

# **1. ПРИЧИНИ ЗА ИЗУЧУВАЊЕ НА ПРОЦЕСОТ НА КОНСТРУИРАЊЕ**

## **1.1. Вовед**

Луѓето конструираат машини веќе 5000 години, почнувајќи од едноставното грнчарско тркало па се до денешните сложени производи и средства за транспорт. Секој производ е резултат на долг и често пати макотрпен процес на конструирање. Независно дали се работи за конструирање на преносник, топлински изменувач, авион или брава за врата, постојат одредени постапки кои се користат за време на конструирањето со цел да се постигнат посакуваните резултати. Во продолжение ќе се изучуваат општите постапки кои може да се применат при конструирање на сите видови машински производи. Во ова поглавие се изучува токму процесот на конструирањето.

**Потребата од нови, поквалитетни и поекономични производи е постојана.** Повеќето денешни производи се релативно сложени и за да се совлада патот од идеја до производ потребен е тим од повеќе луѓе од различни специјалности. Глобалниот пазар бара се побрз развој на нови производи. За да бидат конкурентни на ваквиот пазар, компаниите мора да бидат прилично успешни во конструирањето на своите производи. Освен тоа, една од причините за изучување на процесот на конструирањето е и тоа што е проценето дека 85% од проблемите кај новите производи, кои не работат како што треба, или чинат премногу, се резултат на лош процес на конструирање.

**Единствен начин за да се научи конструирањето е да се конструира. Во процесот на конструирањето конструкторот користи три вида знаење: знаење за создавање идеи, знаење за да се оценат идеите и знаење за да се организира процесот на конструирањето.** Процесот на конструирање, при кој како резултат се добива квалитетен производ, може да се научи, ако се има доволна способност и искуство за генерирање идеи и доволно искуство и пракса за оценување на идеите. Процесот на конструирање треба да се изучува и во академска средина и во средина која е соодветна на индустриската околина.

## **1.2. Оценување на процесот на конструирањето пеку трошоците, квалитетот и времето за производство**

**Ефективноста на процесот на конструирањето се мери со три параметри: цена, квалитет и време.** Независно дали се конструира цел систем или мал потсклоп од поголем производ, купувачот и менаџментот на претпријатието секогаш бараат поевтино, подобро и побрзо.

**За повеќето производи, трошоците за конструирање се обично мали во однос на трошоците за изработка.** На пример, за автомобил марка Ford, трошоците за

конструирање претставуваат само 5% од трошоците за изработка на еден автомобил (производство, без дистрибуција и продажба).

**Квалитетот на конструкцијата има големо влијание врз трошоците за производство.** На студијата на повеќе апарати за кафе е установено дека апаратите со неквалитетна конструкција се два пати поскапи за производство од оние со добра конструкција. Освен тоа, изборот на неефективни процеси на изработка исто така ја поскапува цената на производство за приближно два пати. Различни студии даваат податоци за влијанието на процесот на конструирањето врз 50% до 85% од вкупната цена на производот.

Иако трошоците за конструирање се мали во однос на трошоците за производство, одлуките донесени во текот на процесот на конструирањето имаат големо влијание врз цената на производот. Одлуките во процесот на конструирањето директно влијаат на изборот на материјали, набавките, сложеноста на обликот на деловите, трошоците на производство, продажбата на готовите производи и повратот на вложените средства.

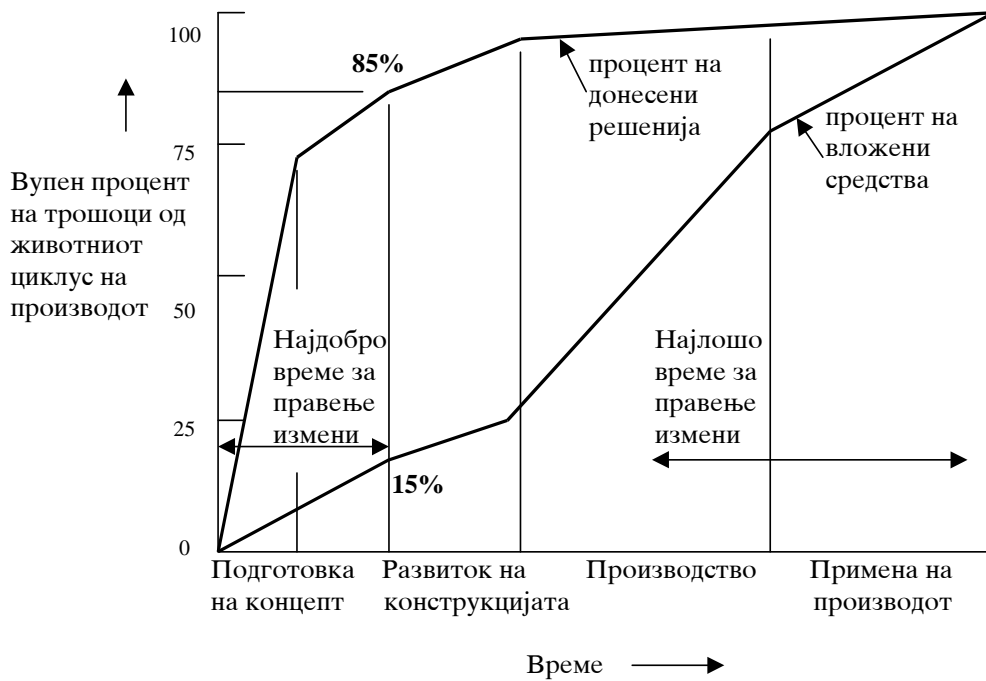
Од дијаграмот на сл. 1.1 се гледа дека во првите 10% од времето утрошено за развиток на производот се донесуваат одлуки за 85% од потребните инвестициони и други трошоци. За овој кус период време се трошат само 15% од предвидените фондови. Со други зборови, **највлијателните одлуки сврзани за трошоците на воведувањето на производот се донесуваат во најраните фази на развитокот на производот.**

Друг начин на кој може да се анализира дијаграмот од сл. 1.1 е преку проценка на цената на измените за време на три фази на развитокот на производот: конструирање, проектирање на процесите за изработка и самото производство. Ако цената на измените во фазата на конструирањето чини една единица, цената на измените во наредните етапи е 10 пати поголема. Промената која се прави кога производот веќе почнал да се произведува чини 100 пати повеќе отколку ако истата промена била направена во фазата на конструирањето на производот.

Најдобро време за правење промени е во раните фази на процесот на конструирањето, додека трошоците се сведуваат на инженерско време и работа. Ако се прават промени откако производот почнал да се произведува, тогаш трошоците се многу поголеми, а може да се јави и потреба од повлекување од пазарот на веќе дистрибуиран производ.

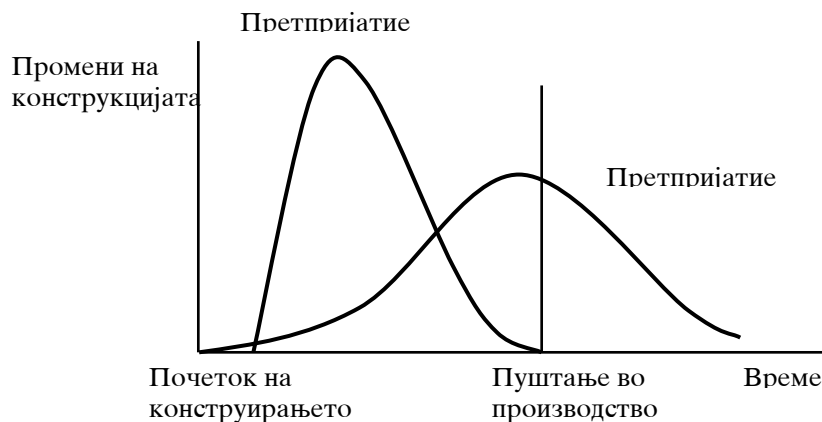
Резултатите од процесот на конструирањето имаат големо влијание и на квалитетот на производот. **Квалитетот се вградува при конструирањето на производот.** Одлуките донесени во процесот на конструирањето го одредуваат квалитетот на производот во однос на исполнување на барањата на купувачите.

За критериумите за оценка на квалитетот ќе стане збор подоцна, а како пример за влијание на квалитетот врз трошоците може да се разгледа друг пример од Хегох каде се разгледува бројот на компоненти кои не успеваат да се монтираат и паѓаат од монтажната линија. Во компанијата се користеле потребните контроли на деловите, но сепак поради конструктивни причини било установено дека Хегох имал 30 пати повеќе испаѓања на деловите од монтажната линија отколку неговите конкуренти во Јапонија во 1981, кај кои се јавувало 1 испаѓање на 1000 успешни операции. Со измени во процесот на конструирањето постепено до 1990 Хегох успеал да ја оствари целта да се намали бројот на испаѓања при монтажата на 0.125 на 1000.



Сл.1.1. Кумулативни трошоци на животноот циклус на производот во различни фази на реализацијата на производот

Процесот на конструирање влијае и на времето за производство. На сл. 1.2 се прикажани два дијаграма за компанија А и компанија Б кои се разликуваат според бројот и времето на вршење на измени на конструкцијата. Кај компанијата А се прават многу измени на конструкцијата и тие се случуваат порано во текот на процесот на конструирањето, што значи рано отфрлање на слабите решенија и чести промени заради подобрувања. Кај компанијата Б промените не се вршат толку често и се вршат во тек на подолг временски период, дури и по отпочнување со производство.



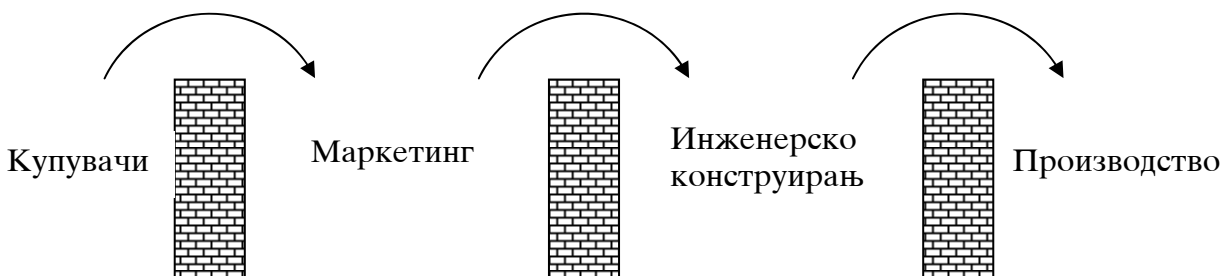
Сл. 1.2. Инженерски измени за време на развој на автомобил

Кривите всушност одговараат на филозофијата на јапонските и американските компании за производство на автомобили во почетокот на 80-тите. За да извадат нов модел на возило, на американските компании им биле потребни околу пет години, додека на јапонските компании им биле потребни 3.5 години и произведените автомобили биле подобри. Како резултат на побарувачката за посовремени и поекономични јапонски автомобили, американскиот пазар бил преплавен со автомобили увезани од Јапонија. Американските производители на автомобили подоцна ги презеле потребните чекори за да го зголемат квалитетот на своите автомобили.

### 1.3. Историјат на процесот на конструирањето

**Начинот на кој се произведуваат производите во светот е многу изменет во задните петнаесет години.** Процесот на конструирање веќе не се смета за посебен дел од развојот на производот, туку при конструирањето мора да се предвидат и постапките и трошоците за изработка и одржување на производот во текот на целиот животен циклус. Применети се низа методи за подобрување на процесот на конструирањето и изработката на производите. Такви методи се: симултано инженерство, конкурентно инженерство, конструирање за производство, конструирање за заштита на животната средина, конструирање за пакување и складиштење и др.

