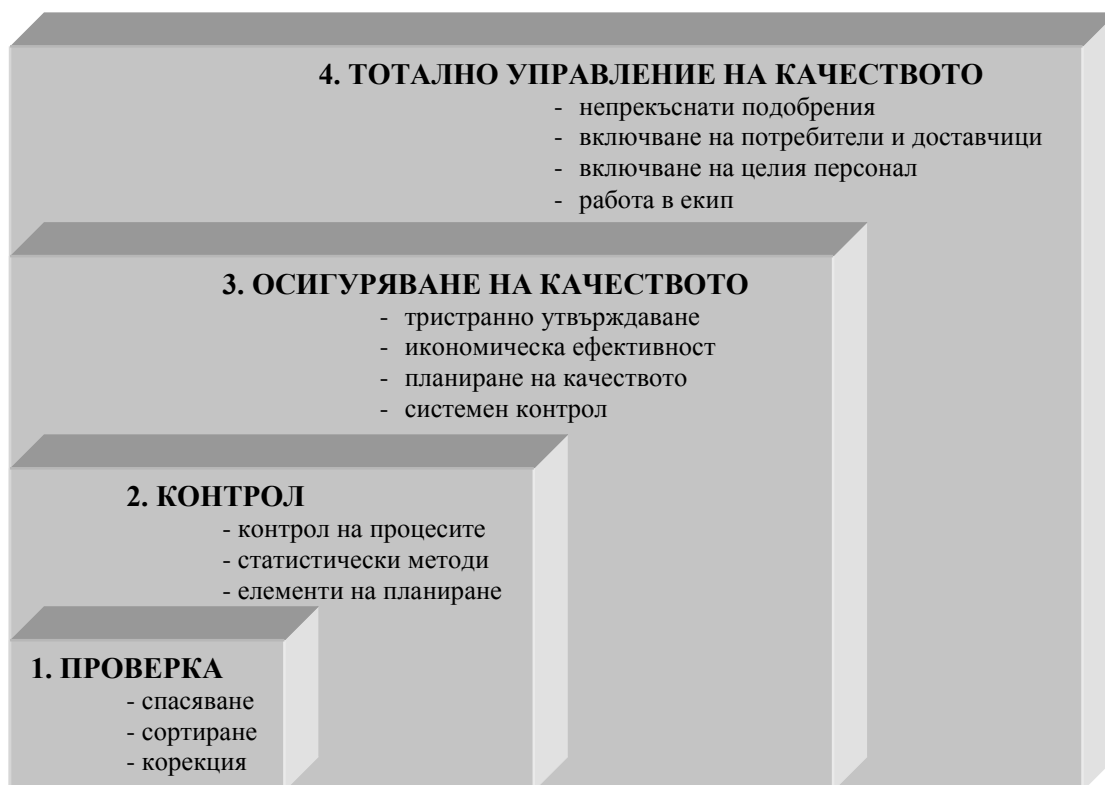


КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВОТО

Общи положения.

Основни обекти на науката за качеството са качеството на живота, труда и резултатите от него. Поради това качеството е неразривно свързано с производствените отношения, с тяхното развитие, организация и управление. На ранните етапи основната дейност, свързана с качеството е контролът.

На фиг.1 са показани основните етапи от развитието на науката за качеството и мястото на контрола в това развитие.



Фиг. 1. Основни етапи на развитие на управлението на качеството.

Интересен момент е интегрирането на ранните етапи в по-късните без отричане и отхвърляне, което показва един правилен ход на това развитие.

В до индустриалната епоха индивидуалният начин на производство определя и начина на управление на качеството - чрез самоконтрол. С

разделението и специализацията на труда през индустриалната епоха става и отделяне на контрола на качеството от производствения процес. Разделянето на отговорностите и намаляването на мотивацията по отношение на качеството водят до социално-икономическа криза. Тази криза се решава чрез “Първата управленска революция” започнала с трудовете на Тейлър. Този период се характеризира с пълно откъсване на отделния работник от крайния продукт. Основен елемент на управлението на производствените процеси и качеството става “работния стандарт”, а контролът на готовите изделия е 100%-тен. Неефективността на този контрол неизбежно води по-късно до появата на нови методи за контрол на качеството - статистически, активен контрол, автоматичен и т.н.

Основите на съвременния подход за контрол на качеството се полагат с въвеждането на статистическите контролни карти от Шухарт през 1925г. Статистическите методи дават възможност както за контрол на качеството, така и за неговото планиране и управление.

Следващия важен етап е връщането на субекта към обекта, т.е. участие на всички работници в производствената и организационно-управленската дейност с цел качество. В началото на 60-те години Файгенбаум поставя теоретичните основи на интегрираното (комплексно) управление на качеството. От 1970г. в Япония започва прилагането на този нов подход, известен като тотално управление на качеството (Total Quality Management). TQM се характеризира с контрол и управление на качеството на всички етапи от жизнения цикъл на изделията - от разработката до експлоатацията с участието на целия персонал, като се отчитат интересите на потребителите, доставчиците и на цялото общество.

Бурното развитие на информационните технологии и автоматизацията на производствените процеси дава възможност на екип и даже на отделен човек да осъществява целия процес от проектирането до производството и реализацията на изделието чрез непрекъснат контрол.

От краткия исторически преглед става ясно, че първата основна функция на управлението на качеството е контролът. Качеството не може без контрол. Това понятие е претърпяло еволюция, развитие и обогатяване във времето.

Какво е съвременното разбиране за контрол?

Контролът е оценка на съответствието на една или няколко характеристики на даден обект (продукт) с определени изисквания чрез наблюдение или преценяване, съпроводено при необходимост от измерване, изпитване или калибриране.

Контролът е присъщ на всяка човешка дейност. Той разкрива дали поставените изисквания, характеристики, цели, са постигнати и ако не са - какви са отклоненията от тях. Контролът осигурява информационната база от данни за управление на качеството, извършва се тяхното съпоставяне с критериите, определят се евентуалните несъответствия и причините, които ги пораждат.

Цел и обект на контрола

Основната цел на контрола е осигуряването на достоверна, пълна, навременна и съпоставима информация за фактическото качество на продукта.

Реализацията на контрола се основава на редица общоприети принципи, по-важните, от които са: обективност, комплексност, плановост, системност, превантивност.

Първият въпрос, свързан с контрола е: ***Какво ще се контролира?*** Това е въпросът за обекта на контролната дейност. В исторически план първите обекти на контрола са продуктите - стоки, услуги. Той е имал задачата да определи годността, т.е. да регистрира пасивно дефектите. На съвременния етап полето на действие на контрола се простира не само върху продуктите, но и върху дейностите и процесите на тяхното формиране, върху технологичната и природна среда, върху организацията и целия персонал на предприятието, което произвежда изделията. Изхождайки от основния принцип на TQM -

всеобхватността, на контрол подлежат всички етапи от жизнения цикъл на продуктите и свързаните с това дейности, хора и среда.

Понятието “продукт” е събирателно и може да има различни конкретни значения. Съгласно [БДС EN ISO 9004-2] основните категории продукти са:

- хардуер - технически средства, съставени от детайли и възли, схемни решения, техническа екипировка;
- софтуер - програмни продукти, информационни продукти, концепции, преводи, процедури;
- технологични продукти - обработени материали (крайни или междинни), суровини, напр. течности, газ, влакна;
- услуги - неосезаеми интелектуални изделия: сервиз, банково дело, застраховане, обучение и др.

Критерии и показатели на качеството.

За да може да се контролира и оценява качеството на един обект е необходимо да бъдат определени изисквания за качеството. Изискванията за качеството се изразяват чрез критериите - качествените характеристики на свойствата на обекта, и показателите на качеството - количествените характеристики. Това са именно конкретните обекти на контрола.

Според характеризираните свойства критериите могат да бъдат систематизирани в единадесет групи. Всеки критерий може да се оцени посредством комплексни и единични показатели (Таблица 1).

