

# ДИЗАЈН У МАШИНСТВУ

## 1. Увод

На овим нашим просторима појам развоја новог производа није се никада одомаћио тј. не постоји традиција развоја нових производа. Наше технолошко заостајање у односу на развијени свет компензовало се куповином лиценцих права за израду производа који су се одомаћили на тржишту. Тако се улазило у превазиђене и заостале технологије, а заостајање се још више повећавало. Чак и када се покушало са стварањем независног производа ишло се у „копирање“ постојећих „успешних“ производа на тржишту што је доводило до лошијих ефеката. Један од разлога за ово стање је и то што инжењери нису образовани да трагају за иновацијама које ће постати равноправне и конкурентне на светском тржишту већ су се задовољавали проучавањем, одржавањем и копирањем туђих решења која су била успешна на затвореном интерном тржишту и у планској економији. Инжењери су школовани за сваку област машинства независно што се и данас наставља. То наравно има смисла ако се под инжењерством подразумева копирање и одржавање туђих решења, ако се под појмом инжењера подразумева мало образованији занатлија који се бави туђим конструкцијским решењима. Идеја изборног модула Дизајн у машинству – ДУМ има намеру да почне са постепеном променом овог стања. Има намеру да будуће инжењере уведе у проблематику трагања за идејама и конструкцијским решењима која су нова, независна од постојећих, која ће потиснути постојећа са тржишта или ће створити нова подручја примене у којима неће бар у почетку имати тржишну конкуренцију. Другим речима овај модул има намеру да студенте обучи како се долази до НОВИХ ПРОИЗВОДА – иновација, који снажно унапређују технолошки, економски и друштвени развој.

Историјски посматрано развој цивилизације и развој техничких средстава (производа људског знања) одвијао се паралелно тј. један другог је подстицао. У античко доба, филозофи и мислиоци тога доба покушавали су да развоју техничких решења дају научну основу и смисао. Средњи век је зауставио овај развој да би доба ренесансе поново оживело ову активност. Занатска, а затим индустријска производња су активности на развоју нових производа убрзавале да би дошло до експанзије у доба индустријских револуција. Почетак двадесетог века обележило је више научних проналазака и открића који су трансформисани у одговарајућа техничка решења. Средином двадесетог века почиње интензиван развој метода за трагање за новим идејама и техничким решењима. Касније, 70-80 тих година прошлога века методе развоја су стандардизоване, а даљи развој је убрзан. Томе је допринео развој компјутерских система и алата који налазе примену у развоју производа. Последње деценије двадесетог века обележила је тенденција ка мултидисциплинарном приступу у развоју производа као и развој креативних способности појединаца и тима за развој новог производа. Такође је важно напоменути да је развој техничких система интегрисана процедура која обухвата све нивое развоја (вертикална интеграција) и све области које треба укључити (хоризонтална интеграција). Није прихватљива подела на развој производа у различитим областима инжењерства, а поготову није прихватљива подела на развој производа у ужим областима машинства. Развој производа и дизајн су јединствена процедура, одвијају се у свим областима на исти начин али су услови и ограничења за које се производ развија различити па се и резултати разликују (багер, брод, авион,...). Свакако у тимове морају бити укључени специјалиста за уже области али су процедура, методе и алати исти.

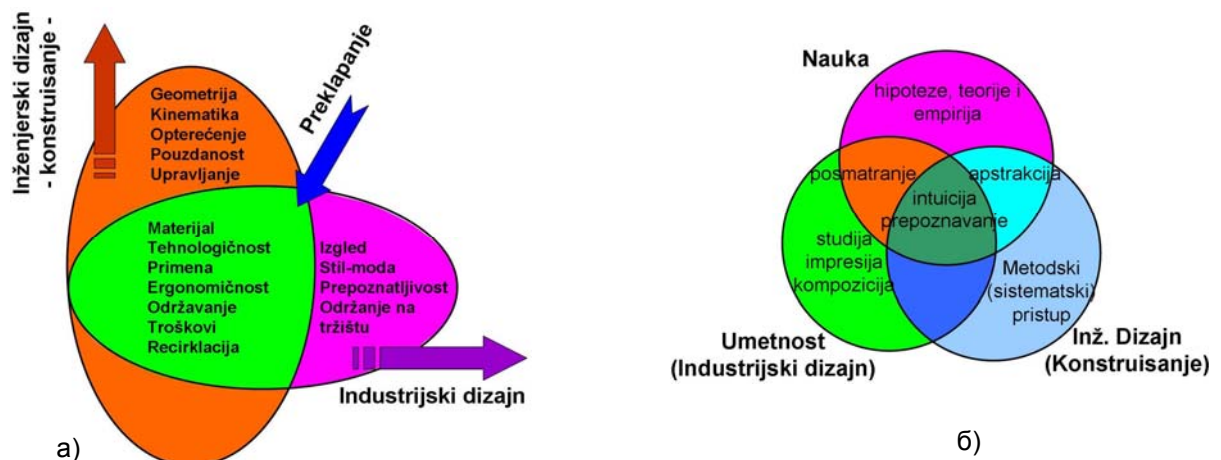
На питање **„Шта подразумева „Дизајн у машинству ?“** одговор је *„Креативни инжењерски развој нових производа и дизајн техничких решења у машинству уз примену мултидисциплинарног приступа“*