Во минатото еден човек можел да конструира и изработи цел производ. Дури и поголемите производи, како што е брод, можеле да бидат конструирани целосно од еден човек. Кон средината на дваесетиот век производите и производните процеси станале толку сложени што еден човек веќе не можел да има доволно знаења или време за да ги разработи сите аспекти на производ кој постојано еволуира. Се издвоиле групи на луѓе со посебни одговорности, како: маркетинг, конструирање, производство и менаџмент. Ваквата еволуција довела до **секвенцијален процес на конструирање** кој се нарекува уште **пристап "преку ѕид"**.



Сл. 1.3. Пристап 'преку ѕид'

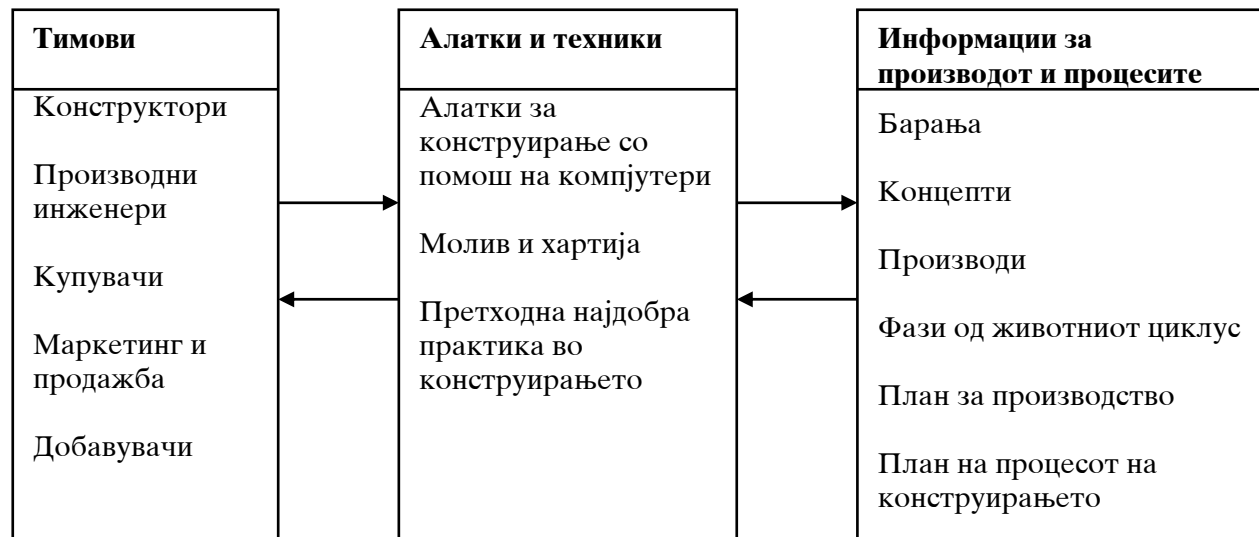
Структурата на пристапот преку ѕид е прикажана на сл. 1.3. При ваквиот пристап, процесот на конструирањето е одвоен од другите функции на развој на производот. Всушност, луѓето од маркетингот ги пренесуваат барањата на пазарот на конструкторите во вид на пишани или усни барања. Комуникацијата е претежно

еднонасочна. Инженерите ги интерпретираат барањата од маркетингот, развиваат концепти и го разработуваат најдобриот концепт до работилнички и склопни цртежи. Овие информации се префрлаат во производство. Луѓето од производството притоа ја интерпретираат доставената документација и го изработуваат она што мислат дека конструкторите го бараат. За несреќа, при ваквиот пристап, она што ќе се произведе на крајот од процесот често пати не е она што го мислеле купувачите. Ваквиот процес има низа слабости и остава многу простор за погрешни интерпретации. Освен тоа, не постои можност за оптимизација на изборот на материјалите и процесите на производство.

Во 1980-тите се појави пристапот наречен "симултано инженерство". **Филозофијата на симултаното инженерство е да се овозможи симултан (истовремен) развој на производот и процесите за негово производство.** Сумултаното инженерство се имплементира со поставување на луѓе од производството како членови на конструкторскиот тим, така што тие можат да влијаат за да се добие производ кој е попогоден за изработка.

Наскоро потоа филозофијата на симултано инженерство е проширена и е наречена **конкурентно инженерство** или **интегрален развој на производи и процеси.** Иако сите три темини имаат слично значење, со новите термини се означува нов посеопфатен пристап во развојот на производите.

Филозофијата на конкурентното инженерство е прикажана на сл. 1.4. **Кај конкурентното инженерство, тежиштето е ставено врз интегрирање на тимови од луѓе кои се заинтересирани за успехот на производот, конструкторските алатки и техники, и информациите за производот и процесите за негов развој и производство.** Инволвирањето на повеќе луѓе со различни специјалности овозможува да се земе предвид целокупниот животен циклус на производот. Како битен сегмент на целокупниот процес се истакнуваат информациите кои се разменуваат, не само во вид на цртежи, туку и како скици, забелешки и заклучоци од состаноци, производни планови и друго.



Сл. 1.4. Конкурентно инженерство

Алатките и постапките овозможуваат полесен достап на членовите на тимот до информациите. Многу од алатките се базирани на примената на компјутерите, но добар дел од информациите може да се состојат и од рачно изработени скици. Важен аспект на конкурентното инженерство е грижата за развојот на производот и истовременото на придружните процеси. Притоа, за најважни придружни процеси се сметаат: процесот на развој на производот и процесот на изработка.

Севкупна цел на потесното здружување на конструирањето и проектирањето на производството е од концептот на производот постепено да се дојде до производ погоден за изработка, продажба и кој носи профит. Некои од методите за постигнување на оваа цел се дадени во табела 3.1.

Треба да се избегнува секоја од следните работи: 1) технологија која не ги исполнува главните барања на купувачот; 2) непочитување на мислењето на купувачот; 3) прифаќање нови концепти кои не се доволно испитани; 4) воведување производи кои се нови и различни, но не и подобри; 5) конструирање производи без да се води сметка за нивната изработка; 6) користење застарени процеси на изработка (“секогаш сме го правеле тоа на овој начин”); 7) постигнување квалитет со поправка и доработка откако производот е изработен.

*Табела.1.1. Конструктивни зафати за поевтино производство*

---

#### Практикувани методи при конструирањето

- Упростување: редуцирање на бројот и видот на деловите и сложеноста на деловите.
- Стандардизација: стандардни делови, толеранции, фамилии на делови, висок степен на меѓусебна заменливост.
- Избор на делови: потребни димензии, тежина, материјали итн.
- Можност за проверка и поправка: вградени тестови, модуларност.
- Оценка на подобрување: подобрување на квалитет, влијание врз животната средина.
- Минимизирање на бројот на различни материјали.

#### Анализа на процесите за изработка

- Користење на општо прифатените методи и процеси кои се докажале како висококвалитетни, економични и со мал ризик.
  - Намалување на потребата од специјално обучен персонал во производството.
  - Проверка на изработливоста, изработка на прототип за верификација.
  - Оценка и контрола врз добавувачите.
  - Намалување на бројот на нестандартни процеси на изработка.
  - Примена на стандардни и вообичаени алати и помагала.
  - Елиминирање/ минимизирање на шкарт и доработка.
  - Минимизирање на бројот на различни процеси при изработка на производот.
- 

## 1.4. Животен циклус на производите

Основните фази од животниот циклус на производ се прикажани на сл. 1.5. Фазите од животниот циклус се групирани во четири поголеми групи: развој на

производ, производство и дистрибуција, користење и отпад. Конструкторите се занимаваат пред се со почетните фази од животниот циклус, но мора добро да ги познаваат и останатите фази за да можат да развијат квалитетен производ.

**Идентификацијата на потребата** доаѓа поради барањата на пазарот, развојот на нова технологија или поради желбата да се подобри постоечки производ.

**Планирањето на процесот** на конструирање е потребно заради ефикасен процес на развој на производот.

**Развојот на инженерските спецификации** претставува многу важна фаза од животниот циклус во која се одредува добро можество на барања. Установено е дека со одредување на целосното можество на барања пред да се разработат концепти се штеди во време и пари и се добива во квалитет.



Сл. 1.5. Животен циклус на производ

**Развојот и оценувањето на концептите** е важна фаза во која се донесуваат одлуки кои значително влијаат на понатамошните фази.

**Развојот на производот** според одбран концепт е вистински инженерски предизвик. Оваа фаза завршува со техничка документација за производство.

**Изработката** е потребна за оние компоненти кои се специфични за производот, додека стандардните компоненти само се монтираат. Знаењата за правилно обликување на деловите зависно од материјалот и за различни процеси на изработка се опфатени со *конструирањето за производство*.

Монтажата на производот е една од најважните грижи за време на конструирањето. Техниките за обликување на производите за поедноставна монтажа се опфатени со *конструирањето за монтажа*.

Со **дистрибуцијата**, секој производ треба да дојде до купувачот неоштетен и без многу трошоци. Поради ефективен транспорт, производите често пати мора да се конструирани и пакувани така да може да се сместат во контејнери или на палети. Понекогаш се потребни промени на конструкцијата само заради поедноставен транспорт.

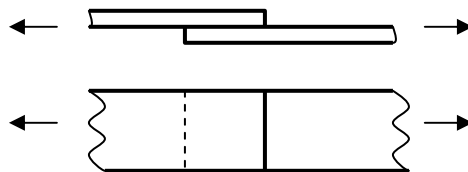
Кај некои производи потребна **инсталација** пред да може да се користат. Инсталација е потребна кај алатните машини, постријки, во градежништво и др.

**Примената** на производите може да бара обука за да се совладаат операциите за ракување со производот. Друг аспект на примената е одржувањето на производот чист и во употреблива состојба. Едноставното чистење и одржување на производот е резултат на добра конструкција. Одржувањето на производ бара дијагностицирање на проблем, тестирање, и поправка.

**Отфрлање, демонтирање, повторна примена и рециклирање** се фази кои се на ред откако корисникот решил дека не го сака веќе производот, односно кога производот станува отпад. Зголемената грижа за животната средина, особено во задната деценија, ги принудува конструкторите преку закони или со учество во доброволни програми да размислуваат како да го намалат штетното влијание од производот врз животната средина. Со новите закони, производителите на автомобили, електрична и електронска опрема, батерии и опаковки се должни да ги прибираат сопствените дотрајано производи и да ги рециклираат во соодветни законски одредени проценти.

## 1.5. Конструктивните проблеми имаат многу решенија

Како пример да разгледаме една едноставна задача од машински елементи (скица на сл.1.6.).



Сл. 1.6. Едноставен спој со преклој

Која подесена завртка направена од материјал 5.6 треба да се вгради за да се прицврстат две парчиња од челичен лим со дебелина по 4mm и со ширина 6mm ако парчињата се преклопени како на сликата и спојот е оптоварен со сила од 100 N?



Во оваа задача точно е дефинирано што се бара и познавајќи ја равенката за пресметка на потребниот дијаметар на завртка изложена на сечење може да се одреди минималниот потребен дијаметар на завртката и да се усвои следната поголема завртка. Во оваа задача е зададено сè освен дијаметарот на завртката, така што задачата се сведува на барање на формулата и пресметка.

