

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи конструисања

Број индекса: 39/2016

Милош В. Богдановић

Један савремени приступ процесу развоја производа завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Редовни проф. др Ненад Марјановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да: проучи савремени приступ процесу развоја производа, да представи начин разумевања проблема при развоју инжењерских спецификација; посебна пажња треба да се посвети генерисању, процени и извору концепта као и производа.

Препоручена литература:

[1] Wickert J.; Lewis K., (2013.), An Introduction to Mechanical Engineering, USA, Cengage Learning.

[2] Ullman G. D., (2010.), The Mechanical Design Process, New York, The McGraw-Hill Companies.

Крагујевац, 2019.

Ментор:
др Ненад Марјановић, редовни проф.

Садржај

1. УВОД.....	2
2. РАЗУМЕВАЊЕ ПРОБЛЕМА РАЗВОЈА ИНЖЕЊЕРСКИХ СПЕЦИФИКАЦИЈА	3
2.1 Корак 1: Идентификовање купаца (ко су они).....	7
2.2 Корак 2: Одредити потребе купаца (шта купац жели)	7
2.3 Корак 3: Одредити важност потреба (одређивање коме је и шта потребно)	9
2.4 Корак 4: Идентификација и процена конкуренције (колико су сад купци задовољни).....	10
2.5 Корак 5: Створити инжењерске спецификације (како ће се потребе купаца задовољити)	10
2.6 Корак 6: Спојити потребе купаца са инжењерским спецификацијама.....	11
2.7 Корак 7: Поставити циљеве инжењерских спецификација и дефинисати њихову важност.....	11
2.7.1 Важност спецификације.....	11
2.7.2 Мерење колико добро конкуренти испуњују спецификацију.....	12
2.7.3 Постављање одређених циљева	12
2.8 Корак 8: Идентификовати повезаност између инжењерских спецификација	12
2.9 Остали коментари QFD методе	12
3. ГЕНЕРИСАЊЕ, ПРОЦЕНА И ИЗБОР КОНЦЕПТА	14
3.1 Разумевање функције већ постојећих производа.....	16
3.1.1 Дефинисање „функције“	16
3.1.2 Коришћење деконструисања за разумевање функције већ постојећег производа	17
3.2 Техника за конструисање са функцијом	17
3.2.1 Корак 1: Пронаћи заједничку функцију која мора бити решена	18
3.2.2 Корак 2: Створити опис подфункције	19
3.2.3 Корак 3: Успоставити ред подфункцијама.....	20
3.2.4 Корак 4: Преиспитати подфункцију	21
3.3 Основне методе за генерацију концепата.....	21
3.3.1 Brainstorming као извор идеја.....	21
3.3.2 Коришћење 6-3-5 методе као извор идеје	22
3.3.3 Коришћење аналогија приликом конструисања.....	22
3.3.4 Проналажење идеје у књигама, научним часописима и на интернету.....	22
3.3.5 Коришћење стручњака приликом генерисања идеја.....	23
3.4 Патенти као извор идеје	23
3.5 Коришћење контрадикције приликом генерисања идеја	23
3.6 Остала важна питања приликом генерације концепта	23

3.7 Информације о процени концепта	23
3.8 Изводљивост процена.....	26
3.9 Спремност технологије	27
3.10 Производ, пројекат и ризик одлуке	27
3.10.1 Безбедност производа, циљ разумевања ризика производа	27
3.10.2 Одговорност производа, резултати лошег разумевања ризика.....	28
3.10.3 Пројектни ризици	28
3.10.4 Ризици приликом доношења одлука	28
3.11 Снажно доношење одлука.....	29
4. ГЕНЕРИСАЊЕ И ПРОЦЕНА ПРОИЗВОДА	30
4.1 Саставница.....	32
4.2 Генерисање облика	33
4.3 Избор материјала и процеса.....	33
4.4 Улога продавца.....	34
4.5 Контролисање функционалне промене.....	34
4.6 Циљеви процене перформанси	35
4.7 Трговински менаџмент	37
4.8 Тачност, варијација и бука	38
4.8.1 Утицај варијације на квалитет производа	39
4.9 Моделирање за процену перформанси	40
4.9.1 Корак 1: Идентификовати крајње резултате.....	40
4.9.2 Корак 2: Проценити потребну изводљивост.....	40
4.9.3 Корак 3: Идентификовати улазне сигнале, контролне параметре и њихова ограничења, и звукове.....	40
4.9.4 Корак 4: Разумевање способности аналитичких модела	41
4.9.5 Корак 5: Разумевање могућности физичког моделирања	42
4.9.6 Корак 6: Одрабрати најбољу методу моделирања	42
4.9.7 Корак 7: Спровести анализе или експерименте и потврдити њихове резултате.....	42
4.10 Завршавање процеса конструисања и подршка производу	42
5. ЗАКЉУЧАК	47
6. ЛИТЕРАТУРА	48

Резиме

Како би се добио квалитетан производ потребно је коришћење савременог приступа процесу развоја производа. У овом раду представљена су осам корака како би се разумео проблем развоја инжењерских спецификација. Поред тога, до квалитетног производа долази се генерисањем, проценом и избором концепта, као и самог производа који представљају кључни део овог рада.

Кључне речи: *конструисање, производ, концепт, развој.*

Abstract

The modern approach to developing a product is used so that the product that is being developed is of greater quality. In this thesis eight steps to understanding engineering specifications will be shown. Likewise, the process of picking the right concept that brings the greatest quality will be analyzes.

Key words: design, concept, product, development.

1. УВОД

Успех и даљи напредак једне компаније на глобалном тржишту зависи од могућности колико брзо и ефикасно може конструисати нов производ у односу на конкуренте. Кључну улогу за опстанак компаније има развој новог производа, као и побољшање постојећег производа. Данас, различити аспекти проблема доводе до непотребних несугласица у процесу развоја новог производа. Како би се ово избегло компаније теже ка решењима путем којих ће се смањити ризик од неуспеха пројекта и повећати различитост производа.

Најважнија стратешка одлука која се доноси јесте увођење и развој новог производа. Развој нових производа представља одговор на захтеве купца који су променљиви временом.

Доношење оваквих одлука није једноставно, јер укључује:

- Истраживање тржишта,
- Развој производа,
- Производне процесе,
- Услуге производа,
- Потпуно разумевање потреба и очекивања купца и
- Неопходно знање.

Завршни рад је представљен у оквиру пет поглавља. Разумевање проблема развоја инжењерских спецификација и фазе дефинисања производа дати су у другом поглављу. Треће поглавље се односи на генерисање, процену и избор концепта. Генерисање и процена производа описани су у четвртом поглављу, а пето поглавље се односи на закључак завршног рада.

2. РАЗУМЕВАЊЕ ПРОБЛЕМА РАЗВОЈА ИНЖЕЊЕРСКИХ СПЕЦИФИКАЦИЈА

Разумевање проблема конструкције је основа за конструисање квалитетног производа. То значи успешно претварање захтева купаца у технички запис путем којег се после врши конструисање. На слици 1 су приказане различите перспективе потребе купаца.



Као што је описано
од сектора за продају



Као што је описано
од стране инжењера



Шта је сектор за производњу
мислио да је потребно



Као што је произведено
и послато



Као што је инсталирано
на сајту корисника



Шта је корисник хтео

Слика 1. *Разумевање потребе производа*

Истраживање је показало да у 80% случајева производ касни приликом изласка на тржиште због лоше дефиниције производа. Ово кашњење, приликом изласка на тржиште, може имати негативније последице на предузеће у односу на производ који је скупљи или који има лошије перформансе од очекиваних. Иако звучи релативно једноставно, налажење правог решења за неки проблем у пракси може бити врло компликован.

Осим што компаније морају да пронађу решење, оне такође морају да узму у обзир

пузеће спецификације. Пузеће спецификације се мењају у току процеса конструисања. Процењује се да 35% кашњења свих развоја производа се дешавају због ових промена. Постоје три фактора које изазивају ове пузеће спецификације:

- Прво, како процес конструисања напредује више се зна о самом производу и његовим карактеристикама.
- Друго, с обзиром на то да процес конструисања дуго траје, нове технологије се јављају и на тржишту се појаваљују нови конкуренти. Тешко је донети одлуку да ли да се ове промене игноришу, да ли да оне утичу на конструисање или да се процес конструисања започне из почетка (конкуренти су елиминисали потребу за нашим производом).
- Треће, пошто процес конструисања захтева доношење одлука, било која промена у спецификацијама доводи до преиспитивања свих осталих одлука приликом конструисања. Чак и најмање промене у спецификацијама могу изазвати реконструкцију читавог производа. Читава поента свега овога је да су промене контролисане.

Важност раног процеса конструисања је стављен у први план. Фокус је на разумевању самог проблема који мора бити решен. Могућност писања добрих инжењерских спецификација је доказ да тим за конструисање разуме проблем.

Постоји више техника и метода којима се генеришу инжењерске спецификације. Једна од најбољих и тренутно најпопуларнијих је „*Quality function deployment (QFD)*“. Оно што је добро код *QFD* методе је то што могу да се организују информације које су потребне за разумевање проблема:

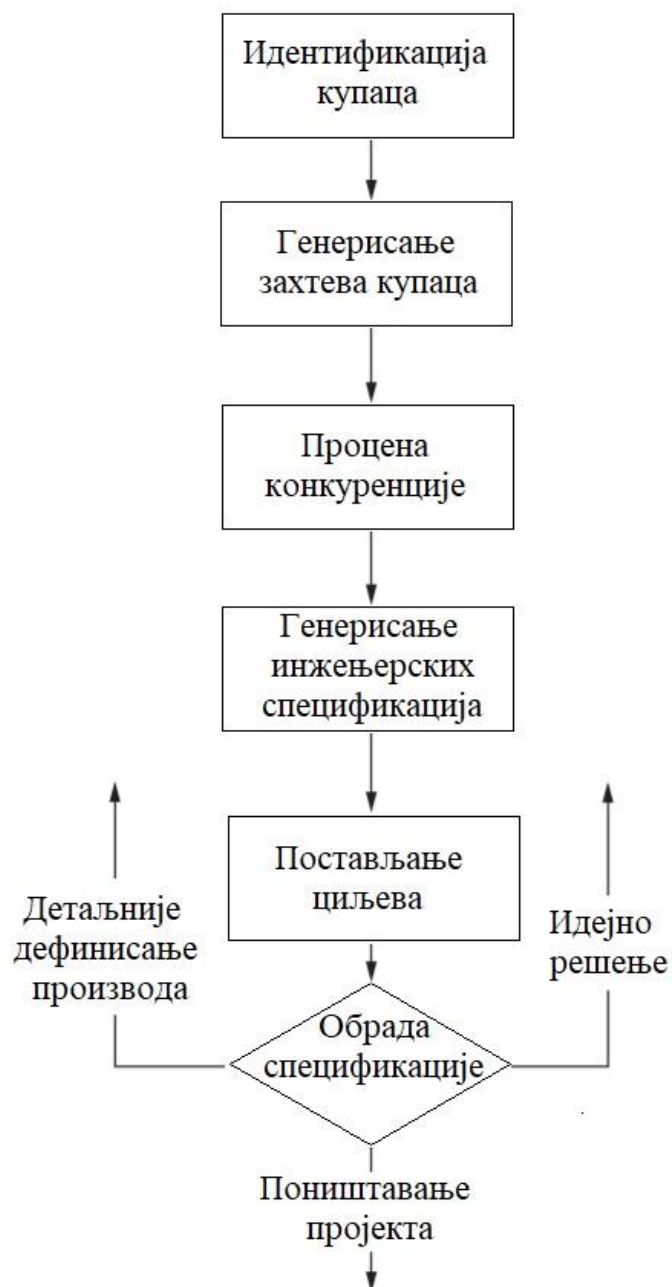
- Слушање купаца,
- Развој спецификације или циљева за производ,
- Проналажење како спецификације испуњавају захтеве купаца,
- Процењивање колико добро конкуренција може остварити циљеве и
- Развој нумеричких циљева према којима се тежи.

QFD метода је развијена у Јапану средином 70-их година прошлог века, а пренешена у *SAD* касних 80-их година. Користећи ову методу *Toyota* је успела да умањи трошкове избацивања новог модела аутомобила на тржиште за 60% и успела је да умањи време развоја производа за једну трећину. Успела је ово да достигне а да је притом унапређивала квалитет производа.

Пре него што се изврши категоризација корака ове методе потребно је размотрити следеће битне тачке:

- Без обзира колико добро тим за конструисање мисли да разуме проблем, требало би да примени *QFD* методу за све оригиналне конструкције или реконструкције пројекта. Приликом овог процеса тим за конструкцију ће научити шта не зна о проблему.
- Захтеви купаца морају бити пребачени у мерљиве параметре.