Показателите на качеството са количествени (измерими) или качествени (неизмерими).

За да се проведе контрол и оценка е необходимо да се определят базовите стойности на контролираните показатели. При количествени показатели това са целевата (номинална) стойност и нормите (допуските) на показателите. Те се договарят или са нормативно установени. При качествени показатели се използва базов модел за сравнение и оценка.

Таблица 1 Критерии и показатели на качеството

КРИТЕРИИ	КОМПЛЕКСНИ ПОКАЗАТЕЛИ	ЕДИНИЧНИ ПОКАЗАТЕЛИ
1. Предназначение	1. Вид (напр. асансьор) 2. Функционалност 3. Конструктивни 4. Състав и структура 5. Условия за употреба	1.1. Товароподемност 1.2. Височина на повдигане 2.1. Мощност 2.2. Скорост 3.1. Коефициент на сглобяемост 4.1. Киселинност - PH 4.2. Водно съдържание 5.1. Термоустойчивост 5.2. Херметичност
2. Надеждност	1. Безотказност 2. Дълготрайност 3. Ремонтопригодност 4. Съхраняемост	1.1. Средна отработка до отказ 1.2. Интензивност на откази 2.1. Среден ресурс 2.2. Среден експлоатационен срок 3.1. Вероятност за възстановяване 3.2. Предписан срок до обслужване 4.1. Среден срок за съхранение
3. Транспортопригодност	1. Относителни разходи за подготовка на стоките за транспорт	1.1. Стойност за превоз на единица стока на единица разстояние
4. Технологичност	1. Трудопоглъщаемост 2. Материалопоглъщаемост 3. Себестойност	1.1. Сумарна трудопоглъщаемост
5. Ергономичност	1. Хигиенни свойства 2. Антропометрични свойства 3. Физиологични и психологични свойства	1.1. Осветеност, температура, влажност, шум 2.1. Ръст по възраст и пол
6. Безопасност	1. Механична, физическа, електрическа, биохимична безопасност 2. Термична, пожарна и взривна безопасност	1.1. Пробивно напрежение 1.2. Радиационно излъчване
7. Естетичност	1. Информационна изразителност на формата 2. Рационалност на формата 3. Цялостност на композицията 4. Съвършенство на изпълнението по отношение на външния вид	1.1. Знаковост 1.2. Оригиналност 2.1. Функционално-конструктивна обусловеност 3.1. Организираност на структурата 3.2. Пластичност 4.1. Обработка на повърхностите 4.2. Изпълнение на фирмените знаци, маркировка, проспекти
8. Унификация и стандартизация	1. Степен на стандартизация и унификация	1.1. Коефициент на приложимост 1.2. Коефициент на повторяемост 1.3. Стойностен коефициент
9. Патентно равнище	1. Патентна способност 2. Патентна чистота	1.1. Показател за защита 2.1. Показател за патентна чистота
10. Екологичност	1. Въздействие на продукта върху околната среда 2. Въздействие върху предметно пространствената среда на продукти на горене	1.1. Максимална еднократна допустима концентрация 2.1. Допустима концентрация на CO, пепел и др.
11. Икономичност	1. Интегрален показател на качеството	1.1. Сумарни разходи 1.2. Експлоатационни разходи

Оценяване на качеството.

Оценката на качеството е "*...систематично изследване на степента, в която даден обект е способен да изпълнява определени изисквания*". Оценката показва изпълнени ли са изискванията и в каква степен. За степента на съответствие се използват още клас, ранг, категория (напр. 1,2,3..клас или категория *, **, ***). Тя може да се изразява количествено или описателно (вербално). В първия случай говорим за количествена оценка, а във втория за качествена. Качествената оценка има субективен характер. За разлика от нея количествената оценка се характеризира с обективност, достоверност и точност. И двете оценки се използват в квалитологията, като предимство има количествената оценка, която се нарича още квалиметрична.

Квалиметричната оценка се основава на системата от показатели на качеството за конкретния обект. Показателите и техните базови стойности могат да са нормативно регламентирани или договорени.

За оценка на качеството се прилагат диференциран, комплексен и комбиниран метод.

Най-разпространен е *диференцираният метод*. При него се прави сравнение на единичните показатели с базовите. Този метод е лесен за реализация и дава представа за различните свойства на продуктите.

Когато броят на показателите на качеството е голям и трябва да се направи обобщена оценка се използва *комплексният метод*. При него се използват комплексни показатели - интегрален, обобщен и групов.

Интегралният показател изразява отношението на сумарния полезен ефект от експлоатацията (потреблението) на продукт към сумарните разходи за неговото създаване и използване.

Обобщеният показател включва всички показатели, по които е прието да се оценява даден продукт, а груповият - само част от тях.

При определянето на комплексния показател се използват коефициенти на значимост за отделните единични показатели.

Комбинираният метод се основава на прилагането на диференцирания и комплексния метод. Отделните показатели се обединяват в групи (напр. технически, икономически) и за всяка се определя комплексен показател. Така се получава най-пълна представа за обекта - както по отделните показатели, така и за неговото качество като цяло.

2. МЕТОДИ ЗА КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВОТО

Методите за контрол на качеството представляват правила за прилагане на принципите и средствата за контрол. Това са похвати и начини за обективно установяване на състоянието на обекта за контрол. Чрез тях се разкриват отклоненията от изискванията и се предприемат мерки за привеждането им в съответствие.

Класификацията на методите за контрол може да се направи в зависимост от:

- използване или не на технически средства;
- обхвата на контрола;
- начина на въздействие върху обекта за контрол;
- мястото в цикъла на изделията;
- вида на алгоритъма за контрол;
- формата на информационните сигнали;
- физическите принципи на преобразуване;
- вида и броя на контролираните показатели.

Евристични методи за контрол.

В редица случаи за контрол се използват естествените възприятия на сетивните органи на човека. Този метод се нарича органолептичен или сензорен. Има известна разлика между двата метода, въпреки използването на човешките сетива и в двата случая.

Органолептичният метод се използва за определянето на показателите на качеството на хранителни и нехранителни стоки, без да се регламентира спазването на предварителни условия. **Сензорният метод** се прилага за хранителни продукти от група специалисти - дегустатори с предварително проверена чувствителност на сетивните органи чрез прилагане на определени процедури в условия, осигуряващи точност и повторяемост на резултатите. Показателите на качеството се определят чрез бални единици и скали. На такава оценка се подлагат показатели като: вкус, мирис, цвят, форма и др. За някои от тези показатели могат да се използват и технически средства, но органолептичният метод е по-оперативен и по-евтин. Като недостатък може да се посочи неизбежното наличие на субективни грешки.

За да се намали влиянието на субективния фактор, в редица случаи се прилага **експертния метод**. При него оценката на изделиято се базира на осредненото мнение на група експерти. Те оценяват качеството на основата на своя опит и информираност. Този метод намира приложение при определяне на номенклатурата на показателите на качеството, коефициентите на значимост, ергономичните и естетичните показатели, базовия образец и др. Оценяването се извършва от експертна комисия по предварително уточнена бална скала с анкетни карти.

Разгледаните два метода се прилагат главно на етапите на разработка и производство на изделията. За да се получи обективна оценка на качеството е необходимо мнението и на потребителите. Това се постига чрез **социологическия метод**. Той се състои в събиране, обработване и анализ на информация за мненията на потребителите за качеството на стоките и услугите. За целта се използва информация от рекламации, наблюдения, анкети, интервюта.

Технически контрол

Прилагането на разгледаните евристични методи не може да изключи най-често прилагания метод за контрол - техническият. При него стойностите на показателите на качеството се определят експериментално с помощта на технически средства. Обекти на техническия контрол са най-често показателите на изделията и тяхното състояние. В последния случай контролът се нарича **диагностичен**. Ако резултатите от контрола се получават без пряко участие на човека, той се нарича **автоматичен**.

