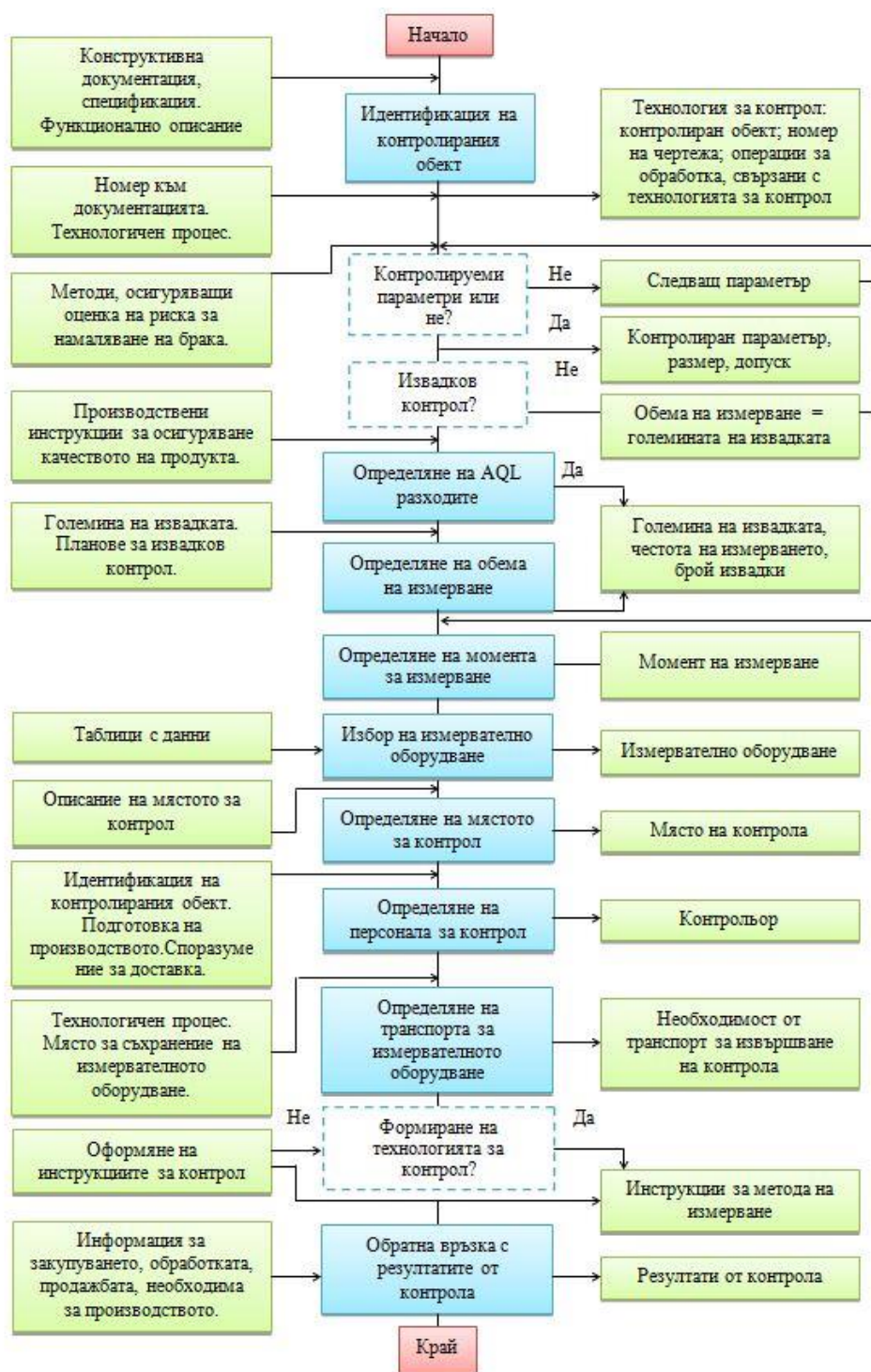
Тъй като контролът на качеството се извършва според контролираните параметри, планирането на контрола има за цел определяне на специфични изисквания за качеството в технологиите за контрол. На Фиг. 2.1 са представени паралелните задачи по планиране на производството и контрола.



Фиг. 2.1 Паралелно планиране на производството и контрола на качеството.

Технологията за контрол и технологията на производство са в тясна връзка, така че те могат да бъдат обединени в една обща технология, като производствените и контролните операции са последователни, а във входящия и в крайния контрол се използват чисти технологии за контрол. Във връзка с дейностите при планиране контрола на качеството, се определя и вида на контрола.

Последователността при планиране контрола на качеството е представена в алгоритъма на Фиг. 2.3. Алгоритъмът в ляво съдържа входните данни, в центъра са посочени данните за обработка, а в дясно – изходните данни или приетите решения.



Фиг.2.3 Алгоритъм за планиране контрола на качеството

2.2 Оценка на контролопригодността на изделията

В структурата на проектиране на процесите на техническия контрол на първия стадий е разгледан етапа на технологичен контрол на конструкторската документация на контролопригодност. Този етап се явява задължителен и характеризира входящия контрол на конструкторската документация.

2.1.1 Изисквания към контролопригодността.

Основна част по осигуряване на технологичност на конструкторската на обекта за контрол, насочена към достигане на зададеното ниво на технологичност и изпълняване на съответните стадии за разработка на изделието се нарича усъвършенстване конструкторската на обекта за контрол на технологичност или контролопригодност.

2.1.2 Методи за осигуряване на контролопригодност.

Методите за осигуряване на контролопригодност се подразделят на структурни и алгоритмични:

- структурен метод за осигуряване на контролопригодност се състои в осигуряване приспособеността на структурата на обекта към контрол и търсене на дефектите по пътя на въвеждане на минимално количество контролни точки;

- алгоритмичен метод - осигуряването на контролопригодност се състои в разработка на алгоритми, насочени към съкращаване на оперативната трудоемкост на контрола и търсене на дефекти.

Контролопригодността на изделията трябва да съдържа изисквания към конструктивното изпълнение на изделията, параметрите и методите за контрол (диагностика), показателите на контролопригодността на изделията. Различават се качествен и количествен подход на изискванията към състава на материала, конструктивното оформление и взаимното разположение на елементите, при спазване на които може да бъде осъществен контрол със съществуващите методи и средства в определените условия на изработка, експлоатация, техническо обслужване или ремонт. Количественият подход съдържа установяване и оценка на критериите и показателите на контролопригодността.

2.1.3 Методи за подобряване на контрола на качеството от гледна точка на контролопригодността.

Усъвършенстване на конструкторската на технологичност се извършва на всички етапи от разработването на изделието, при технологичното екипиране на производството и разработване на изделието и трябва да включва: осигуряване технологичност на конструкторската на изделието при неговото проектиране, метрологична експертиза, предложения за изменение в конструктивната документация, осигуряващи постигане на оптимални показатели на технологичност.

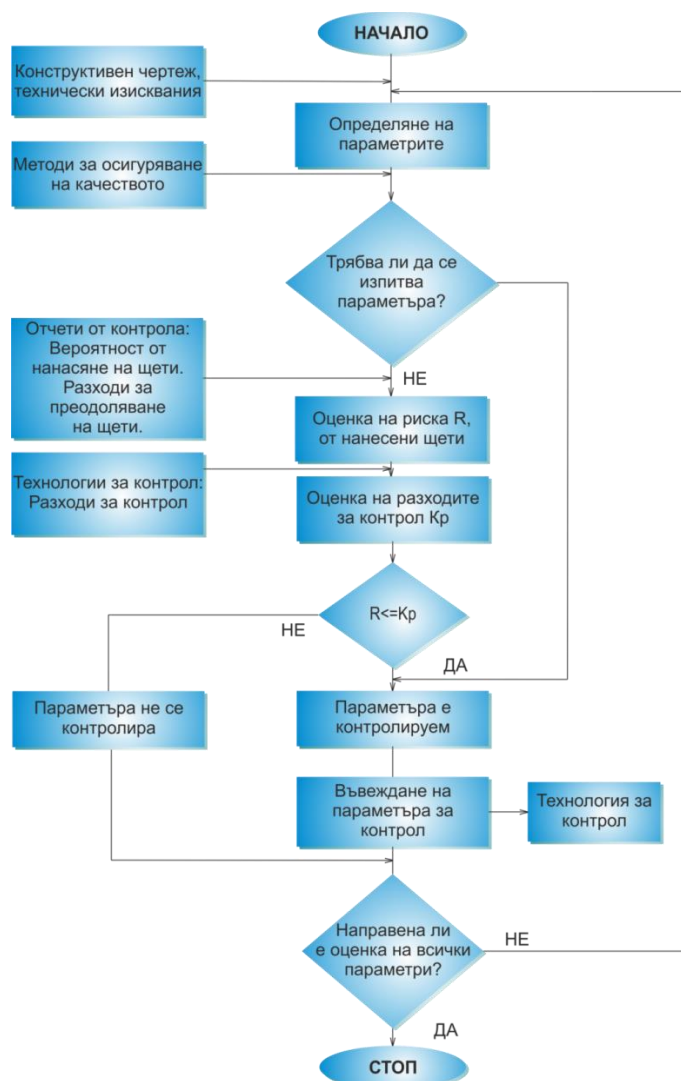
2.3 Разработване на алгоритъм за избор на контролирани параметри.

Изпълнението на поставеното към дадено изделие предназначение, не зависи обикновено от един, а от много параметри. Параметрите се оценяват в зависимост от особеностите си чрез измерване, броене или оценка. Геометричните параметри имат голямо значение за изделията от машиностроителните производства. На Фиг. 2.5 са представени в процентно съотношение контролираните параметри в машиностроенето.



Фиг. 2.5 Процентно разпределение на контролираните параметри в машиностроенето.

На Фиг. 2.7 е представен алгоритъм за определяне на параметрите, които следва да бъдат контролирани.



Фигура 2.7 Алгоритъм на определяне на параметрите за контрол

Когато един параметър се определи като контролиран въз основа на съществуващите документи или въз основа на сравнението между загубите от допуснат брак и разходите за контрол, той се включва в технологията за контрол и в схемите за контрол. Ако са дадени описанията на функционалното предназначение и техническите изисквания, те също трябва да се вземат под внимание.

2.4 Възможности на софтуерният продукт SolidWorks за автоматизиран избор на контролирани параметри.

Софтуерният продукт SOLIDWORKS Inspection помага на дизайнерите и отговорниците по качество да елиминират грешките, да редуцират времето за достигане на изделията до пазара и да гарантират, че детайлите отговарят на спецификациите за добро качество и оптимизирана функционалност. На Фиг. 2.8 са дадени предимствата на автоматизирания избор на контролирани параметри.