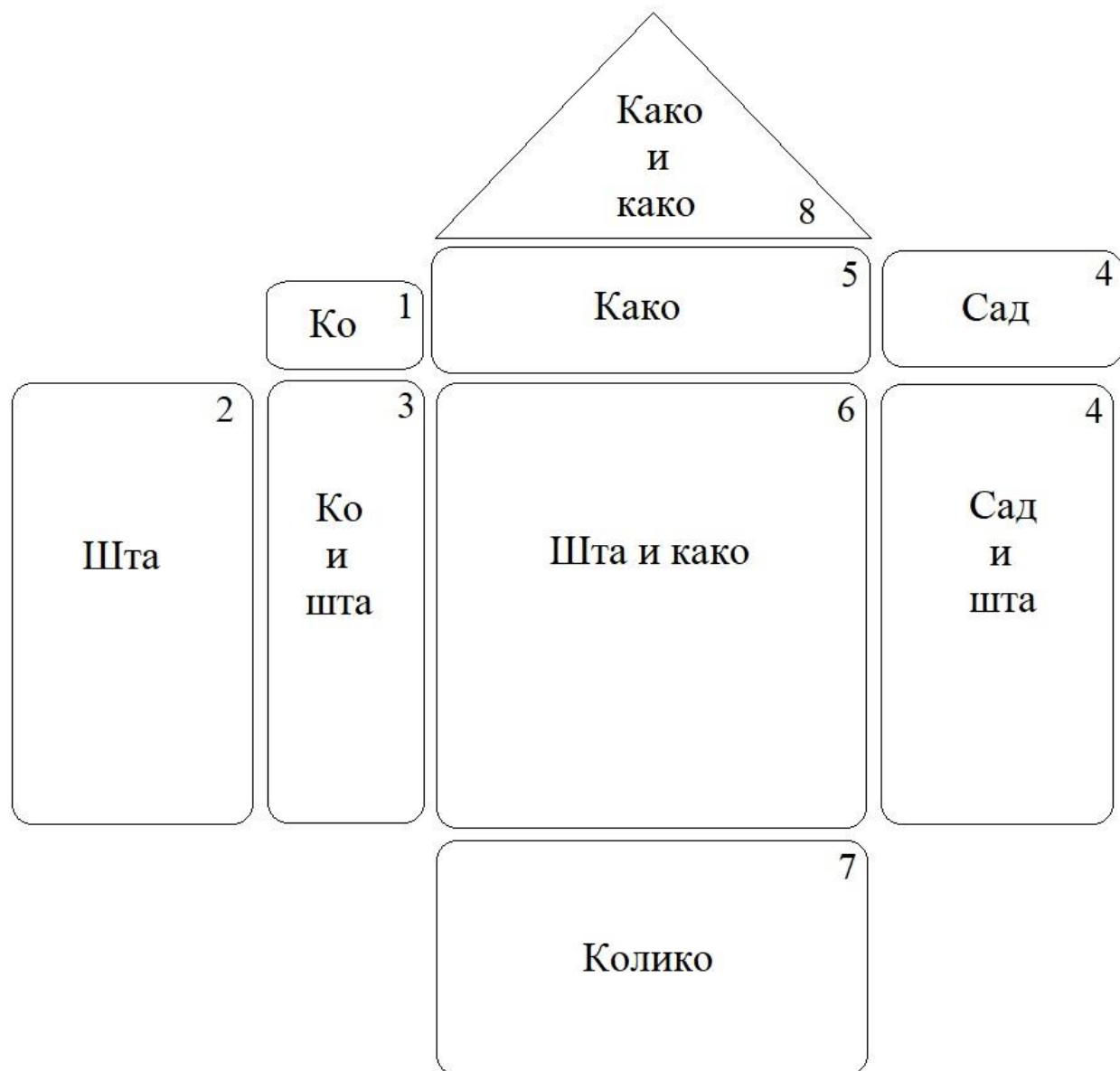
- QFD метода може бити примењена на читав проблем или само на делове проблема.
- Битно је схватити и разумети шта треба да се конструише и само након тога треба да се размотри како ће конструкција изгледати и радити.
- Ова метода захтева време у већини пројеката конструисања. Једна трећина времена се потроши на ову активност. Истраживање је доказало да конструктори који највише посвете време овој активности на крају добију квалитетан производ и уштеде време на каснијим активностима.



Слика 2. Фаза дефинисања производа

QFD метода помаже приликом генералисања информација које су потребне приликом инжењерског дефинисања производа. Ова фаза је представљена на слици 2. Сваки блок на овом дијаграму представља корак у *QFD* методи.

Приликом примењивања *QFD* методе, кораци се могу посматрати као кућа квалитета која је приказана на дијаграму 1. Овај дијаграм у облику куће је састављен од много соба у којој свака има важну информацију.



Дијаграм 1. Кораци *QFD* методе

Сваки број на дијаграму представља корак који ће бити објашњен у наставку. Развој информација почиње са идентификовањем ко су купци (корак 1). Шта је то што они желе да производ ради (корак 2). Одређивање коме је и шта битно (корак 3). Затим је битно идентификовати како да се сад реши проблем (корак 4). Ова информација се упоређује са тим шта купац жели како би се открило где постоје могућности за унапређење производа. Следећи корак је најтежи зато што се у овом кораку одређује како ће производ задовољити потребе купаца (корак 5). Инжењерске спецификације и њихова међусобна повезаност са потребама купаца је објашњена следећим кораком (корак 6). Следећа тачка се бави питањем цене и ова тачка представља подрум куће (корак 7). Коначно, међусобна зависност између различитих инжењерских спецификација је представљена кровом куће (корак 8).

2.1 Корак 1: Идентификовање купаца (ко су они)

За већину конструкција постоји више од једног купца. Понекад купац овог производа није и његов корисник (опрема у теретани, школске клупе, столови у канцеларијама...). Неки производи (свемирски бродови или нафтна бушилица) нису производи за потрошача, али и даље имају велики број купаца. Једна од метода којима се осигурава да смо идентификовали све купце је да се узме у обзир читав животни век производа.

2.2 Корак 2: Одредити потребе купаца (шта купац жели)

Када су идентификовани купци, следећи циљ *QFD* методе је да се одреди шта треба да се конструише.

- Купац жели производ који извршава своју функцију, дуго траје, лак је за одржавање, лепо изгледа, садржи најновије технологије и да има доста примена.
- Произвођач жели да производ буде што лакши за производњу (приликом производње и склапања), користи доступне ресурсе (запослене, опрема и доступне материјале), користи стандардне делове и методе, користи већ постојеће објекте и производи минималан број отпадних делова.
- У предузећу они који су задужени за маркетинг и продају, желе производ који испуњава потребе купаца, лак је за паковање, складиштење, транспорт, има леп изглед приликом излагања производа.

Кључ овог *QFD* корака је прикупљање информација од купаца. У суштини постоје три методе којима се ово остварује, а то је посматрање, испитивање и фокус групе.

Углавном су нови производи базирани на већ постојећим производима, тако да многе информације могу бити прикупљене посматрањем купаца који већ користе постојеће производе. На пример: Произвођачи аутомобила шаљу инжењере на паркинг места шопинг центара како би посматрали који су аутомобили пожељни.

Испитивање се користи за прикупљање специфичних информација и како би питали купце за њихове ставове о већ постојећем производу. Испитивање се врши анкетама које

су пажљиво направљене и примењене тако што се шаљу мејл-ом, испитивање преко телефона или разговорима лицем у лице. Испитивање је добро за прикупљање информација о производу који треба да се реконструише или да се направи потпуно нов производ. За развој нових производа или за унапређење већ постојећих је добро искористити фокус групе.

Фокус група метода је развијена 80-их година како би произвођачи добили информације специфичних потенцијалних купаца. Метода почиње идентификацијом седам до десет потенцијалних купаца, а затим испитивањем да ли желе да дођу на догађај где ће се расправљати о новом производу. Један члан тима за конструкцију ради као модератор на том скупу, док други сакупља главне идеје са тог скупа. Циљ овог догађаја је да се види шта купци желе од производа који још увек не постоји, тако да се овај догађај ослања на машту купаца. Прва питања се постављају учесницима који користе сличне производе и да се види шта би купци конкретно променили. Поента модератора није да контролише ток разговора, већ само да га усмерава. Требало би да група има мало интервенција од модератора зато што учесници треба да граде идеје на основу претходно изнетих коментара. Како би се добили добри резултати модератор мора да има искуства, тренинга, претходног искуства са другим учесницима. Касније, у процесу дизајна, испитивање се може вршити како би се прикупила искуства учесника дебате.

Сви ови типови информација које се сакупљају ослањају се на то да су ова питања формулисана пре времена. Испитивања се ослањају на формализована питања чији се одговор и очекује, док се фокус групе ослањају на отворен дијалог без предвидљивих резултата.

Без обзира на методу која се користи ови кораци ће помоћи тиму за конструисање, корисне информације:

- **Корак 1: Спецификација потребних информација** - Смањити број изјава, у идеалном случају на једну изјаву. Ако не може да се сведе на једну изјаву, можда је потребно више пута прикупљати податке.
- **Корак 2: Одредити тип методе за прикупљање информација** - Искористити три методе (посматрање, испитивање и фокус групе) које су претходно наведене.
- **Корак 3: Одредити садржај појединачних питања** - Свако питање треба имати јединствен циљ. Приликом методе посматрања и фокус група ово можда није могуће, али то треба бити првобитни циљ.
- **Корак 4: Конструисање питања** - Свако питање треба да добије одговор који је јасан и прецизан. Како би се ово остварило, потребно је држати се следећих правила:
 - Не треба да се претпоставља да особа која се испитује има потребно знање,
 - Не треба да се користи жаргонски изрази,
 - Не треба наводити особу која се испитује на одговор који ми желимо,
 - Не треба спајати два питања заједно и
 - Треба користити смислене реченице.

Питања могу бити постављена у четири форме:

- Питања где је одговор да/не/не знам (овај начин је лош за фокус групе),
 - Одговори са различитим ставовима (1 - у потпуности се слажем, 2 - донекле се слажем, 3 - неутралан сам, 4 - донекле се не слажем, 5 - потпуно се не слажем). Такође се може оценити према важности (веома ми је важно/донекле ми је важно/неутралан сам/није ми важно/потпуно ми је неважно),
 - Одговори са већ понуђеним одговорима (а,б,ц...),
 - Рангирање („а“ је боље него „б“).
- **Корак 5: Распоред питања** - Ово ће помоћи учесницима у фокус групама или испитаницима да прате логику питања.
 - **Корак 6: Прикупити информацију** - Обично је потребно спроводити више пута испитивања како би се створиле корисне информације.
 - **Корак 7: Смањити количину информација** - Листа потреба купаца треба да се класификује по одређеним терминима („брзо“, „лако“, итд.). Касније се ови термини претварају у инжењерске параметре. Листа треба да буде позитивно оријентисана на оно што купац жели, а не на оно што не жели. Разлог тога јесте то што конструктори не желе да поправе лошу конструкцију, већ да развију добру.

2.3 Корак 3: Одредити важност потреба (одређивање коме је и шта потребно)

Следећи корак *QFD* методе је процена важности појединачних потреба купаца. Ово се остварује додељивањем тежине појединачним факторима. Ове тежине ће дати идеју колико је потребно труда, времена и новца да се уложи за остваривање сваке потребе. Два питања се постављају овде: Кома су потребе битне и како измерити важност свих појединаца у овој диверзификованој групи потреба.

Пошто је конструкција добра само онда када купац каже да је добра, онда је одговор на прво питање очигледан, купац. Међутим, ми знамо да можда има више од једног купца. На пример, када посматрамо процес производње, другачије на машину посматра радник од менаџера. Понекад је најтежи посао конструктора да се одреди ко треба да се задовољи.

Традиционално посматрано, додељивање тежине на основу потреба купаца није најбоље решење. Када се замоле испитаници да оцене важност на скали од 1 до 10 (1 - потпуно неважно, 10 - веома важно), обично се свим факторима додељује висока важност од 8 или 9. Боља метода је да се сваком испитанику додели 100 бодова и да се расподела по важности. Ова метода приморава испитаника да неке факторе оцени са малим бројем бодова, како би други, њему важнији, имали више бодова.

2.4 Корак 4: Идентификација и процена конкуренције (колико су сад купци задовољни)

Циљ овог корака је одредити како купци доживљавају могућност конкурената да задовоље њихове потребе. Чик иако конструктори развијају потпуно нову конструкцију постоји конкуренција или макар производи који ће можда задовољити сличне потребе купаца. Поента испитивања тренутно постојећег производа је стварање свести о већ постојећим производима и откривање могућности за њихово побољшање. У неким предузећима овај процес се назива *benchmarking* конкуренција и представља битан фактор у разумевању проблема конструкције. Приликом *benchmarking*-а сваки производ конкуренције мора бити упоређен са потребама купаца. За сваки прохтев купца тренутни производ ћемо рангирати на скали од 1 до 5:

1. Производ не испуњава потребе уопште,
2. Производ мало испуњава потребе,
3. Производ донекле испуњава потребе,
4. Производ углавном испуњава потребе,
5. Производ потпуно испуњава потребе.

2.5 Корак 5: Створити инжењерске спецификације (како ће се потребе купаца задовољити)

Циљ је да се створе инжењерске спецификације на основу потреба купаца. Без оваквих информација инжењери не могу знати да ли конструкција која се развија има смисла, и да ли може задовољити потребе купаца. Инжењерске спецификације се састоје од параметара који се развијају у овом кораку. Ове спецификације су као преводи ставова купаца, на тај начин да их инжењери могу разумети. Оне служе као визија идеалног производа и користе се као критеријуми за одлуке приликом конструисања.

У овом кораку развијају се параметри који говоре инжењерима како се заправо зна да ли су испуњени захтеви купаца. Процес почиње, тако што се прикупља што више инжењерских параметара којима се ставља до знања ниво остварења потреба купаца. На пример, потреба „лако да се прикључи“ се може мерити бројем корака који су потребни да се производ прикључи, време које је потребно да се прикључи, број делова и број стандардизованих алата који се користе. Ако јединица за ове инжењерске параметре не могу да се нађу, ови параметри онда нису мерљиви и морају бити преиспитани. Сваки инжењерски параметар мора бити мерљив и самим тим мора да има јединице којима се мери. Међутим, „лако да се прикључи“ није најбоља мера зато што се доста ослања на саме вештине купца. Ниво знања купца мора се узети у обзир и самим тим и дефинисати, а ако ово није могуће, онда овај параметар треба да се елиминише.

Када се развијају инжењерске спецификације мора се пажљиво узети у обзир описи производа које су дали купци. Сваки опис говори о одређеном делу производа, читавом производу или његовом применом.