За споредба, да ја разгледаме следната задача која е малку различна од претходната:

Конструирај спој за да се прицврстат две парчиња од челичн лим со дебелина по 4mm и со ширина 6mm, ако парчињата се преклопени како на сликата и спојот е оптоварен со сила од 100 N.

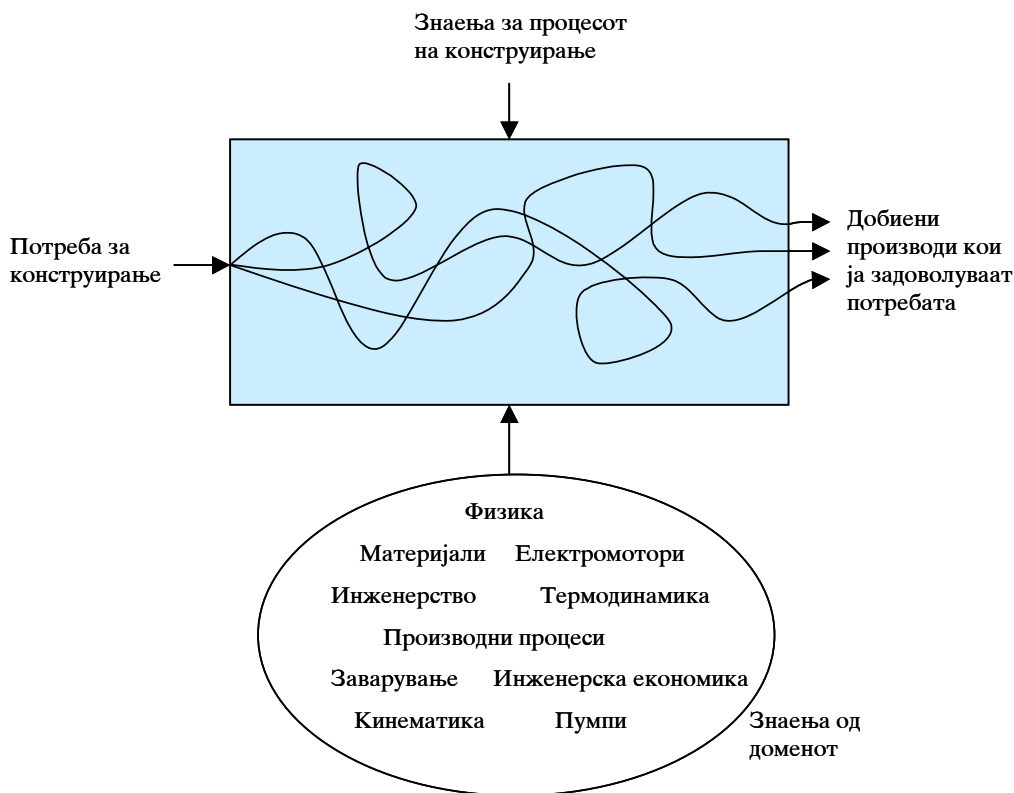
Втората задача се разликува од првата само во почетниот дел. Кај вака зададената задача постои многу поголема слобода во решавање на проблемот. На пример, може да се користи спој со заврка, лепен спој, спој со виткање на краевите од лимовите, заварен спој, спој остварен со два магнета и др. Кој вид на спој е најдобар зависи од други фактори кои тука не се наведени. Оваа задача не е толку прецизно дефинирана како претходната и не можеме лесно да го одредиме решението без дополнителни информации. Потребно е да се знае повеќе, на пример: Дали е потребно спојот да се демонтира? Дали спојот ќе биде изложен на високи температури? Кои алати ни стојат на располагање за да го изработиме спојот? Дали работниците знаат како да го изработат спојот?

Првата задача претставува проблем од областа на анализа. За да се реши првата задача доволно е да се најде формулата и да се заменат вредностите. Втората задача претставува конструктивен проблем, кој е недоволно дефиниран бидејќи задачта не дава доволно информации потребни за да се одреди решението. Кај оваа задача се потребни дополнителни информации за да може да се најде добро решение. **Сите конструктивни задачи се недоволно дефинирани.**

Друга разлика помеѓу двете задачи е во бројот на можните решенија. За првата задача постои само едно точно решение. За втората задача не постои точно решение. Всушност, за оваа задача може да постојат повеќе добри решенија и може да биде тешко или дури невозможно да се одреди што значи тоа "најдобро решение". Погледнете ги само различните автомобили, телевизори и други производи кои се присутни на пазарот. **Целта на конструирањето е да се најде добро решение кое води кон квалитетен производ со најмало трошење на време и средства. Повеќето конструктивни проблеми имаат множество на задоволителни решенија и најчесто не е јасно кое е најдоброто решение.** Тоа е прикажано графички на сл. 1.7 за замислен производ. Знаењето за областа се стекнува со изучување на физиката, механиката и други технички дисциплини, како и преку изучување на постоечките производи.

Карактеристично за машинското конструирање е што конструктивното решение е склоп што врши работа, односно производ. Проблемите од областа на машинското конструирање започнуваат со недоволно јасно дефинирана потреба и резултираат во машина која работи на одреден начинин, односно на начин на кој конструкторите сметаат дека ги исполнува барањата на купувачите. **Конструкторот**

**мора да разработи машина која, по дефиниција, има способност да задоволи одредена потреба која не е целосно дефинирана.**



*Сл. 1.7. Повеќе решенија на конструиивна задача*

## **1.6. Основни активности при решавање на конструктивни задачи**

Независно од видот на конструктивната задача, свесно или несвесно ги преземаме следните активности за изнаоѓање решение:

1. Дефинирање на потребата, односно запазување дека постои проблем кој треба да се реши.
2. Планирање како да се реши проблемот.
3. Разјаснување на проблемот со дефинирање на барањата и изнаоѓање на постечки решенија за слични проблеми.
4. Генерирање на алтернативни решенија.
5. Оценување на алтернативите со нивно споредување со конструктивните барања и меѓусебно.
6. Донесување одлука за прифатливи решенија.
7. Споделување на резултатите.

Овие активности не се одвиваат последователно. Всушност разјаснувањето, генерирањето на решенија и оценувањето на алтернативите се повторуваат повеќе пати со што постепено се подобрува разбирањето на проблемот.

Потребата заради која отпочнал процесот на конструирањето може да биде јасно или слабо дефинирана. На почетокот на процесот на конструирањето малку се знае за решението, особено ако проблемот е нов за конструкторот. Како што напредува работата на проектот, се зголемува знаењето на конструкторот за користините технологии и алтернативните решенија. Затоа, по завршувањето на проектот повеќето конструктори сакаат да започнат одново за да го изработат проектот подобро. За жал, бидејќи времето и трошоците, а не чувството на конструкторот за квалитетна конструкција, ги движат повеќето процеси на конструирање, ретко кој конструктор добива шанса да го преработи проектот.

Низ процесот на решавање се зголемуваат знаењата за проблемот и неговите можни решенија. Со зголемување на знаењата за проблемот и со донесување на одлуки, се намалува просторот на можни варијанти, односно слободата на конструкторот. На почетокот конструкторот има многу слобода бидејќи се донесени малку решенија и се вложени мали пари. Но во моментот кога почнува да се подготвува производството на производот, секоја промена бара големи трошоци, со што слободата за правење на измени е многу ограничена.

Затоа, **за време на процесот на конструирањето цел е да се научи што е можно пореќе за производот кој се развива и тоа колку што е можно порано во процесот на конструирањето, бидејќи во раните фази промените се најевтини.**

## **2. ОПИШУВАЊЕ НА ЗАДАЧИТЕ ОД МАШИНСКОТО КОНСТРУИРАЊЕ**

### **2.1. Видови машински системи**

Во минатото, за решавање на проблемите од машинското конструирање било потребно знаење само за **машинските делови и склопови**. Во почетокот на дваесетиот век во машинските уреди почнале да се вградуваат електрични компоненти. Оттогаш производите постепено се трансформираат во претежно **електромашински производи**. Независно колку електрични стануваат производите, сепак имаат машински делови и склопови, како куќишта и механички интерфејс со корисникот.

Во 1970-тите се развива софтверот како нова дисциплина и постепено се вградува во електромашинските производи. Многу електромашински производи денес имаат микропроцесори како дел од нивниот систем за управување. Такви производи се, на пример, камерите, копириите, "умните" играчки и др. Производите кои содржат машински, електро и софтверски компоненти се нарекуваат **механтронички уреди**. Сложеноста на конструирањето на ваквите производи произлегува од потребата за познавање на три различни дисциплини кои треба заемно да се интегрираат при развојот на механтроничките уреди.

### **2.2. Функција, однесување, перформанси**

Во процесот на конструирањето, прво се разгледува функцијата на системот и разградбата на основната функција на помали потфункции. Откако функцијата ќе се разгради на најситни пофункции, се разработуваат деловите и потсклоповите кои ќе ги извршуваат овие функции. **Кај машинските склопови постои хиерархиско уредување.** Спојот на обликот и функцијата ги прави машинските уреди тешки за конструирање.

Најчестите уреди се подредени во каталози според нивната функција. На пример, ако ни е потребно лежиште, може да го пребараме каталогот за лежишта и да најдеме различни видови на лежишта. Секој вид лежиште има различен облик (топчести, конусни и др.) иако сите имаат иста основна функција - да го намалат триењето помеѓу вратило кое ротира и друг дел. Формирањето на каталозите на машински компоненти е можно се додека основната функција е јасно дефинирана со посебен уред, било дел или склоп. Со други зборови, обликот и функцијата се разложени долж заедничка граница. Ова важи за многу машински уреди, како пумпи, вентили, топлински изменувачи, редуктори, а слично важи и за многу електрични кола и компоненти, како што се: отпорници, кондензатори, засилуважи и др.

Два термини поврзани со функцијата се **однесување** и **карактеристики**. Функција и однесување често се користат како синоним, но постои разлика. **Функцијата претставува посакуван излез од системот** кој не е сеуште дефиниран, односно на почетокот на конструирањето сеуште не знаеме како ќе изгледа уредот, но знаеме што тој треба да извршува. Ако системот е дефиниран, тогаш можеме да го провериме неговото однесување. **Однесувањето е реалниот излез, односно одговор на физичкиот систем на влезната енергија и управување.** Тоа значи дека однесувањето може да се симулира или мери, додека функцијата е само желба.

**Перформанса е мерка за функцијата и однесувањето, односно колку добро уредот го извршува тоа што треба да го прави.**

### 2.3. Различни видови на задачи по машинско конструирање

Во повеќето случаи машинското конструирање е мешавина од повеќе видови задачи.

**Конструирањето со избор** претставува одбирање на еден или повеќе уреди од листа на слични уреди. Овој пристап се користи секогаш кога се бира производ од каталог. Иако конструирањето со избор изгледа едноставно, задачата може да биде прилично сложена кога каталогот содржи повеќе уреди и уредите имаат различни карактеристики.

За да се реши конструктивна задача со избор, потребата треба да биде јасно дефинирана. Во таков случај, каталогот ефикасно се користи за генерирање на можните решенија на задачата. Потенцијалните решенија мора да се оценат според одредено барање кое сме го поставиле, за да може да се направи правиот избор.

Нешто посложен вид на конструктивна задача е **конструирање на конфигурација, или пакување.** Кај ваквиот вид задача, сите компоненти се конструирани и проблемот е како да се состават во целосен производ. Не сите конфигурациски задачи се добро дефинирани. Во многу случаи, некои од

компонентите што треба да се спојат може да претрпат промени во големината, обликот, или функцијата, за да му се овозможи на конструкторот повеќе слобода во определувањето на можните конфигурации.