Фигура 2.8 Избор на контролирани параметри – ръчно и автоматизирано

2.5 Изводи от Глава 2

1. Разработена е паралелна структура, обединяваща технологиите за производствен контрол и технологиите за производство, с цел да се представят като една обща технология.
2. Разработен е обобщен алгоритъм за планиране контрола на качеството, на базата на представените паралелни задачи, засягащи технологичната и конструктивна документация, инструкциите за провеждане на контрол, средствата за измерване и мястото за провеждане на контрола в производствения процес.
3. В работата са представени показателите за оценка на контролопригодността и са направени препоръки за тяхното приложение. Отчитането на контролопригодността води до повишаване ефективността на производството т.е. до повишаване качеството, конкурентоспособност на произвежданите изделия, повишаване на съгласуваността между производството и контролните операции по точност и степен на автоматизация, намаляването на загубите от брак и дефектна продукция, намаляване на разходите за сервизно обслужване.

ГЛАВА 3 ИЗБОР НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ СРЕДСТВА

3.1 Избор на измервателни средства и методи за измерване

При избора на измервателни средства се разглежда съвкупността от метрологични, експлоатационни и икономически показатели. Към метрологичните се отнасят: измервана величина, метод на измерване, точност, обхват на измерване. Експлоатационните и икономическите са: стойност и надеждност на ИС, продължителност на работа преди ремонта, междупроверочни интервали, лесна

употреба, разходите за проверка и ремонт, включително разходите за доставка на ИС до мястото за проверка и обратно [10].

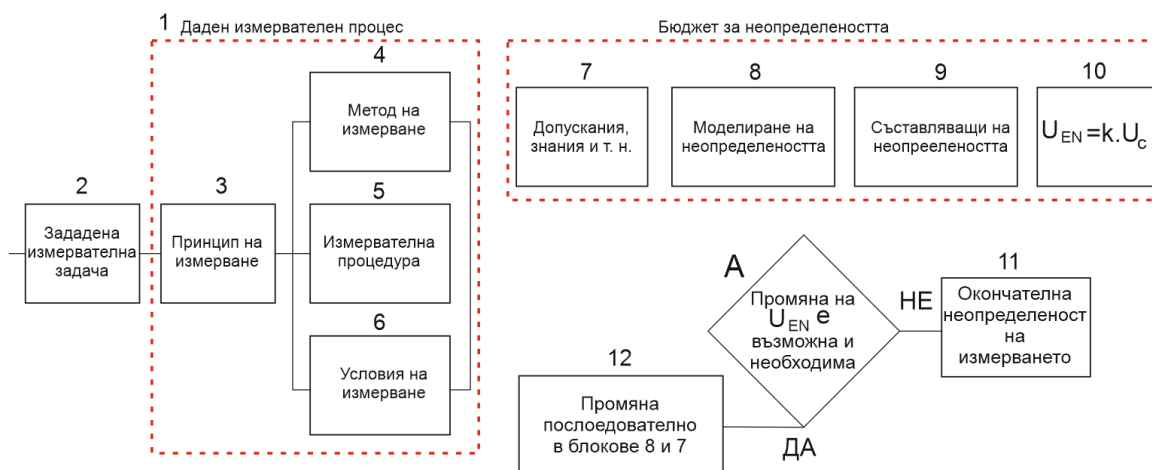
3.2 Методи за избор на измервателни средства.

- *Избор на измервателни средства в зависимост от точността на изработване на детайлите.* При този метод за избор на ИС в зависимост от зададения допуск за изработване се определя допустимата грешка на измерване Δ_d по специално разработени за целта таблици и сумарната грешка на метода за измерване за конкретни измервателни средства Δ_Σ [16].

Условието за избор на дадено ИС е:

$$\Delta_\Sigma \leq \Delta_d. \quad (3.1)$$

- *Анализ на неопределеността при измерване.* Определянето на неопределеността според GUM [32] е теоретично и практически не приложимо в производствени условия. На практика по-голямо приложение намира процедурата за управление на неопределеността (Procedure for Uncertainty Management - PUMA), отразена в ISO/TS 14253-2:2013 [65], който е един практичен, итеративен метод за оценяване и представяне на неопределеността на измерването, в съответствие с концепцията и начините, отразени в GUM.



Фиг. 3.4. Управление на неопределеността на измерване за даден измервателен процес [8].

На Фиг. 3.4 е дадена последователността на определяне на неопределеността и условието за приемане на даденото измервателно средство при решаване на конкретната метрологична задача.

Условието за избор на дадено ИС е $U_{EN} < U_T$, където:

U_{EN} - общата (approximated) неопределеност на измерване;

U_T – целевата (оптималната) неопределеност.

Целевата неопределеност се определя по зависимостта:

$$U_T = T/C_m. \quad (3.2)$$

- *Анализ на възможностите на измервателните средства.* Анализът на възможностите на процесите на измерване включва специални изпитвания в реални производствени условия. По този начин при анализа се включват голяма част от реално променящите се условия. При този метод се установяват основните принципи и методи

за оценка на възможностите на измервателните средства при зададения допуск за изработване.

За изследване възможностите на измервателните средства се прилагат основно три метода за оценка [25, 29, 30]:

- оценка индексите на възможностите на измервателните средства C_g и C_{gk} ;
- определяне на общата прецизност R&R, която включва повторяемост (Repeatability / Reliability / Equipment Variation - EV) и възпроизводимост/сравнителна прецизност (Reproducibility / Appraiser Variation - AV) на измервателните средства;
- определяне на общата прецизност R&R чрез дисперсионен анализ (метод ANOVA).

- *Метод на икономическата ефективност.* При избора на ИС трябва да се отчитат и технико-икономическите показатели на процесите на измерване. Това изисква установяване на зависимости между точността на измерване и точността на изработване на изделията с цел да се получат минимални разходи за труд и за измервателни средства. За целта е необходимо да се оцени влиянието на неопределеността на измерване върху грешките от оценка годността на изделията. В Таблица 3.1 са дадени предимствата и недостатъците на методите за избор на измервателни средства.

Таблица 3.1 Предимства и недостатъци на методите за избор на ИС

Метод	Предимства	Недостатъци
Избор на измервателни средства в зависимост от точността на изработване на детайлите	• лесен за използване; • бърз и удобен за приложение; • не изисква висока квалификация на операторите (не е необходимо да се правят пресмятания).	• ръководствата и стандартите, които помагат за прилагането на метода, не са обновявани и преработвани от много години; • този метод може да се използва само за измерване на линейни размери.
Анализ на неопределеността при измерване	• може да се прилага за измерване на всички физични величини; • може да се включат всички известни компоненти на неопределеността.	• трудоемкост; • необходимост от висококвалифицирани оператори; • липса на конкретни указания за определяне на целевата неопределеност.
Анализ на възможностите на измервателните средства	• може да се прилага за универсални измервателни средства и за сложни измервателни системи - за измерване на различни физични величини.	• трудоемкост; • необходимост от висококвалифицирани оператори и софтуер за оценка възможностите на ИС.
Метод на икономическата ефективност	• дава информация за ефикасността и ефективността на процеса на измерване.	• необходима е информация относно законите на разпределение на контролираните параметри, грешките на измерване и вероятността от грешки от 1-ви и 2-ри род.

3.2 Автоматизиран избор на ИС при планиране на контрола

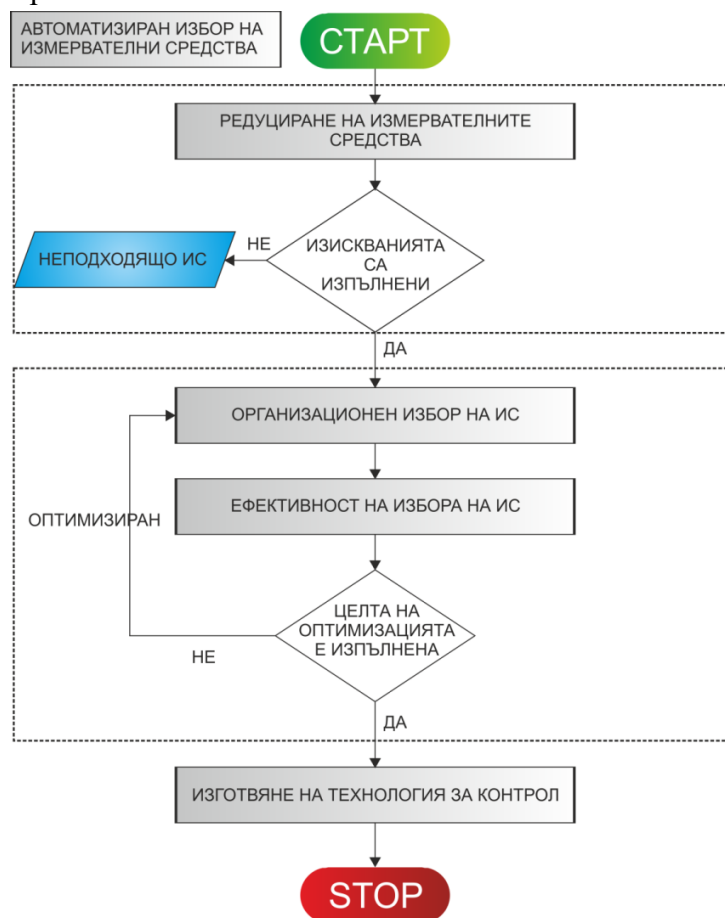
При планиране на контрола, на базата на входни данни, от етапа на проектиране и производствения процес, изборът на измервателни средства (ИС) се осъществява посредством тристепенна процедура Фиг.3.7. Тази процедура е в съответствие с изискванията на VDI/VDE/DGQ 2619 [80] с описаните в тях основни въпроси, свързани с планирането на контрола.



Фиг. 3.7 Концепции за автоматизиран избор на измервателни средства в три стъпки

Автоматизираният избор на измервателни средства започва с техническа редукция на средствата за измерване, базираща се на зададените рамкови условия на входните данни. Ако дадено средство за измерване не изпълнява техническите условия, то същото не се взема по-нататък под внимание при следващ икономически-организационен избор.

На Фиг. 3.9 е представена последователността за автоматизирано разработване на технологии за контрол.



Фиг. 3.9 Последователност на автоматизирано разработване на технологии за контрол.

Таблица 3.3. Измервателни средства за валидиране на методиката

Шублер		
	Описание	Числена стойност
	Обхват на измерването	
	Max X, Y, Z [mm]	150, 0, 0
	Min X, Y, Z [mm]	0, 0, 0
	Неопределеност	0,02mm
	Приложение	Линейни размери
	Достъпност	1, 2
	Място на контрола Max X, Y, Z [mm]	Неограничено
	Min X, Y, Z [mm]	0, 0, 0
КИМ	Тегло на детайла Max /Max [kg]	0, неограничено
	Вид на преобразувателя	механичен
	Описание	Числена стойност
	Обхват на измерването	
	Max X, Y, Z [mm]	900, 1200, 700
	Min X, Y, Z [mm]	0, 0, 0
	Неопределеност	1,6 μ m + L/300
	Измерване на линейни размери	1,7 μ m
	Измерване на формата	
	Приложение	Линейни размери Ъгли Откл. на формата и разположението
	Достъпност	1, 2
	Място на контрола Max X, Y, Z [mm]	1100, 1200, 700
	Min X, Y, Z [mm]	0, 0, 0
	Тегло на детайла Max /Max [kg]	0, 900kg
	Вид на преобразувателя	механичен

На Таблица 3.3 са дадени използваните измервателни средства за валидиране на методиката.