Тук се налага едно уточняване на понятията контрол и измерване. Това са процедури, които имат много общи елементи (напр. сравняване, преобразуване), свързани са тясно и се допълват. В повечето случаи измерването е предшестващ етап от контрола с последващо сравняване, но има и обратни случаи. Разликата между контрола и измерването е преди всичко в резултата: при измерването той е количествен, а при контрола - качествен. Измерването се реализира в широк диапазон на измерваната величина, а контролът - в тесен диапазон (напр. допусковото поле). Основната качествена характеристика на процедурата измерване е точността, а на контрола - достоверността.

В зависимост от обхвата на проверката, контролът може да е пълен 100%-ен или извадков - **статистически**.

Когато контрол се прилага върху готови изделия с цел тяхното сортиране (напр. на годни - негодни), той се нарича **пасивен** или след операционен. Ако контролът се реализира по време на процеса на производство и резултатите от него се използват за управление на процеса с цел постигане на желано качество, контролът се нарича **активен** (в процеса на производство).

В зависимост от състоянието на обекта при и след провеждане на контрол се различават разрушителен и безразрушителен контрол. **Безразрушителният контрол** (дефектоскопията) се използва за откриване и измерване на дефекти и

отклонения на свойствата на материалите, изделията, съединенията и др., без да се разрушават и повреждат обектите на контрол.

Според мястото си в жизнения цикъл на изделията, контролът може да бъде:

- контрол при проектирането (разработката);
- нормоконтрол (върху техническата документация);
- входящ контрол (върху суровини, материали, доставени изделия);
- технологичен контрол;
- краен контрол и изпитване;
- диагностичен контрол при експлоатация.

При количествените показатели алгоритъмът на контрола зависи от разполагането на зоната на нормално състояние (напр. допусковото поле на контролиран показател X) и нейните граници (горно X_g и долно X_d гранично отклонение). Използват се следните алгоритми за контрол:

- “годен” при $X > X_d$ или $X < X_g$ и “негоден” при $X < X_d$ или $X > X_g$ - двузоново сортиране;

- “годен” при $X_d < X < X_g$ и “негоден” при $X < X_d$ (брак -) и $X > X_g$ (брак +) - тризоново сортиране. Този алгоритъм се прилага, когато част от брака е поправим.

Прилага се и многозоново сортиране - групата “годни” се разделя на подгрупи, напр. при селективно сглобяване на търкалящи лагери.

Методите за контрол могат да се класифицират и според използването на химични, физични и биологични принципи и методи. Химичният количествен и качествен анализ дава информация за състава на материалите. Биологичните методи се използват за определяне на качеството на хранителни стоки. В промишлеността най-голям дял имат физичните принципи за контрол: електромагнитни, оптични, акустични, пневматични, изотопни и др.

Според броя на контролираните параметри контролът може да е еднопараметричен (едномерен) и многопараметричен (многомерен).

Според вида на контролирания параметър има контрол по количествен (измерим) и качествен (неизмерим, алтернативен) признак. При количествените параметри може да се контролира стойността (напр. размер) или колебанието (амплитудата - напр. биене, овалност).

3. ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА КОНТРОЛА.

3.1. Достоверност на контрола.

Основен показател за качеството на контрола е неговата достоверност. Тя отразява степента на обективност на резултатите от контрола. Достоверността на контрола се определя от грешките на контрола, които са случайни събития и зависят основно от грешките на контролните средства.

По определение достоверността D се дава като вероятност за правилно решение чрез риска на производителя α и риска на потребителя β - фиг. 5.3.:

$$D = 1 - \alpha - \beta$$

Рисковете α и β се определят като вероятности за неправилно бракуване на годни изделия и приемане на годни изделия за брак. Това се дължи на грешките на контрола (σ_k), които деформират разпределението на контролирания параметър от Y_p на Y .

За пресмятането на D трябва да са известни:

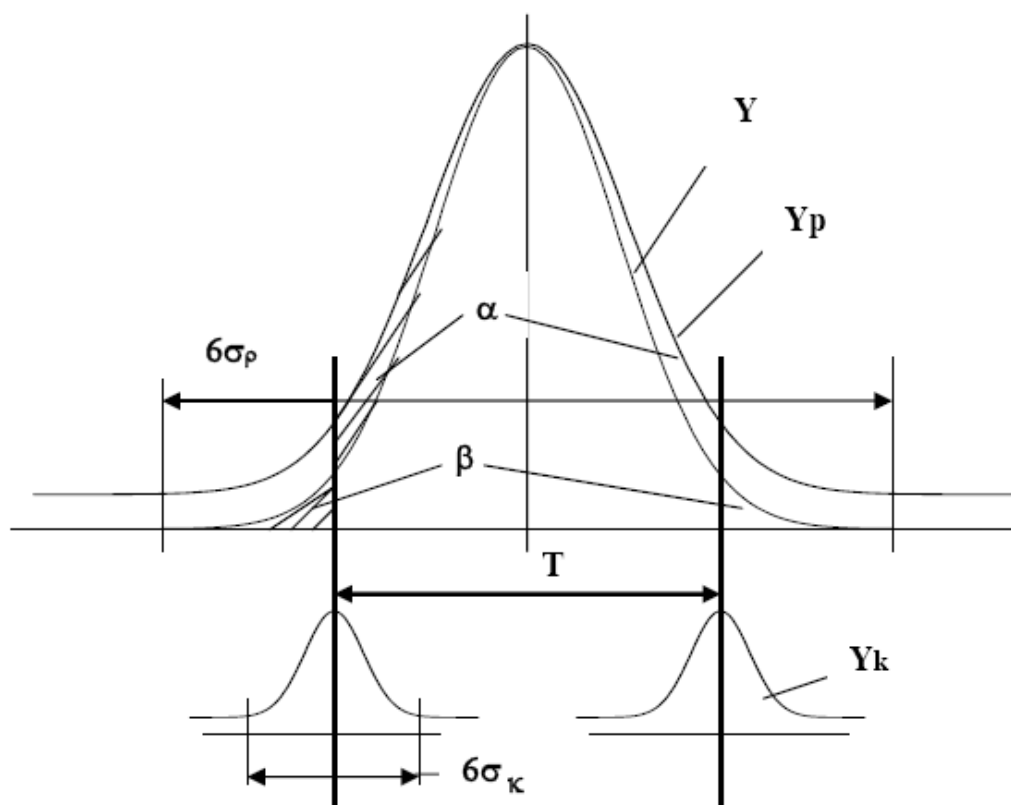
- разсейването на контролирания параметър (напр. чрез средноквадратичното отклонение σ_p);
- грешката на измервателното средство, респ. неопределеността на измерването (σ_k);
- допускателна грешка на контролирания параметър T .

Чрез тях еднозначно се определят α и β . Грешката на контрола е разширената неопределеност на измервателното средство ($6\sigma_k = 2U$) или грешката на задействане на контролните средства при сравняване с контролните граници. Препоръчват се следните съотношения между грешките

на контролноизмервателните средства (σ_k) и допуските в зависимост от степените на точност IT:

- IT 2-7 (σ_k/T) = 0,16 – 0,2;
- IT 8-9 (σ_k/T) = 0,12 – 0,15 ;
- IT ≥ 10 (σ_k/T) = 0,1.

Този подход се прилага за краен приемателен контрол на готовата продукция. Основните параметри на контрола - допуските, α и β , респ. достоверността - се договарят между производителя и потребителя.



Фиг. 3. Разпределения на контролирания параметър и на грешките на контрола.

3.2. Стабилност на контрола.

При изменение на стабилността на процеса, т.е. на σ_p (оценено чрез средноквадратичното отклонение s_p на извадка от изделия) или при промяна на точността на контролното средство (σ_k , респ. s_k) очевидно се променя и

достоверността на контрола D. За текущ контрол на процеса се използват методите на статистическия контрол на процесите (SPC). Периодично се правят извадки от готовата продукция и се определя s_p на процеса.