**Параметарско конструирање** претставува одредување на вредностите на параметрите со кои се карактеризира анализиран објект. Иако на прв поглед делува едноставно да се одредат вредности на параметрите кои ги задоволуваат одредени барања, тоа не е секогаш случај. Често пати проблемите се недоволно дефинирани и постои неограничен број решенија, или пак постои цело множество на правила и равенки кои го водат конструирањето. За ваквите проблеми, производителите обично развиваат множество на равенки или техники за да им помогнат на конструкторите при конструирање на нови производи.

Секогаш кога конструктивната задача бара разработка на процес, склоп или дел кој не постоел претходно, се работи за **оригинално конструирање**. Задачите при оригиналното конструирање не може да се опишат со множество на равенки, правила или друга логичка шема, така што секој ваков проблем е нов и единствен.

Другите видови на конструктивни задачи - со избор, конфигурациско и параметарско конструирање - на многу начини претставуваат ограничени подмножества на оригиналното конструирање. Кај ваквите задачи можните решенија се ограничени на листа, распоред на компоненти или множество на условени карактеристични големини. Затоа, ако имаме јасна методологија за извршување на оригиналното конструирање, тогаш би можеле да решиме било која конструктивна задача со поограничено множество решенија.

Најмногу конструктивни задачи во индустријата се **реконструирање** на постоечки производ за да се задоволат нови барања. Моги задачи при реконструирањето се рутински, особено ако се работи за зрела конструкција која останала скоро непроменета повеќе години.

Сепак, да го разгледаме примерот на велосипедот. Основната конструкција на велосипедот со две еднакви тркала, рамка и верижник не е менувана уште од почетокот на деветнаесетиот век. Меѓутоа, во 1980-тите, класичниот велосипед почнува повторно да се менува. На пример, велосипедот прикажан на сл. 2.1. нема класична рамка, рамката не е од железо, и возачот е во поинаква положба. Зрел производ, како велосипедот, почнува повторно да се менува поради барањата на купувачите за подобри перформанси. Новите велосипеди се покомфорни и поинтересни за возење од класичните велосипеди. Промените потекнуваат од подобреното разбирање на комфорот, ергономијата, новите материјали и аеродинамиката. Новите велосипеди се и поедноставни за производство во големи серии.

Треба да се има предвид дека и зрелите конструкции се менуваат за да се задоволат нови потреби, за да се привлечат нови купувачи или за да се применат нови подобри материјали. Дел од конструирањето на нов велосипед е рутинска работа, а дел е оригинално конструирање. Реконструирањето дури и на зрел производ може да бара различни видови конструктивни активности.

Сл. 2.1. Класична (а) и нови варијанти на велосипед(б и в)



а)



б)



в)

## 2.4. Јазици на машинското конструирање

За опишување на машинските објекти може да се користат различни "јазици".

1. **Семантички** - Врбално или текстуално опишување на објектот, на пример, зборот завртка и ознаката на димензиите и стандардот за завртката. Семантичкото опишување на машинските објекти се применува и при одредување на барањата на купувачите.
2. **Графички** - Цртеж на објектот - на пример, ортогонални проекции, скица, 3Д- модел, дизајнерски цртеж, монтажен цртеж.
3. **Аналитички**. Равенките, правилата или постапките за одредување на обликот и функцијата на објектот - на пример, развенка за одредување на напоните од сечење  $\sigma = F/A$ . Во поново време се користат низа софтверски програми за анализа на конструкциите: метод на конечни елементи, динамички симулации, и др.

#### 4. **Физички** - Физички модел на објектот.

Кај повеќето задачи од машинското конструирање, почетните барања се претставуваат со семантички јазик како пишан запис или како вербално барање од купувачот. Крајниот резултат од процесот на конструирањето е физички производ. При разработката на производ се користат сите видови јазици, а конструкторот обично изработува графичко претставување на објектот, според кое се изработува физички производ.

### 2.5. Слобода и ограничувања во процесот на конструирањето

Кога се започнува со решавање на нова конструктивна задача, барањата кои треба да ги исполнува конструкцијата ги ограничуваат можните решенија на подмножество од можните решенија на задачата. Како што напредува процесот на конструирањето, се додаваат нови ограничувања со што понатаму се намалува просторот на можните решенија на задачата, така што на крајот останува едно конечно конструктивно решение. **Со други зборови, конструирањето е процес на последователно развивање и примена на ограничувања се додека остане само еден единствен производ. За време на процесот на конструирање повеќето ограничувања се резултат на одлуките кои ги донесува конструкторот. Затоа, неопходна е индивидуална способност на конструкторот да донесува одлуки врз база на добра информираност низ целиот процес на конструирањето.**

### 2.6. Производи со мирен и бурен развој

Постојат два вида развој на нови производи: **радикален и инкрементален. При радикална иновација на производ се применува напредокот во технологијата и притоа на пазарот се нуди сосема нов производ. Инкременталниот развој на производот ја применува постоечката технологија за да ја прошири постоечката понуда на производи или за да го подобри производот.** За оние производи кои претрпуваат радикални промени велиме дека имаат **бурен развој**, додека оние производи кои се менуваат инкрементално, велиме дека имаат **мирен развој**. Примери на производи со мирен развој се: фрижидерите, машините за перење, бојлерите и сл. Примери на производи со бурен развој се леп-топ компјутерите, системите за телекомуникации и софтверот.

Конструкцијата на производот се менува обично кога се јавува промена во технологијата, на производот или во изработката на некои од главните компоненти. Пример за ова е леп-топ компјутерот, кој од својата појава има поминато низ повеќе измени како: црно-бел екран, екран во боја, па екран во боја со сличен квалитет како персоналните компјутери; трајноста на батеријата е зголемувана повеќе пати; многупати е зголемуван на капацитетот на тврдиот диск; намалени се тежината и димензиите.

Меѓутоа, секаков обид да се конструира производ пред да е доусобвршена новата технологија секогаш доведува до пробивање на плановите и зголемување на трошоците. Еве што вели еден технички директор: *“За време на конструирањето*

*нема да има фундаментални пронајдоци. Нема да започнеме ниеден проект ... освен ако е докажано дека најдобрата технологија е со најдобрите перформанси и продуктивноси. Изношање пронајдоци во одреден временски рок не е наша работа!*”. Со вистинитоста на оваа изрека сега се судираат во Калифорнија, која започна со производството на автомобили на електричен погон за да ја зачува животната околина. Откако стана очевидно дека сегашната технологија не одговара на барањата на купувачите и поддршката од страна на државата почна да спласнува.

Улогата на технологијата ја усложнува фактот што мали случајни настани во критичните моменти на развитокот и воведувањето на производот можат да ја одредат технологијата, така што кога еднаш е прифатена станува стандард, со што станува прескапо да се менува. Пример на ова е распоредот на буквите кај машината за пишување, кои се избрани така од причина која денес нема никакво значење, но редоследот не може да се промени.

Понекогаш грешка во стратегијата на претпријатието може да придонесе за губење на конкурентноста, дури и кога компанијата е прва на пазарот. Тоа се случило со прифаќањето на VHS системот за видео касети на Маџушта пред Бетамакс системот на Sony, и со DOS оперативниот систем на Microsoft пред оперативниот систем на Apple. И Ејпл и Сони решиле да не даваат лиценци за својот производ на конкурентските фирми, додека Маџушта и Микрософт продавале лиценци. Тоа поттикнало повеќе фирми да развиваат софтвер, со што се појавил повеќе софтвер на пазарот под DOS, што на купувачите им дало добра причина да се определат за овој оперативен систем.

## 2.7. Квалитет на производот

**Квалитет е севкупност на карактеристиките и однесувањето врз основа на што може да се одреди дали производот (услугата) ја задоволува намената за која е предвиден.** Квалитетот се оценува преку одредени карактеристики. На пример, карактеристики на квалитетот за една кварцна лампа се: потрошувачката на енергија, дијаметарот, должината, обликот, времето на вклучување, лумените, одржувањето, бојата на светлината, надворешниот изглед итн. Независно од тоа колку е висока оценката на квалитетот на производот (кога ќе се соберат оценките на неговите карактеристики) производот не може да се смета за квалитетен доколку не исполнува некое од основните барања на купувачот. **Затоа квалитетот на производот се оценува според тоа: 1) дали производот ги исполнува бараните функции и 2) во колкава мера ги исполнува барањата на купувачите.**

Garvin ги предлага следните **осум параметри на квалитетот** кои можат да послужат за оценка на квалитетот на производот:

**1) Функционалност:** Функционалноста се однесува на исполнување на основните оперативни карактеристики. Овој критериум за квалитет ги оценува перформансите на производот и може да се одреди објективно со одредување на поедините параметри на функционалноста.

**2) Опрема:** Опремата е често второстепен аспект на функцијата и ги опфаќа оние карактеристики кои ги надополнуваат основните функции на производот. Опремата често се користи за да се прилагоди производот на поединечните барања



на купувачите. Примери за ова се: автоматско подигање стакла кај автомобилите, повеќе различни програми на машината за перење и сл.

**3) Надежност:** Веројатност за откажи при работа на производот во одреден период на работа. Веројатноста на јавување откажи може да зависи и од условите на експлоатација.

**4) Усогласеност:** Усогласеност е степенот до кој конструкцијата на производот и неговите функционални карактеристики ги исполнуваат истовремено: барањата на купувачот и постоечките стандарди. Стандардите можат да бидат регионални, за заштита на околината, за сигурност и други, кои обезбедуваат безопасност во работата. Очекувањата на потрошувачите обично се однесуваат на едноставност при ракувањето и прилагоденост на производот кон нивните потреби. Потрошувачите во денешно време бараат производи кои не се опасни за употреба и при чија изработка не се оштетува животната околина. Исто така, несаканите нус-продукти како бучавата и загревањето треба да се сведени на минимум.

Понекогаш се случува производителот да ги изневери очекувањата на купувачите. Еднаш тоа се случило со автомобилите Тојота Корола. Јапонците ова возило го произведувале повеќе години со луксузна опрема, како и другите познати производители. Кога во Тојота оцениле дека цената на возилото почнала да се покачува во однос на конкурентските возила, тие почнале да не вградуваат некои делови од опремата. Купувачите го забележале тоа и продажбата се намалила. За половина година Тојота ја исправила грешката и биле вратени сите делови од опремата на кои биле навикнати купувачите. Поуката била дека: кога еднаш купувачите ќе се научат на одредена опрема, па макар и скапа, и ако недостасува дел од опремата, многумина од нив го забележуваат тоа и негодуваат.

Функционалноста, опременоста и усогласеноста се заемно поврзани. Затоа, **кога неколку конкурентски производи имаат скоро исти карактеристики, повеќето купувачи ќе очекуваат сите марки на тој производ да се со исти карактеристики**. Ова очекување ја одредува основата на усогласеноста на производите. За илустрација, во табела 1.1 се дадени карактеристиките кои се среќаваат кај три производи: машина за перење, фрижидер и косачка за трева.

**5) Трајност:** Трајноста е мерка на животот на производот, односно, колку долго може да се користи производот пред да ја изгуби употребливоста. Трајноста е мерка на количеството употреба на производот пред да се скрши, или до моментот кога повеќе се исплати да се купи нов, отколку да се поправа стариот производ. Трајноста и надежноста се заемно поврзани.