На питање **„Шта подразумева креативни развој нових ?“** одговор је *„Инжењерско трагање за новом идејом, за новим принципом рада, за поузданим конструкцијским решењем које је у хармонији са потребама и окружењем“*.

На питање **„Шта је Инжењерски дизајн (конструисање) ?“** одговор је *„Трансформација знања у конструкцијско решење с циљем да се задовоље потребе корисника, поузданост у раду, технолошки услови, окружење..“*

Дизајн је реч у енглеском језику, латинског порекла која означава техничко решење, цртеж, скицу односно замисао. Широко значење овога термина ближе се одређује употребом одговарајућег придева који га ближе одређује те су постали уобичајени појмови као што су Инжењерски дизајн, Индустијски дизајн, Уметнички дизајн, Естетски дизајн и др. У другим језицима ова енглеска реч се одомаћила само у неким њеним сегментима и то без ближе одреднице тако да у нашем језику термин „естетски дизајн“ звучи као плеоназам. Такође се у другим језицима као и у нашем, користе термини Конструисање, Пројектовање, Индустијски дизајн и сл. Термин Конструисање је еквивалентан термину Инжењерски дизајн и подразумева трансформацију информација (знања и података) у техничко решење. Пројектовање је термин изведен из термина „пројект“ што значи „замисао“, а пројектовање означава „осмишљавање“ својствено развоју техничких решења високе комплексности који се развијају компоновањем из готових целина. Индустијски дизајн подразумева примену уметничких решења и метода на развој индустријских производа тј. простије речено „уметност за индустрију“. Док је Инжењерски дизајн (конструисање) оријентисан првенствено развоју техничких својстава производа, Индустијски дизајн је оријентисан на развој оних својстава производа који ће му обезбедити бољу конкурентност и пролазност на тржишту. Тако ове две области у добром делу покривају исто подручје развоја производа тј. баве се у добром делу истим послом полазећи од различитих знања, примењујући различите приступе и вештине. Инжењери у развоју производа користе одговарајућа знања и одговарајуће методе док уметници користе развијени осећај и емоције, посматрање (опсервације) и смисао за композицију коју развијају на основу стечених утисака о окружењу са којим техничко решење треба да буде хармонизовано. Тако и једни и други (инжењери и уметници) стварају производе са одређеним мањкавостима. Чисто инжењерска решења нису увек хармонизована са тржишним и модним трендовима као ни са физичким и природним окружењем у којем се користе. Исто тако развијена техничка решења применом уметничких приступа могу бити са бројним техничким недостацима.

Ради потпуније илустрације односа и приступа инжењерског и индустријског дизајна, на слици 1а приказана је корелација ова два приступа коју је сачинио професор Freddi са Универзитета у Болоњи. Инжењери су оријентисани на решавање питања која су у вези са геометријом, кинематиком, оптерећењима, поузданошћу у раду, управљањем и сл., док су уметници оријентисани према дефинисању изгледа техничког решења, у складу са модним трендом (стилом), ка дефинисању препознатљивости производа на тржишту као и обезбеђењу одржања производа на тржишту. У наставку компарације инжењерског и индустријског дизајна, на слици 1б приказани су приступи и ресурси којим се служе инжењери и уметници у развоју техничких решења тј. индустријских производа. И једни и други полазе од научних знања која треба трансформисати у техничко решење. Сама наука у основи садржи законитости, хипотезе, теорију, емпирију и сл. које објашњавају и дефинишу процесе и појаве у природним и техничким системима. Научна знања инжењери трансформишу у техничко решење применом одговарајућих метода и процедура уз коришћење одговарајућих модела и алата за ову сврху. Апстракција је важна методологија на којој се заснивају процедуре за трансформацију знања у техничко решење. На другој страни уметници за ову трансформацију користе посматрање (опсервацију) на коју се надовезује студија, импресија, композиција и сл.