2.6 Корак 6: Спојити потребе купаца са инжењерским спецификацијама

У овом кораку је узета у обзир повезаност свих корака заједно и разматра се колико се добро разуме потреба купца. Оцењује се потреба купца на основу повезаности те потребе са свим корацима. Ако се потреба купца реализује у свим корацима онда то представља јаку везу (9), ако је повезаност мања онда је та веза осредња (3), ако је повезаност само са једним кораком онда је то слаба веза, а ако нема повезаности ни са једним кораком, онда та веза не постоји. Како би се потребе купаца уопште испуниле, потребно је задовољити неке од следећих корака:

- Свака потреба купца треба да има макар једну спецификацију са јаком везом.
- Ако потреба купаца имају само слабу или осредњу везу онда ове потребе се нису добро разумеле или инжењерске спецификације нису добро промишљене.
- Постоји природна тежња инжењера да се испуни свака потреба купаца, међутим ово није добар начин да се користи ова метода.

2.7 Корак 7: Поставити циљеве инжењерских спецификација и дефинисати њихову важност

Овај корак се може поделити на три дела.

2.7.1 Важност спецификације

Први циљ овог корака је детерминисати важност сваке спецификације. Ако је циљ битан онда је потребно уложити напор да би се он достигао, ако ово није случај онда овај циљ нема толику важност. Приликом процеса развоја производа, битно је да се циљеви остваре у времену у којем је доступан тако да овај труд може усмерити на то шта је потребно следеће да се уради. Овај корак се може поделити на три дела:

- Корак 1: За сваку муштерију помножити тежину важности из корака 3 са везама из тачке 6.
- Корак 2: Сабрати вредности из свих ових спецификација.
- Корак 3: Нормализовати суме узимајући у обзир све спецификације.

2.7.2 Мерење колико добро конкуренти испуњују спецификацију

У кораку 4 производи конкурената су поређени са потребама купаца. У овом кораку они ће бити измерени у односу на инжењерске спецификације. Овим се осигурава да постоји знање и опрема за процену било ког новог производа који је развијен у пројекту. Такође, вредности које су добијене мерењем конкуренције дају основу на основу које се постављају циљеви. Ово обично значи придобијање правих примера производа конкурената и вршење испитивања тих производа, на исти начин као што се врши на производима који се конструишу.

2.7.3 Постављање одређених циљева

Приликом процеса конструисања врло је битно постављати циљеве у раним фазама развоја, циљеви који се поставе при крају су лаки да се испуне, али немају никакво значење зато што се увек поклапају са оним што се конструише. Међутим, постављање циљева који су превише фиксирани, могу елиминисати нове идеје. Нека предузећа мењају своје циљеве приликом развоја концепта и онда их фиксирају. Већина текстова где се пише о *QFD* методи тврде да је најбоље када се постави један циљ. Међутим, када се процес конструисања започне често није могуће да се добију тачне вредности.

2.8 Корак 8: Идентификовати повезаност између инжењерских спецификација

Инжењерске спецификације могу бити међусобно зависне. Најбоље је схватити ове повезаности рано у процесу конструисања. Овај корак је представљен у облику крова, како би се илустровала тежња ка испуњењу једне спецификације, а може имати позитиван или негативан утицај на остале спецификације.

Савети за овај корак су:

- У идеалној ситуацији све спецификације су независне. Међутим, у пракси побољшањем једне спецификације друга спецификације се може побољшати или не.
- Ако кров има превише пуних ћелија, онда су спецификације превише међусобно зависне, и потребно је да се преиспитују.
- Ако веза није јасна онда макар једна од ових спецификација неће бити јасна.

2.9 Остали коментари *QFD* методе

QFD метода осигурава да се проблем добро разуме. Ова метода је корисна свим типовима проблема конструисања и резултат ове методе су разјашњене потребе купаца. На први поглед ова метода успорава процес конструисања. Међутим ово није тачно, зато што

време уложено на почетку ће уштедети време у каснијим фазама процеса.

Иако је ова метода представљена као метода за разумевање потреба конструисања, ова метода захтева толико размишљања о проблему да многа добра решења долазе приликом ове методе.

Иако *QFD* метода примењује врсту водопад плана развоја, многе информације се могу добити за време процеса конструисања. Сматра се да је *QFD* метода добра метода која се ажурира по потреби. Формалност и комплексност ове методе приморава инжењере да пажљиво спроводе било какве промене што је добро, јер без овог система се могу десити брзе промене које не доводе у питање разматрање тима конструктора. Те брзе промене могу довести до отказа остварења циљева и у најгорем случају да се направи лош производ.

3. ГЕНЕРИСАЊЕ, ПРОЦЕНА И ИЗБОР КОНЦЕПТА

Циљ ове тачке је да се искористи информација из претходне тачке, како би се разумела основа генерисања концепта које ће довести до развоја квалитетног производа. Приликом спровођења ове методе прати се јасна филозофија „форма прати функцију“. Дакле, мора се прво разумети функција производа пре него што конструишемо његову форму. Концептуално конструисање се фокусира на функцију.

Концепт је идеја која је довољно развијена да испрати физичке принципе који одређују њено понашање. Примарни циљ развоја концепта је разумевање концепта који ће функционисати онако како је очекивано од њега. Концепт мора бити преиспитан довољно да се разумеју технологије које су потребне за његово реализовање, да се реализује основна архитектура и да се одреди њихова способност производње до одређене мере. Концепти могу бити представљени као груби цртежи са групом прорачуна и са многим другим параметрима који могу створити апстрактну представу шта једног дана може бити производ.

Према истраживању у просеку, тим за конструкцију потроши 15% свог времена на развој концепта. Како би се избегле касније грешке, потребно је да овај период износи између 20 и 25%.

Неки концепти се природно развијају за време развоја инжењерских потреба. Постоји одређена тенденција између конструктора да узму прву идеју и да је прерађују до развоја производа, међутим ово је лоша методологија за развој производа.

Концепти концептуалног конструисања су приказани на слици 3. Овде је генерација концепта уско повезана са преиспитивањем. Пратећи основну филозофију погледаће се технике за генерисање констукцијских дизајна на основу функције производа који се конструишу. Ове технике помажу приликом разлагања проблема на такав начин да конструкторима пружа најбоље разумевање проблема и приказује најбоље могућности за креативна решења.

Фокус ће бити стављен од технике које помажу са функционалном декомпозицијом и са концептом различитих генерација идеја, зато што су ове две функције битне да се испуне захтеви купаца који се тичу функционалних перформанса које се траже од производа. Ове потребе постају основа за технике генерације концепта. Функционална декомпозиција је створена да даље преиспитује функционалне потребе, концепт различитих генерација идеја помаже приликом трансформације функције у концепте.

Када се функције разумеју, постоји много метода којима се генеришу концепти којима се задовољавају купци. „Концепти су начини обезбеђивања функција“. Концепти могу бити представљени као вербални или текстуални описи, груби цртежи, папирни модели, блок дијаграми, или било који други формат који нам даје индикације како функција може бити остварена.

Ове технике подржавају дивергентно-конвергентну филозофију конструисања. Ова филозофија шири проблем конструисања у више различитих решења, пре него што се конструктори усмере на једно коначно решење. Технике које у представљене су добре за развој читавог система, делове система, компоненте или особине.

Након генерације концепата, следећа фаза која треба бити урађена је процена. Када се говори о термину процене мисли се на упоређивање алтернативних концепата са потребама које оне морају да испуне. Резултати процене дају информације које су потребне да се донесу одлуке везане за концепте.

Конструктори приликом фазе преиспитивања морају да буду спремни да се одрекну своје омиљене идеје, ако не могу да се одбране на рационалан начин. Такође је потребно избећи избор оних метода које су се традиционално на тај начин радиле.



Слика 3. Фаза конструисања концепта

Битно је нагласити да се даје на значају развоју што више идеја. Развој идеја са једне стране може бити врло задовољавајући зато што се на овај начин ствара што више идеја, а са друге стране може бити врло разочаравајуће зато што се многе идеје запоставе, зато што не задовољавају потребе, превише су комплексне или не постоји довољно средстава за њихов развој.

3.1 Разумевање функције већ постојећих производа

У овом делу биће представљена генерална дискусија о појму функције, затим ће касније бити представљена метода за њихову даљу декомпозицију како би се боље разумела функција.

3.1.1 Дефинисање „функције“

Битно је имати на уму да функција говори шта производ мора радити, а да форма или структура представља како ће тај производ радити. Ово је слично *QFD* методи која је размотрена у претходном поглављу.

Функција је логичан ток енергије, материјала или информација између предмета, или измена стања предмета која се десила од стране једног или више токова. На пример, како би се се прикачила било која компонента на другу, особа мора „узети“ компоненту, „позиционирати је“ и „накачити је“ на одговарајуће место. Ове функције морају пратити логичан редослед: узети, позиционирати, накачити. Приликом предузимања ових активности човек пружа информације и енергију приликом контролисања покрета објекта или компоненте примењујући силу на њу. Три тока (енергија, материјал и информација) су ретко независне једна од друге. На пример, контрола и енергија коју пружа човек не може бити раздвојена.

Функција која је повезана са током енергије може бити класификована по типу енергије и по акцијама у систему. Ови типови енергије које се обично идентификују са електромеханичким системима су механичка, електрична, флуидна и топлотна. Како ови типови енергије пролазе кроз систем оне се трансформишу, складиште и преносе.

Функције које су повезане са током материјала, могу бити подељене у три главна типа. Процеси очувања материјала је први тип. Материјалом се манипулише како би се изменила његова позиција и облик. Неки појмови који се нормално асоцирају на овај тип су: померити, позиционирати, подици, ротирати, усмерити, итд. Други тип је дивергентни ток или подела материјала на два или више тела. Термини који описују овај тип су: раздвајати и расклопити. Конвергентни токови или спајање материјала је трећи тип. Термини који дефинишу овај тип су: спајање, мешање, итд.

Функције које се асоцирају са током информација могу бити у форми механичких сигнала, електричних сигнала или софтвера. Уопштено посматрано, информација се користи као део аутоматских система контроле или за интерфејс измађу машине и оператора. Функције се такође могу односити и на промену стања објекта. Промена стања ових објеката су битни приликом конструисања и они описују трансформацију

потенцијалне или кинетичке енергије, особине материјала, форме или садржаја информација. Са овим основним разумевањем функција, конструктори могу описати корисну методу за деконструисање већ постојећих производа.

3.1.2 Коришћење деконструисања за разумевање функције већ постојећег производа

Деконструисање је метода за разумевање како производи функционишу. Овде ће се проширити декомпозиција како би се разумела функција производа. Претходно наведена *QFD* метода ставља у први план изучавање већ постојећих производа, као начин да се развије могућност експлоатације на тржишту и постављање циљева које се односе на спецификације.

Како би се разумела функција производа, предлажу се следећи кораци:

Корак 1: За читав производ испитати однос са осталим производима. Пошто је функција производа дефинисана по његовом току енергије, информације и материјала, почетна позиција је да се преиспитају ови токови производа.

Корак 2: Извадити компоненту за детаљније испитивање. Извадити појединачну компоненту из производа. Записати детаљно како је била повезана са остатком производа, такође записати везу коју има са осталим производима са којима није у физичком контакту. Могуће је да штити остале компоненте од светлости или радијације. Компонента која је извађена може бити флуид, на пример у случају да треба да се преиспита утацај цеви на воду. Овај корак је сличан декомпозицији производа.

Корак 3: Испитати сваки интерфејс како би се пронашао ток енергије, информације или материјала. Циљ овог корака је да се суштински разуме како функције које су идентификоване у кораку 1 утичу на производ. Осим тога потребно је разумети како су делови повезани, како се силе преносе са једне компоненте на другу и функција сваке појединачне компоненте. Приликом разматрања прикључака, битно је имати на уму да силе могу бити пренешене између компонената у три различита смера (x, y, z).

3.2 Техника за конструисање са функцијом

Циљ функционалног моделирања је да се декомпонује проблем на делове тока (енергија, материјал и информација). Ово потенцира детаљно разумевање на почетку пројекта конструисања. Техника функционалне декомпозиције је корисна приликом развоја новог производа.

Постоји четири основна корака за примену технике и неколико савета за успешну декомпозицију. Ови кораци могу бити промењени по потреби, а такође могу бити коришћени *QFD* методом како би се боље разумео проблем.

3.2.1 Корак 1: Пронаћи заједничку функцију која мора бити решена

Циљ овога је да се оствари основа за потребе купаца тако што се пронађе једна заједничка функција која мора бити створена. Ово захтева детаљно разумевање на самом почетку процеса конструисања, шта је то што производ треба да буде и шта треба да ради. Техника функционалне декомпозиције је веома корисна приликом процеса развоја новог производа.

Све функције морају бити поједностављене док се не добије „црна кутија“. Улаз ове кутије је енергија, материјал и информација које улазе у читав систем. Док је излаз оно што излази из читавог система.

Неки савети за корак 1 су:

- **Енергија мора бити сачувана.** Било која количина енергије која улази у систем, мора да изађе или да буде складиштена у систему.
- **Материјал мора да буде сачуван.** Као и енергија, материјал који уђе у овај систем, такође мора бити сачуван.
- **Сваки објекат који је у интерфејсу је познат, фиксни делови система морају бити идентификовани.** Битно је набројати све производе који имају интеракцију са системом. У ове производе спадају особине, компоненте, склопови, људи или елементи природе који размењују енергију, материјал или информацију са системом који се конструише. Ови производи могу да ограниче величину система, облик, боју, итд. Такође, неки делови система који се конструишу не могу бити промењени или модификовани. Ови производи такође морају бити набројани на почетку процеса конструисања.
- **Поставити питање, како ће купац знати да ли систем функционише?** Одговор на ово питање ће помоћи конструкторима да се идентификују токови информација који су битни.
- **Описи производа за описивање функције.** Описи производа који су приказани у табели 1 могу бити коришћени да опишу функцију производа. Многи други описи који нису наведени у табели, могу доћи у обзир.