3.3 Методика за избор на ИС за измерване на линейни размери

3.4.1 Теоретични основи на оптимизиране на грешката при измерване.

Грешката при измерване е обективна реалност. Тя е неизбежна поради факта, че измерването е познавателен процес, в резултат от който се получава относителна истина, отличаваща се от абсолютната. Резултатите от измерванията, както и да са получени, са съпроводени от грешка.

3.4.2 Основни елементи при избора на измервателни средства по метода за технико-икономическа оптимизация.

На Таблица 3.7 е представен алгоритъмът за избор на измервателни средства.

Таблица 3.7 Алгоритъм за избор на средства за измерване на линейни размери.

Технико-икономическа оптимизация на избора на измервателни средства
Избор на средствата за измерване, с отчитане на метрологичните характеристики при условието $\Delta_{lim} \leq \delta$
Определяне на годишните разходи, за провеждане на измервания, за всяко от избраните средства за измерване $P_{ин}^Г = P_{ин} + E_{н} \cdot K$
Определяне на годишните загуби от използването на всяко от избраните средства за измерване $З_{ин}^Г = З_{из} + З_{ЕК}$

Определяне на средствата за измерване, имащи оптимална точност на измерване $I_{\Sigma}^{\Gamma} = (P_{\text{ип}}^{\Gamma} + Z_{\text{и}}^{\Gamma}) \rightarrow \min$
Определяне на икономическия ефект от използването на по-точни средства за измерване $E^{\Gamma} = I_{\Sigma_1}^{\Gamma} \frac{B_{\text{и1}}}{B_{\text{и2}}} - I_{\Sigma_2}^{\Gamma}$

Алгоритъмът за избор на СИ се заключава в следното:

- Избиране на средства за измерване, като се вземат предвид метрологичните характеристики (стойност на делението, обхват на измерване);
- Определяне на годишните разходи за измерване за всяко от избраните средства за измерване;
- Определяне на годишните загуби $Z_{\text{и}}^{\Gamma}$ от използването на всяко едно от избраните средства за измерване;
- Определяне на ИС, имащо оптимална точност, при условия на намаляване на разходите за измерване $P_{\text{ип}}^{\Gamma}$ и загубите от грешка при измерване $Z_{\text{и}}^{\Gamma}$;
- Определяне на годишния икономически ефект от използването на по-точно средство за измерване;

Както се вижда от представения алгоритъм, тук влизат множество елементи, чиито величини се определят на базата на конкретни условия – вида на средствата и методите за измерване, характеристиките на обекта за измерване, производствената програма (контрола), производителността на средствата за измерване и ред други параметри.

3.3 Изводи

1. Разгледани са съществуващите методи за избор на ИС и са посочени предимствата и недостатъците им.
2. Сравняването на методите за избор на ИС показва, че най-големи изисквания, свързани с точността на ИС се наблюдават при прилагане на методите за анализ на възможностите на измервателните процеси и най-ниски – при прилагане на метода за избор на измервателни средства в зависимост от точността на изработване на детайлите.
3. Разработена е методика за избор на ИС, при която се взема предвид вида на контрола, изискванията за точност и ефективността на измервателния процес.

ГЛАВА 4. ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИТЕ СРЕДСТВА

4.1 Изисквания за точност и достоверност на измерванията

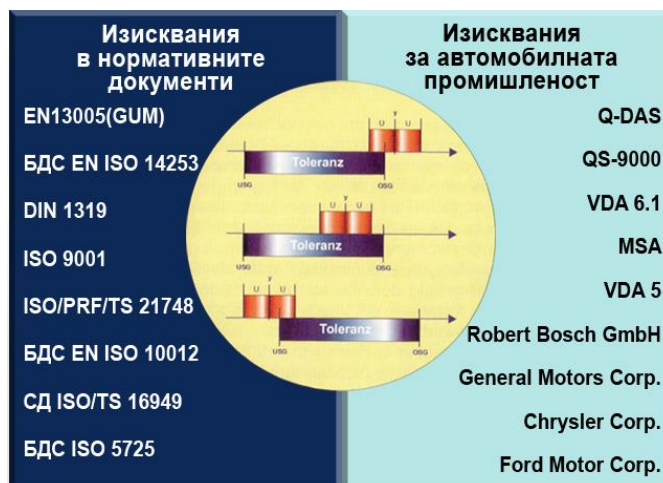
Във връзка с оценката на възможностите на процесите на измерване и измервателните средства са разработени нормативни документи и ръководства, в които се дават не само изискванията, но и процесът на оценяване годността на процесите на измерване (Фиг.4.1).

-Изисквания в нормативните документи за възможностите на измервателните средства (стандарти);

-Документи, свързани с изискванията за измерванията в автомобилната промишленост (ръководства)

4.2 Разработване на методика за изследване възможностите на измервателните средства

- Метод 1 - C_g / C_{gk} . Този метод се използва за да се реши дали измервателното средство е подходящо за употреба в реални условия на експлоатация. Оценяват се възможностите на измервателните средства, респективно на измервателните средства при приемателния контрол при клиента.



Фиг.4.1 Нормативни документи и ръководства в автомобилната промишленост, свързани с изискванията към измерванията.

Тези документи се разделят на две групи: стандарти и ръководства.

4.3 Методика за изследване възможностите на измервателните средства.

Методиката за изследване възможностите на ИС включва три метода:

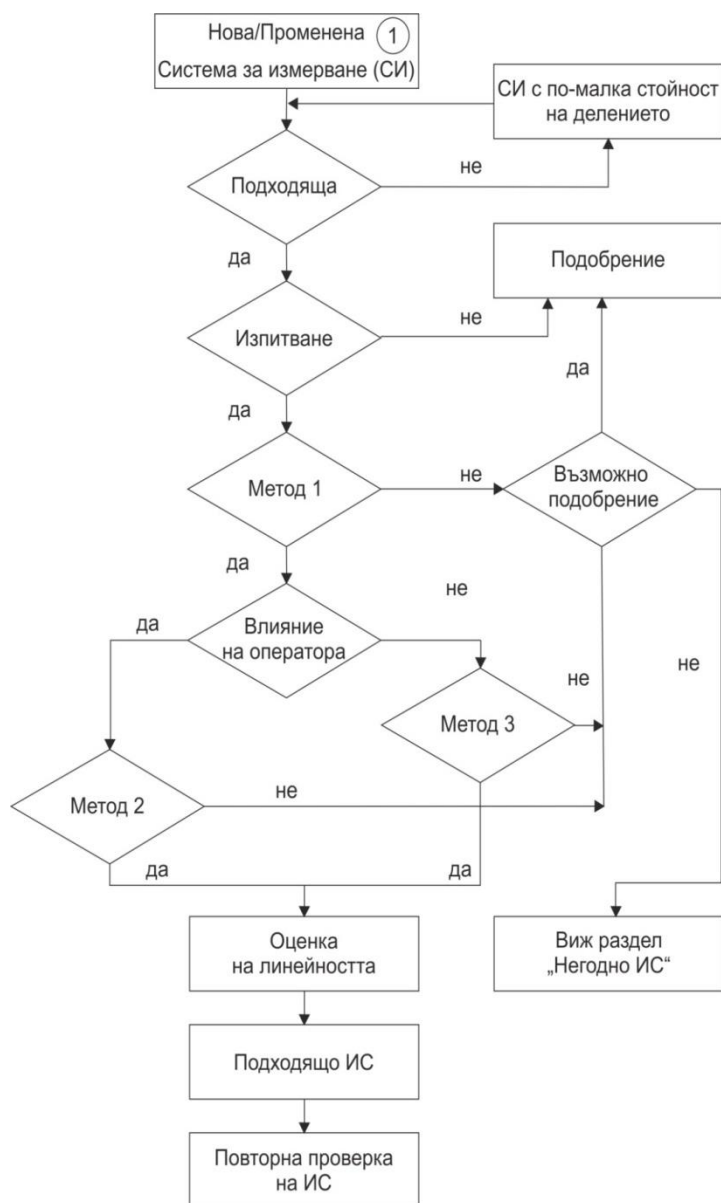
- Метод 1 - C_g / C_{gk}

Този метод се използва за да се реши дали измервателното средство е подходящо за употреба в реални условия на експлоатация. Оценяват се възможностите на измервателните средства, респективно на измервателните средства при приемателния контрол при клиента.

Табл.4.2. Оценка възможностите на измервателните средства по метода C_g и C_g

	C_g	C_{gk}	Условия за годност на ИС
Bosch, Opel	$\frac{0,2.T}{6.S}$	$\frac{0,1.T - B_i}{3.S}$	$C_g, C_{gk} \geq 1,33$ $B_i = X_m - \bar{X}_g $
Ford	$\frac{0,15.T}{6.S}$	$\frac{0,075.T - B_i}{3.S}$	$C_g, C_{gk} \geq 1,00$ $B_i = X_m - \bar{X}_g $
Daimler – Benz	$\frac{0,133.T}{2.S}$	$\frac{0,133.T}{B_i + 2.S}$	$C_g, C_{gk} \geq 1,33$ $B_i = X_m - \bar{X}_g $
Q – DAS GmbH, Audi	$\frac{0,2.T}{4.S}$	$\frac{0,1.T - B_i}{2.S}$	$C_g, C_{gk} \geq 1,33$ $B_i = X_m - \bar{X}_g $
Q – DAS GmbH [2]	$\frac{0,2.T}{4.S}$	$\frac{0,2.T - 2.B_i}{2.S}$	$C_g, C_{gk} \geq 1,33$ $B_i = X_m - \bar{X}_g $

Т е допускът на детайла;
S - средно квадратичното отклонение на измерените стойности;
 B_i - систематичната грешка;
 $\bar{X}_g$ - средно аритметичното отклонение;
 x_m - истинската стойност на образца.



Фиг. 4.12 Блок схема за изследване възможностите на измервателните средства

Оценката се извършва по формулите:

$$EV = K_1 \cdot \bar{R}, [\text{mm}] \quad (4.1)$$

$$\%EV = \frac{EV}{T} \cdot 100, [\%] \quad (4.2)$$

$$AV = (K_2 \cdot \bar{X}_{DIFF})^2 - (EV^2 / nr), [\text{mm}] \quad (4.3)$$

$$\%AV = \frac{AV}{T} \cdot 100, [\%] \quad (4.4)$$

$$\bar{R} = \sum \frac{\bar{R}_i}{n}, \quad (4.5)$$

$$R \& R = \sqrt{EV^2 + AV^2}, [\text{mm}] \quad (4.6)$$

Ако неравенствата, посочени в колона „Условия за годност на ИС“ в Табл. 5.2 са изпълнени, измервателното средство е годно за употреба, а ако не са – измервателното средство е неподходящо за използване за конкретната метрологична задача. При всичките варианти, за това изследване се правят 50 измервания, които се извършват от един оператор на едно и също място, последователно без прекъсване. Резултатите от измерванията се обработват чрез пресмятане по формулите, дадени в Табл.4.2.