Слика 1. Инжењерски и индустријски дизајн: а) оријентација и преклапање, б) приступи

## 2. Основни садржаји дизајна у машинству

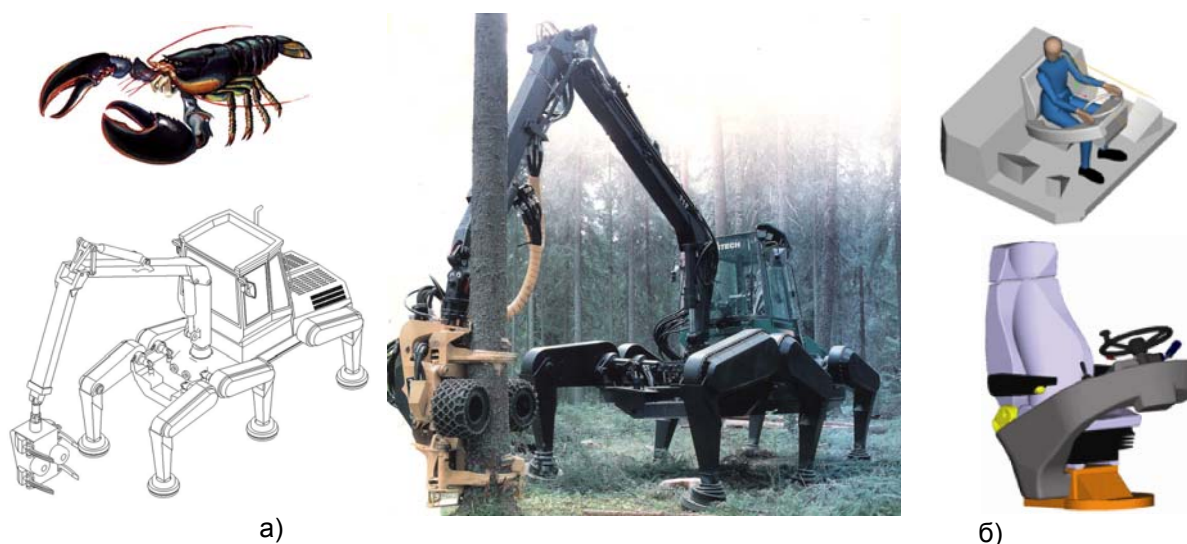
Изборни модул Дизајн у машинству (ДУМ) је у првом реду оријентисан према развоју производа у машинству тј. Инжењерском дизајну (Конструисању). То је модул општег профила који полази од чињенице да се сви технички (укључујући и машинске) системи развијају применом истих метода и алата. Притом су у свакој ужој области машинства услови и ограничења другачији па су и исходи тј. резултати различити. Циљ овог модула је да развије креативне способности машинског инжењера да уз примену одговарајућих метода и алата креира конструкцијска решења тј. трансформише достигнути ниво знања у друштву у техничко решење, иновацију, патент. Осим ове основне оријентације делокруг рада инжењера овог профила обухвата и све пратеће аспекте техничких решења који су у последње време постали веома актуелни. Реч је о већ споменутој оријентацији Индустијског дизајна код којег је развој техничких решења усмерен према продору и одржању на тржишту, затим о еколошким аспектима, ергономским потребама, естетској хармонизацији са околином, укључивању широког спектра нових метода и алата у инжењерству менџменту знања и одлучивању, интерактивној визуелизацији техничких решења и сл. На слици 2 приказане су основна ужа подручја на којима се заснива и која обухвата овај образовни модул. Укључене су и изузетно снажне тенденције у развоју нових техничких решења која би се добијала трансформацијом биолошких система (Бионика), затим тенденција спреге механичких и електронских система (Мехатроника) која техничким решењима обезбеђује одговарајући степен управљивости и интелигенције када се спрегну са одговарајућим системом вештачке интелигенције уз одговарајуће системе одлучивања. Све то даје Модулу димензију мултидисциплинарности уз подвучену напомену да је исход дипломирани машински инжењер, а не уметник или нешто друго. Реч је о машинском инжењеру који развија техничко решење (машински систем) уз високо разумевање и познавање потреба и ограничења која систем мора задовољити. Ова знања му омогућује да у процес развоја укључи одговарајуће специјалисте из других области или формира систем рада који ће их увести на одговарајући и ефикасан начин. Уколико студент жели да буде више усмерен према некој ужој области машинства, може ту усмереност да оствари кроз изборне предмете који су му на располагању из различитих ужих области (образовних модула) на Факултету.