Табела 1. Типичне функције машинских конструкција

Припојити/Уклонити	Распитати	Ослободити
Активирати	Побудити	Преправити
Појачати	Причврстити	Ротирати
Склопити/Расклопити	Увећати/Умањити	Обезбедити
Променити	Прекинути	Заштитити
Усмерити	Саставити/Раставити	Почети/Прекинути
Избећи	Подићи	Управљати
Прикупити	Ограничити	Складиштити
Спровести	Лоцирати	Снабдеи
Контролисати	Померити	Подржати
Конвертовати	Орјентисати	Трансформисати
Упарити/Прекинути	Позиционирати	Превести
Упутити	Заштитити	Проверити

3.2.2 Корак 2: Створити опис подфункције

Циљ овог корака и корака 3 је да се декомпонује генерална функција. Овај корак се фокусира на идентификацију потребних подфункција, а следећи корак се бави њиховом организацијом.

Постоји три главна разлога за декомпозицију генералне функције. Прво, резултујућа декомпозиција контролише истрживања за одговор на проблеме конструисања. Пошто концепти прате ток функције и производа, потрбно је употпуности разумети функцију пре него што се потроши време на стварање производа који решава погрешан проблем. Друго, подела на детаљније функције доводи до бољег разумевања проблема конструисања. Иако овај детаљан рад звучи супротно од креативности, већина добрих идеја настаје од потпуног разумевања функционалних потреба проблема везаних за конструисање. Пошто унапређује разумевање, корисно је почети овај процес пре *QFD* методе. Треће, рашчлањавањем функције може довести до схватања да постоје неке већ постојеће компоненте које могу да обезбеде потребну функционалност.

Свака подфункција која је развијена ће показати:

- Објекат чије стање се променило и
- Објекат који има енергију, материјал или информације које су му пренешене од другог објекта.

Време посвећено овим корацима ће уштедети време касније приликом развоја функције

производа.

Савет: Размотрити шта, а не како. Битно је разумети шта је потребно да се деси - функција. Детаљне, структурно орјентисане „како“ разматрања требало би да буду документована за каснија разматрања. Иако ми памтимо функције по њиховим физичким карактеристикама битно је пре свега разумети њихове суштинске информације које ће бити корисне конструкторима.

Савет: Користити само објекте који су описани приликом спецификације проблема или генералне функције. Како би се осигурало да се нове компоненте не додају производу, битно је користити само описе производа који су на почетку коришћени (QFD методом или у кораку 1). Битно је нагласити да је додавање функције добро једино ако су оне додате свесно.

Савет: Разложити функције што је прецизније могуће. Ово се најбоље ради тако што се започне са генералном функцијом конструкције и рашчлањавање на одвојене функције. Описи овога су дати у табели 1.

Савет: Узети у обзир све оперативне секвенце. Производ може имати више од једне оперативне секвенце приликом коришћења. Функције производа могу бити различите у току сваке секвенце. Корисно је посматрати сваку функцију у различитим етапама од процеса припреме до закључног производа.

Савет: Користити стандарде онда када је могуће. За неке типове система постоје добро утврђене методе за развој функционалних блок дијаграма. Постоје стандардне шеме за електрична кола, и блок дијаграма који представљају пренос функција приликом системске динамике и системске контроле. Ове стандарде треба користити када је могуће али не постоје стандарди за генерално конструисање механичких производа.

3.2.3 Корак 3: Успоставити ред подфункцијама

Циљ је да се успостави ред подфункцијама који су створени у претходном кораку. За многе проблеме реконструисања ово се дешава истовремено са њиховом идентификацијом у кораку 2 и за неке системе процене материјала ово је битан корак. Циљ је да се редослед функција који су направљени у кораку 2 организује на такав начин да се остваре функције које су дефинисане у кораку 1. Савети који ће бити наведени могу бити корисни за овај корак.

Савет: Токови морају имати логичан редослед. Операције система који се конструише морају да се десе логичним корацима и у временским секвенцама. Ове секвенце се могу одредити организацијом подфункције. Прво, поређати их у независне групе (припрема, тестирање и закључак). Затим, поређати их унутар сваке појединачне групе тако да излаз једне функције буде излаз друге.

Савет: Исте функције морају бити идентификоване и спојене. Често постоје многи начини да се дефинише иста функција. Ако сваки члан тима за конструисање дефинише појединачно своје подфункције потребно је да се сагледају све подфункције на нивоу читавог тима и да се групишу оне које су сличне. Оне које су сличне морају бити спојене у једну подфункцију.

Савет: Функције које нису унутар система на коме се ради морају бити елиминисане. Овај корак помаже тиму да дође до заједничког договора која је функција система (овај корак није толико једноставан као што звучи).

Савет: Енергија и материјали морају бити сачувани приликом тока кроз систем. Изједначити улаз и излаз са функционалном декомпозицијом. Улаз сваке функције мора да се поклапа са излазом претходне функције. Излаз и улаз представљају енергију, материјал и информацију. Дакле ток између функције користи енергију, материјал и информације без промене или трансформације.

3.2.4 Корак 4: Преиспитати подфункцију

Циљ је да се декомпонују подфункције што је прецизније могуће. Ово значи испитивање сваке подфункције да би се видело да ли могу да се поделе у даље подфункције. Ова декомпозиција се наставља све док се не догоде неке од ових ствари: „атомске“ функције се развијају или нови објекти су потребни за даље преиспитивање. Термин „атомске“ подразумева да функције могу бити испуњене са већ постојећим објектима. Међутим, ако су потребни нови објекти онда је потребно да се прекине преиспитивање, зато што нови објекти захтевају преиспитивање како би се сазнало како ће функције бити добијене.

Констатуисање може бити онолико добро колико је добро разумевање потребних функција у овом производу. Оно што је битно са декомпозицијом у четири корака је да концепти који су развијени задовољавају потребе које су идентификоване.

3.3 Основне методе за генерацију концепата

Методе које се користе су засноване на знању функција, методе нису представљене у тачно одређеном редоследу и могу бити коришћене све одједном. Искусни конструктор ће по потреби схватити која је метода најбоља за проблем који се решава.

3.3.1 *Brainstorming* као извор идеја

Brainstorming је прво развијена техника која је била орјентисана на групу, али може такође бити коришћена за појединачног конструктора. Оно што је добро код *Brainstorming* технике је то што сваки члан групе може изнети идеје са своје тачке гледишта. Правила *Brainstorming*-а су врло једноставна:

- Документовати све генерисане идеје.
- Генерисати што више идеја, а затим описати те идеје.
- Потпуно ослободити запослене зато што свака идеја, колико год нестварно звучала, може довести до корисних идеја.

- Не дозволити процену идеја. Ово је веома битна тачка ове методе. Битно је игнорисати било какву процену или било какав коментар било које идеје.

Приликом коришћења ове методе на почетку се прво изнесу идеје које су очигледне, а затим ће доћи период када ће идеје долазити све спорије уз поновне периодичне залете. У групи идеје једног члана тима могу створити идеје код других чланова тима. Приликом спровођења ове методе битно је да постоји осећај опуштености у групи.

3.3.2 Коришћење 6-3-5 методе као извор идеје

Негативна страна *Brainstorming* –а је што може бити доминантна идејама једног човека или малог броја чланова. Метода 6-3-5 охрабрује једнако учествовање свих чланова тима. Ова метода је у суштини *Brainstorming* метода па се због тога од стране многих ова метода назива *Brainwritting*.

Да би се спровела метода 6-3-5 потребно је да се чланови тима окупе за столом. Оптималан број чланова тима је шест, што нам говори и назив методе. Сваки члан узима бео лист папира и дели га у три колоне, затим сваки члан тима записује три идеје којима се испуњавају јасно дефинисане функције и у свакој колони се записује по једна идеја. Након пет минута рада на концептима, лист папира се прослеђује следећем члану тима са своје десне стране. Затим чланови тима се записују нове три идеје узимајући у разматрање претходно написане идеје на папиру који су добили и након пет минута процес се понавља. Након што се првобитни папири врате члановима тима започиње се групна дискусија о записаним идејама. Вербална комуникација не сме да се догоди у току трајања методе, већ само на крају када се врши целокупно преиспитивање.

3.3.3 Коришћење аналогича приликом конструисања

Коришћење аналогича може бити значајна помоћ приликом генерисања концепта. Најбољи начин да се посматра аналогича је да се размотре потребне функције и да се постави питање „шта још обезбеђује сличне функције?“. Објекат који обезбеђује сличне функције може да створи идеје за концепте.

3.3.4 Проналажење идеје у књигама, научним часописима и на интернету

Већина књига даје аналитичке технике које нису корисне у раним фазама процеса конструисања. У неким књигама могу да се пронађу апстрактне идеје које су корисне у овој фази. Ово су обично области конструисања које су већ добро развијене. Дobar пример овога је конструкција повезивања, иако је повезивање углавном геометријске природе већина повезивања могу бити класификована по функцији.

Многе добре идеје су објављене у научним часописима које су орјентисане на специфичне области.

3.3.5 Коришћење стручњака приликом генерисања идеја

Приликом конструисања у новој области у којој немамо толико искуства постоје две опције да се добије довољно знања како би се генерисали концепти. Могуће је пронаћи стручњака у овој области или да конструктори сами стекну знање тако што они посвете време изучавајући ову област. Није увек лако наћи стручњака, зато што област сама по себи нема толико стручњака.

3.4 Патенти као извор идеје

База патената може бити добар извор идеја, зато што је релативно лако пронаћи патенте из било које области. Постоје два типа патената:

- Функционални патенти и
- Патенти дизајна.

Скоро сви патенти који постоје су функционални патенти, док се патенти дизајна баве физичким изгледом производа. Функционални патенти су врло корисни зато што садрже информације како производ функционише, а не само како он изгледа.

3.5 Коришћење контрадикције приликом генерисања идеја

Контрадикције се јављају када се нека функција производа побољша, а да се притом друга погорша. Пример овога је приликом развоја производа, додавање функција (добро), повећава се величина и тежина производа (лоше).

3.6 Остала важна питања приликом генерације концепта

Технике које су наглашене у овом поглављу су се фокусирале на генерацију потенцијалних концепата. Приликом спровођења ових техника, функционалних дијаграма декомпозиције, резултата истраживања литературе и патената добијене су слике концепата који се развијају. Ово су сва битна документа која могу побољшати комуникацију између чланова тима и уз помоћ којих се архивира процес конструисања.

3.7 Информације о процени концепта

Како би могле да се упореде, алтернативе и критеријуми морају да буду на истом језику и у складу са истим стандардима. Један од проблема приликом процене концепта је што су апстрактни концепти несигурни, па се доводи у питање начин на који се концепти преиспитују, јер њихово понашање може бити другачије од очекиваног. Што је знање веће и што више информација постоји, то су несигурности мање.



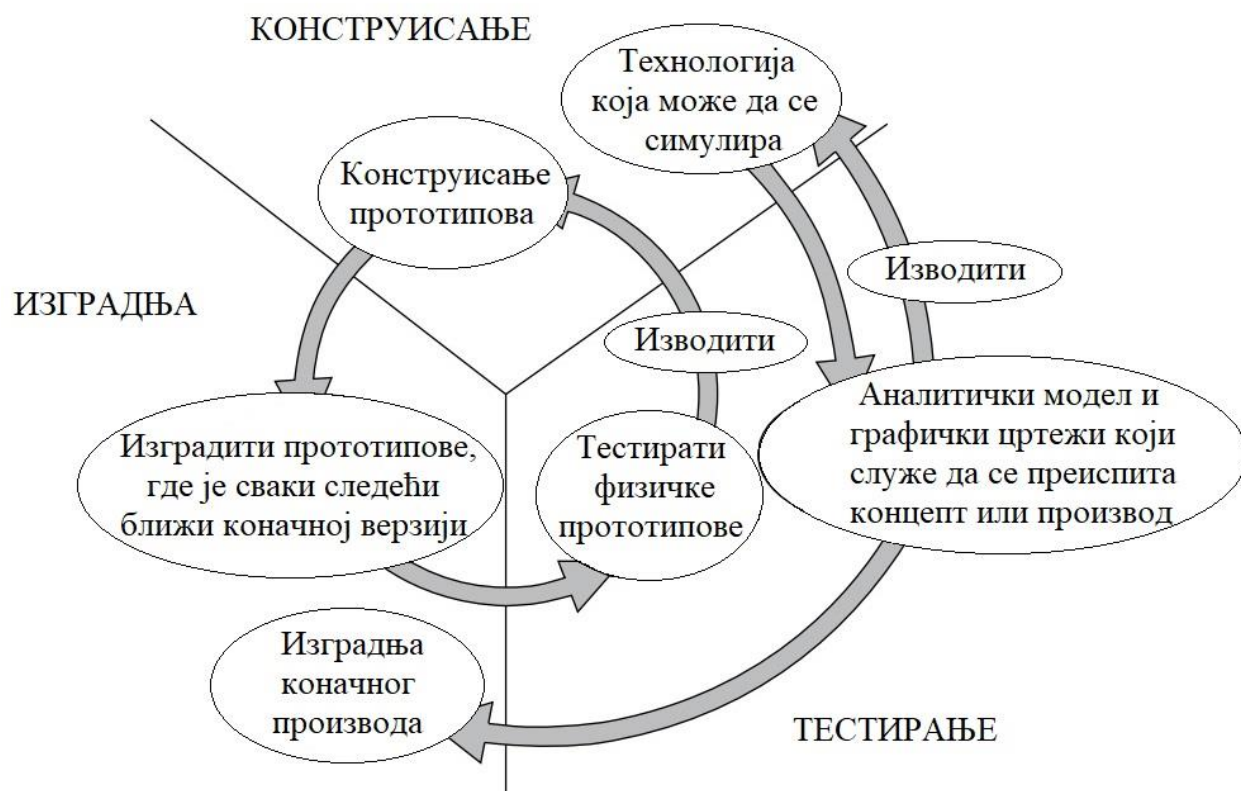
Слика 4. Ток одлучивања

Приликом процене концепата информације које поседују конструктори могу довести до велике несигурности. Непрецизни прорачуни на папирима имају висок степен несигурности, док симулације пружају висок степен сигурности. Стручњаци често због овога спроводе симулације како би се предвиделе перформансе и цена. Међутим, доношење концептуалних одлука мора бити спроведено рано, пре него што су ресурси усмерени за ове симулације, тест резултате прототипова и детаљне анализе.