Метод 2 - Метод на средните стойности и размаха (Average and Range Method). При този метод се определят повторемостта и възпроизводимостта на измервателното средство. В сравнение с Метода на размаха, този метод разделя вариацията на измервателното средство на повторемост и възпроизводимост.

$$\%R \& R = \frac{R \& R}{T} \cdot 100, [\%] \quad (4.7)$$

където:

$K_1=4,57$ - при двукратно измерване на всеки един от детайлите, от всички оператори;

$K_2=2,70$ – при осъществяване на измерванията от трима оператори;

$\bar{R}$ - средноаритметичното отклонение на размаха, получен при операторите;

T - допускът на детайла;

$\bar{X}_{DIFF}$ - максималната разлика между средноаритметичните стойности;

n – брой детайли;

r – брой повторения.

- Метод 3 - Метод на размаха (Range Method). Използва се за бърза оценка на вариацията на измервателното средство, но този метод не може да раздели вариацията на нейните компоненти - повторяемост и възпроизводимост.

Обработката на резултатите се извършва по следните формули:

$$R \& R = 5,15(\bar{R})/d_2, \quad (4.8)$$

$$\%R \& R = \frac{R \& R}{T} \cdot 100, [\%] \quad (4.9)$$

$$\bar{R} = \sum R_i/n, \quad (4.10)$$

където:

$d_2 = 1,128$, при двукратно измерване на 25 детайла от един оператор;

n – брой детайли.

- Метод на средните стойности и средното квадратично отклонение (Average and Standard Deviation): Този метод има същите характеристики като предходния.

- Дисперсионен анализ – Метод ANOVA (Analysis of Variance - ANOVA Method): Този метод също включва повторяемостта и възпроизводимостта. Тези разделяния са между вариации, свързани с операторите и измервателните средства.

Целта на изследването чрез прилагане на метод ANOVA е да се установи степента на влияние на отделните фактори върху резултата получен при измерване. Изхожда се от това, че върху измерената стойност оказва влияние операторът, обектът на измерване, измервателното средство и др.

5.3 Експериментални изследвания

За оценка индексите на възможностите на измервателните средства C_g и C_{gk} са измерени 50 детайла, получени при даден технологичен процес. При избор на детайлите, е необходимо те да бъдат в допустимото разсейване на процеса. Детайлите се номерират и последователно се измерват от един оператор, който извършва измерване на 50 – те детайла, като по време на измерването детайлите трябва да се ориентират по един и същи начин върху измервателното средство. Информацията от измерванията е обработена по зависимостите, дадени в Табл. 4.2. Получените резултати са представени в Табл. 4.5.

Табл. 4.5 Резултати, получени след обработка на данните от измерването.

	C_g	C_{gk}	Оценка
Bosch, Opel	4.40	4.22	годен
Ford	3.30	3.12	годен

Daimler – Benz	8.79	6.89	годен
Q – DAS GmbH, Audi	6.61	6.33	годен
Q – DAS GmbH [2]	6.61	6.06	годен

За определяне на показателя R&R са избрани 25 детайла от производствен процес, маркирани с цифри 1- 25,

маркирани по реда на обработване. Всеки един от детайлите е измерен двукратно от трима оператори - за Метод 2, а за Метод 3 – двукратно от един оператор. Направена е оценка на параметъра R&R за Методи 2 и 3 и резултатите са дадени в таблица 4.6.

Табл. 4.6 Оценка на резултатите, получени по Метод 2 и Метод 3

Метод	% R&R	Условие за годност	Оценка
Метод 2 R&R	24,30 %	$\%R\&R \leq 30\%$	годен
Метод 3 R&R	9,14 %		годен

При оценка възможностите на измервателните средства по Метода на размаха и по Метода на средните стойности и размаха, са установени следните условия за допускане в експлоатация на измервателното средство:

Случай 1: $\%R\&R \leq 20\%$ за нови измервателни средства;

Случай 2: $\%R\&R \leq 30\%$ за измервателни средства, в употреба.

Измервателното средство е годно за употреба.

Случай 3: $\%R\&R > 20\%$ или респективно 30%.

Измервателното средство е негодно за употреба.

4.3 Изводи

1. От разгледаните литературни източници със съответните термини и определения се вижда, че единствено терминът „Стабилност“ е разгледан в четирите източника и е с едно и също наименование. При всички останали липсват определения и/или съществува разлика в наименованието. Прегледът на термините и определенията свързани със възможностите на ИС показва, че няма единна терминология в различните източници.

2. Направен е преглед на нормативните документи, свързани с метрологичното осигуряване на производството, който показва, че в една част от тях са дадени общи изисквания за управлението на средствата за измерване и за тяхната проверка и калибриране, а конкретни изискванията за възможностите на ИС за решаване на конкретни метрологични задачи са дадени само в нормативните документи, разработени и прилагани в автомобилната промишленост.

3. Анализирани са три метода за оценка възможностите на измервателните средства и са установени граничните условия за допускане или недопускане в експлоатация на определено измервателно средство.

4. Направен е сравнителен анализ на методите за оценка възможностите на ИС.

5. Разработеният алгоритъм позволява да се определи на влиянието на отделните фактори и взаимното влияние върху възможностите на ИС - влиянието на оператора, условията на околната среда, вариацията на измервателното средство и измерваните обекти.

6. Проведени са реални измервания, като след обработката на получените резултати са оценени възможностите на съответните измервателни средства (Табл.4.5 и Табл. 4.6).

7. Получените резултати показват, че се наблюдава съществена разлика при използване на зависимостите за оценка на възможностите на измервателните средства.

21

Фиг. 5.3 (а, б, с) Графико-аналитичен метод за пресмятане вероятностните характеристики **m**, **n** и **c**

В зависимост от точността на производствения процес и на измервателното средство и на законите на разпределение може да се определят стойностите на **m**, **n** и **c** (Фиг. 6.3 а, б, с). При взаимодействието на неопределеността при измерването с функция на разпределение $\varphi(y)$ и технологичното разсейване на контролираните размери $f(x)$, се получава сумарно разпределение. При анализ на кривата на разпределение на измерените стойности, могат да се разграничат следните групи изделия, определящи се по зависимостите:

$$P_{\text{ПП}} = \int_{X_{\text{Д}}}^{X_{\text{Г}}} f(x) \int_{X_{\text{Д}}-X}^{X_{\text{Г}}-X} \varphi(y) dy dx, \quad (1)$$

$$P_{\text{НП}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{Г}}} f(x) \int_{X_{\text{Д}}-X}^{X_{\text{Г}}-X} \varphi(y) dy dx + \int_{X_{\text{Г}}}^{\infty} f(x) \int_{X_{\text{Д}}-X}^{X_{\text{Г}}-X} \varphi(y) dy dx, \quad (2)$$

$$P_{\text{НБ}} = \int_{X_{\text{Д}}}^{X_{\text{Г}}} f(x) \left(\int_{\infty}^{X_{\text{Д}}-X} \varphi(y) dy + \int_{X_{\text{Г}}-X}^{\infty} \varphi(y) dy \right) dx, \quad (3)$$

$$P_{\text{ПБ}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{Д}}} f(x) \left(\int_{-\infty}^{X_{\text{Д}}-X} \varphi(y) dy + \int_{X_{\text{Г}}-X}^{\infty} \varphi(y) dy \right) dx + \int_{X_{\text{Г}}}^{\infty} f(x) \left(\int_{-\infty}^{X_{\text{Д}}-X} \varphi(y) dy + \int_{X_{\text{Г}}-X}^{\infty} \varphi(y) dy \right) dx \quad (4)$$

Където $P_{\text{ПП}}$ е вероятността, годно изделие да бъде прието за годно;

$P_{\text{НП}}$ (**m**) – вероятността, негодно изделие да бъде прието за годно - грешка от 2-ри род;

$P_{\text{НБ}}$ (**n**) – вероятността, годно изделие да попадне при негодните - грешка от 1-ви род;

$P_{\text{ПБ}}$ – вероятността, негодно изделие да попадне при бракуваните.

$f(x)$, $f(y)$ - съответно плътността на разпределение на размерите на детайлите и на неопределеността при измерване;

$X_{\text{Г}}$, $X_{\text{Д}}$ – съответно горното и долното гранично отклонение на контролирания параметър.

$$Y = X + U, \quad (5.5)$$

X е действителната стойност на контролирания параметър;

Y – измерената стойност на контролирания параметър;

U – неопределеността при измерване (контрол).

5.4.1 Изследване влиянието на закона на разпределение на неопределеността върху окачествяване на изработените детайли.

Целта на изследването е да се оценят стойностите на параметрите при окачествяване на обработените детайли, при различни закони на разпределение на неопределеността. По метода на симулационното моделиране се изследва влиянието на закона на разпределение на неопределеността при измерване върху грешките от 1-ви и от 2-ри Изследването е проведено за интервал номинални размери 50-80mm и степен на точност 8, с големина на допуса $T=46\mu\text{m}$. При направените изследвания неопределеността е зададена в интервал $\pm 2 \mu\text{m}$ до $\pm 40 \mu\text{m}$. За симулиране на

случайните компоненти на неопределеността на измерване като случайни числа, се ограничаваме до използването на три закона за разпределение [55].

В процеса на моделиране, заложеното количество детайли в партидата, подлежащи на приемателен контрол е 100 бр.