За да се осигури достоверността на контрола трябва да се контролира и изменението на s_k , т.е. стабилността на контролните средства. Такава процедура вече се прилага от редица водещи фирми като: Форд, Бош, Дженерал Мотърз и е стандартизирана за автомобилната промишленост като MSA (Measurement System Analysis) – анализ на измервателните системи.

Измервателният процес се разглежда като производствен процес, обработващ измервателни данни. Измервателната система, която реализира този процес включва операциите, процедурите, измервателните средства, еталоните и спомагателното оборудване, софтуера и оператора, т.е. всички фактори, от които зависи качеството на контрола. Целта на MSA е да оцени статистически възможностите на измервателната система, което означава - достоверността на контрола. Количествен показател за тази оценка е пълната (тоталната) вариация TV на измервателния процес. Другият важен показател е стабилността, т.е. запазване на \square достоверността във времето и/или при промяна на условията на контрол.

Методи за MSA

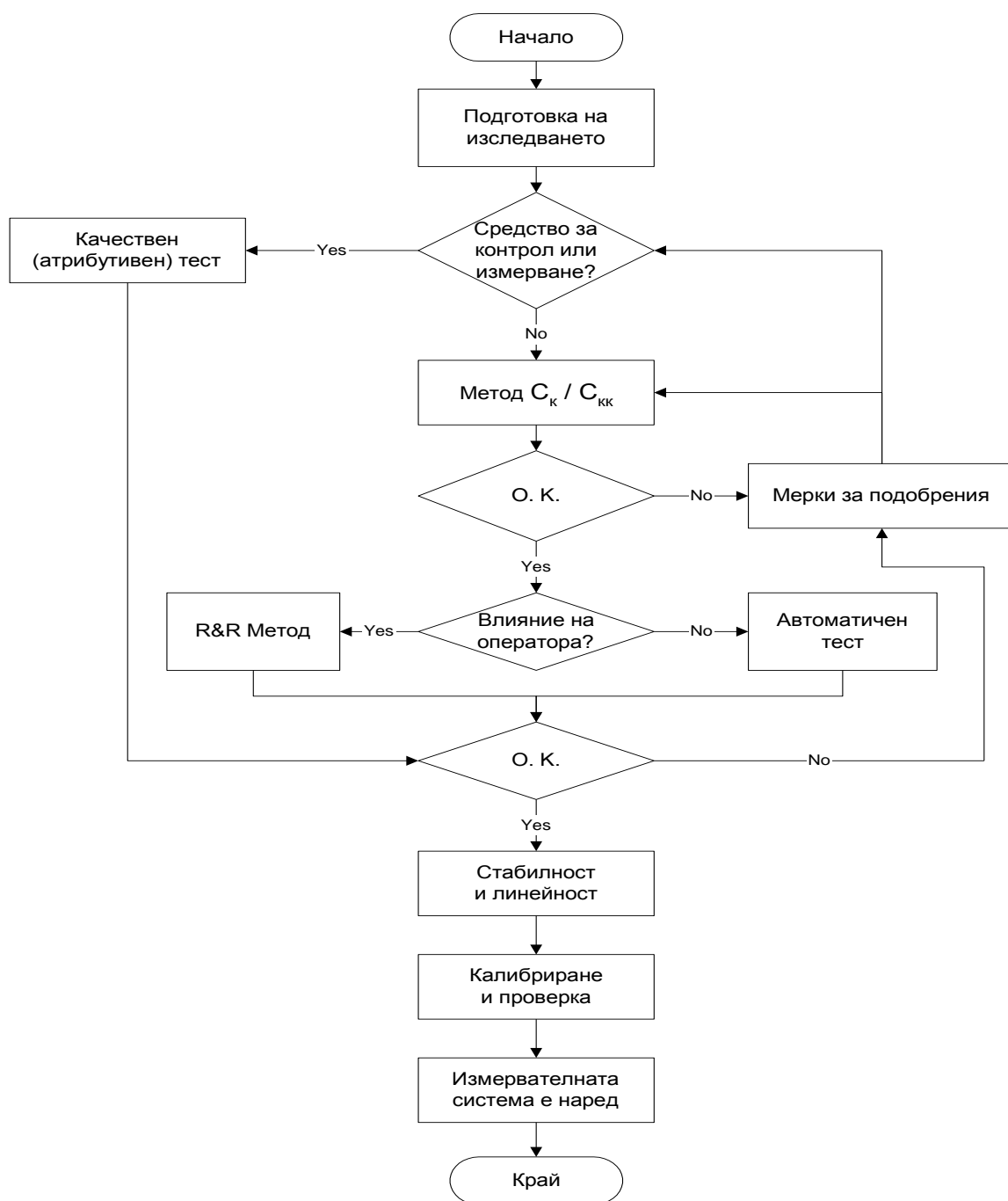
Прилагането на отделен метод зависи от вида на контрола – количествен или качествен (атрибутивен), ръчен или автоматичен, както и от условията, при които се провежда (статичен или динамичен режим, температура и др.). За избор на метод за оценка на измервателните системи може да се използва алгоритъмът представен на фиг.4.

Процедурата за провеждане на MSA включва следните етапи:

- 1) Вземане на извадка от контролираните изделия (напр. с обем $n=10$);
- 2) Измерване на отделните изделия от няколко (p) контрольора по няколко пъти;

3) Обработка на получените резултати и определяне на компонентите на пълната вариация.

4) Съпоставяне на резултата с допустимите стойности и оценка на измервателната система.



Фиг.4. Алгоритъм за избор на метод за MSA.

Основните компоненти на пълната вариация на измервателната система са:

- Отклонение;
- Повторяемост;
- Възпроизводимост;
- Стабилност;
- Линеиност.

Отклонението е разликата Δx между средната стойност на измерванията на параметър на едно изделие с едно измервателно средство и действителната стойност на параметъра. Този показател характеризира калибрирането на измервателното средство в съответната точка от обхвата.

Повторяемостта E_V (Repeatability) се определя от средноквадратичното отклонение на измерванията s_p и характеризира разсейването на измервателната система.

Възпроизводимостта A_V (Reproducibility) показва влиянието на контролора или друг външен фактор върху резултата от измерването.

Стабилността характеризира устойчивостта на измервателната система във времето и/или при промяна на условията на контрол. Определя се от изместването на средноаритметичната стойност след определено време.

Линеиността е мярка за непостоянството на отклонението в обхвата на контрол (напр. допусковото поле).

Методът C_k / C_{kk} е аналогичен на оценката на стабилността и настройката на процеса чрез коефициентите на потенциална възможност C_p и възможност C_{pk} . Методът е подходящ за процеси при които няма силно влияние на оператор – напр. при автоматичен контрол. На основата на многократно измерване на еталона за настройка се определя средноквадратичното отклонение на резултатите и по съответни формули [2] се изчисляват стойностите на коефициента на потенциална възможност C_k и възможност C_{kk} на измервателната система. Тези коефициенти трябва да са по-големи от 1 (някои фирми прилагат по-строги изисквания $C_k > 1,33$ и даже 1,66).

Показателите се определят чрез статистическите характеристики на процеса:

$$C_k = K(s_p / s_k)$$

$$C_{kk} = [\bar{X} - (X_a - 3Ks_p)] / 3s_k$$

където: \bar{X} е средноаритметичната стойност на измерванията на образца ;

X_a - атестираната стойност на образца;

s_p - средноквадратичното отклонение на контролирания параметър;

s_k - средноквадратичното отклонение на измерванията на образца.

K - планираното отношение (s_k/s_p).

Очевидно оценката на C_k ще зависи от обема на повторенията n .

Влиянието на обема n е показано в Таблица 2.