**6) Одржување:** Погодноста за одржување се мери преку брзината на сервисирање, компетентноста на сервисерите и едноставноста на поправката. Потребниот степен на одржување може да се окарактеризира како: едноставно, ретко или никакво.

**7) Естетика:** Естетиката, односно како производот изгледа, се чувствува, звучи, е по вкус или мирис е работа на лична оценка и желба. Како го чувствуваме производот зависи пред се од ергономските својства (удобноста). Иако се работи за субјективна проценка, сепак постојат некои мерила на купувачите по кои производите можат да се споредуваат по естетика.

**8) Запазување на квалитетот:** Репутацијата е мерка на запазување на квалитетот. Моќта на репутацијата доаѓа од встановената аналогија: дека

квалитетот на новите производи е сличен со квалитетот на постарите, веќе испробани производи.

Во табела 2.1 се дадени некои од причините зошто купувачите купуваат производи. Се чини дека многу од причините се разработка на споменатите осум критериуми на квалитет.

Табела 2.1. Работни карактеристики и опрема кај три производа

<p><b>Машини за перење</b>          Работни карактеристики          Количество на потрошена вода          Чистота на алиштата          Опрема          Број на различни брзини на вртење          Број на брзини за цедење на алиштата          Можност за прилагодување на различен капацитет          Автоматска контрола на температурата на водата          Број на програми          Висина до која пумпата може да ја исфрла водата  <b>Фрижидери</b>          Работни карактеристики          Ефективност          Температура на ладење          Распределба на температурата          Опрема          Светло          Големина (внатрешен волумен)</p>	<p>Додаток за автоматско правење мраз          Поставеност и големина на комората за смрзнување          Подесливи полица на вратата          Полица од жица или полн материјал          Контрола на влажноста          Усогласеност          Бучава на компресорот          Течност за ладење</p> <p><b>Косачки на трева</b>          Работни карактеристики          Силина на моторот          Ракување          Способност за маневрирање          Ракување со собирачот на косената трева          Промена на височината на косената трева          Коси и висока трева          Опрема          Капацитет на собирачот на косена трева</p>
---	--

За да се илустрираат некои од осумте параметри на квалитет, проучете ги подолунаведените фрази, земени од проспектоот за спортски автомобил. Карактеристиките на квалитетот се дадени во загради.

- Единствен од водечките спортски модели снабден со двојни воздушни перничња (Усогласеност)
- Нови анти-блок диск кочници на четирите тркала за посигурно кочење (Усогласеност, опрема)
- Нов СЛА систем на потпирање и управување преку запченик-запчеста летва за поудобно ракување. (Функционалност)
- 150000 километри безгрижно возење пред првиот препорачан сервис за стандардните В-6 мотори. (Надежност, трајност, поправливост)
- Далечинско затворање на вратите. (Опрема)
- Конзола за контрола на радиото, греањето и клима уредот. (Опрема)
- Сончев кров на авоматско управување за задоволство при возењето. (Опрема)
- Бесплатна 24-часовна влечна служба за време од 3 години или 50000 километри. (Поправливост)
- Комфорна внатрешност со повеќе простор од другите спортски модели. (Опрема)
- Висинско и длабочинско подесување на воланот и седиштата за поудобно возење. (Опрема, ергономија)
- Нова, ергономски дизајнирана табла со инструменти. (Опрема, естетика, ергономија)

Постои силна врска помеѓу квалитетот на производот, распространетоста на пазарот и повратот на вложената инвестиција на претпријатието. **Производите со висок квалитет секогаш овозможуваат најголем поврат на инвестициите.**

Табела 2.2. Некои од причините поради кои луѓето купуваат одредни производи

<p>Надежност (не се расипува)          Сигурност          Цврстина          Едноставност за ракување          Маркетинг              Репутација на претпријатието              Достапност на производот              Брзина на испорака              Купување на кредит              Мрежа на одржување          Прилагоденост кон стандардите          Фамилијарност со производот          Естетика              Подобар изглед              Подобра доработка              Поголема удобност              Повисок статус: престиж, мода, имиџ          Пониски даноци, осигурувања и сл.          Поедноставно одржување</p>	<p>Работни карактеристики          Поточен          Побрз          Со поголем опсег          За поголем товар          Потивок          Поекономичен : пониски трошоци на употреба, помалку потребна енергија          Помалку загадување          Повеќе дополнителни можности          Поголема трајност          Физички карактеристики:          Помал/поголем          Полесен/потешок          Полесен за инсталирање          Полесен за ракување          Постабилен          Пониска цена</p>
---	--

## 2. ISO 9000

ISO е Интернационална Организација за Стандардизација, која има за цел да промовира и изработува стандарди, тестови и сертификати со цел да ја помогне размената на добра и услуги. Неа ја сочинуваат претставници од 91 земја.

ISO 9000 е серија од пет меѓународни стандарди за управување со квалитетот. Серијата ја сочинуваат ISO 9000, ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 и ISO 9004. ISO 9000 е напатствие за воведување на останатите наведени стандарди. Терминот **систем на квалитет** се однесува на организациската структура, поделбата на одговорностите, постапките, процесите и расположивите средства. **ISO 9000 ги специфицира барањата за систем на квалитет.**

ISO 9001 се применува за да се осигури систем на квалитет кај претпријатијата низ целокупниот процес на развитокот на производот од конструкција до одржување. Како важен елемент тука е вклучен процесот на конструирање и конструирањето на производи без грешки.

ISO 9002 се однесува на претпријатијата кои изработуваат инсталации. Кај овие претпријатија тежиштето на работите е во одржувањето на постоечките системи а помалку на развивањето на нови производи.

## 3. КОНСТРУКТОРИ И КОНСТРУКТОРСКИ ТИМОВИ

### 3.1. Карактеристики на креативен конструктор

Некои луѓе се чинат покреативни од другите. За да се дефинираат карактеристиките на креативен конструктор треба прво да се дефинира што значи терминот "креативност". **Креативно решение на задача треба да исполнува два критериума: треба да ја исполнува зададената задача и мора да биде оригинално.** Решавањето на проблем вклучува негово разбирање, генерирање на решенија за негово решавање, оценување на решенијата, одредување на најдоброто решение и одредување што да се прави понатаму. Креативноста означува многу повеќе од способноста за креирање добри идеи. Вториот критериум, оригиналноста, зависи од знаењата на конструкторот и на општеството во целост. Тоа што е ново и оригинално за еден човек, може да се старо за друг. Оценката за "оригиналноста" ја дава општеството кое го оценува решението или личноста како креативна.

Сите луѓе имаат сличен начин на решавање на задачите, но сепак некои инженери можат да создадат генијални идеи, додека други, иако имаат одлични знаења и аналитички способности, не можат да создадат нови концепти, независно колку да се трудат. Креативноста е доста истражувана но сеуште не е добро разбрана.

Од досегашните истражувања се дошло до неколку сознанија. **Креативноста не е директно поврзана со интелигенцијата.**

**Креативните инженери имаат добра способност за визуелизација,** односно да генерираат и манипулираат слики во нивните глави. Сликите содржат специфични информации кои тешко би можеле да се опишат со зборови. Затоа конструкторите прават скици за време на решавањето на задачите. Луѓето малку се разликуваат во способноста за визуелизација на едноставни слики, но разликите во способноста за визуелизација на сложени објекти е голема. Способноста за визуелизација се подобрува со пракса.

За да се биде **креативен конструктор треба да се поседува знаење за постоечките машински производи.** Креативните луѓе ги формираат своите нови идеи од фрагменти од постари конструкции и затоа тие мора да имаат во длабоката меморија складирани слики од постоечки уреди. Освен тоа, да се биде креативен значи да се биде способен за оценување на вредноста на идеите. Без познавање на доменот, конструкторот не може да ја оцени конструкцијата. Знаење за доменот се здобива со работа во доменот. Затоа, за да се создаде креативен конструктор, потребна е цврста база на знаења од инженерските науки и искуство.

Друга **карактеристика на креативните конструктори е спремноста да се прифати интелектуален предизвик.** Стравот од грешка или од трошење време на конструкција која на крајот не работи е карактеристика на некреативен конструктор. Пронаоѓачот Thomas Alva Edison испробал стотици различни влакна за светилки пред да го пронајде јаглородното влакно кое добро светело и траело до 40

часа во стаклена крушка од која бил извлечен кислородот. По долги истражувања, Edison успеал да пронајде светилка што трае и до 1500 часа.

Треба да се има предвид дека за многу конструктивни задачи се потребни дарби кои се многу различни од оние со кои е опишан креативниот конструктор. Конструирањето бара многу внимание на деталите и правилата и бара вештини за анализа. Така, има доста добри конструктори кои не се особено креативни индивидуи, а при решавање на конструктивните задачи се потребни луѓе со различни вештини и знаења.

### 3.2. Конструкторски тимови

Поради сложеноста на конструктивните задачи, работата на конструкторите се одвива во главно тимски. Сложеноста на конструктивните задачи пораснала значително во заните двеста години. На пример, за проектирање на авионот Boeing 747, што содржи над пет милиони компоненти, биле потребни 10 илјади човек-години конструкторско време, а бил завршен во три години, затоа што тимот го сочинувале илјадници конструктори.

Тимовите ги решаваат конструктивните задачи користејќи сличен пристап како индивидуалните конструктори, односно со разбирање, генерирање, оценување и одлучување. Сепак постојат одредени специфичности кои произлегуваат од тимската работа. Првенствено тоа е социјалниот аспект на тимската работа, како и разликите во разбирањето и решавањето на задачата.

**Тимот претставува мала група на луѓе со комплементарни вештини, кои се посветени на иста цел и користат ист пристап, за што меѓусебно се сметаат за способни и се ценат.**

Тимот што го развива производот треба да е способен за заемна соработка, флексибилен и одговорен. **Пожелно е тимот да биде интердисциплинарен** и освен конструкторите да вклучува луѓе од: 1) финансиите, за да ја пресметаат цената и да одредат дали може да се покрие буџетот за воведување на нов производ, 2) продажбата и рекламата, за да ги презентираат барањата и желбите на купувачите 3) сервисот и складиштењето, за да се обезбеди заменливост на компонентите и системите 4) набавката, за да ги одреди снабдувачите кои можат економично и навремено да произведат делови од производот.

Тимот кој го развива производот е побрз и поуспешен во работата доколку ги задоволува следниве карактеристики:

- Тимот има десет или помалку членови.
- Членовите доброволно се вклучени во тимот.
- Членовите треба да се во тимот од времето на изработката на концептот, па се додека производот се пушти во продажба.
- Членовите работат во тимот полно работно време.
- Членовите му даваат отчет само на раководителот на тимот.
- Членовите се лоцирани на растојание кое дава можност за меѓусебен дијалог.
- Членовите се способни да прифатат одговорност и работа во тим.
- Членовите се изворот на повеќето идеи и креативноста.

Членовите на тимот треба да можат да се разберат и сложат, да ги одредат приоритетите (колективните и индивидуалните) и да се способни меѓусебно да комуницираат и соработуваат.

Интегрираниот тим за развој на производ може да се спореди со фудбалски тим во следното: 1) тимот функционира како целина, 2) тимот има заедничка цел, 3) секој член има посебна задача која мора да се изврши, 4) успехот на тимот зависи од придонесот на секој од членовите, 5) заедничкиот напор на тимот води кон резултати и подобри решенија, 6) тимот има раководител и 7) управувањето со тимот е од страна и овозможува водство и средства.