Слика 2. Мултидисциплинарност модула за Дизајн у машинству - ДУМ

Развој производа у машинству тј. развој машинских система подразумева широку активност у погледу трагања за идејама које и какве производе развијати, затим у погледу трагања за конструкцијским решењима на основу ових идеја, затим обухвата прикупљање природних и техничких знања као и инжењерство ових знања, теорију техничких система и др. Развој производа је све оно што води ка идеји за нови производ, конструкцијско решење или је у функцији и у сврху креативног унапређења техничког решења. Развој производа као такав представља широку основу на коју се надовезује непосредна трансформација знања у техничко решење тј. инжењерски или индустријски дизајн. Резултат дизајна је пројекат (замисао) на који се надовезује процес производње тј. израда производа.

Из низа ужих подручја наведених на слици 2 за илустрацију ових садржаја наводе се Бионика у дизајну и Ергономски дизајн. Широк и издашан извор нових знања, принципа и конструкцијских решења су биолошки системи. Бионика је научна дисциплина која се бави трансформацијом ових знања, принципа и решења у техничка решења (Биологија у служби Технике). Надаље, техничка решења морају бити прилагођена човеку у погледу његових физичких димензија, функционалних и психолошко-физиолошких потреба и сл. Корелација техничких система и решења с једне стране и својстава и потреба људи проучава се у оквиру научне дисциплине под називом Ергономија. Знања и подаци из ове области су основа за хармонизацију техничких решења и својстава људи која се изучава у оквиру предмета Ергономски дизајн. На слици 3 наведен је пример машине за сечу шуме (Forest machine) која по принципу рада и по структури представља добар пример успостављене свесне или подсвесне корелације између биолошког система (речног рака) и овог машинског система тј. представља бионичку трансформацију. Кретање по неравном терену и одржавање равнотеже остварује се помоћу више ногу. Хватање, резање и преношење стабала остварује се на аналоган начин као код рака. Овај технички систем чини механичка структура у спрези са хидрауличким, електронским и управљачким системима. Хармонизован је (прилагођен) својствима човека који управља машином. Читав је низ конструкцијских детаља од значаја са овог аспекта. Неки од њих су прилагођеност командног пулта човеку, када су упитању електронске команде, прилагођеност командних полуга за хидрауличке и механичке управљачке системе, затим прегледност у односу на околину, удобност седишта за дужи рад, климатизација кабине и др. Надаље следи хармонизација облика, боје и других својствима са шумском средином у којој машински систем ради.



Слика 3. Пример машине за сечу шуме: а) бионичка трансформација, б) ергономски детаљи

На питање „**Шта је Ергономски дизајн ?**“ одговор је „Успостављање што складније релације између човека (корисника) и техничког система с циљем да коришћење система у што већој мери представља задовољство уместо оптерећења.“

На питање „**Шта је Бионика у дизајну ?**“ одговор је „Развој нових принципа и идеја трансформацијом принципа и решења код биолошких система (биљака, животиња, људи) који су неисцрпни извор за даљи развој техничких система.“