Таблица 2

C_k	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$
	Доверителен интервал при $\gamma = 0,95$		
1,2	0,93-1,66	0,98-1,45	1,05-1,39
1,4	1,09-1,94	1,15-1,69	1,22-1,62
1,6	1,25-2,22	1,32-1,93	1,39-1,85

Процесът на измерване се счита за стабилен, респ. измервателното средство – годно за употреба при изпълнение на условието $C_k > c_{кр}$, където $c_{кр}$ е критична стойност на C_k . Някои фирми (Форд) са приели за $c_{кр} = 1$, а при други (Ауди, БМВ, Даймлер-Крайслер) той е 1,33.

R&R методите с техните възможности и приложения са дадени в таблица 5.3.

ANOVA методът прилага планиран експеримент, чрез който се определя относителния дял на всеки фактор в пълната вариация на измервателния процес.

AIAG метода използва средноаритметичното отклонение и размаха за определяне на EV, AV и PV – компонент, отчитащ влиянието на контролирания обект.

WIV се прилага при амплитудни измервания (напр. биене). Освен посочените вече компоненти при него се отчита и WIV- компонента в пълната вариация.

Бързият метод се използва за експресна оценка на измервателните системи в цехови условия и при лош резултат се прилага някой от горните методи за подробен анализ.

Автоматичният тест се прилага при автоматизирани измервателни системи и оценката се базира на повторемостта.

Получените резултати от отделните оценки се нанасят на контролни карти. По този начин се следи стабилността на измервателните системи във времето и се прогнозира времето за последващи оценки.

При използването на измервателната система за измерване се оценява и линейността в измервателния обхват.

Таблица 3 R&R методи за MSA

Метод	Възможности и приложения	Недостатъци
ANOVA	Анализ и идентифициране на компонентите EV, AV, PV, пълната вариация TV и на взаимодействия между тях.	Изисква сложни изчисления.
AIAG	Чрез средноаритметичната стойност и размаха се определят компонентите на TV и % им в пълната вариация. Показва посоката на подобрения в измервателната система.	Не показва взаимодействия между компонентите.
WIV	Идентифицира и влиянието на условията на контрол (напр. при въртене на измервания обект) чрез допълнителна WIV компонента.	Като при AIAG
Бърз метод	За бърза оценка на измервателните средства в цехови условия.	Не идентифицира компонентите EV и AV
Автоматичен тест	За оценка на автоматични системи за контрол (напр. контролни автомати), при които липсва влияние на оператор.	Оценката е само чрез EV

За да се оцени влиянието на различните условия на контрол, напр. на различни контрольори, върху резултатите от контрола се провежда изследване върху извадка от изделия с обем **n**. Извадката се контролира от няколко контрольора. От получените резултати се определят показателите “повторяемост” - EV (Equipment Variation) и “възпроизводимост” - AV (Appraiser Variation):

$$EV = k\bar{R}$$

$$AV = \sqrt{(k_k \bar{X})^2 - (EV)^2 / nr}$$

където: \bar{X} и \bar{R} са съответно средната стойност на разликите и на размаха, k е коефициент, отчитащ броя на повтарящите се измервания, напр. при две измервания и вероятност $P = 99\%$ $k = 4,56$; k_k - коефициент отчитащ броя на контрольорите - при трима $k_k = 2,7$ ($P = 99\%$); r - общ брой на измерванията върху едно изделие.

В други източници показателите EV и AV се означават като R&R - Repeatability & Reproducibility и съответно методиката - Gage R&R.

Сумарното влияние на EV и AV се отчита чрез обобщен показател S_G на контролното средство, който се дава с израза:

$$S_G = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

Състоянието на контролноизмервателните средства се оценява като при:

$S_G \leq 20\%$ - средството е годно за употреба;

$20\% \leq S_G \leq 30\%$ - средството е “условно” годно;

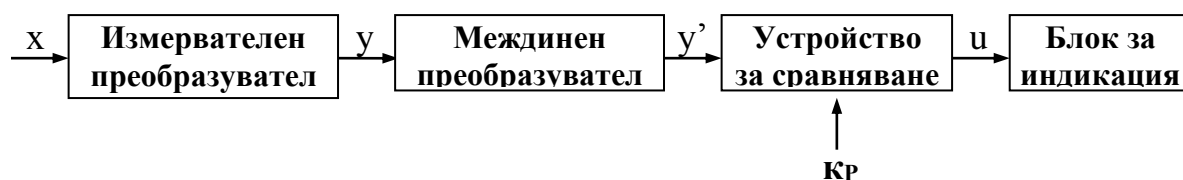
$S_G > 30\%$ - средството е негодно (следва диагностика, ремонт, калибриране).

Резултатите от тези проверки могат да се нанасят върху контролни карти по аналогия с SPC на процесите и по тях да се следи текущото състояние на контролните средства и да се прогнозира времето за проверка и калибриране.

4. Контролноизмервателни средства.

Контролноизмервателното средство е измервателна информационна система, представляваща съвкупност от функционално обединени измервателни и спомагателни технически средства за получаване на измервателна информация, нейното преобразуване и обработване за осъществяване на логическите функции на контрола.

Основни градивни елементи на контролноизмервателното средство са: измервателен преобразувател, междинен преобразувател, устройство за сравняване с критерий k_p и блок за индикация и формиране на командни сигнали (фиг.5).



Фиг. 5. Структурна схема на контролноизмервателно средство.

Измервателният преобразувател е средство за измерване, което осигурява на изхода величина, която има определена функционална връзка с величината на входа. Измервателният преобразувател, към който се подава измерваната величина се нарича първичен измервателен преобразувател. Той осъществява възприемането на информацията за контролираната величина и я преобразува в друг вид величина, по-удобна за предаването, обработването и съхраняването и. Разполага се непосредствено върху контролирания обект или в зоната на влиянието му.

За преобразуването се използват различни физични явления или ефекти, като носители на информация. Използват се главно електросъпротивителен, електромагнитен, галваномагнитен, електростатичен, електрохимичен, фотоелектрически, пневматичен, акустичен, резонансен и др. физични принципи на преобразуване (вж.гл....).

Често възниква необходимост от усиляване на сигнала, получен от измервателния преобразувател. За тази цел се използва **междинен (машабен) преобразувател**, който преобразува величината на неговия вход във величина от същия вид, но с друга големина. В други случаи се налага вторично преобразуване на този сигнал от един вид в друг.

Измервателните и междинните преобразуватели са най-често от аналогов тип и за тях са валидни характеристиките на универсалните измервателните средства. Тези характеристики се използват и за контролноизмервателните средства, когато с тях се извършват измервания.

За осъществяване на логическите функции на контрола се използват **сравняващи устройства**. Те сравняват две величини (преобразуваната контролирана величина y' и зададеният критерий k_p - напр. контролна граница) и формират дискретен изходен сигнал u в зависимост от резултата на сравнение.

Най-често в сравняващите устройства се използват елементи на електрониката - прагови устройства от типа на тригери, които изменят скокообразно своето състояние при равенство на y' и k_p .

Блокът за индикация може да има аналогово и/или дискретно показващо устройство. В зависимост от състоянието на контролирания параметър дискретното показващо устройство осигурява светлинна (понякога и звукова) индикация и дискретни електрически изходни сигнали за сортиране в групи и за управление на технологичния процес. Аналоговото показващо устройство осигурява индикация за измерване и настройка, както и изходен аналогов или цифров сигнал за връзка с други устройства, напр. за регистрация на информацията, за статистическото обработване и др.