Приликом планирања процеса идентификовани у моделе који ће бити коришћени за представљање информација приликом развоја концепта. Физички модели или прототипови подржавају процену тако што се демонстрира понашање приликом упоређивања

функционалних потреба или показивањем облика конструкције (са ограничењима форме). Ови прототипови су врло једноставни и праве се са минималним материјалима као што је картон или жица како би се физички показала идеја. Често, када се процес конструисања врши са новим технологијама или са комплексним, али познатим технологијама, изградња физичког модела и тестирања истог је једини приступ који је могућ. Овај процес преиспитивања конструкције приказан је на слици 5.

Време и трошкови изградње физичког модела су елиминисани развојем аналитичких и виртуелних модела и симулација. Такође, ако су аналитички модели на компјутеру или су интегрисани са компјутерском графичком представом концепта, онда и форма и функција може бити тестирана без изградње било каквог хардвера. Ово је очигледно идеално зато што има потенцијала да минимизира време и трошкове. Међутим, анализе могу бити извршене само на системима који могу да се разумеју и могу да се математички моделирају. Нове већ постојеће технологије, које су комплексније од могућности аналитичких метода, морају бити испитане физичким моделима.



Слика 5. Процес преиспитивања конструкције

3.8 Изводљивост процена

Како се концепт генерише, конструктор може да реагује на следећа три начина:

- Није изводљиво, никада неће успети,
- Могуће је да ће радити,
- Вреди узети у обзир.

Ове процене о изводљивости концепта су засноване на интуицији конструктора. Што је веће искуство конструктора, то је његово знање више поуздано у овом кораку. Сада ће бити размотрене импликације сваке могуће реакције.

Није изводљиво, никада неће успети. Ако концепт делује неизводљиво, битно је поново размотрити га из другачије перспективе пре него што се коначно одбије. Пре него што се идеја одбије битно је поставити питање „зашто није изводљиво?“. Разлози за ово могу бити разни. Могуће је да је очигледно ово неизводљиво из технолошке перспективе, можда неиспуњава потребе купца, могуће је да је концепт другачији од тога како се нешто иначе ради, разлози могу бити што концепт није оригиналан или зато што не постоји ентузијазам за њега.

Природна је људска тензија да се људиprotиве промени. Због овога ће појединачни конструктор или предузеће одбити нове идеје и изабрати неке које веће постоје. Ово није потпуно лоше, зато што традиционални концепти су доказани да делују. Међутим, овај поглед може да блокира унапређење производа и битно је раздвојити потенцијално добру промену и лош концепт. Један део традиције предузећа су њени стандарди. Стандарди морају бити праћени и преиспитани зато што могу усмерити тренутне инжењере, а могу и да ограничавају инжењере због застарелих информација.

Процена да концепт „није створен овде“ се дешава зато што је више задовољавајуће за појединце и предузећа да користе своје идеје. Пошто су идеје ретко кад оригиналне, оне се природно узимају од других.

Коначан разлог да се даље размотри идеја која на почетку делује неизводљиво је зато што може пружити нову перспективу сагледавања проблема. *Brainstroming* метода, која је раније објашњена, добра је за ове случајеве.

Могуће је да ће радити. Иницијална реакција је да се процени концепт као успешан ако се нешто друго деси. Типични други фактори који утичу на ову одлуку су спремност технологија, могућност добијања информација које тренутно нису доступне или развој неког другог дела производа.

Вреди узети у обзир. Најтежи концепт за процену је онај који није очигледно добра или лоша идеја, али делује као да вреди да се узме у обзир. Знање и искуство инжењера су есенцијални приликом процене оваквог концепта. Ако довољно знање тренутно није доступно да се изврши процена, оно мора бити развијено. Ово се остварује развојем модела или прототипова који се лако процењују.

3.9 Спремност технологије

Један добар метод процене концепта је да се процени спремност технологије. Ова технологија помаже приликом процеса процене тако што се форсира упоређивање са могућностима које захтевају најмодернију технологију. Ако ће се технологија користити на производу, она мора бити довољно зрела да њено коришћење буде питање конструисања а не питање истраживања. Велика већина технологија која се користи за производе је зрела, али у конкурентном окружењу постоји велика иницијатива да се користи најмодернија технологија.

3.10 Производ, пројекат и ризик одлуке

Један од циљева приликом конструисања производа је да се ризик максимално смањи. Како би се боље управљало ризиком потребно је дефинисати шта тачно значи „ризик“. Постоје три типа ризика која морају бити размотрени приликом развоја производа: ризик производа, ризик пројекта и ризик одлуке. Обично су инжењери забринуте само за ризик производа (ризик да ће производ отказати и ризик да ће производ некога да повреди). Али овај поглед је превише сужен. Осим ризика да производ откаже, постоји ризик да пројекат не успе да испуни циљеве, да се не испуни по распореду или да се превазиђу процењени трошкови. Такође, постоји ризик, нарочито за време развоја концепта, да ће се донети погрешна одлука.

Потребно је дефинисати дефиницију ризика. Формално ризик је неочекивана појава. То је могућност која спаја шансе да се нешто деси пута последице тог дешавања. Дакле, ризик зависи од одговора наследећа три питања:

- Шта може лоше да се деси?
- Које су шансе да се то деси?
- Које су последице тога?

Ризик је директна функција сигурности. Неке несигурности су природне и не могу да се контролишу. Приликом концептуалног конструисања већина несигурности настаје због недостатка знања. Када би сво знање било доступно онда производ може бити конструисан без ризика или са врло малим ризиком. Нажалост, недовољно знање, резултати симулација које нису прецизне, варијација у материјалу и производима утичу на конструисање производа.

Многе несигурности немају никакву последицу на развој производа, али онда када имају онда постоји ризик. Питање да ли ризику вреди посветити пажњу је пресудно питање око квалитета производа.

3.10.1 Безбедност производа, циљ разумевања ризика производа

Једна област разумевања производа која је често занемарена до касних фаза развоја производа је безбедност производа. Битно је узети у обзир безбедност и одговорност

инжењера за њу зато што је безбедност битан фактор за производе са којима раде људи. Највоље је безбедност размотрити у раним фазама развоја производа.

Безбедан производ неће изазвати повреду или створити губитке. Два питања морају бити узети у обзир приликом развоја безбедног производа:

- Прво, ко или шта треба бити заштићен од повреде у току рада производа?
- Друго, како се заштита имплементира на производ?

Главна ствар која треба да се узме у обзир приликом конструисања безбедног производа је заштита људи од повреда од стране производа. Осим бриге за људе, безбедност укључује и бригу за губитак ствари од стране производа и утицај производа на животну околину. Брига за друге ствари значи размотрити какав ефекат производ може имати на друге уређаје, приликом нормалног функционисања или након отказа. Саветује се да конструктори ставе упозорење на сам производ о потенцијалним опасностима.

3.10.2 Одговорност производа, резултати лошег разумевања ризика

Одговорност производа је посебна грана законодавства која се тиче безбедности купца, приватне имовине или животне околине. Битно је да конструктори знају своју одговорност приликом процеса конструисања производа. Ако се на пример радник повреди приликом коришћења производа, конструктор производа и произвођач могу бити тужени да компензују губитке који су настали. Ово је честа легална процедура.

3.10.3 Пројектни ризици

Пројектни ризици се односе на оно шта може лоше да се деси што може изазвати да пројекат касни са својим распоредом, прекорачи буџет или не испуни инжењерске спецификације. Пројектни ризици се могу догодити због многих фактора:

- Технологија није спремна као што је очекивано,
- Симулације или тестови показују неочекиване резултате,
- Материјал није доступан,
- Менаџерске промене и
- Произвођачи нису успели да испуне количину која је била потребна.

Од набројаних ризика конструктори имају контролу над прва три.

3.10.4 Ризици приликом доношења одлука

Ризици приликом доношења одлука су ризици да одлуке које су доведене неће донети очекиване резултате. Ризик доношења одлука је могућност да је доведена лоша одлука пута последице те одлуке.

- Шта може лоше да се деси? Критеријум није испуњен.

- Које су последице када се то деси? Купац није задовољан.
- Које су шансе да се то деси? Не постоји права мера ове несигурности већ зависи од случаја до случаја.

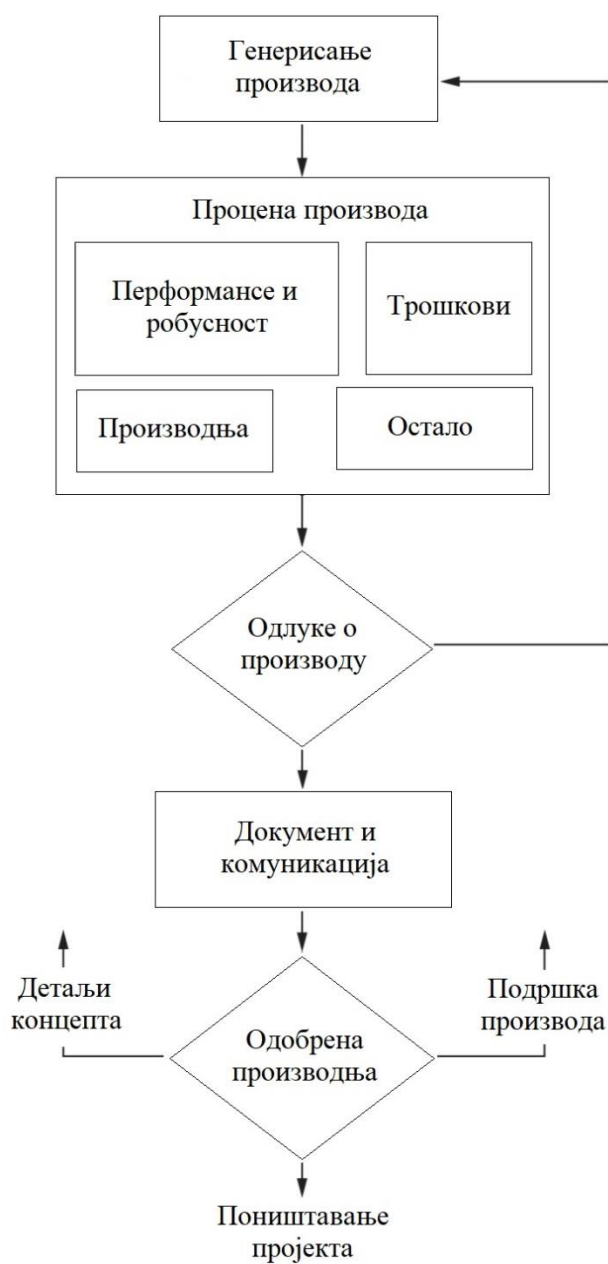
Једна релативно нова метода за управљањем несигурностима приликом доношења одлука се зове „снажно доношење одлука“.

3.11 Снажно доношење одлука

Велики изазов приликом концептуалне процене конструкције је да се доведе добра одлука упркос томе што су информације о концепту несигурне, непотпуне и у фази развоја. Нове методе су развијене и специјално направљене за управљање овим типом проблема за доношење одлука. Ове методе се називају „Снажно доношење одлука“. Овде се користи термин снажно како би се односило на одлуке које су неосетљиве на неспособности и на развој информација на којима су основани.

4. ГЕНЕРИСАЊЕ И ПРОЦЕНА ПРОИЗВОДА

Ово поглавље се базира на фазу конструисања производа чији је циљ да се концепти рафинирају у квалитетан производ. Овај процес трансформације се може назвати хардверском конструкцијом или конструкцијом облика и подразумева да се почетна идеја употпуни одређеним елементима. Као што је приказано на слици 6, ово усавршавање је учестали процес генерисања производа и његова процена како би се проверила његова способност за испуњавање захтева.



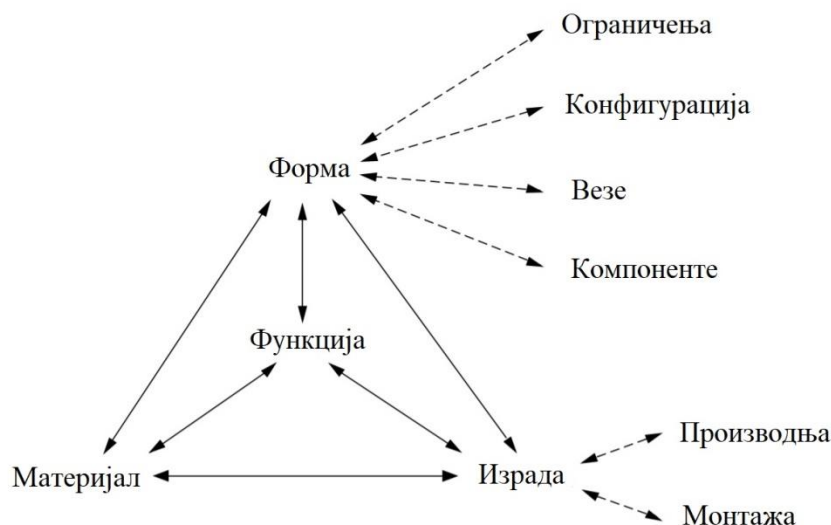
Слика 6. Фаза генерисања и процене производа

Као део поступка генерисања поступка он се разлаже на склопове и појединачне компоненте. Сваки од ових склопова и компоненти захтева исте развојне кораке као и целокупни производ. У конструисању производа генерирање и евалуација су уско повезане него што је то у случају конструисања концепта. Кораци који су предложени за производњу производа укључују одређену процену. Такође, конструисање производа процењује се и на основу њихових перформанси, квалитета и цене. Квалитет се мери на основу способности производа да испуни инжењерске захтеве и на основу једноставности којом се може произвести и саставити.