### **3.3. Фактори кои треба да ги усогласи тимот при развој на производ**

Развојот на нов производ е усогласување на четири фактори:

1. **Времето определано за развој на производот**, се мери како време помеѓу почетокот на работата врз концептот на производот и до моментот кога примерок на готовиот производ ќе стаса на пазар. Се знае дека примената на поранешни конструкции, стандардизацијата и компјутеризацијата (каде е можно) го помагаат процесот на развој на производот.

2. **Цената на производот** е вкупната цена на производот испорачан на купувачот. Вкупната цена го одредува можниот профит.

3. **Функционалност на производот** одредува колку добро производот одговара на спецификацијата. За функционален се смета оној производ кој ги задоволува барањата на пазарот. Функционалноста на производот ја одредува купувачот, кој одредува како производот ќе ги исполни наговите потреби. Одлична конструкција е таа што ги исполнува функционалните барања со примена на економични технологиија и пристап при конструирањето. Често поголемиот дел од времето за конструирање отпаѓа на изнаоѓање на економично решение.

4. **Цена на програмата за развој на производот** ги вклучува сите еднократни трошоци сврзани со развој на одреден производ.

Тимот треба да ги има предвид од почеток и скоро едновремено сите активности потребни за развој на производот.

Треба да се напомене дека: **1) секогаш постои скоро бесконечен број различни конструктивни решенија; 2) единствено оптимално решение не постои.** Првото произлегува од фактот дека конструктивните проблеми не можат да се опишат еднозначно, секогаш можат да бидат интерпретирани субјективно и се хиерархиски организирани. Втората точка се однесува на фактот дека за да се мери оптималноста треба да се определат критериуми за оптималност. Оценката на решенијата и нивното прифаќање е прашање на проценка. Конструирањето наспроти тоа вклучува доста **нагодби и компромиси**. Добрата функционалност на една целина обично е на штета на функционалноста или цената на нешто друго, па затоа целите кои треба да се постигнат со конструкцијата треба да се точно дефинирани.

Згора на тоа, секогаш постојат ограничувања на расположивите средства (време, пари, работна сила). **Процесот на конструирање не е никогаш идеален и мора некаде да запре.** Добиените решенија треба да ги исполнуваат барањата, но обично не сме задоволни баш од се. Ако се прашаат конструкторите како го

оценуваат решението, покрај задоволството од резултатот, ќе ви кажат дека да имале повеќе време или пари можеле уште подобро да ја решат задачата. Исто така, конструктивните проблеми се меѓусебно различни и нивното решение е зависно од дефиницијата на проблемот, но и од многу други фактори како, законските прописи, политиката, модата и сл. Затоа не постои редослед на дејствија кој со сигурност води до добар резултат. Уште еден отежнувачки фактор е што конструирањето содржи субјективна оценка на вредностите.

Една од целите на тимот е да се обидат да **го оптимизираат производот со оглед на целите и ограничувањата, обидувајќи се да ги задоволат барањата на купувачот и да обезбедат профит за претпријатието.** Оваа цел мора да се постигне за што е можно покусо време и со најголема можна вредност на производот, што значи максимален квалитет за минимална можна цена.

Поважните интегрални активности на тимот се остваруваат при разрешување на следните концепти:

- \* Концептуално решение во согласност со барањата на купувачот.
- \* Анализа на *за* и *прошв* која доведува до избор на пристапот и конструктивно решение.
- \* Одредување на подрачјата со висок ризик и алтернативни пристапи.
- \* Предвидување на работата на системот, надежноста, погодноста за производство, потрошувачката на енергија итн.
- \* Прогноза на целокупните трошоци.
- \* Идентификација на проблемите или недоволната функционалност кои што можат да доведат до корекции или промена на пристапот.

**Најсложените задачи треба да се решат први.** Улогата на секој член од тимот е да земе учество во процесот на одлучувањето, при што секоја одлука води чекор понатаму од идејата кон реализацијата на производот. Секоја одлука го означува патот на напредокот на конструкцијата од почеток до имплементација. За тимот важи дека:

- \* **Најважна улога на членовите на тимот е да донесуваат одлуки.**
- \* Конструирањето содржи серија одлуки од кои, некои се донесуваат последователно (секвенцијално), а некои едновременно (конкурентно).
- \* Конструирањето претставува хиерархиско донесување на одлуки и меѓу зависноста (интеракцијата) меѓу одлуките мора да се земе предвид.
- \* Одлуките при конструирањето се во повеќе нивоа и разновидни.
- \* Одлуките содржат информации кои доаѓаат од различни извори и дисциплини.
- \* Одлуките се донесуваат според различни критериуми.
- \* Сите информации кои се потребни за да се дојде до решение може да не се достапни.
- \* Некои од информациите врз основа на кои се донесува одлуката може да се научно засновани, а некои одлуки можат да се базираат на оценката и искуството на тимот.
- \* Проблемот за кој треба да се донесат одлуки понекогаш е многу слабо дафиниран. За секоја одлука постојат повеќе варијанти и од правилниот избор зависи оптималноста на решението.

### 3.5. Комуникација помеѓу членовите на тимот

Формирањето тимови за решавање на конструктивните задачи може да доведе до два проблема. Првиот проблем е можноста од конфликт помеѓу членовите на тимот, а вториот проблем се поединци кои не го извршуваат својот дел од задачата. За да се сведат на минимум овие проблеми и да се максимизира можноста за успех, наведени се неколку **принципи за тимска работа** кои треба да се почитуваат.

- Избор на кохезивни тимови, составени од поединци кои заемно се почитуваат.
- Во тимот е пожелно да има специјалисти од сите главни области.
- Треба да се одреди заедничка визија и паралелно да се работат задачите.
- Треба да се овозможи контролирано донесување на одлуки кои водат кон решение кое сите го разбираат и прифаќаат.
- Да се организира интензивна размена на информациите и да се охрабри отвореното искажување. Да се одбегнува лажен предвремен консензус.
- Да се запази рамнотежа помеѓу индивидуалната и колективната работа. На поединците треба да им се овозможи да ги работат оние работи за кои се најповикани.
- Да се применат систематските методи.
- Да се овозможи формална и неформална комуникација.
- Барем некои од членовите треба да се избрани според тоа како одговараат на карактерот на поставената задача. На пример, ако концептот е динамичен (предлагање на варијанти), тогаш не е адекватно таква должност да се даде на некој кој се занимава со стандардизација. Обратното е исто така точно.
- Да се обезбеди раководство, кое сака да прифати одговорност и да му помага и на работодавецот и на членовите на тимот.

Карактеристиките на еден успешен **раководител на тим** се:

- Има широка одговорност (за која тој/таа има широки познавања) и да не се откажува се додека се развива проектот.
- Има можност за одговорно одлучување за спецификацијата, концептот на производот, цената и временските ограничувања.
- Има можност да осигури дека концептите се адекватно преведени во детална техничка изведба.
- Има честа и директна комуникација со членовите на тимот во врска со работата.
- Одржува директен контакт со купувачите.
- Има знаење и искуство во различни дисциплини за да остварува ефикасна комуникација со сите релевантни луѓе.
- Поседува имагинација за пазарот и можност да ја одреди вистинската потреба на купувачот.
- Соработува со членовите на тимот и се бори за победа на концептот на производот, а не за одржување формални состаноци.

При работа во тим е битно да **не се обесхрабри размената на идеи**.



### 3.5. Методи за поттикнување на креативното мислење

Четири основни психолошки фактори кои придонесуваат за **поголема креативност** се:

**Запазување** - Способност да се препознае проблемот кога постои.

**Вигилност** - Способност да се разработат голем број на алтернативи за решавање на проблемот.

**Еластичност** - Способност да се испробаат повеќе пристапи кон решавањето на проблемот.

**Оригиналноост** - Способност да се развие ново и оригинално решение на проблемот.

Фактори кои **ја кочат креативноста** се:

**Незапазување** - Незапазување на очигледни работи.

**Културни** - Притисок кој доаѓа од околу нас и од нас самите, кој спречува да се прифати нешто што е веќе докажано.

**Лични** - Страв од неуспех, желба за сигурност.

Неколку популарни методи, кои можат да се користат за поттикнување на креативното мислење се:

**1) Молскавица.** Најшироко познат метод за постигнување креативност е молскавица. **Со овој метод се генерираат голем број идеи**, повеќето од кои понатаму се отфрлаат, а остануваат неколку нови идеи кои се оценуваат како вредни за понатамошно следење. Основни правила на методот молскавица се:

**Нема критикување:** Сите идеи се прифаќаат за дискусија.

**Нема ограничувања:** Моменталната ситуација и општото мислење не се ограничувачки фактори; необичните идеи и занес треба да се охрабрат.

**Гради врз идеите на другите:** Многу е пожелно е да се зборува за идеите на некој друг и тие да се прошируваат.

**Да се поттикне учество:** Луѓето треба да се охрабрат да зборуваат почесто. Колку повеќе идеи се предложат, квалитетот на одбраните идеи ќе биде поголем.

**2) Синектика.** При креативното мислење често се применува аналогича - можност да се согледаат паралели или врски помеѓу очевидно различни поими. Често пати се применува аналогича со предмети, организми или појави од природата. Како и методот молскавица, синектиката е групна активност при која не е дозволена критика. Членовите на групата се обидуваат да изградат, комбинираат и развијат идеи кои водат кон креативно решавање на проблемот. Синектика се разликува од молскавица во тоа што групата се обидува да **работи заедно врз одредено решение**, а не толку да генерира голем број идеи.

**3) Метод 635.** Овој метод е надградба на методот молскавица. Тимот го сочинуваат **шест** конструктори седнати на тркалезна маса. По запознавање со задачата, секој од нив треба да изработи во груби црти **три** концепти на конструкцијата. По некое време секој ја подава својата тетратка на соседот од десна страна кој ги прегледува концептите од колегата и додава три нови концепти или дополненија. Тоа се повторува **пет** пати. Овој метод е посистематичен од методот молскавица.

**4) Метод галерија.** Методот галерија овозможува да се комбинира поединечната и тимската работа. Откако членовите на тимот се запознаени со барањата кои треба да ги задоволува конструкцијата, секој од нив работи самостојно 15 минути и изработува концепт на конструкцијата со скица и текст. Резултатите се закачуваат на ѕид како во галерија, така што сите членови на тимот можат да ги гледаат 15 минути и да го кажат своето мислење. Потоа се преминува на втора рунда на самостојна доработка на конструктивно решение. Резултатите од втората рунда се разгледуваат, класифицираат и по потреба се финализираат.

**5) Метод Делфи.** Методот се состои во поставување на одредени барања на група експерти, кои треба да дадат писмени одговори.

Прва рунда: "Сугерирајте од каде да се започне со решавање на проблемот".

Втора рунда: "Еве ви листа на различни појдовни точки за решавање на проблемот. Сугерирајте понатамошни чекори за решавање на проблемот за појдовните точки кои по ваша оценка се најдобри".

Трета рунда: "Еве ви ги резултатите од двете претходни рунди. Одете надолу по листата и одберете кои решенија ги сметате за најпрактични".

Овој метод се применува обично кога треба да се најдат решенија за општи проблеми од големо значење за политиката на претпријатието. Примената на овој метод треба добро да се испланира и подготви.