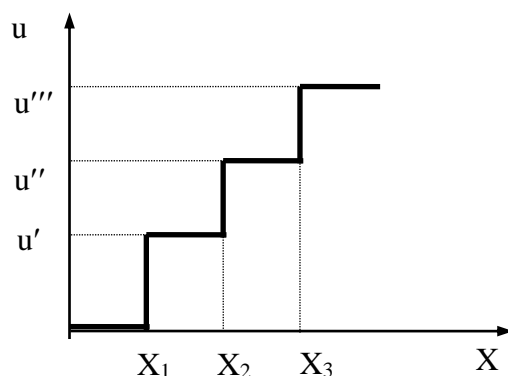
Основните метрологични характеристики на контролно-измервателните средства са: предавателната характеристика, чувствителността, измервателният обхват и грешките.

Предавателна характеристика е функционалната зависимост между изходната и входната величина при определени условия. При статичен режим

на работа (пренебрежимо малка скорост на изменение на входната величина във времето) тази характеристика се нарича статична характеристика и има вида $y = f(x)$. Тя може да бъде линейна или нелинейна, аналогова или дискретна.

Средствата, които се използват само за измерване са без сравняващо устройство и обикновено имат аналогова линейна предавателна характеристика. Когато средството се използва за контрол то има дискретна предавателна характеристика (фиг.6).

При изменение на входната величина от нула до x_1 , изходният сигнал не се променя, т.е. средството не реагира. Когато стойността на входната величина достигне x_1 , изходният сигнал нараства на u' и се запазва на тази стойност докато $x_1 \leq x < x_2$. При $x = x_2$ отново настъпва изменение на изходния сигнал до стойност u'' и т.н. За индикация на дискретните стойности u се използват светлинни и/или звукови сигнали.



Фиг. 6. Предавателна характеристика на средство за контрол.

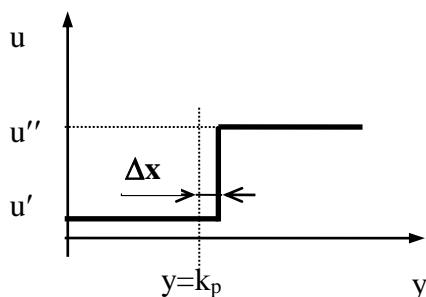
Точността на контролноизмервателните средства се определя в зависимост от тяхното предназначение. Когато средствата се използват за измерване точността им се определя по методиката от т.

При използване на средствата за контрол се налага друг подход при определяне на точността, респ. на грешките. Наличието на сравняващи устройства и дискретен изходен резултат (напр. светлинен сигнал за годност) променя структурата и стойностите на грешките. Например, грешката от нелинейност не влияе върху резултата от контрола.

Основните грешки, характеризиращи точността на средствата за контрол са грешката на действие, грешката на настройка, грешката на обратен ход и изместването на настройката.

Грешката на действие Δ_3 се изразява с разсейването на стойностите на входната величина, предизвикали една и съща стойност на изходната величина (напр. червен светлинен сигнал - брак).

На практика, вследствие на редица причини като например хлабини в подвижните части на предавателната верига на контролноизмервателното средство, изменение на характеристиките на силите на триене в подвижните части, нестабилност на параметрите на захранване и др., изходният сигнал на сравняващото устройство изменя своята стойност от u' на u'' не в момента когато $y = k_p$, а при известна тяхна разлика (фиг.7), което предизвиква появата на грешка Δ_x .

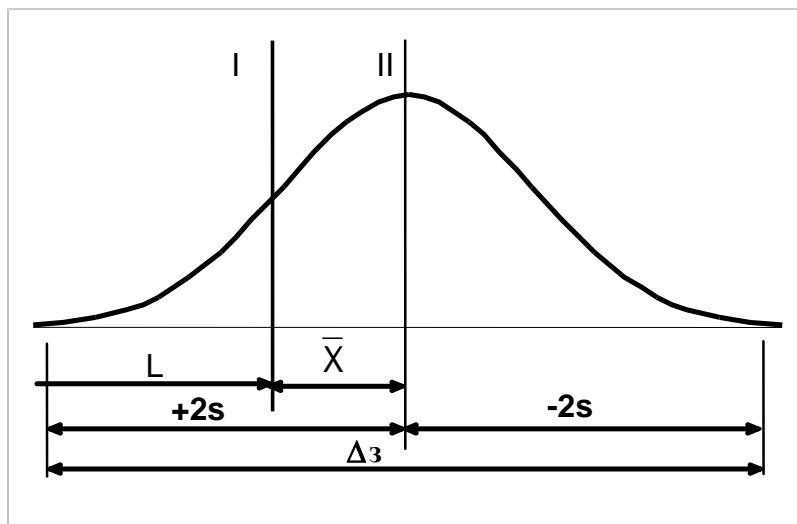


Фиг.7. Формиране на дискретен сигнал.

Факторите, от които зависи грешката на действие са най-често независими случайни величини, т.е. тази грешка има случаен характер. При многократно действие тя може да се определи чрез средноквадратичното отклонение s_3 на Δx_i - отклоненията на x от предварително настроената стойност L , която трябва да индицира контролноизмервателното средство, т.е. отклоненията от линията на настройка I (фиг.8):

$$s_3 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \bar{X})^2},$$

където: n е броят на задействията; $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i$ - средноаритметичната стойност на Δx_i , определяща положението на центъра II на групиране на изходните сигнали.



Фиг.8. Грешка на задействие

Грешката на задействие е $\Delta_z = \pm 2s_z$ (при доверителна вероятност 95%).

Грешката на настройка се характеризира с изместване на центъра на групиране на случайните отклонения Δx_i (линия II) спрямо линията на настройка I, т.е. $\Delta_H = \bar{X}$ (фиг.5.8). Тази грешка при еднократна настройка съдържа както систематична, така и случайна съставляващи. Систематичната съставляваща се дължи предимно на метрологичните и конструктивни особености на контролноизмервателното средство. Основен дял в случайната съставляваща се пада на оператора, извършващ настройката.

Сумарната гранична грешка, включваща грешките на задействие и на настройка, може да се определи, използвайки правилото за сумиране на независими случайни величини:

$$\Delta_{\text{lim}} = \pm \bar{X} \pm 2s.$$

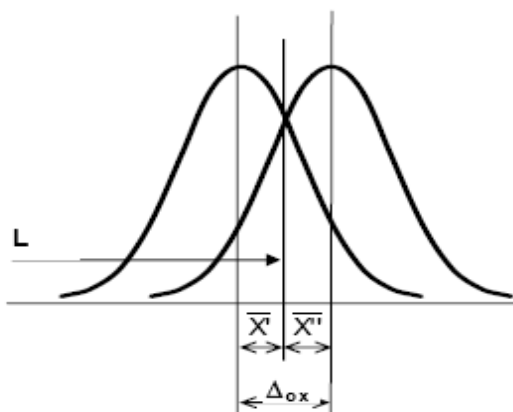
В процеса на работа на контролноизмервателното средство, вследствие на редица причини от конструктивен и технологичен характер се наблюдава изместване на настройката във времето.

Грешката от изместването на настройката $\Delta_{ин}$ се определя от разликата между центровете на групиране при начална настройка \bar{X} и след определен (най-често 25000) брой задействания \bar{X}^* .

$$\Delta_{ин} = \left| \bar{X} - \bar{X}^* \right|$$

Грешката от изместването на настройката е важен експлоатационен показател. Колкото тя е по-малка, се налага по-рядко поднастройване на контролноизмервателното средство.

Грешката на "обратен ход" се дефинира като разстояние между центровете на групиране на отклоненията при многократно задействане на контролното средство чрез двупосочно изменение на стойността на входната величина спрямо стойността му при настройка L (фиг. 5.9):



Фиг.9. Грешка на обратен ход.

$$\Delta_{ох} = \left| \bar{X}' - \bar{X}'' \right|,$$

където \bar{X}' е средноаритметичната стойност на отклоненията при увеличаване на стойността на входната (контролираната) величина, а \bar{X}'' - средноаритметичната стойност на отклоненията при нейното намаляване.

6. Системи за контрол. Обобщена блокова схема. Видове.