Знање стечено преласком из концепта у производ се може користити за понављање у фази концепта као и за генерисање нових концепата. Недостатак се огледа у томе што је за повратак потребно време. Према распореду који је утврђен у плану пројектовања треба успоставити равнотежу између промене концепта и природне склоности поновном понављању.

У две ситуације конструктори у процесу конструисања започињу одређене фазе развоја производа. Прва ситуација представља концепт који је генерисан у лабораторији, а затим се предаје конструкторима да се реализују. Истраживачка лабораторија мора да развије радне моделе на основу којих потврђује спремност технологија на основу којих се добија успешан производ. Циљ истраживача је да докаже одрживост технологије. Међутим, како би се добио квалитетан производ потребно је још на почетку овог процеса укључити конструкторе, производне инжењере и друге заинтересоване стране. У другој ситуацији пројекат укључује реконструкцију. Многи проблеми почињу са постојећим производом који је потребно само реконструисати како би испунио неке нове захтеве. Често су потребне само мање модификације али оне углавном доводе до неочекиваних прерада, при чему се добија не квалитетан производ. У било којој ситуацији, без обзира да ли концепт потиче из истраживачке лабораторије или пројекат укључује само једноставно реконструисање требало би осигурати добро разумевање функција и осталих концепта концептуалног конструисања.

На слици 7 приказани су елементи путем којих се долази до функционалног производа преко концепта.



Слика 7. Елементи функционалног производа

У центру ове слике налази се функција производа која је повезана са обликом производа, материјалима који се користе за прављење производа и производне технике које се користе за генерисање облика из материјала. Пажња је усмерена на развој продуктивних облика који омогућавају жељену функцију која се може користити помоћу материјала који су доступни и који се могу контролисати. Развој форме представља еволуцију компоненти, како су конфигурисани један у односу на други и њихова међусобна зависност. Одлука о производњи захтева да се развије начин израде компоненти производа од одређеног материјала и како су састављене.

Без обзира што се иде од функције ка форми облик је безнадежно зависан од изабраних материјала и употребљених производних процеса. Међузависност се мења на основу фактора као што је број предмета који се производи, доступност опреме и знање о материјалима и процесу њиховог формирања.

4.1 Саставница

Саставница односно листа делова представља попис производа. Она се развија током фазе генерисања у процесу конструисања. Представља табелу која се лако ажурира. На саставници се налазе најмање шест информација:

1. Број предмета или слово.
2. Број дела. Ово је број који се користи у системима набавке, производње, контроле залиха и монтаже за идентификацију компоненте.
3. Количина која је потребна у монтажи.
4. Назив или опис компоненте. Треба да буде кратак.
5. Материјал од кога се израђује компонента.
6. Извор компоненте. Ако је компонента купљена наводи се назив компаније а ако је направљена ова линија може бити празна.

Управљање информацијама о конструисању као што је саставница, цртежи, модели, симулације и резултати испитивања представљају главни подухват у компанији. Односно ово интелектуално власништво представља једно од највреднијих богатства компаније. У прошлости попис и проналажење информација обично је било тешко а често и немогуће. Како су информације о производу постале више рачунарски засноване тако су се и појавиле методе за управљање информација. Како *PLM* систем представља повезаност процеса, пословних система, података и запослених у компанији а саставница јесте део овог система, самим тим бројеви делова су повезани са цртежима, моделима и другим информацијама.

4.2 Генерисање облика

Циљ је да се обликују концепти који су развијени. У најбољем случају облик настаје из ограничења са другим склоповима и компонената. Након што се разумеју ограничења неопходна за компоненте тада се може развити конфигурација или архитектура, а затим везе или интерфејси са другим деловима. Коначно, развијају се и саме компоненте. Ови кораци иако су представљени узастопно одвијају се истовремено.

Схватање просторног ограничења. Већина производа функционише у односу на друге постојеће, непроменљиве предмете. Односи се могу заснивати на протоку енергије, материјала или информација.

Конфигурација компонената. Конфигурација је архитектура, структура или распоред компонената и њихових склопова у производу. Развој конфигурације производа укључује одлуке које се односе на поделу производа на појединачне компоненте и развијају њихову локацију и оријентацију. Постоји шест разлога за разлагање производа или склопа на посебне компоненте:

- Компоненте морају бити одвојене ако треба да се крећу једна у односу на другу.
- Компоненте морају бити одвојене ако морају бити од различитих материјала.
- Компоненте морају бити одвојене ако их треба преместити због приступачности.
- Компоненте морају бити одвојене ако треба да садрже материјал или ограничења производње.
- Компоненте морају бити одвојене уколико на тај начин смањују трошкове.
- Компоненте морају бити одвојене ако постоје стандардне компоненте које се могу узети у обзир за производ.

Развијање веза. Представља кључни корак при персонализовању концепта јер везе између компоненти подржавају њихову функцију и одређују њихов релативни положај и локацију. Како долази до усавршавања интерфејса настају нове компоненте и склопови. Битан корак у процени сваке потенцијалне реализације јесте утврђивање на који начин нова компонента мења функционалност конструисања.

Развијање компоненти. Мање од 20% димензија на већини компоненти уређаја је критично за перформансе. Зато што већина материјала која су садржана у компоненти су ту да повежу функционалне интерфејсе и самим тим димензионално није критичан. Након што се утврде функционални интерфејси између компоненти пројектовање тела компоненте често представља софистицирани проблем повезивања тачака.

4.3 Избор материјала и процеса

Од велике важности је идентификовати материјале и производне технике и имати свест о њиховим специфичним инжењерским захтевима. Искусни конструктор има на уму већ кратак списак материјала и процеса у периоду најранијих концепта. Захтеви за материјал, производњу и монтажу се постављају након што се производ разуме. Количина производа

која се произведе утиче на избор производних процеса који ће се користити. На избор материјала и пороизводног процеса утичу и сазнања о претходној употреби за сличне примере. Ова сазнања могу усмерити на поуздан избор, међутим могу и сакрити нове и боље изборе. Када се проучавају постојећи механички уређаји треба знати који се материјал користе за одређену врсту функције. Учесталом праксом могу се идентификовати различите врсте пластике, челика или алуминијума видом или осећајем.

4.4 Улога продавца

Конструктори ретко конструишу основне механичке елементе за сваки нови производ, јер су ове компоненте лако доступне од стране продавца. Када су ове компоненте потребне у производу углавном их одређује конструктор а купују их од продавца који је специјализован за њихову производњу. Генерално, проналазак већ постојећег производа који задовољава потребе је јефтинији од конструисања и производње јер компаније које су специјализоване за израду одређених компоненти имају предност у односу на напор у конструисању и изградњи. Зато што:

- Имају историју конструисања и производње производа, тако да имају стручност и машине за производњу квалитетног производа.
- Већ знањем шта може кренути по злу током конструисања и производње. Нови напори у конструисању захтевају многа времена и искуства пре него што достигну ниво стручности.
- Специјализовани су за конструисање и производњу компоненте тако да могу да је направе у количинама довољно великим да цене остану испод цене која би коштала конструктора да сам направи.

4.5 Контролисање функционалне промене

Иако је главни циљ евалуације упоређивање перформанси производа са инжењерским циљевима, подједнако је важно пратити промене извршене у функцији производа. Концептуалне конструкције су прво развијене у функционалне моделе проблема, а затим су на основу тог модела развијени потенцијални концепти за испуњавање ових функција. Како би се усавршило долажење од концепта до производа потребно је додавати нове функције. Скоро свака одлука о облику објекта додаје нешто ново, било да је пожељно или непожељно функцији објекта, али је битно да се не додају функције које су супротне од онога што купац жели.

Праћењем развоја функције представља континуално ажурирање модела тока материјала, информација и енергије. Ови токови одређују перформансе производа. Како се производ развија намеравана функција и стварно понашање се усклађује и на тај начин оно што у концептуалном конструисању представља жељено стање, сада се претвара у меру стварности.

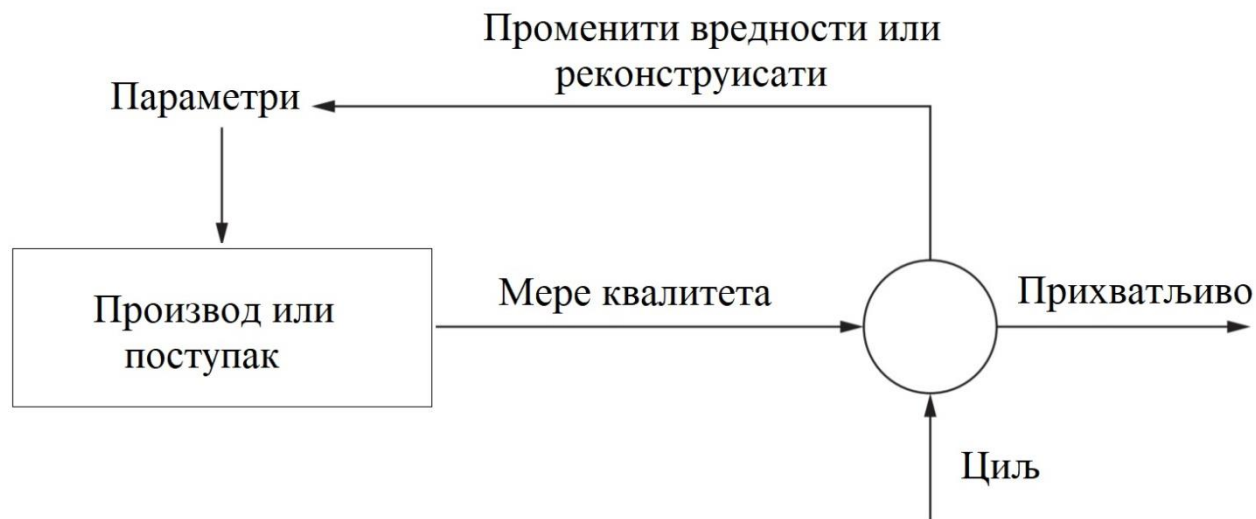
4.6 Циљеви процене перформанси

Инжењерски захтеви развијају се на основу потреба купца и за сваки захтев постављен је специфичан циљ. Циљ је проценити конструкцију производа у односу на специфичне циљеве. С обзиром на то да су циљеви представљени као нумеричке вредности процена се може извршити тек након што производ достигне тачку где се могу извести нумеричке инжењерске мере. Развијени концепти нису довољно рафинирани како би се упоредили са циљевима, тако да се пореде са апстрактнијим мерама. Евалуација се сада може заснивати на поређењу са инжењерским захтевима. Поред овог поређења ефикасни поступци процене треба да јасно прикажу шта треба изменити како би оштећени производ испунио захтев и потребно је да покажу како на производ не утичу варијације у производним процесима, старење и радно окружење.

Евалуација перформанси производа треба да садржи следеће факторе:

- Исход евалуације треба да садржи нумеричке мере производа за поређење са циљевима инжењерских потреба које су настале у току разумевања проблема. Да би поређење било адекватно ова мерења морају бити довољно прецизна и тачна.
- Процена треба да да информације које карактеристике производа је потребно променити како би се постигле циљене перформансе.
- Поступци евалуације укључују утицај варијација приликом промене производње, старења и животне средине. Фокус се ставља на разматрање варијација јер су оне директно везане са квалитетом производа.

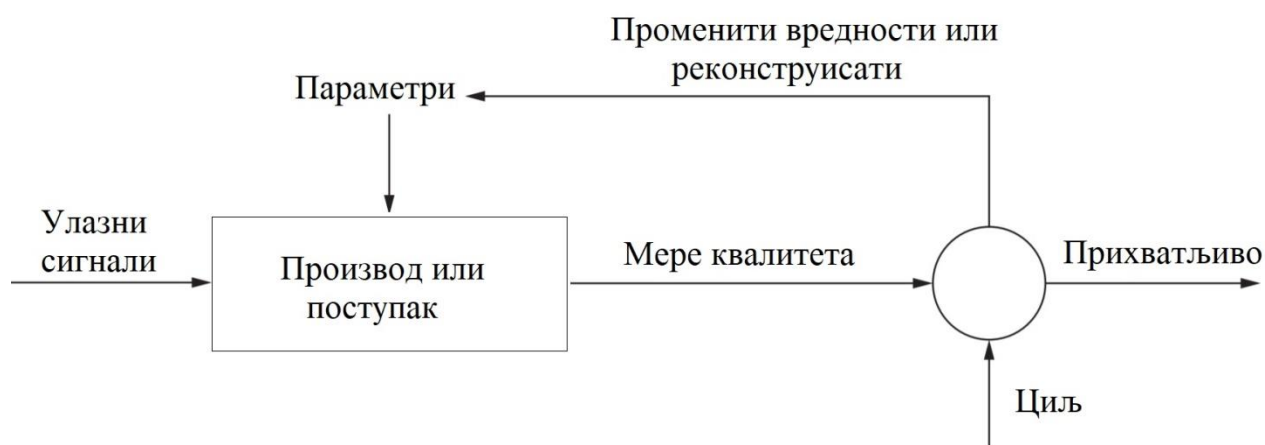
На слици 8 представљен је П дијаграм. У овом дијаграму слово П означава производ или поступак и може представити цео производ или систем, подсистем или процес унутар њега.



Слика 8. Основни П дијаграм

Производ или поступак који се процењује зависи од вредности многих параметара. Ови параметри могу представљати физичке димензије, својства материјала, силе других система или силе и покрете људи који управљају системом. То може бити температура околине, влага или количина прљавштине у систему. Параметри означавају све факторе од којих поступак или производ зависи, а вредност ових параметра одређује добијене перформансе, лакоћу склапања, квалитет и друге карактеристике. Како би се оценио систем потребно је проценити мере квалитета и упоредити са циљевима који су постављени техничким спецификацијама. У овом случају добија се квалитетан производ.