Гореспоменатите методи претставуваат неколку техники кои се покажале како успешни кога е потребно конструктивот или тимот да размислува креативно. Меѓутоа, оригинални и креативни идеи можат да дојдат и спонтано, без да се примени ниеден од методите за креативно мислење. При креативното мислење често се среќаваат одредени мисловни секвенци, поради што психолозите ги предлагаат како општи. Оваа психолошка низа е секогаш присутна: **препознавање-подготвување-инкубација-илуминација-верификација.**

*Прејознавање* е првото увидување или осознавање дека постои проблем.

*Подготвка* е вложувањето на одреден напор да се разбере проблемот.

*Инкубација* е период кога се остава проблемот да зрее во мислите и се чувствува одредена загриженост за проблемот.

*Илуминацијата* е (често сосема ненадејно) запазување на формулацијата на главната идеја.

*Верификацијата* претставува макотрпна работа за да се разработи и провери идејата.

Како методи за конструирање повеќе се сметаат рационалните методи, односно методите кои го охрабруваат систематскиот пристап кон конструирањето, одошто методите за поголема креативност. Постои широк спектар на рационални методи за конструирање, кои ги покриваат сите аспекти на процесот на конструирање, од разјаснување на проблемот до конструирање на деталите.

За да бидат членовите на тимот што е можно покреативни, потребно е да применат хоризонтално (**креативно**) мислење и спротивното вертикално (**логичко**) мислење. Разликата помеѓу вертикалното и хоризонталното мислење е илустрирана во табела 3.1.

*Табела 3.1. Споредба помеѓу логичкото и креативното мислење*

Вертикално (логичко) мислење	Хоризонтално (креативно) мислење
Само едно добро решение (селективност).	Многу можни решенија (генеративност).
Аналитичко мислење (оценување).	Провокативно мислење (без оценување).
Одлуките се донесуваат последователно, според правила.	Одлуките се донесуваат хаотично, без ред
Ако при одреден чекор не може да се донесе позитивно решение, процесот престанува.	Ако при одреден чекор не може да се донесе решение, се скока на нешто друго.
Се следи само решението кое најмногу ветува	Се следат сите можни решенија.
Се разгледуваат само важните факти.	Се разгледуваат сите факти.
Се занимава само со реалните решенија познати на науката денес.	Може да креира своја реалност (фантазија)
Поместување се јавува само ако е јасна насоката во која се оди.	Се движи секако, само да најде решение.
Се запазуваат класификациите по нивоа.	Се прават нови класификации на објектите со цел да се добијат нови идеи.

## 4. ПРОЦЕС НА КОНСТРУИРАЊЕ

### 4.1. Структура на процесот на конструирање

Да се развие производ погоден за изработка, почнувајќи од потреба, не е лесна работа. Иако процесот на конструирање се разликува од индустрија до индустрија, може да се формира еден општ дијаграм на активностите кои треба да се реализираат, како што е прикажано на сл. 4.1.

Пред да започне конструирањето, треба да се дефинира потребата за одреден производ. Како што се гледа од сл. 4.1 **постојат два извора на конструктивни задачи: пазарот или развојот на нова технологија.** Околу 80% од конструирањето на нови производи е поради потребите на пазарот. Без купувач за производот, не може да се вратат вложените средства за конструирање и производство. Затоа, најважниот дел од разбирањето на конструктивната задача е истражувањето на пазарот, односно одредување на она што купувачот го сака и очекува од производот. Дури и кога се конструираат заради потребите на пазарот, новите производи треба да ја користат најновата технологија за да бидат оценти како производи со висок квалитет.

Често се случува компанија да сака да развие производ користејќи нова технологија. Развојот на нова технологија обично бара големи вложувања на

средства и години инженерско и научничко време. Дури и кога крајните идеи се иновативни и добри, тие може да бидат бескорисни ако не се вклопат во потребите на пазарот или ако за нив не може да се развие нов пазар. Се разбира, постојат производи, особено во електронската индустрија, кои се успешно воведени без да постои јасна потреба на пазарот. Пример на таков производ е Walkman. Ваквите производи се со висок ризик, но може да донесат голем профит поради нивната единственост.

Задачата да се конструира нов производ може да биде иницирана од желбата да се **реконструира постоечки производ**. Потребата за реконструкција се јавува поради барањата на пазарот за нов модел или желбата да се внесе нова технологија во постоечки производ. Реконструкцијата се прави и за да поправат недостатоците на постоечки производ, да се намалат трошоците, да се олесни производството или за да се изврши потребна промена на материјали, или заради низа други причини. Често пат потребата за реконструкција е поради барањата на пазарот: купувачите бараат производот да биде поевтин, да има нови можности, или да трае подолго. **Повеќето конструкторски задачи се реконструкција и затоа процесот на конструирањето често пати започнува од постоечки производ.**

Прикажаниот процес на конструирање може да се примени и на подзадачи кои произлегуваат од декомпозицијата на поголем систем. Замислете, на пример, конструирање на голем систем како што е вселенска станица. Конструирањето на вака голем систем бара илјадници конструктори и производни инженери, инженери за материјали, техничари, добавувачи, цртачи, специјалисти за контрола на квалитет, и сите треба да работат повеќе години на истиот проект. Кај ваквите проекти, целиот систем се дели на конструирање на повеќе помали потсистеми.

## **4.2. План на процесот на конструирањето**

Процесот на конструирање прикажан на сл. 4.1 претставува идеализиран тек на активностите. Втората фаза на активностите е да се планира самиот процес на конструирањето, односно да се алоцираат ресурси од компанијата, како што се: луѓе, пари, опрема и време. Прв чекор во планирањето е оформувањето на конструкторскиот тим. Конструкторскиот тим ги одредува задачите и го планира проектот.

## **4.3. Разработка на инженерските спецификации**

За време на фазата на разработка на инженерските спецификации целта е да се разјасни проблемот и да се постави основата за останатата работа на проектот. Во оваа фаза конструкторскиот тим мора да ја разбере конструктивната задача. Ова е навидум едноставна задача, но бидејќи повеќето конструктивни задачи се недоволно дефинирани, разбирањето на конструктивната задача може да претставува голем зафат. **Прва задача е да се одреди кои се купувачите на производот, односно нивните барања за производот. Барањата потоа се користат за да се спореди и оцени конкуренцијата и за да се генерираат инженерските спецификации, односно мерливите големини според кои се одредува однесувањето**

**на идниот производ. За да може да се мери квалитетот на производот се поставуваат цели за неговото функционирање (перформанси).**

На крајот на оваа фаза од процесот на конструирањето се прави преглед на конструкцијата, односно формален состанок на кој членовите на конструкторскиот тим даваат извештај на менаџментот за напредокот на нивната работа. Во зависност од извештајот, менаџментот потоа одлучува дали да се продолжи со развојот на производот или да се прекине проектот за да не се трошат понатаму средства.

#### **4.4. Разработка на концепти**

Барањата на купувачите се користат како основа за разработка на функционалниот модел на производот, при генерирањето на концептите. Разбирањето и разработката на функциите е основа за изработка на концепти што водат кон квалитетен производ. При оценувањето на концептите се врши споредба со барањата дефинирани во првата фаза со цел да се изберат концептите кои вреди да се разработат понатаму во производи. Генерирањето и оценувањето на концептите е интеративан процес и помага да се разгледаат повеќе идеи. Интерациите се најевтини во оваа фаза, пред да се премине на детална разработка на производот. Во фазата на разработка на концепти се врши често пати декомпозиција на задачата на помали подзадачи, односно подсистеми. Информациите за генерираните концепти треба да се пренесат на соодветни луѓе во соодветно време, што е една од основите на конкурентното инженерство.

#### **4.5. Разработка на производот**

Кога концептите се генерирани и оценети, време е најдобриот концепт да се разработи понатаму во производ. За несреќа, често пати се случува процесот на конструирањето да се започне директно од оваа фаза, без претходни спецификации и разработка и оценување на концепти. Ваквиот пристап често пати води кон производи со низок квалитет и често доведува до потреба од промени во подоцнежните фази. **Започнувањето на проект со само едно концептуално решение на ум, со прескокнување на претходните фази е лоша практика во конструирањето.**

Конкурентниот пристап е од голема важност при разработка на производот. Како што се генерира производот, тој се оценува според погодноста за изработка, монтажа, однесувањето и трошоците. Генерирањето и оценувањето на производот се одвива во повеќе интерации.

Информациите за производот треба да се разменуваат соодветно и повремено треба да се прави преглед на постигнатото. Дури и во оваа фаза на процесот на конструирањето може да се донесе одлука за прекин на проектот или враќање во поранешна фаза.

#### **4.6. Организација на техниките користени во процесот на конструирањето**

Во табела се наведени некои од техниките кои се користат во процесот на конструирањето. Техниките се подредени според редоследот по кој вообичаено се применуваат. Кај различни конструктивни проблеми може да се користат различни техники.

Разбирањето на техниките и нивната примена овозможува да се одбере стратегија која помага да се добие квалитетен производ кој ги задоволува барањата на купувачите. Наведените техники исто така помагаат да се развијат креативни решенија, бидејќи креативноста не подразбира случајност. Edison велел "Генијалноста е 1% инспирација и 99% труд". Наведените техники овозможуваат да се вложи повеќе труд во раните фази на процесот на конструирањето, за инспирацијата да не дојде доцна, кога веќе не може да се влијае на производот. Техниките кои се користат во процесот на конструирањето всушност претставуваат обид да се организира трудот. Со примената на техниките се влијае и да се документира процесот на конструирањето. Притоа се бара да се организираат: забелешки, скици, табели, матрици, прототипови и анализи, кои претставуваат запис на еволуцијата на производот што ќе се користи подоцна во процесот на конструирањето.

#### **4.7. Комуникација во процесот на конструирањето**

Комуникацијата е една од основните карактеристики на конкурентното инженерство и е неопходна помеѓу членовите на конструкторскиот тим. Неформалната комуникација се состои од разговори и прибелешки. Проблемот со неформалната комуникација е што не се документира за идна употреба. Информациите и аргументите кои се користат за да се дојде до решенија не се запишуваат и може да се заборават или погрешно да се интерпретираат.

Формалната комуникација е обично во вид на записи на конструкторот, извештаи за менаџментот, и техничка документација која се дава во производството, примената и за рециклирање на производот.

Претпријатието ги чува записите од развојот на конструкцијата за во иднина, на пример, за подоцнежна реконструкција, за да се докаже оригиналноста при пријавување на патенти, или за да се демонстрира професионалноста на постапките во случај на тужба.

При решавање на било кој конструктивен проблем, од голема важност е да **се води конструкциска книга во која се запишува разработката на идеите и донесените одлуки**. Кај некои претпријатија задолжително е водењето на конструкциска книга во која при секое користење мора да се внесе дата и име. Конструкциска книга со нумерирани, потпишани и подредени по дата страни се смета за добра документација. При судење против конструкторот или претпријатието заради повреда предизвикана од производот, конструкцијската книга може да се користи како материјал за да се добие парницата во случај кога е користена современа практика при развојот на производот. Конструкцијската книга е и потсетник за конструкторот за неговата претходна работа. Дури и во случај на едноставно конструирање, може да се случи конструкторот да не се сеќава зошто била донесена одредена одлука, така што книгата претставува одличен потсетник при разработка на други конструктивни задачи.

Конструкциската книга е дневник на конструирањето. Таа не мора да биде уредна, но треба да ги содржи сите скици, забелешки, пресметки кои се однесуваат на конструкцијата. Пред да започнете со конструирање набавете бележник, каде на првата страна ќе го ставите своето име, името на претпријатието и насловот на задачата. Потоа внесете го описот на задачата. На секој страна ставајте број, дата и потпис. Ако за водење на книгата се користи компјутер, тогаш може едноставно да се внесат слики, скици, резултати од пресметки, конструктивни цртежи и слично или пак да се означат името на датотеките и местата каде се наоѓаат.