На фиг.10 са дадени основните видове и групи контролно-измервателни средства, техните основни елементи и модули, както и спомагателните елементи за тяхното използване в контрола и метрологичната практика.



Фиг.10. Видове контролноизмервателни средства.

Еталоните, мерките и калибрите са средства за съхраняване и възпроизвеждане на единиците и определени стойности на контролираните величини. В тази група могат да се добавят и атестираните образци за настройка на контролноизмервателните средства.

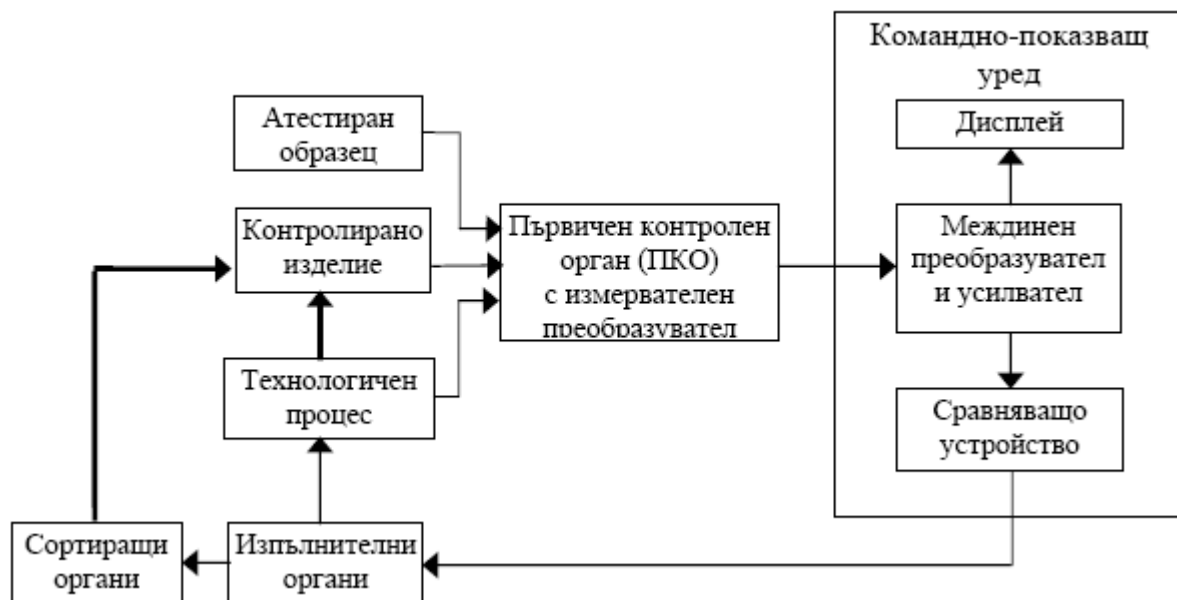
Контролноизмервателните уреди са предназначени за контрол на една величина - например уреди за маса, линейни размери, налягане и т.н. Според вида на изходния сигнал уредите се разделят на аналогови и цифрови (дискретни).

Контролните станции и стендовете са съоръжения за краен контрол и изпитване на готови изделия, най-често с повече контролирани параметри.

Системите за контрол (СК) са сложна техническа структура от контролноизмервателни, спомагателни, транспортиращи, компютърни и др.

средства, чиято основна функция е осигуряване на зададено ниво на качеството на продукта.

В СК винаги се осъществява обратна връзка по отношение на контролирания обект. Това е илюстрирано на фиг.11, на която е показана обобщена блокова схема на СК.



Фиг.11. Обобщена блокова схема на система за контрол.

Класификацията на СК се извършва според:

- метода на измерване;
- въздействието върху обекта и процеса за формирането му;
- функция, предназначение (за вид технологичен процес) и специфика на обекта (напр. с прекъсната повърхнина);
- участие на оператор (степен на автоматизация).

В зависимост от метода на измерване СК се основават на прякия или косвения метод, относителния или абсолютния метод. При **прякия метод** се контролира директно параметър на изделие или процес. **Косвен метод** се прилага само когато технически е трудно да се реализира пряк контрол или при занижени изисквания по отношение на точност.

По-голямата част от измерванията в СК се осъществяват по **относителния метод**. Това се дължи на опростяване на модулите ПКО и

командно-показващ уред (КПУ). Този метод е оправдан икономически само за серийно и масово производство. При малки серии се предпочита **абсолютния метод**. Системите за абсолютни измервания, макар и значително по-сложни и скъпи, навлизат все по-масово поради съкратеното време за настройка и изискванията за работа съвместно с машини и системи с цифрова обработка на информацията.

Основен признак за СК е характерът на въздействие върху технологичния процес и контролираното изделие.

Системите за контрол на готовите изделия се наричат **системи за пасивен контрол** (СПК). Те осъществяват сортиране на изделията според алгоритъма за контрол след тяхното производство, т.е. констатиране и регистриране на качеството без пряко въздействие върху производствения процес. Това е първата исторически възникнала форма на контрол, която въпреки своето несъответствие със съвременните тенденции намира широко приложение в практиката.

Системите за активен контрол (САК) контролират изделията и технологичния процес и използват получената информация за управление на процеса, респ. на качеството. Това е най-прогресивната форма на контрол, която има превантивен характер и чрез управляващата функция на контрола го прави неразделна част от технологичния процес. САК трябва да се разглеждат в единство с технологичния процес, за да се реши комплексно (технологично и метрологично) проблемът с качеството.

Според участието на човека в СК те биват не автоматизирани и автоматизирани. Не автоматизираните системи за контрол се срещат вече рядко. При тях се използват измервателни средства без сравняващ модул и тази функция се изпълнява от човека. Автоматизираните системи за контрол се развиват непрекъснато в синхрон с общата тенденция за автоматизация на производствените и управленски процеси. Те вече са важен неразделен елемент на съвременните компютърно интегрирани производства (CIM - Computer Integrated Manufacturing) и са известни като CAQ (Computer Aided Quality) -

“системи за компютърно осигуряване на качеството”. CAQ е система, в която се събират, обработват, анализират, съхраняват и управляват данните за качеството и чрез която информацията се представя в подходящ за възприемане вид (таблицы, графики) и се използва за управление на производствените процеси.

Системи за пасивен контрол.

СПК в машиностроенето се прилагат за контрол на геометрични (линейни е ъглови размери, отклонения на формата и разположението на повърхнини и др.), физикомеханични (твърдост, деформация, маса), електрически и др. параметри на качеството на изделията.

Като част от технологичния процес СПК трябва да съответстват на вида и степента на неговата автоматизация. За контрол при единично и дребно серийно производство в конвенционални технологични процеси с ниска степен на автоматизация най-често се използват калибрите и контролните приспособления (КП). При едросерийни и масови производства с автоматични технологични линии (АТЛ), които имат висока производителност и степен на автоматизация се прилагат предимно контролно-сортировъчните автомати (КСА). За гъвкавите автоматизирани производства се използват предимно координатни измервателни машини (КИМ), които притежават съответстваща универсалност и степен на автоматизация.

Системи за активен контрол.

Когато изделието се контролира по време на обработването САК е *система за непосредствен активен контрол (СНАК)*. Поради съвместяването на контрола с технологичния процес условията, при които се провежда контрола не винаги са “комфортни” и това понижава точността и качеството му. *Системите за автоматично поднастройване (САП)* коригират настройката на процеса след контролиране на едно или няколко обработени изделия. Освен за управление на процеса, резултатите от контрола се използват

и за сортиране на готовите изделия. За повишаване на точността на контрола се използват **комбинираните системи за активен контрол (КСАК)**, които представляват комбинация на СНАК и САП, като поднастройката се извършва за СНАК и по този начин се компенсират голяма част от нейните грешки. КСАК съчетават функции, средства и предимства на пасивния и активния контрол. Тяхното приложение е оправдано при високи изисквания по отношение на точност, когато само СНАК или САП не могат да ги удовлетворят.