Табл. 5.2. Симулационна таблица

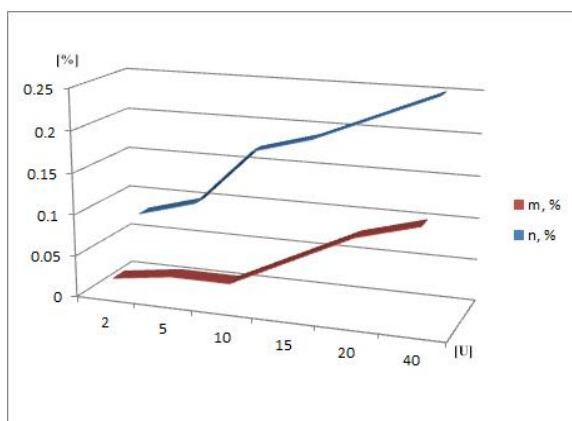
№ на измерването	Симулирано (истинско) отклонение, E_c [μm]	Ниво на годност, β_c	Симулирана неопределеност, [μm]	Действително отклонение, E_d [μm]	Ниво на годност след измерването, β_d	НБ	НП
1	2	3	4	5	6	7	8
1	21	1	2	24	0	1	0
2	-22	0	1	-21	1	0	1
3	15	1	7	22	0	1	0
4	19	1	1	20	0	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...
						$\Sigma=..., \%$	$\Sigma=..., \%$

Табл. 5.3 Резултати от симулационното моделиране

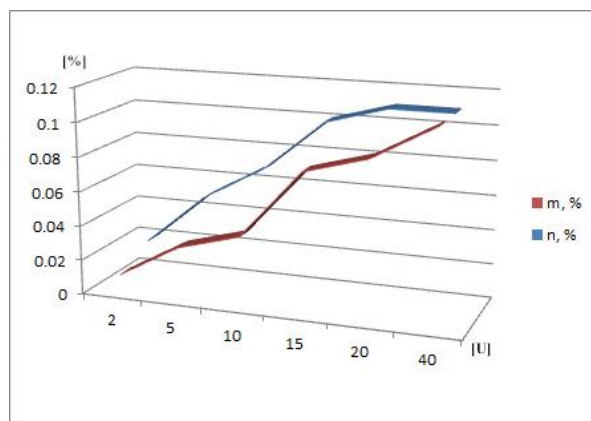
U	ЗАКОН НА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ					
	Равномерно		Триъгълно		Нормално	
	n, %	m, %	n, %	m, %	n, %	m, %
2	0.08	0.02	0.02	0.01	0.01	0
5	0.1	0.03	0.05	0.03	0.04	0.01
10	0.17	0.03	0.07	0.04	0.05	0.02
15	0.19	0.065	0.1	0.08	0.07	0.03
20	0.22	0.1	0.11	0.09	0.09	0.05
40	0.25	0.12	0.11	0.11	0.11	0.055

Получените резултати за НП (n) и НБ (m) от симулацията, при задаване на неопределеност в широк диапазон (U) от 2 до 40 μm , по трите закона на разпределение на неопределеността са дадени в Таблица 5.3, представени в проценти. На Фиг. 5.10, Фиг. 5.11 и Фиг. 5.12 са представени резултатите от проведените изследвания в графичен вид. В резултат от това може да се направи извода, че отношението на неопределеността при измерване към големината на допусък U/T не определя точността на сортиране на детайлите, характеризираща се с попадане на „годни детайли при негодните“ и „негодни в годните“. Точността на окачествяването на произведените

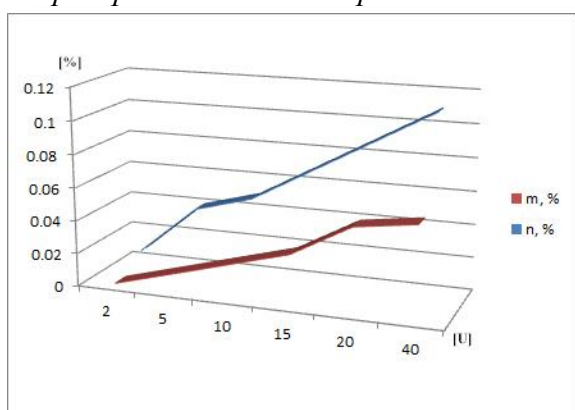
детайли зависи от законите на разпределение на неопределеността и на контролираните параметри.



Фиг. 5.10. Графично представяне на резултата от симулацията за стойностите m и n , при равномерно разпределение на неопределеността

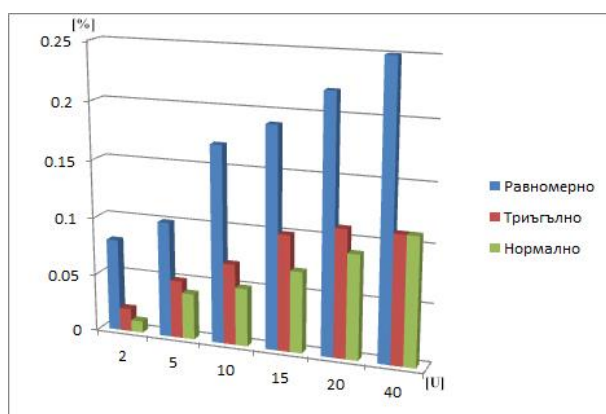


Фиг. 5.11. Графично представяне на резултата от симулацията за стойностите m и n , при триъгълно разпределение на неопределеността

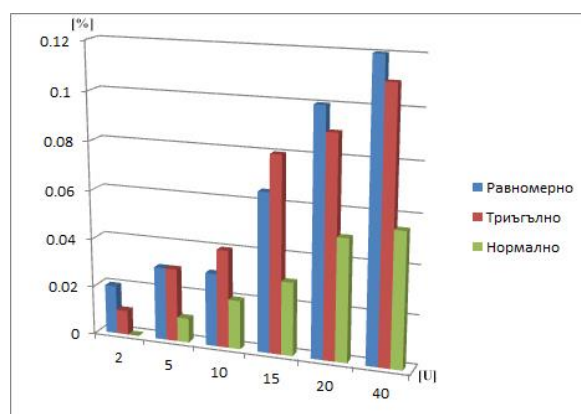


Фиг. 5.12. Графично представяне на резултата от симулацията за стойностите m и n , при нормално

При сравняване на получените резултати от компютърния експеримент при трите закона на разпределение, от представените графики (Фиг. 5.13 и Фиг.5.14) става ясно, че при закона за равномерно разпределение на неопределеността се наблюдават най-високи стойности на m и n , т.е. вероятността от неправилно бракуване на годни изделия и вероятността от неправилно приемане на негодни изделия за годни, е най-голяма.



Фиг. 5.13. Сравнителна графика на резултатите от симулацията за стойностите n [%], при трите закона на разпределение на неопределеността



Фиг. 5.14. Сравнителна графика на резултатите от симулацията за стойностите m [%], при трите закона на разпределение на неопределеността

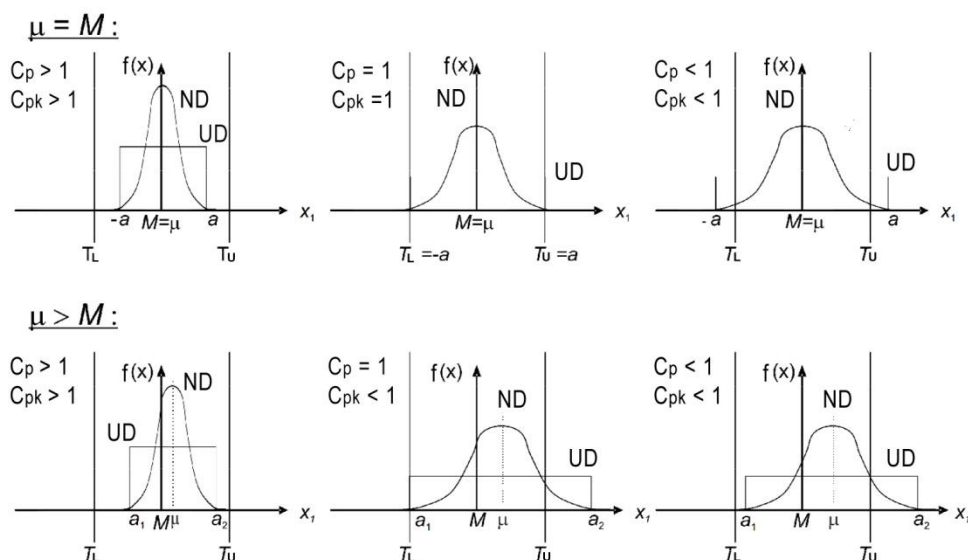
Като цяло може да се направи извод, че точността на сортирането на детайлите зависи от закона на разпределение на неопределеността и контролираните размери, а също така и от действителното съотношение на брака в предвидената за контрол партида (или с други думи – от големината на зоната на технологично разсейване на размерите на детайлите).

5.4.2 Изследване влиянието на точността на технологичния процес върху качествяване на произведените детайли.

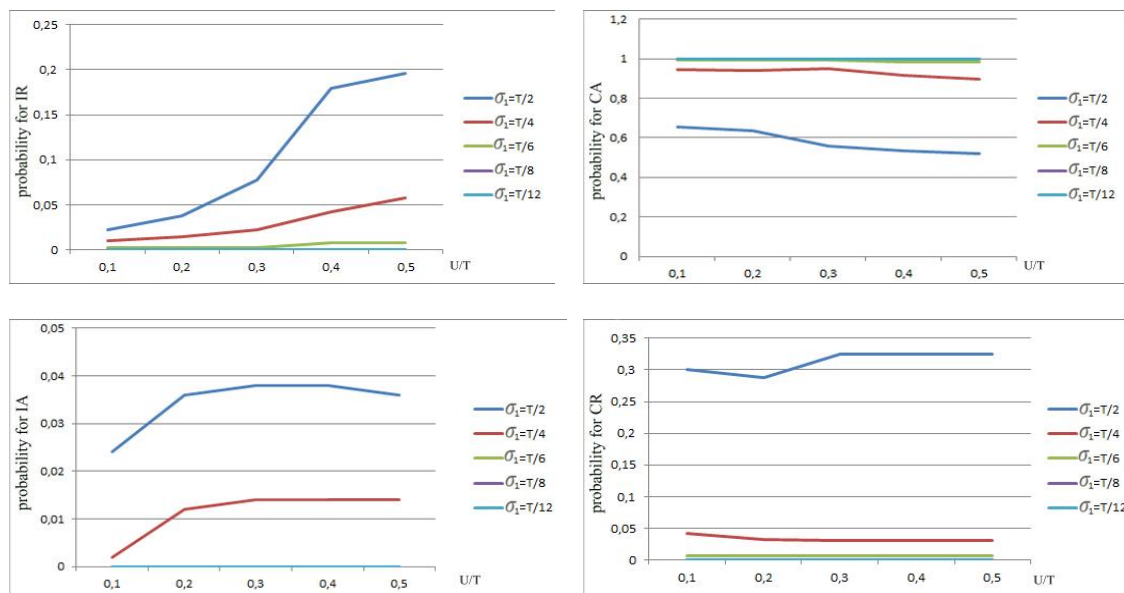
Изследванията са проведени за технологични процеси с различна точност, определяща се от индексите за оценка на технологичните процеси $C_p=0,33; 0,67; 1,00; 1,33$ и $2,00$ и $C_{pk} = 0,7; 0,8; 0,9$ и 1 . Схемите на разположение на допусковите полета и на разпределенията на производствения процес са показани на Фиг. 5.15.