За време на процесот на конструирањето се прават периодични презентации на резултатите пред менаџерите, купувачите и пред другите членови од тимот. Презентациите содржат и писмени и усмени информации. При презентација треба да се внимава таа да е разбирлива, и притоа треба да се има јасна слика за степенот на познавањето на користената технологија од страна на тие на кои им се презентира.

При подготовка на презентацијата треба да се следи соодветен редослед. **Презентацијата се одвива во три чекори: 1) Претстави ја целината, 2) Претстави детали за поедини делови од целината кои се разработени, 3) потоа образложи ја повторно целината.** При презентацијата треба секогаш да се започне со она што публиката го знае и постепено да се внесуваат новите работи. **Новите идеи мора да се објаснат постапно за да се разберат.**

На крајот од процесот на конструирањето се комплетира техничката документација за конструкцијата. **Техничката документација** опфаќа: цртежи (или компјутерски датотеки) на деловите (работилнички цртежи) и склопни цртежи според кои се извршува производството. Во техничка документација спаѓаат и: текстови со кои се пренесуваат информации за производство, монтажа, контроли, одржување, рециклирање и контрола на квалитет.

## 5. ПЛАНИРАЊЕ НА ПРОЦЕСОТ НА КОНСТРУИРАЊЕ

### 5.1. Вовед

**Планирањето е процес кој се користи за да се направи распоред на потребите од ресурси, како што се: време, пари и луѓе. При планирањето како резултат се добива табела од која се гледа распоредот и траењето на активностите во процесот на конструирањето.** Освен тоа, со планирањето се дефинира постапката за разработка на производот и преносот на потребните информации на прави луѓе во право време.

Во индустријата се користат термините *план* и *процес* наизменично. Повеќето претпријатија имаат генерички процес (мастер план) кој го користат како подлога за секој нов производ. Мастер планот се нарекува со различни имиња: *процес на развој на производ*, *процес на раѓање на производ*, *план за развој на нов производ*, *план за реализација на производ* и др. Во овој текст се користи терминот **процес за развој на производ.**

Промената на процесот за развој на производ значи промена на начинот на работа на претпријатието. Ова може да биде прилично тешко, но многу претпријатија морале тоа да го направат тоа повеќе пати особено во задните 20 години, за да опстанат на глобалниот пазар. Една од главните вештини во конкурентното инженерство е постојаното подобрување на производот, како и процесот за развој на производот.

Големината на планот варира во зависност од сложеноста на задачата. Кога се прават едноставни промени на производот може да биде доволен план претставен на една страна на која се претставени потребните активности. При развој на нов производ, планот може да содржи и до стотици страни со детални барања. За секоја задача дефинирана во планот треба да се постават цели, распоред и др.

Процесот за развој на производот е различен за производи кои се произведуваат поединечно и во мали серии, и за големосериско производство.

При **развој на производ кој се произведува поединечно или во мала серија** нема потреба да се оптимира изборот на процесите на обработка. Изборот на процеси е ограничен и се сведува на класични машини како стругови, глодалки, со што е ограничен и обликот на деловите. Поради високата цена на алатот не се исплатува да се користат процеси како: ковање, инјекционо пресување, автоматски машини и сл. Обично првата произведена единица производ е истовремено и прототип и конечен производ. Поизразена е тенденцијата за купување и вградување на готови компоненти. Освен тоа, помала е грижата за намалување на времето на монтажа, во споредба со масовното производство.

При **развој на производ за масовно производство** мора детално да се проектира изработката и монтажата. Кај ваквите проекти конструкторот има поголема слобода во изборот на материјали и процеси на обработка. Кај ваквите проекти е неопходно поголемо вклучување на луѓе од производството во тимот.

## 5.2. Планирање на развојот на производот

**Напредокот на процесот на конструирање се оценува според реализацијата, односно изработените цртежи, прототипови, составници, резултати од анализи, резултати од тестови и други видови информации генерирани во проектот.** За време на развојот на производот се прават и се анализираат повеќе модели на производот што се развива. Сложеноста на моделите варира од едноставни аналитички модели (брза пресметка), па се до сложени компјутерски симулации; или од едноставни скици или работнички цртежи до физички модели. Физичките модели на производот се нарекуваат прототипови. Наместо физички прототипови се почесто се применуваат CAD модели за да се заштеди време и средства. Во поново време се користи и техниката наречена *брза изработка на 3D модели* (*rapid prototyping*) при што се користи стереолитографија или друга постапка за брзо добивање на физички прототип од CAD модел.

При планирање на процесот на конструирање треба да се одреди какви прототипови ќе се изработат во кои фази. Бројот и видот на прототиповите зависи од начинот на работа на претпријатието и од можноста брзо да се развие корисен прототип. План на проектот е документ со кој се дефинираат задачите кои треба да се реализираат за време на процесот на конструирањето. За секоја задача, во



планот треба да се дефинирани целите, потребите од луѓе, потребното време, распоредот во однос на други задачи (проекти или програми) и понекогаш предвидените трошоци. Планот се дефинира во пет чекори.

**Чекор 1. Идентификација на задачите.** Задачите обично се разгледуваат како активности кои треба да се извршат. Задачите треба да се дефинираат колку што е можно попрецизно. Во некои индустрии, уште од почетокот на проектот јасно се знаат задачите кои треба да се извршат. На пример, задачите потребни за конструирање на нов автомобил се слични како оние што се користеле при конструирањето на претходниот модел.

**Чекор 2. Постави ги целите за секоја задача.** Секоја задача мора да има јасно поставена цел. Целта на секоја од задачите треба да се дефинира како **информација** која треба да се преработи, развие и пренесе на други лица, а не како активност. Информацијата се презентира како цртеж, резултати од пресметки, добиени информации или резултати од извршени тестови. Целта на задачата треба да прецизира кој вид информација е потребен и во кој обем (на пример, колку концепти треба да се изработат). Целта треба да се реалистична од аспект на расположивиот персонал, опрема и време.

**Чекор 3. Проценка на потребниот персонал, опрема и време.** За секоја задача потребно е да се дефинира кој од конструкторскиот тим е одговорен, кој процент од неговото време е потребен и за време на кој период треба да се ангажира. Многу задачи бараат цело работно време, додека за некои задачи се доволни само неколку часа неделно.

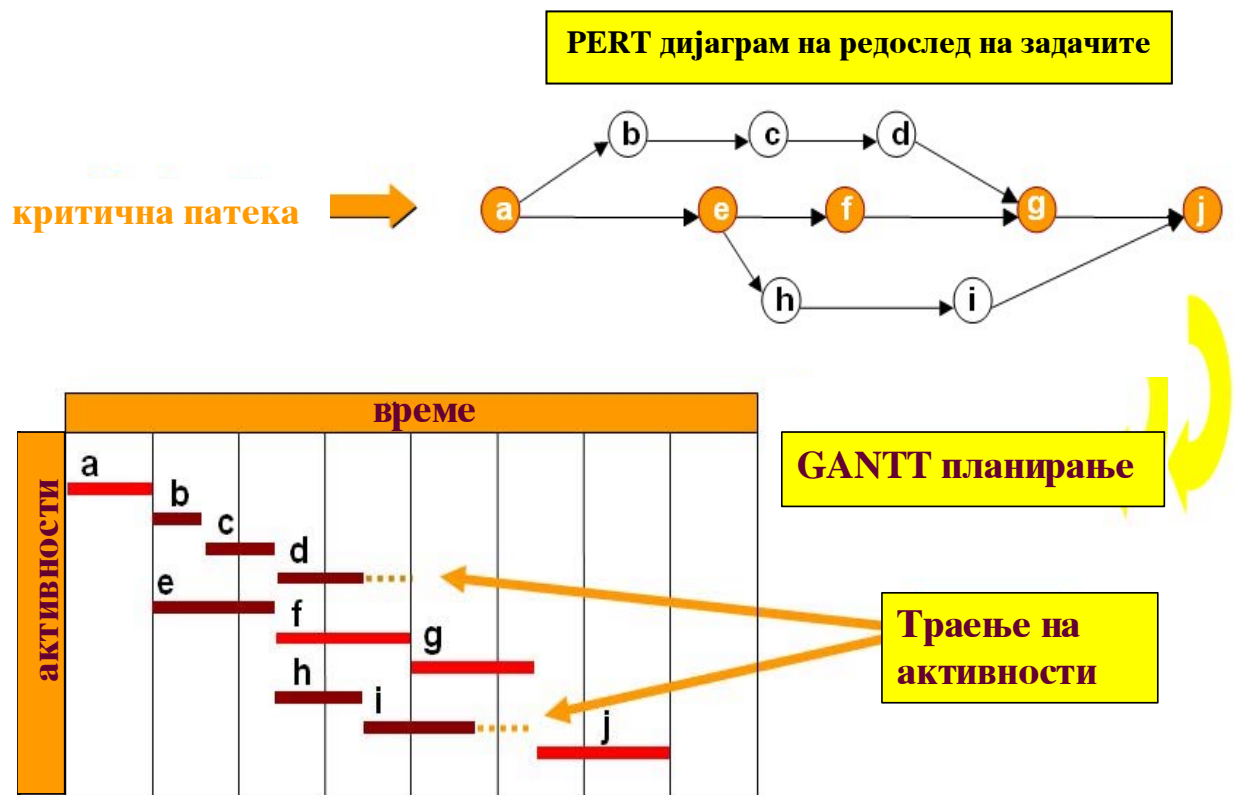
Конструирањето бара време. Обично конструирањето трае двојно повеќе време од планираното. Конструкторските задачи траат обично една недела за рутински едноставен склоп; еден месец за конструкција на играчка, брава или сложен поединечен дел; осум месеци (два конструктора по 4 месеци) за рутинско конструирање на цела машина; 40 човек-месеци (пет конструктори по осум месеци) за конструирање на производ со високи перформанси и нова докажана технологија.

**Чекор 4. Одреди го редоследот на задачите.** Правењето на распоредот може да биде сложена задача. Целта е да се заврши одредена задача пред резултатите да се потребни за друга задача. Освен тоа, треба да се закажат датите на поднесување на извештај за конструкцијата. Извештаи може да се закажат почесто отколку што е прикажано на сл. 4.1.

За секоја задача треба да се дефинираат *претходници* (претходни задачи) и *следбеници* (задачи кои може да се извршат само по завршувањето на дадената задача). Дијаграм на кој се претставува редоследот на задачите во вид на граф се нарекува PERT дијаграм (сл. 5.1).

Најдобар начин за изработка на распоред за релативно едноставни проекти е со примена на *Gantt графикон* (сл. 5.1, сл. 5.2) на кој (1) секоја задача е претставена во однос на временска оска (временските единици се недели, месеци или квартали), (2) претставена е потребата од персонал во одредено време и (3) прикажани се времињата за поднесување извештаи.

**Чекор 5. Предвиди ги трошоците за развој на производот.** Дијаграмот може да послужи и како основа за проценка на трошоците за конструирање на нов производ кои не се мали, иако се само 5% од трошоците за производство.



Сл. 5.1. Основна шема за планирање со Gantt дијаграм



Сл. 5.1. Пример на Gantt дијаграм за фазија на изработка на инженерскиите спецификации