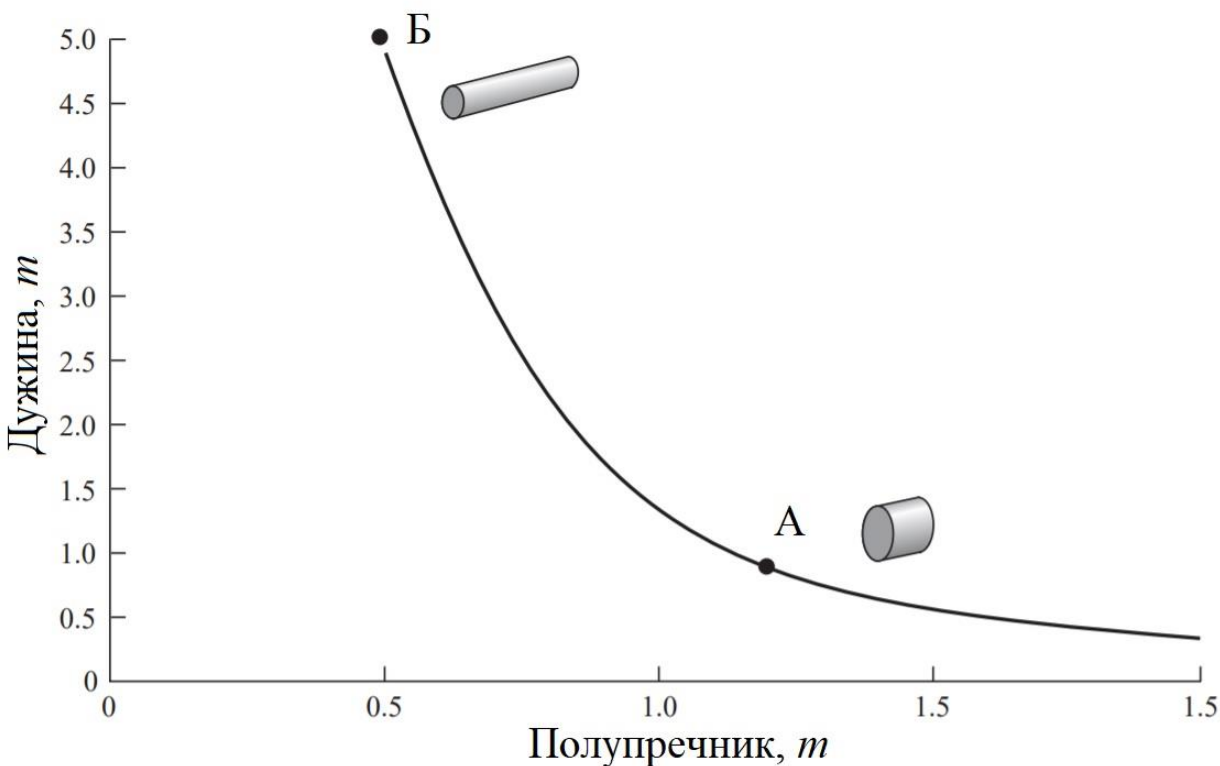
П дијаграму је потребан додатак када се разматра динамичка функција, при чему производ и процес могу реаговати на улазне сигнале као што је приказано на слици 9. У овом случају мере квалитета укључују перформансе система.



Слика 9. П дијаграм са улазним сигналом

Како би се испунио циљ потребно је разумети концепте како што је оптимизација, тачност, толеранције, анализа осетљивости и робустна конструкција. Ова фаза процеса конструисања представља последњу шансу за конструкцију квалитета производа. Како пример узима се конструкција резервоара која задржава течност. Конструкција резервоара се заснива на цилиндричном облику, унутрашњим радијусом r и унутрашњом дужином l . Запремина V резервоара се записује као $V = \pi \cdot r \cdot 2l$. Захтев купца је да се конструише резервоар за $4m^3$ течности. На слици 10 уочава се да постоји бесконачан број решења проблема. На пример, резервоар у тачки А је дебео и кратак, а у тачки Б је дугачак и танак.

Није јасно која би тачка на кривини била најбоља да задржи тачно $4m^3$ течности. Потребно је размислити шта се подразумева под појмом „тачно“. Постоје и друге мере квалитета за резервоар као што су циљ тежине, могућности израде и величине. Они могу ограничити потенцијалне вредности r и l .



Слика 10. Потенцијална решења за проблем са резервоарима

4.7 Трговински менаџмент

Како се јавила потреба за сложеним и међусобно повезаних система дошло је до нових начина управљања одлукама које успостављају равнотежу делова слагалице, а сви се такмиче за овај део оскудних ресурса. У раној фази конструисања поступак компромиса је изузетно изазован, јер постоје ограничења у знању а неизвесност је велика. Донете одлуке имају снажне ефекте на правце који следе након тога, а самим тим и на приступачност, поузданост и ефикасност коначног производа. Конструкција је одрживија и јефтинија када се доради у тренутку њеног замишљања. Тако да улагање труда при доношењу добрих одлука у овој фази има велику корист.

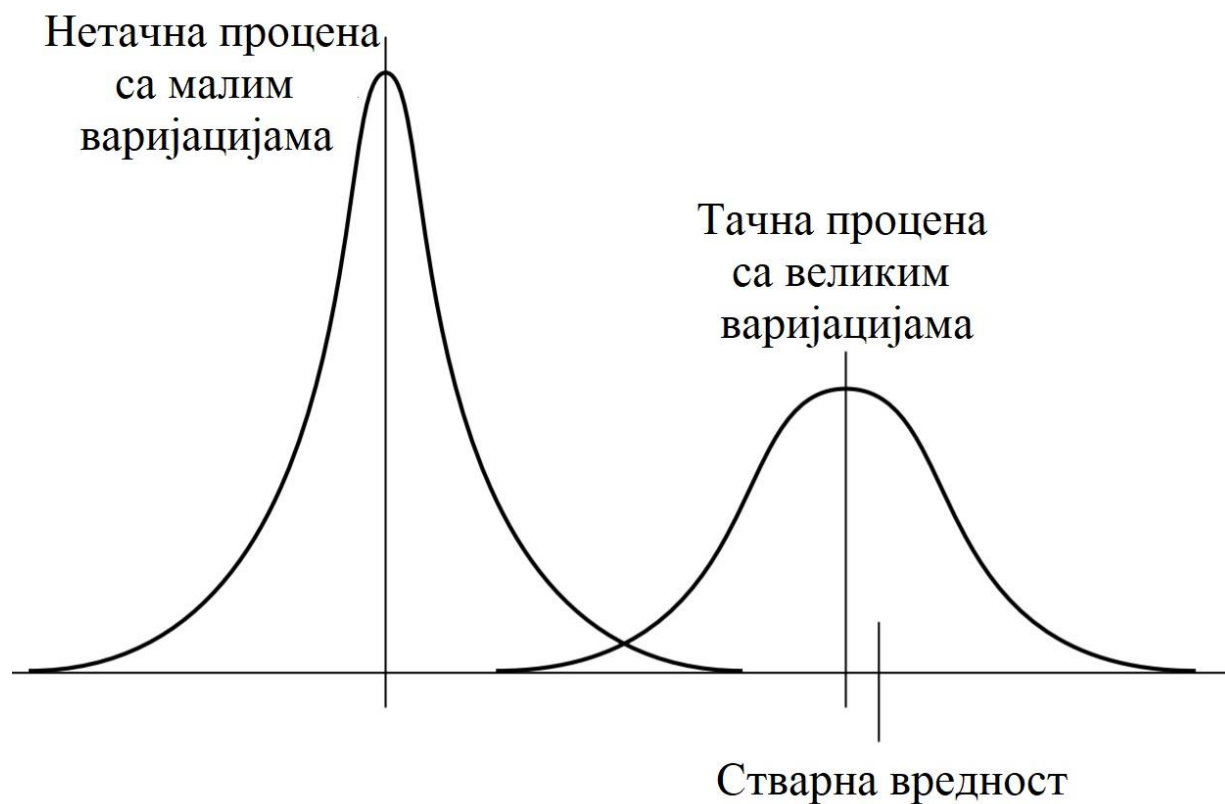
Студије трговина представљају активности мултидисциплинираног тима за идентификовање уравнотежених техничких решења. Ова решења се процењују на основу трошковних функција и описују пожељне карактеристике решења. Често се студије трговине називају компромисне и најчешће се користе у конструисању аутомобилских и ваздухопловних возила, како и у процесу избора софтвера како би се пронашла задовољавајућа конфигурација. Оно што студије конструкцијске трговине чини изазовним јесте то да је већина информација често несигурна. Информације могу да се не поклапају у дискусији са члановима тима који су из других области, јер они имају различита мишљења о томе шта је важно. Једна од несигурности је та што неке од варијација могу бити скупе или се не могу контролисати. Друга врста несигурности јесте недостатак знања о систему. Обе врсте несигурности представљају директан узрок ризика.

4.8 Тачност, варијација и бука

Циљ моделирања јесте проналазак најједноставније методе за процену производа при упоређивању са инжењерским циљевима користећи расположиве ресурсе, без обзира на тип модела. У било којем моделу могу се јавити две врсте грешака:

- Грешка услед нетачности и
- Грешка због варијације.

Тачност представља истинитост процене модела. Уз тачан модел најбоља процена имаће добар показатељ перформанси производа, док са нетачним моделом биће лоша. Варијација резултата који су добијени из модела представља статистичку варијацију резултата о средњој вредности. На слици 11 представљена је нетачна процена са малом варијацијом и тачна процена са великом.



Слика 11. Процена варијације у моделирању

Основни циљ у моделирању јесте да се развије тачан модел са малом варијацијом. Сваки параметар који дефинише производ или поступак има варијацију. Током производње нису сви узорци производа израђени од истог материјала, исте величине или њихово понашање није исто.

4.8.1 Утицај варијације на квалитет производа

Истраживањем шта за купце представља квалитет дошло је до сазнања да је то:

- Лака одрживост,
- Да ради како треба,
- Да траје дуго,
- Да укључује нове технологије и
- Да изгледа лепо.

На основу ових истраживања сазнаје се да производ поред тога што треба да одговара циљевима, он мора и да буде привржен њима без обзира на варијације у раним условима или старости производа. Такође, рад и изглед производа не треба да варира у зависности од времена, као и његово одржавање. Тако да се може рећи да је производ високог квалитета ако његове мере квалитета имају исти циљ без обзира на промену која се може односити на производњу, старост или животну средину. Конструктори теже да контролишу параметре како не би имали утицај на мере квалитета, као што су:

- Контролисање температуре хране тако да неће доћи до квара без обзира на собну температуру.
- Контрола осећаја управљања.
- Контрола димензија дела како би се уклопили са осталим деловима без обзира на производњу, старост или температуру.

Међутим, неке параметре није могуће контролисати или се могу контролисати уз велике трошкове. Они су одвојени од оних који се могу контролисати и називају се параметрима буке. Бука која утиче на параметре конструисања класификује се као:

- Варијације израде укључујући варијације димензија, варијације у материјалу и варијације у процесу које се односе на производњу и монтажу.
- Ефекти старења укључује корозију, хабање или друге површинске ефекте.
- Услови животне средине укључују утицаје радног окружења на производ.

Квалитетан производ јесте онај који није осетљив на буку и из тог разлога има мале варијације у перформансама, јер фактори варирају.

4.9 Моделирање за процену перформанси

Брига за прецизност и варијације се приказује приликом одабира најбољих техника за моделирање, за сваку ситуацију. Иако је сваки изазов приликом моделирања другачији, кораци који ће бити представљени дају до знања на које факторе је потребно обратити пажњу приликом процене.

4.9.1 Корак 1: Идентификовати крајње резултате

Често је циљ процене да се види да ли је нова идеја изводљива. Чак иако овај циљ није јасно дефинисан постоји битни критични параметри, они који детерминишу перформансе, морају бити јасно идентификовани. Приликом развоја инжењерских потреба и приликом постављања циљева у току фаза развоја спецификација, многи параметри који су неопходни се идентификују. Приликом развоја производа, развијају се другачије потребе и другачији циљеви. Дакле, кроз фазу развоја производа, параметри који приказују перформансе производа се идентификују и мере у току процене производа.

4.9.2 Корак 2: Проценити потребну изводљивост

Рано у процесу преиспитивања производа могуће је само пронаћи редослед важности неких параметара. Брзинске калкулације могу бити довољни индикатори перформанса. Како се производ преиспитује, прецизност моделирања процене мора бити повећана како би се омогућила компарација са циљаним резултатима. Битно је схватити ниво изводљивости који је потребан пре него што се започне преиспитивање. Труд који се троши на испитивање завршног модела се узалуд троши ако је довољна калкулација користећи класичне технике за испитивање снаге материјала. Ако се ово догоди може доћи до „парализа од анализе“ – претерано анализирање до те мере да се напредак заустави.

4.9.3 Корак 3: Идентификовати улазне сигнале, контролне параметре и њихова ограничења, и звукове

Улазни сигнали су енергија, информација и материјали који су идентификовани од стране производа или процеса. Углавном су ови сигнали битни, али су од њих важнији контролни параметри, па се често игноришу у многим ситуацијама.

Многи звукови могу бити конторлисани ако се то жели, али контролисање њих када је конструкција физички велика је беспотребно скупо.

Контролни параметри су понекад тешки да се идентификују и тек када се изгради модел (физички или аналитички) и тај модел се тестира, тек након овога пронађене су неке међусобне зависности. Приликом изградње модела, може се доћи до закључка да су неке променљиве, за које се претходно сматрало да су битне, су заправо небитне и обрнуто.

Битно је навести листу контролних параметара и њихова горња и доња ограничења.

Узимање у разматрање ових ограничења помаже приликом разумевања конструкције, и помаже приликом развоја цртежа.

4.9.4 Корак 4: Разумевање способности аналитичких модела

Генерално посматрано аналитичке методе су мање скупе и брже за имплементацију од методе физичких модела. Међутим, применљивост аналитичких метода зависи од нивоа прецизности које је потребно и доступности осталих метода.