В таблица 5.4 са представени стойностите за действителните отклонения, получени след обработката, неопределеността при измерване, както и резултатите от контрола. Съответно при нормален закон на разпределение средните квадратични отклонения за технологичния процес са съответно $\sigma = T/2; T/4; T/6; T/8$ и $T/12 \mu m$. Изследването е проведено за интервал номинални размери $80-120 mm$ и степени на точност 7, 8, 9 и 10, за които големината на допуските са съответно $T = 35, 54, 87$ и $140 \mu m$. При изследванията, разширената неопределеността се задава в интервала от $\pm 2 \mu m$ до $\pm 40 \mu m$. Представените по-долу резултати са за нормални закони на разпределение на производствения процес и на неопределеността.

На Фиг. 5.16 (а, б, в, г) са представени графично получените зависимости за вероятностите за НП, НБ, ПП и ПБ детайли в зависимост от U/T за различни средноквадратични отклонения. От графиките се вижда, че вероятността за грешки от 1-ви и 2-ри род непрекъснато нараства с увеличаване на неопределеността на измерване. Грешките при достатъчно точните производствени процеси, например $C_p=C_{pk}=1,67$ стават почти нула, грешките от 2-ри род са незначителни и неопределеността при измерване не оказва влияние.

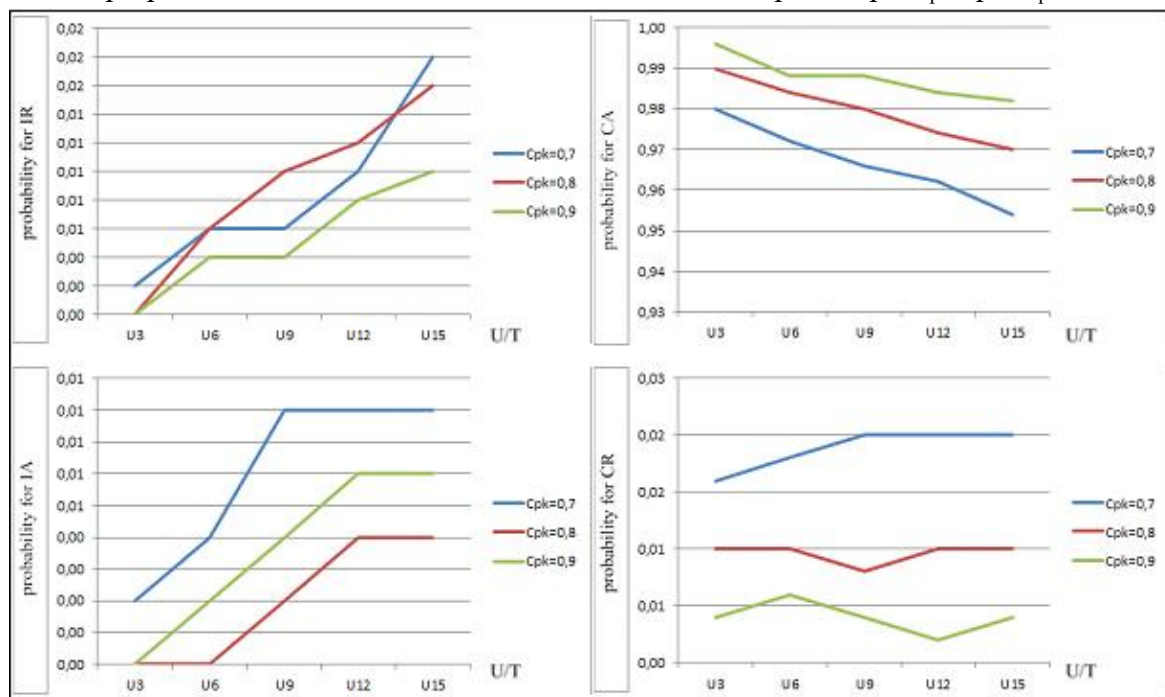


Фиг. 5.15. Случаи на разположение на кривата на разпределение на производствения процес при нормално разпределение и при закона на равната вероятност спрямо допусковото поле на контролирания параметър.



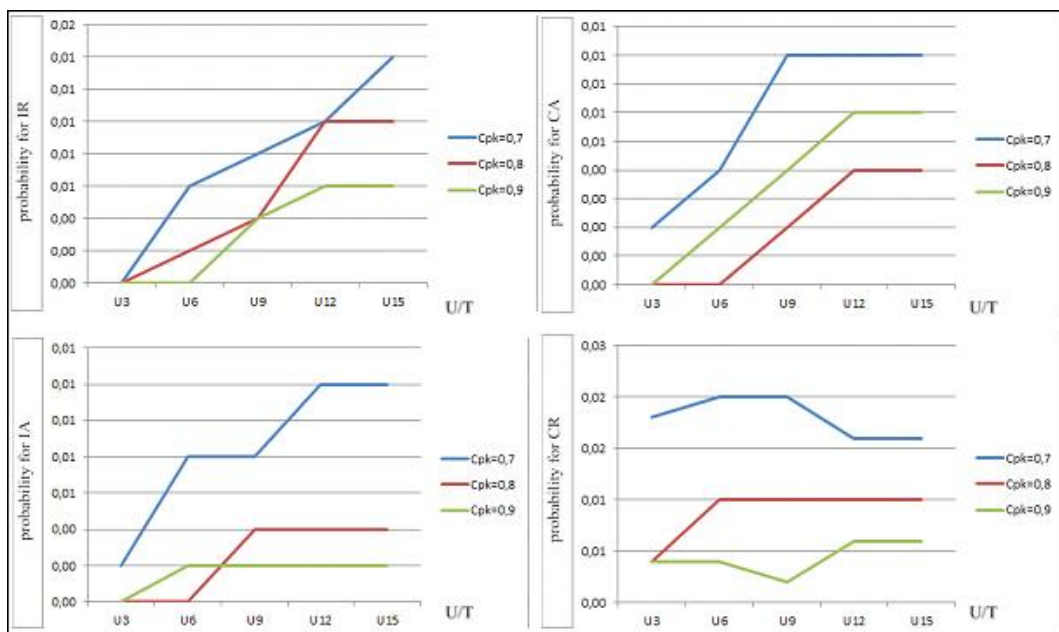
Фиг. 5.16. Вероятности за НП, НБ, ПБ и ПП детайли в зависимост от U/T при различни средноквадратични отклонения σ .

На Фиг. 5.17 са представени резултатите за НП, НБ, ПП и ПБ получени при различни стойности на C_{pk} , съответно при $C_p=1$ и $C_p=1,33$. От графиките се вижда, че грешките от 1-ви и 2-ри род значително се влияят от големината на параметъра C_{pk} при $C_p=1$.



Фиг. 5.17. Вероятности за НП,НБ, ПБ и ПП детайли в зависимост от U/T при различни стойности на C_{pk} и при $C_p=1$.

При стойности на $C_{pk} < 1$, частта на ПП единици намалява почти с 5%, частта на ПБ единици се увеличава с 2% и частта на НП и НБ единици нараства при увеличаване на неопределеността. При по-точния производствен процес (Фиг.5.18), тази тенденция се запазва, но влиянието на индекса C_{pk} е почти два пъти по-малко.

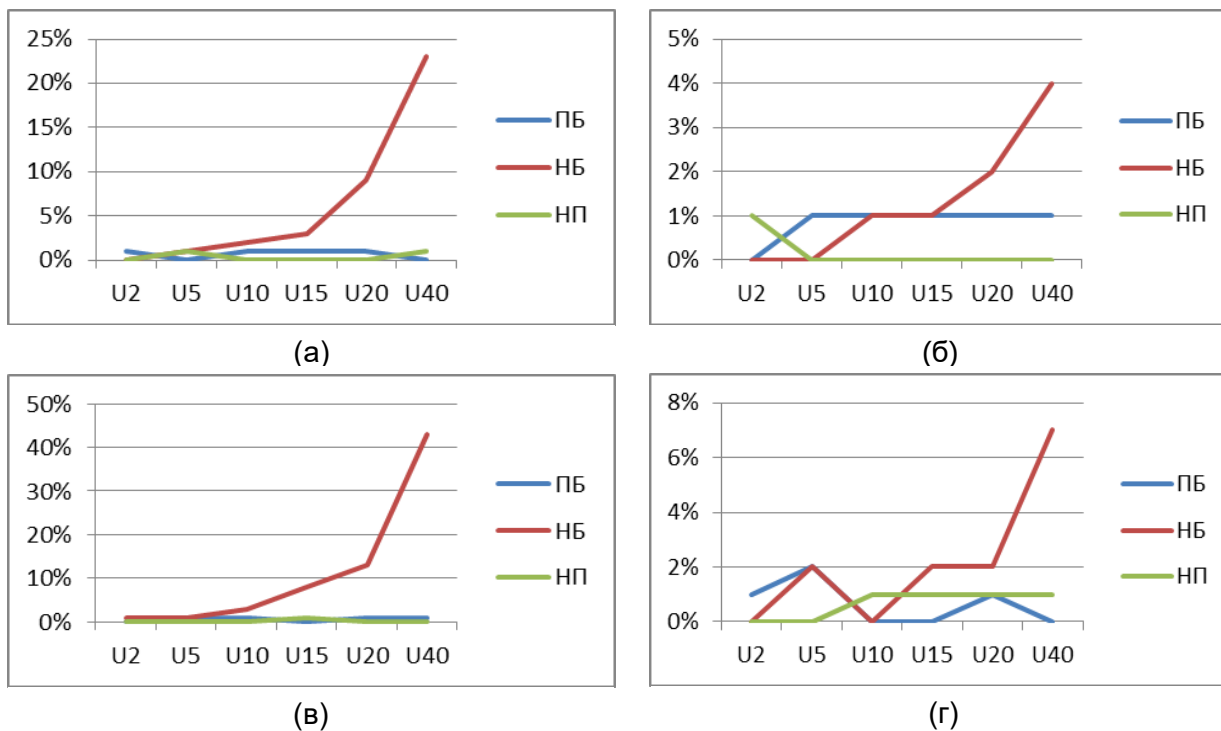


Фиг. 5.18. Вероятности за НП,НБ, ПБ и ПП детайли в зависимост от U/T при различни стойности на C_{pk} и при $C_p=1,33$.

5.4.3 Изследване влиянието на разширената неопределеност на измервателните средства върху грешките от 1-ри и 2-ри род.

Целта на изследването е да се изследва влиянието на разширената неопределеност на измервателните средства при измерване на линейни размери и са установят грешките от 1 - ви и 2 - ри род.

Изследванията са проведени по два закона на разпределение – нормално разпределение (закон на Гаус) и равномерно разпределение (34, 35, 39).