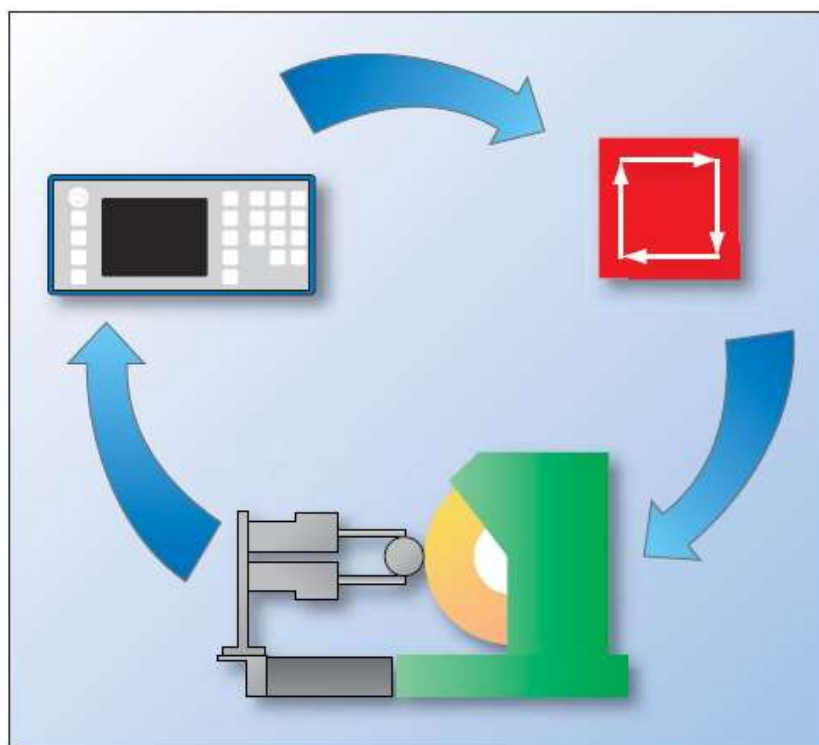
Повечето от системите за пасивен и активен контрол работят по твърда програма. Системата се задейства при съгласуване на стойността на контролирания параметър с предварително зададени стойности и реакцията е еднозначно определена. Това в редица случаи е недостатъчно. За да се получи оптимален резултат е необходимо да се изменят характера, величината и знака на въздействие в зависимост от изменение на вътрешните и външните условия на технологичния процес, т.е. да се работи по гъвкава програма. Този начин на действие имат **адаптивните системи за контрол (АСК)**. При тези системи се използва информация за изходните условия, напр. размер на заготовка, текущото състояние на контролираното изделие и технологичния процес по време на производството и на тази основа се формира управляващо въздействие. То може да се изразява в коригиране на параметрите на процеса, изменение на програмата и др.

Контролно-блокиращите устройства (КБУ) имат опростена структура и функции, например сигнализиране за неизправност, спиране на процеса, отстраняване на негодни заготовки и др., т.е. те осигуряват правилното протичане на технологичните процеси. Те се използват най-често при автоматизирани процеси - автоматични технологични линии и гъвкави комплекси, като се поставят в “тесните” места на процеса. Чрез тях се реализира принципа “Рока - Yoke” за предотвратяване на грешки и дефекти, но докато той е разработен главно за фазата на монтажа, КБУ го реализират на етап производство.

Системи за непосредствен активен контрол.

Системите за непосредствен активен контрол (СНАК) намират най-голямо приложение при довършителните технологични процеси в машиностроенето (шлифване, хонинговане), при които се формира крайното качество на детайлите по отношение на геометричните показатели. Тяхната основна функция е управление на процеса по резултатите от контрола на обработвания детайл (фиг. 5.23). По този начин се управлява качеството по време на самия процес и контролът има превантивни функции по отношение на брака. Най-често управлението се реализира по твърда програма. При съгласуване на текущата стойност на контролирания параметър с предварително зададени стойности СНАК формира и изпраща управляващ сигнал към изпълнителните органи, напр. за смяна на режима или за прекратяване на обработката.

Информация за контролирания обект може да се получи освен от него (пряк метод) и от обработващата машина (косвен метод). Оптимален е прекият метод поради максимално компенсиране на технологичните грешки - износване на режещия инструмент, топлинни и силови деформации на машината и инструмента и частично силовите деформации на детайла. При косвените методи могат да се компенсират само някои от тези грешки.



Фиг.12. Принципна схема на СНАК.

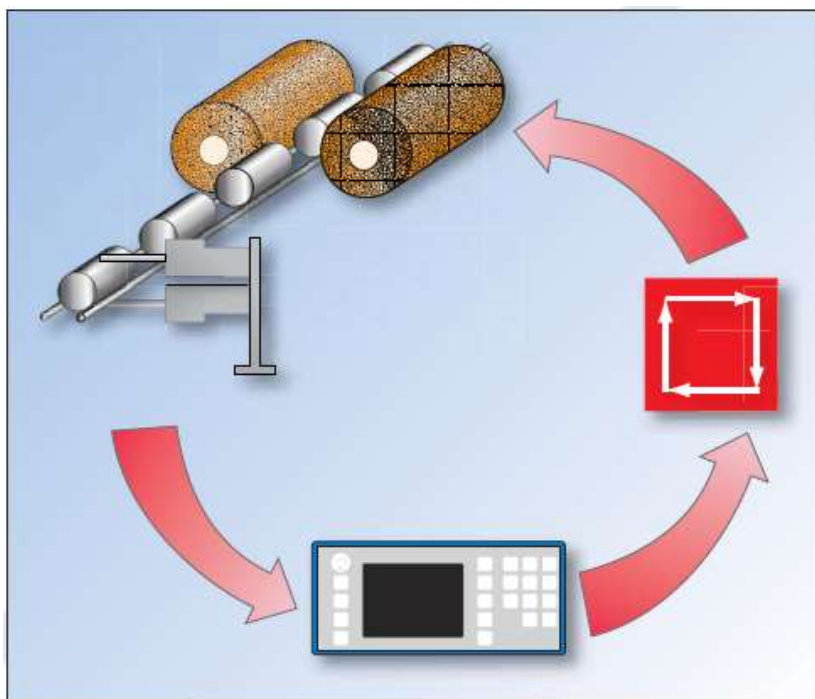
СНАК могат да намалят съществено разсейването на параметрите на изделията. Основен проблем при тях е силното влияние на условията при които работят. Това е причина за невисоката точност на контрола с тях.

Видът на технологичния процес и обработваното изделие, както и методът на измерване не оказват съществено влияние върху структурата на СНАК, само върху отделни нейни модули. Най-съществено е влиянието върху ПКО и отчасти върху КПУ. Ето защо в разглежданите примери ще бъде акцентирано предимно върху особеностите, структурата и функциите на ПКО.

Системи за автоматично поднастройване

При технологични процеси, при които е технически затруднено използването на СНАК (безцентрово шлифване, струговане) се прилагат системи за автоматичното поднастройване (САП). При този вид активен контрол изделието се контролира след неговото обработване и при достигане на контролни стойности на контролирания параметър се осъществява поднастройка на машината (процеса). По този начин се компенсира в определена степен систематичната част на грешката при обработване. Освен за

управление на процеса, резултатите от контрола се използват и за сортиране на готовите изделия, т.е. съчетават се функциите на активния и пасивния контрол.



Фиг.13. Принципна схема на САП.

Точността на автоматичното поднастройване зависи освен от точността на контролните средства и от начина на формиране на сигнала за поднастройка. Най-често се използва статистически параметър на “пълзяща извадка” с обем 3-8 изделия (всяка следваща извадка се формира като се изключва първото изделие и се включва последното обработено изделие) - средно аритметично или медиана.