Користећи софистицираније и више развијане снаге материјала приликом разних техника моделирања, изводљивост модела се побољшава.

Коначно, користећи финалну елементарну методу, може се добити још већа прецизност, али по цени више потрошеног времена, неопходног већег искуства и неопходне боље опреме.

Свака од ове три методе за аналитичку процену пружа одговор на проблем приликом конструисања.

Методе које ће бити презентоване касније, користе детерминистичке аналитичке моделе који дају информације о насумичним процесима и самим тим податке о варијацијама међусобно зависних параметара.

Одговори који се односе на нека питања о аналитичким моделима:

- Који ниво прецизности је потребан? Аналитички модели могу бити коришћени уместо физичких модела, само онда када постоји велика шанса њене изводљивости.
- Да ли су доступни аналитички модели о довољној изводљивости како би се добила тражена прецизност? Ако не, онда су потребни физички модели. Често је неопходно да се одраде оба модела како би се потврдило разумевање производа.
- Да ли су детерминистички одговори довољни? Углавном јесу у раним фазама процене, али како се производ даље развија, ове метода није довољна.
- Ако ниједна аналитичка техника није доступна, да ли нове технике могу да се развију? Приликом развоја нове технологије, један део посла се често посвећује генерацији аналитичких техника којима се перформансе моделирају. Приликом процеса конструисања, углавном нема довољно времена за развој софистицираних аналитичких метода.
- Да ли анализа може бити спроведена са ограниченим временом, новцем, знањем и опремом? Време и новац су две мере процеса конструисања. Они су обично ограничени по питању количине и у великој мери утичу на избор технике моделирања.

4.9.5 Корак 5: Разумевање могућности физичког моделирања

Физички модели или прототипово су хардверске репрезентације свих делова финалног производа. Већина конструктора жели да види физичку реализацију њиховог концепта кроз читав процес конструисања. Међутим, новац, време, опрема и знање – иста ограничења у ресурсима која утичу на аналитичко моделирање – контролишу могућност развоја физичких модела. Генерално посматрано, чињеница да су физички модели скупи и потребно им је време да се створе, ограничава њихово коришћење.

Развој комплексних физичких прототипова се значајно унапредио од средине 80-их година. Од овог периода, „*rapid prototyping*“ методе су развијене. Ови системи користе солидне моделе компонената да би приказали материјал и да би се брзо развили физички модели. Компоненте неких метода могу да се користе у тестовима, други су само визуелни.

4.9.6 Корак 6: Одрабрати најбољу методу моделирања

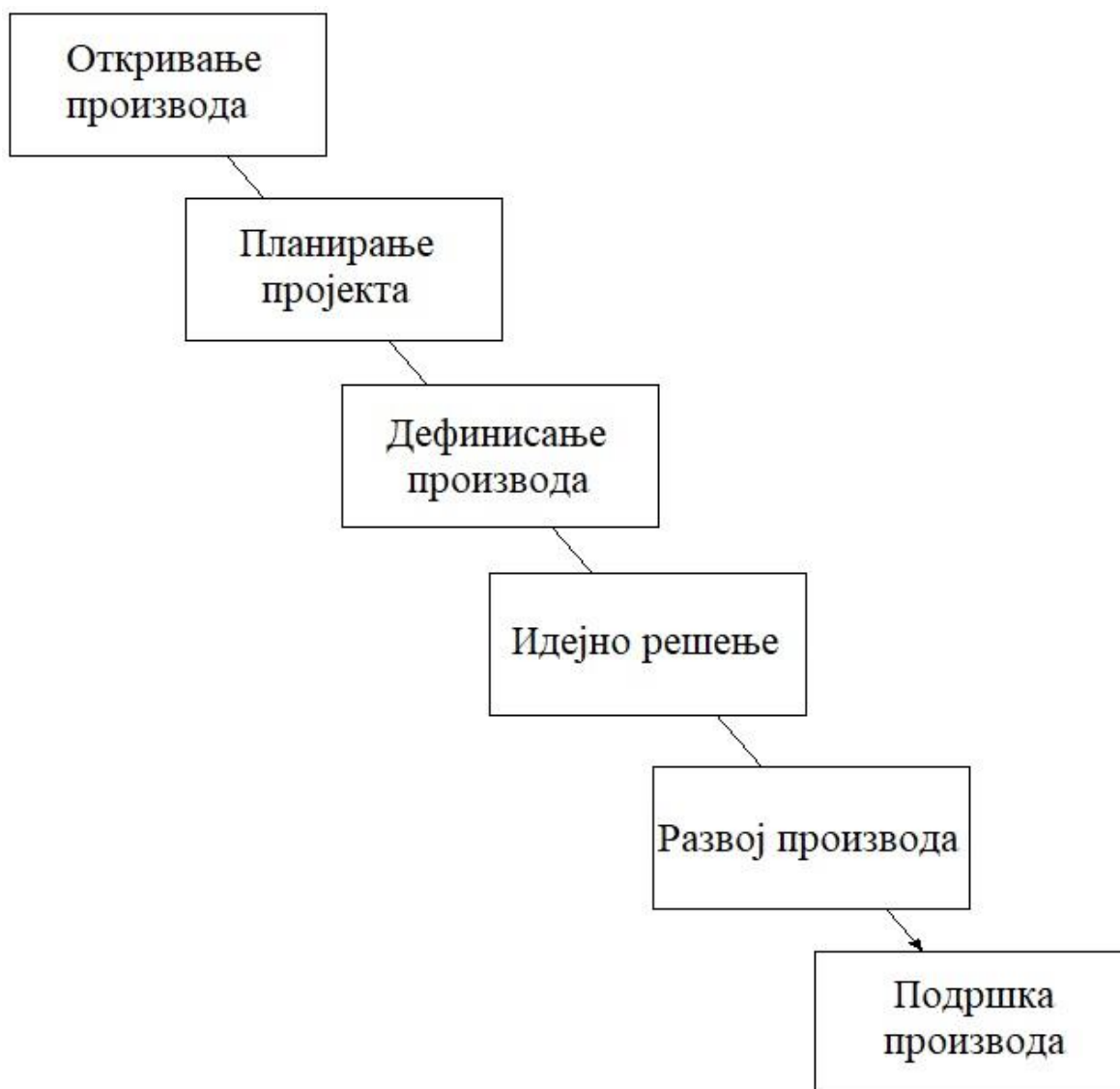
Конструктори теже ка томе да резултати аналитичког и физичког моделирања буду исти, али ресурси ретко када дозвољавају да се обе методе моделирања изврше. Дакле, метод који доноси одговарајућу прецизност са минималним материјалима, мора бити изабран.

4.9.7 Корак 7: Спровести анализе или експерименте и потврдити њихове резултате

Документовати да су циљеви испуњени или да су модели показали који су параметри потребни да се промене, у ком смеру процес промене треба да се одвија и колико је потребно да се оне промене. Приликом процене модела, резултати су битни као и научни експерименти, али осим тога, модел мора дати индикацију шта треба да се промени и колико.

4.10 Завршавање процеса конструисања и подршка производу

У овом делу биће представљен целокупни процес конструисања и биће размотрени проблеми који се генерално појаве при крају конструисања. На слици 12 је представљен процес машинског конструисања.



Слика 12. Процес конструисања

Чак иако су технике довеле до развоја финалне конструкције који је представљен солидним моделом, који је довољно детаљан да развије цртеже за склоп и листу материјала, процес још увек није завршен. Потребно је да се даље финализира сва документација и да се прође финално испитивање конструкције пре него што се производ пусти у производњу.

Слика 13 представља активности које су неопходне за подршку производа.

Велики део инжењерских активности, како се производ приближава производњи може бити интеракција са продавцима, сектором за производњу и састављање. Ако се производ развија за специфичне купце, може постојати велика интеракција са људима који представљају купце.



Слика 13. Активности у фази подршке производа

У идеалном случају, све исправне одлуке су доведене приликом развоја производа, али у пракси често је потребно спровести промене приликом производње компонената. Управљање овим променама постаје један од главних задатака инжењера.

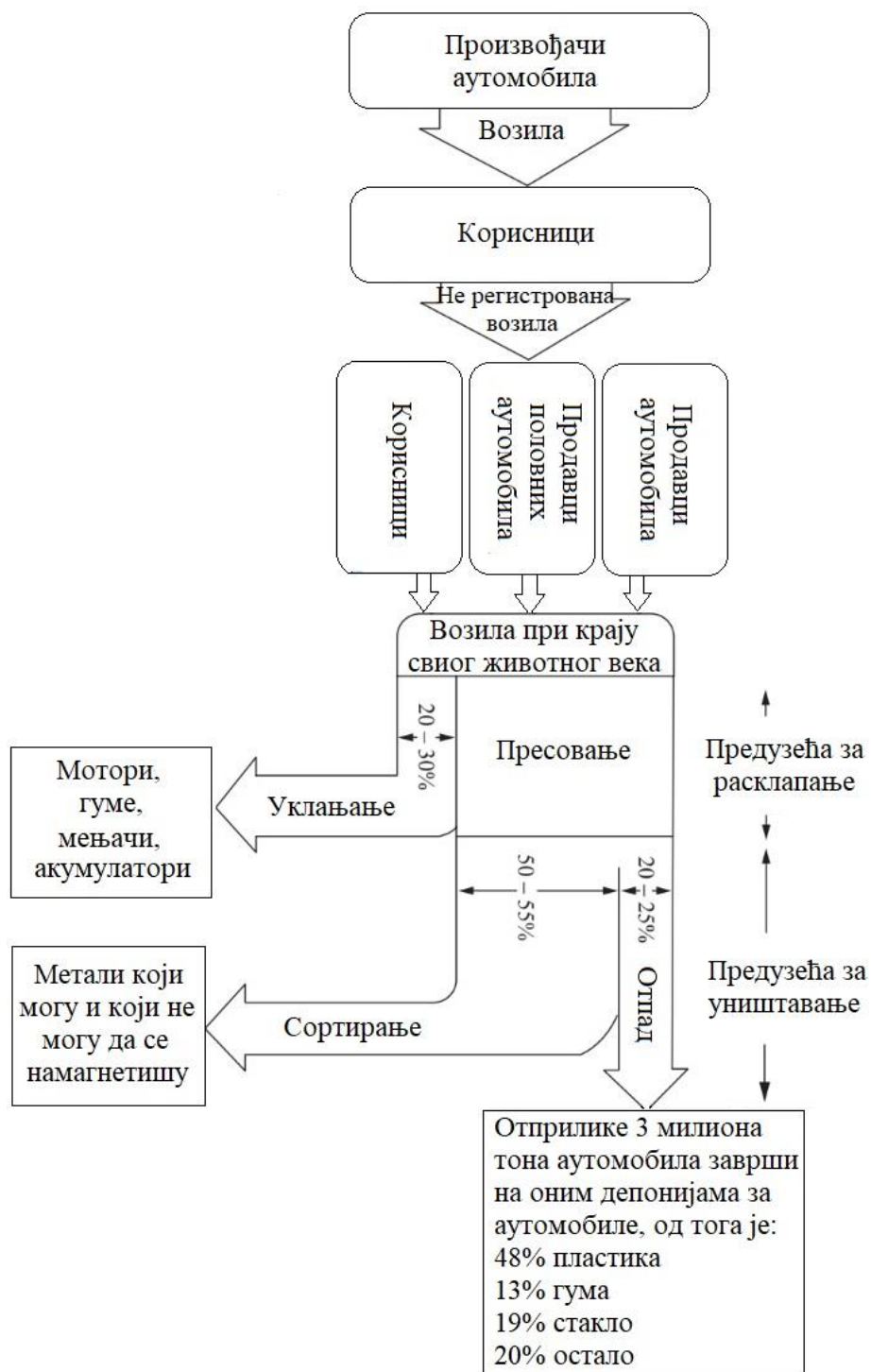
Један део конструкције за животну околину се ондоси на бригу о производу након његовог искоришћења. Након што прође животни век производа, може се третирати производ на неки од следећих начина:

- **Растављање:** Ово се често врши над аутомобилима који се више не користе, где се све компоненте аутомобила скину све док не остане само шасија.
- **Дробљење:** Ова шасија се онда компресује и шаље даље на процес сечења на мале комаде.
- **Сепарација и процесирање:** Исецкани комади се уз помоћ магнета раздвајају од

неметала. Где се даље разлажу по врсти материјала.

- **Депонија:** Метали се даље шаљу на депонију.

На слици 14 је представљен животни циклус аутомобила.



Слика 14. Животни циклус аутомобила

Конструктори аутомобила и других производа морају узети у обзир следеће ствари приликом развоја производа:

- Конструкција таквог производа да он може бити лако растављен.
- Означити компоненте за лаку идентификацију материјала.
- Користити мање различитих типова материјала.
- Конструисати производ са дужим животним веком.

5. ЗАКЉУЧАК

Данас, развој нових производа је од велике важности за одржавање конкурентности компаније на светском тржишту. Неопходно је да се разуме добро нов производ и начин производње, јер производна функција мора да испрати увођење новог производа. Сам производ захтева повезаност организационих функција у пословном систему, а одлуке донете у складу са њима утичу на :

- Квалитет,
- Обликовање производа,
- Залихе,
- Капацитет и
- Људске ресурсе.

Пословна стратегија као резултат треба да има адекватан производ захваљујући којем се задовољавају захтеви купаца и испуњавају се њихова очекивања. Развој производа обухвата процес од идеје до реализације и испоруке кориснику.

Како би дошло до конструисања квалитетног производа потребно је разумети проблем саме конструкције, а то представља претварање онога што купац жели у технички запис на основу којег се касније долази до конструисања.

На поузданости и ефикасности финалног производа изузетно утичу донете одлуке. Како је конструкција јефтинија и одрживија када се у почетној фази креирања доради, то значи да је велика пажња усмерена на доношење добрих одлука и улагање труда при њиховом доношењу.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ullman G. D., (2010.), *The Mechanical Design Process*, New York, The McGraw-Hill Companies.