Фиг. 5.15 Влияние на разширената неопределеност U върху процента правилно бракувани (ПБ), неправилно бракувани (НБ) и неправилно приети (НП) детайли

Изследването е проведено за интервал номинални размери 80-120 mm и степени на точност 7, 8, 9 и 10, за които големините на допусковите полета са съответно $T = 35, 54, 87$ и $140 \mu\text{m}$. За да се получат специфични зависимости, неопределеността U се симулира в широк диапазон от ± 2 до $\pm 40 \mu\text{m}$. На Фиг. 5.15 (а, б, в, г) са представени графично получените зависимости за влиянието на разширената неопределеност U върху процента правилно бракувани (ПБ), неправилно бракувани (НБ) и неправилно приети (НП) детайли. На Фиг. 5.15 (а, б), са представени резултатите съответно при степен на точност 7 ($T=35\mu\text{m}$) и 9 ($T=87 \mu\text{m}$) и нормален закон на разпределение на неопределеността, а на Фиг. 5.15 (в, г) - съответно при степен на точност 7 ($T=35\mu\text{m}$) и 9 ($T=87\mu\text{m}$) и равномерно разпределение на неопределеността.

Таблица 5.3. Таблично представяне на резултатите от реални измервания и окачествяване на детайли, тип вал..

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ на измерването	Измерено отклонение, $E_i [\mu\text{m}]$	Ниво на годност, β_i	Симулирана Неопределено-ст $[\mu\text{m}]$	Действително отклонение, $E_d [\mu\text{m}]$	Ниво на годност след измерването β_d	ОКАЧЕСТВЯВАНЕ			
						ПБ	НБ	ПП	НП
1	4,92	1	-1.12	3.8	1	0	0	1	0
2	-2.52	1	-4,79	-7.31	1	0	0	1	0
3	-16.75	0	6.50	-10.25	1	0	0	0	1
4	-16.35	0	0.16	-16.19	0	1	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
98	14.55	1	7.19	21.74	0	0	1	0	0
99	4.13	1	-0.55	3.58	1	0	0	1	0
100	-14.11	1	-3.15	-17.00	0	0	1	0	0

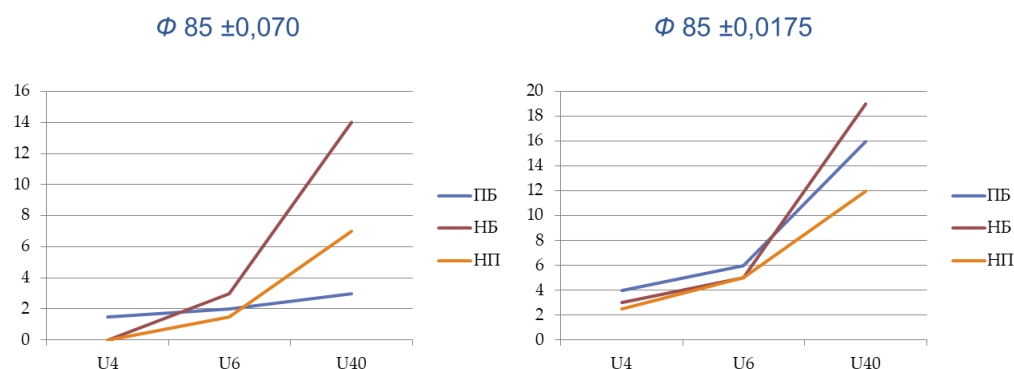
За апробиране на разработената методика за определяне на грешките от 1-ви и 2-ри род са изработени две серии детайли с диаметър $\Phi 85\text{mm}$ с различна степен на точност:
Серия 1: $\Phi 85 \pm 0,0175$

Серия 2: $\Phi 85 \pm 0,070$

Резултатите от апробирането на методиката са представени в Таблица 5.6. Метрологичните характеристики на използваните измервателни средства за апробиране на методиката са показани в Таблица 5.7. Резултатите от направеното апробиране на симулационният модел при измерване на реални детайли с измервателни средства с различна неопределеност са представени на Фиг. 5.16 в графичен вид.

	Шублер	Микрометър	Микрометър с ИЧ
Стойност на делението, [mm]	0,01	0,001	0,001
Обхват на измерване, [mm]	0-150	75-100	75-100
Неопределеност на измерването, [mm]	$\pm 0,02$	$\pm 0,003$	$\pm 0,002$

Температура на експлоатация	5°C ÷ 40°C	0°C ÷ 40°C	0°C ÷ 40°C
Влажност	0 ÷ 80%	< 80%	< 80%
Фирма производител	Mitutoyo	Mitutoyo	Mitutoyo



Фиг. 5.16 Графично представяне на резултатите от апробиране на разработения симулационен модел за определяне на грешките от 1-ви и 2-ри род

За намаляване на риска на производителя, трябва да се прилагат производствени процеси, при които разположението на закона на разпределение да е симетрично на средата на допусковото поле.

Получените от проведеното изследване резултати могат да бъдат използвани при технико-икономически пресмятания, при избор на измервателни средства със съответна неопределеност.

5.5 Изводи

1. Анализиран е процеса на приемателен контрол на геометричните параметри на машиностроителните детайли.
2. Разработен е симулационен модел на приемателния контрол, с помощта на който е възможно да се оценят параметрите при окачествяването, разсейването на действителните размери на детайлите в партидата, а също така и количеството годни и бракувани детайли по зададени закони за разпределение на истинските размери на детайлите и неопределеността на ИС.
3. Направен е сравнителен анализ на получените графични зависимости за влиянието на закона на разпределение на неопределеността върху грешките от 1-ви и 2-ри род.
4. Грешките от 1-ви и 2-ри род при сортирането на детайлите зависят от законите на разпределение контролираните размери и на неопределеността, а също така и от действителното съотношение на брака в предвидената за контрол партида (или с други думи – от големината на зоната на технологично разсейване на размерите на детайлите).
5. За намаляване на риска на производителя, трябва да се прилагат производствени процеси, при които разположението на закона на разпределение да е симетрично на средата на допусковото поле.

6. Получените от проведените изследвания резултати могат да бъдат използвани при технико-икономически пресмятания при избор на измервателни средства със съответна неопределеност.
7. Като задача за бъдещи изследвания е разработването на модел за определяне на вероятностната величина за граничната стойност на неправилно приетите детайли (с), с цел коригиране границите на приемане.

ГЛАВА 6. ВРЕМЕ И РАЗХОДИ ЗА КОНТРОЛ

6.1 Време за контрол.

Времето за контрол е важна стойност за координацията на технологията за контрол с производствената технология както и за мониторинг и планиране на производствения капацитет. Времето за контрол (Т) се определя от зависимостта:

$$T = \frac{T_r}{N} + T_g + T_v. \quad (6.1)$$

T_r е времето за подготовка и заключително време;

T_g – основното използвано време;

T_v – спомагателното време;

N – броят на измерваните детайли;

Таблица 6.1 Класификация на разходите за измерване

Разходи за измерване	
Еднократни	Текущи
Работи, свързани с разработка на методики на измерване, средства за измерване и програмно обезпечение	Обслужване на средствата за измерване в процеса на тяхната експлоатация
Метрологична атестация на методиките и нестандартните средства за измерване	Текущ ремонт на средствата за измерване
	Енергозахранване
Придобиване (закупуване) на средства за измерване	Работната заплата на операторите, непосредствено изпълняващи измерванията
Монтажни дейности и работа по настройване, свързани с въвеждането в експлоатация на средства за измерване	Амортизационни отчисления

Таблица 6.2 Формули за изчисляване на разходите, свързани с измерванията

Вид на разходите	Формула за изчисляване на разходите
Годишни разходи за проверка при извършване от друга фирма с наличната работна сила в даденото предприятие	$P_{\Pi} = P_{\Pi}' \cdot n_{\Pi}$
Разходи за заплата на работниците	$P_{\Pi}' = k_{\Pi} \cdot \sum_{j=1}^d t_{\Pi j} \cdot b_{\Pi j}$
Амортизационни отчисления	$P_{AM} = K_{\Pi} \cdot P_A$

Годишни разходи за ремонт при извършване от друга фирма с наличната работна сила в даденото предприятие	$P_p = P_p' \cdot n_p$ $P_p' = k_d \cdot \sum_{j=1}^l t_{pj} \cdot b_{ч, pj} + C_{ЕЛ}$
---	--

6.2 Класификация и определяне на загубите, свързани с грешката на измерване:

Определяне на загубите, свързани с измервания - технико-икономическите последствия от повишаването на достоверността (сигурността) на измерване са различни в зависимост от:

- контролирания обект (входящ контрол на материалите, заготовките, комплектованите изделия; контрол на изделията по време на технологичния процес на обработка; контрол на параметрите на технологичния процес и оборудването; краен контрол на продукцията и др.);
- кратност на контрола (едно - или многостепенен контрол);
- обем на контролирания обект (непрекъснат или извадков контрол);
- количество на измерваните параметри (на един или много параметри).

Грешката на измерване при входящ контрол на материалите и контрола на изделията в хода на технологичния процес води първо до неправилно бракуване и загуба на годни материали и изделия, и второ до по-нататъшна обработка на негодните материали и заготовки, което води до ненужни разходи в следващите технологични и контролни операции.

Грешката при краен контрол се отразява на загубите в резултат на неправилно бракуването готови изделия или до загуби, свързани с пропускането на дефектни изделия към потребителя. Грешката на измерване на параметрите в технологичния процес определя процента на годните изделия на изхода от дадената (конкретна) технологична операция.

Кратността на контрола се отразява върху количеството бракувани и приети изделия, в това число неправилно бракуваните годни и приетите за годни дефектни изделия. Обемът на контрол определя (заедно с характеристиките на контролираните параметри на изделието и грешката при измерване) вероятността за вземане на решение при контрол, следователно и дела на бракуваните и приетите изделия. Броят на измерваните при контрола параметри определя методите за изчисляване на вероятностните характеристики и всички последствия от контрола, посочени по-горе. Зависимостта на годишните загуби от грешката на измерване Z_{II}^F може да се получи в резултат на:

- провеждане на подходящ планиран опит (експеримент);
- теоретичен анализ на технологичния процес, параметрите, на който се измерват в хода на управление на процеса;
- моделиране на процедурите на оптимизация на режима на технологичния процес с използване на компютърна техника.

В библиографските източници (литература) годишните загуби при измервателния контрол се изчисляват по формулата

$$Z_{II}^F = B \cdot (n \cdot Z_n + m \cdot Z_m), \quad (6.11)$$

където B е общото количество на изделията, подлежащи на контрол през годината, бр.;

n - делът на неправилно бракувани изделия от общото количество;

P_n – средните загуби от неправилно бракуваните изделия, [Euro]/бр.;

m – делът на негодните изделия, приети за годни;

P_m – загубите, предизвикани (причинени) от допускането в производствения процес или към потребителя на негодни изделия, [Euro]/бр.

Формулата (6.11) описва само общото понятие за загуби. Формирането на тези загуби по-подробно е направено във Формула 6.12.

Икономическите загуби, свързани с възникването на грешки при контрол, са обусловени от възникването (появата) на дефектни изделия при дадена технологична операция и се определя като загуба от бракуването на тези изделия в следващите технологични или контролни операции с изчисляване на вероятността за тяхното откриване при всяка операция:

$$Z = \sum_{i=1}^k P_{opi} \cdot P_i + Z_p \cdot P_j \quad (6.12)$$

където Z_{opi} – загубите при откриване на дефектното изделие на следващата i -та операция, [Euro]/бр.;

P_i – вероятността за откриване на дефектното изделие в i -та технологична или контролна операция;

k – коефициент на контролните и технологични операции, където е възможно откриване на брака, възникващ при дадена технологична операция;

Z_p – загубите на производителя при придявена към него рекламация или глоба в случай на откриване на дефект от потребителя, [Euro]/бр.;

P_j – вероятността за откриване на дефектно изделие при краен контрол или откриване на дефектно изделие от потребителя.

Разходите, свързани с грешки от неправилно бракуване, нямат определена формула за изчисление. Първо, това е свързано с факта, че тази категория може да има качествено различни характеристики (неправилно бракуване на детайли, попаднали в групата на непоправимия брак и неправилно бракувани детайли, попаднали в групата на поправимия брак) и второ, е свързано с операцията, при която е прието дадено решение (междинен или краен контрол на продукцията).

Икономическите загуби при междинен контрол, вследствие на бракуване на годни детайли е равен:

- в случай на попадане в групата на непоправимия брак:

$$Z_{n(ок)}^{пб} = (C_{дет} - C_o) \cdot P_i \quad (6.13)$$

където $C_{дет}$ – себестойността на детайлите до i -тата операция, [Euro];

C_o е остатъчната стойност (стойност като скрап), [Euro].

- в групата на поправимия брак

$$Z_{n(ок)}^{пб} = P_{поп} \cdot P_i \quad (6.14)$$

където $P_{поп}$ – разходите за поправяне на брака, [Euro].

Икономическите загуби при операции за краен контрол на готовата продукция, вследствие бракуването на годни детайли е равен:

- при попадане в групата на поправимия брак:

$$Z_{n(ок)}^{пб} = P_{п} \cdot P_i \quad (6.15)$$

където $P_{п}$ са разходите за повторна проверка или поправяне на изделията, [Euro].

- при попадане в групата на непоправимия брак:

$$Z_{n(ок)}^{пб} = Z_y \cdot P_i \quad (6.16)$$

където Z_y – загубите от бракуването на едно изделие, числено равни, в съответствие с реда на реализация на брака:

- разликата между стойността (цената) на годния и оценявания детайл

$$P_y = C_{дет} - C_p \quad (6.17)$$

където C_p е цената на реализация на изделието, [Euro];

- цената на изделието с отчет на остатъчната стойност

$$P_y = C_{дет} - C_o$$

Вероятността при контрол на извадка от N_e изделия да бъде открито само едно дефектно изделие е равно на

$$P(l) = N_{в.} \cdot (P_{ДД} + P_{ГД})^1 \cdot (P_{ГГ} + P_{ДГ})^{n-1} \quad (6.18)$$

Вероятността за откриване на произволен брой дефектни изделия е равна на

$$P(k) = C_s^k \cdot (P_{ДД} + P_{ГД})^k \cdot (P_{ГГ} + P_{ДГ})^{s-k} \quad (6.19)$$

Вероятността за приемане на партида изделия е равна на вероятността броят на откритите в извадката дефектни изделия да не превишава заденото число d

$$P_{п} = \sum_{k=0}^d P(k) = \sum_{k=0}^d C_s^k \cdot (P_{ДД} + P_{ГД})^k \cdot (P_{ГГ} + P_{ДГ})^{s-k} \quad (6.20)$$

където C_s^k е броят на комбинациите от s елементи по k .

Икономическата целесъобразност на контрола и използването на СИ с отчитане на загубите, предизвикани от тези средства, се определят от условието:

$$Z_{ок}^Г > P_{\Sigma}^Г \quad (6.21)$$

където $Z_{ок}^Г$ са годишните загуби при липсата на контрол.

Годишните загуби при отсъствието на контрол могат да се определят по израза:

$$Z_{ок}^Г = B \cdot (1 - P_{Г}) \cdot Z_m^Г \quad (6.22)$$

където $P_{Г}$ е вероятността детайлът да е годен.

6.3 Изводи

1. Направена е класификация за определяне на разходите за измерване и загубите, свързани с грешката на измерване.

2. Предложена е методика за изчисляване на разходите при измерване, включваща пресмятане на следните елементи: работна заплата на операторите, извършващи измерването, амортизационните отчисления и годишните разходи за ремонт на средствата за измерване.

ПРИНОСИ

Научно - приложни приноси:

1. В работата са предложени показателите за оценка на контролопригодността и са направени препоръки за тяхното приложение.

2. Направен е критичен преглед на нормативните документи, свързани с метрологичното осигуряване на производството, който показва, че в една част от тях са дадени общи изисквания за управлението на средствата за измерване и за тяхната проверка и калибриране, а конкретни изискванията за възможностите на ИС за решаване на конкретни метрологични задачи са дадени само в нормативните документи, разработени и прилагани в автомобилната промишленост. Извършването на качествени измервания изисква пълна оценка на възможностите на измервателните средства.

3. Предложено е уеднаквяване на терминологията по отношение използваните термини и определения, свързани със възможностите на ИС, тъй като няма единна терминология в различните литературни източници.

4. Предложен е алгоритъм за разработване на технологията за контрол, в които са включени етапите:

- Избор на контролирани параметри;
- Избор на измервателни средства;
- Определяне на обема на измерване;
- Определяне на мястото на измерване.

5. Разработена е методика за избор на ИС предвид вида на контрола, изискванията за точност и ефективността на измервателния процес.

6. Предложен е алгоритъм за оценка възможностите на ИС по метода R&R за прилагане в реални производствени условия.

7. Разработен е симулационен модел на действителните размери и на неопределеността при измерване, с цел определяне на параметрите при оценяване на изделията, с помощта на който е проведено изследване и е установено влиянието на разширената неопределеност на измервателните средства при измерване на линейни размери и са установени грешките от 1 - ви и 2 - ри род.

ПРАКТИЧЕСКА ПРИЛОЖИМОСТ

Практическата стойност на работата се състои в разработването на апарат, необходим за рационалното и ефективно метрологично осигуряване на производството. Предложените алгоритми могат да намерят приложение в предприятия (фирми) и организации в различни сфери на дейност. Разработените методики за избор на контролируеми параметри и измервателни средства са внедрени във фирма Комакс България ЕООД.

ИЗВОДИ ОТ ДИСЕРТАЦИЯТА

1. В работата са представени показателите за оценка на контролопригодността и препоръки за тяхното приложение.

2. Направен е преглед на нормативните документи, свързани с метрологичното осигуряване на производството, който показва, че в една част от тях са дадени общи изисквания за управлението на средствата за измерване и за тяхната проверка и калибриране, а конкретни изискванията за възможностите на ИС за решаване на конкретни метрологични задачи са дадени само в нормативните документи, разработени и прилагани в автомобилната промишленост. Извършването на качествени измервания изисква пълна оценка на възможностите на измервателните средства.

3. Прегледът на термините и определенията свързани със възможностите на ИС показва, че няма единна терминология в различните източници.

4. Разработен е алгоритъм за определяне на контролираните параметри, които трябва да бъдат включени в технологиите за контрол

5. Разгледани са възможностите на софтуерният продукт SolidWorks за автоматизиран избор на контролирани параметри. Посочени са предимствата и недостатъците.

6. Разгледани са съществуващите методи за избор на ИС и са посочени предимствата и недостатъците им.

7. Направен е сравнителен анализ на методите за избор на ИС, който показва, че най-големи изисквания, свързани с точността на ИС се наблюдават при прилагане на методите за анализ на възможностите на измервателните процеси и най-ниски – при прилагане на метода за избор на измервателни средства в зависимост от точността на изработване на детайлите.

8. Разработена е методика за избор на ИС, при която се взема предвид вида на контрола, изискванията за точност и ефективността на измервателния процес.

9. Предложен е алгоритъм за оценка възможностите на ИС по метода R&R, апробиран чрез провеждане на реални измервания и обработка на резултатите.

10. В работата е предложена методика за планиране на контрола на качеството, резултатите от което се отразяват в технологията за контрол, включваща методи за определяне на необходимостта от контрол, на базата на сравнение на разходите за отстраняване на допустимите грешки и дефекти с разходите за контрол, избор на контролирани параметри, избор на измервателни средства, определяне на обема на измерване и определяне на мястото на измерване.

11. Разработен е симулационен модел на действителните размери и на неопределеността при измерване, с цел определяне на параметрите при окачествяване на изделията, с помощта на който е проведено изследване и е установено влиянието на разширената неопределеност на измервателните средства при измерване на линейни размери и са установени грешките от 1 - ви и 2 - ри род.,3

12. Получени са зависимости за определяне влиянието на разширената неопределеност върху окачествяването на изработваните детайли и са апробирани в условията на реално производство.

13. Предложена е методика за изчисляване на разходите при измерване, отчитаща оценката на основните им елементи.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Toteva P., D. Vasileva, Tasks in Planning of Quality Inspection, Proceedings in Manufacturing Systems, Volume 8, Issue 1, pp 183-188, 2013, ISSN 2067-9238, Bucarest, 2013.
2. Toteva P., D. Vasileva, N. Mihaylova, Selecting of Measuring Instruments, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol.7, Issue1, pp 6-11.
3. Тотева П., Д. Василева, Изследване влиянието на неопределеността при измерване върху сортирането на обработените детайли, Научни трудове на Русенския Университет - 2014, том 53, серия 2.
4. Toteva P., D. Vasileva, Study of the Influence of Measurement Uncertainty on the Sorting of Machined Parts, Applied Mechanics and Materials, ISSN: 1662-7482, Vols. 809-810, pp 1275-1280.
5. Д. Василева, Изследване влиянието на закона на разпределение на неопределеността при измерване върху грешките от първи и втори род, Годишник на Технически Университет - Варна, 2016, Том 1, стр.48-51.

Summary

Quality inspection is a necessary element of the quality management systems. The analysis of quality conditions is impossible without inspection. Therefore, parallel to the elaboration of methods for fast planning of production processes, methods for optimum planning of the quality inspection must be ensured. A precondition for increasing the quality and determining costs for quality are the inspection plans and the manufacturing plans. Because of the imperfection of inspection plans, fit products may fall into unfit and vice versa, which leads to major losses. Unfounded, the reasons for high costs for inspections are – the lack of regulations, that solves problems with the inspection, insufficient qualification of the personnel, responsible for quality inspection, incorrect selection of inspection instruments, insufficient applying of progressive methods and means for inspection and lack of unified terminology.

The parallel between the manufacturing plans and the inspection plans is done and algorithm for inspection planning is created, which include assessment of the necessity of inspection, inspection type, defining the AQL (acceptable quality level) and determining the inspection scope (batch size).

Current problems with the planning of quality inspection are presented, such as selection of inspection characteristics and defining the scope of inspection, selection of inspection instruments, inspection points and stages, time for inspection and processing of results obtained for each inspection characteristic and the issues for future studies are identified.