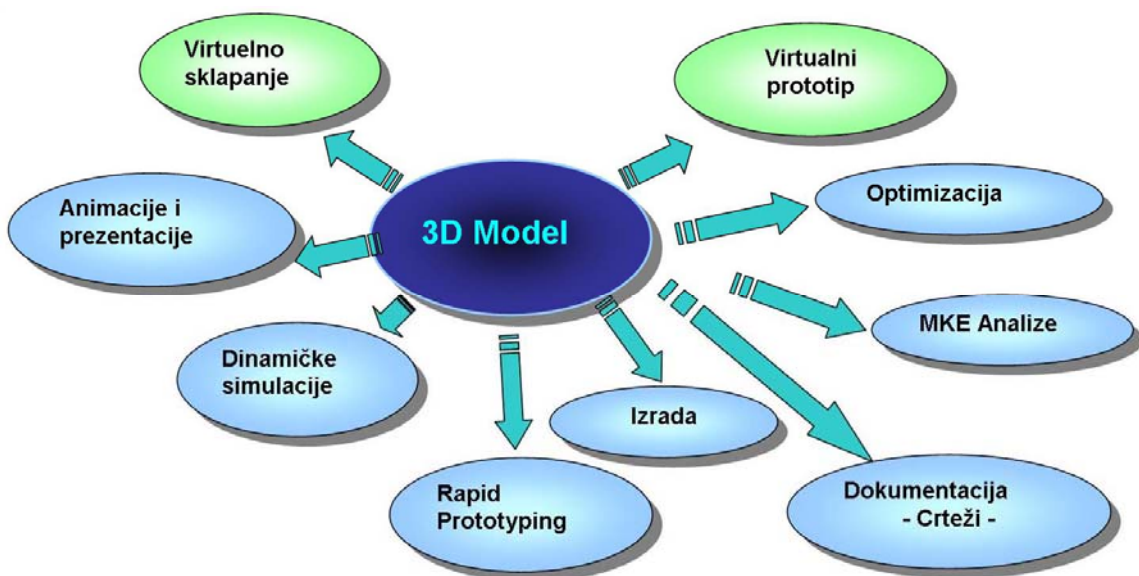
С циљем да се развије креативна способност студената, пројектни задаци које студенти раде оријентисани су према трагању за новим идејама за техничка решења, према трагању за новим принципима рада, према трагању за новим конструкцијским решењима, која укључују неки од наведених аспеката (или више њих) као што су бионички, ергономски, еколошки, естетски, мехатронички и др.

### 3. Основне методе и алати дизајна у машинству

Методологија инжењерског дизајна (конструисања) је стандардизована и изводи се кроз неколико фаза. Прва фаза је дефиниција пројектног задатка чији је исход техничко решење на описном нивоу тј. листа захтева које треба да задовољи техничко решење – Clarification of the task. Следи друга фаза у оквиру које се на основу листе захтева дефинише принцип рада и структура система. То је фаза концепирања (Conceptual Design). Резултат (исход) ове фазе је концепцијско решење техничког система које показује из којих се делова систем састоји и на ком принципу извршава функцију. Трећа фаза подразумева развој облика и димензија, избор материјала, анализе стања, корекције и дотеривање, позната под називом Embodiment Design или како се обично код нас каже, конструисање у ужем смислу. На крају следи Detail Design односно Конструкцијска разрада у оквиру које се дефинишу конструкцијски детаљи машинских делова, толеранције, храпавости, термичке и друге обраде, други детаљи, описи, упутства и све оно што треба да садржи пројекат техничког решења. Пројекат је резултат процеса конструисања (Инжењерског дизајна) који представља комплексан скуп информација и подлогу за производњу (израду) система.

Наведена методологија се реализује коришћењем одговарајућих метода и компјутерских алата. То је у првом реду моделирање облика машинских делова уз коришћење CATIA CAD програмског пакета (сл.4). Обука у примени и овладавање вештинама у развоју облика, симулацији склапања, симулацији кретања и др. реализује се кроз посебан предмет за ову сврху – Моделирање облика. Даље се надовезује примена методе коначних елемената која се изучава у оквиру предмета МКЕ-анализе. Осим стицања знања о основама ове методе, у оквиру овог предмета се развијају способности студената за анализу напонских стања и деформација машинских делова. Сагледавају се могућности и могући домети ове методе.

На развијени 3D модел надовезује се читав спектар других метода врло значајних у дизајну без обзира на приступ, инжењерски или уметнички. На слици 4 најважније примене ових модела графички су приказане. Оптимизације и естетске хармонизације облика, оптимирање (усклађивање) облика са расположивим простором, са расподелама напона и др. је један од подскупова подручја примене 3D модела. Други подскуп су анимације, симулације, динамичке анализе (вибрације, бука) и сл. Трећи подскуп чини примена 3D модела за израду документације (цртежа) израду самих делова или за брзо добијање прототипа. Посебно је значајна примена ових модела за виртуелно склапање, добијање виртуелног прототипа, 3D штампање и сл.



Слика 4. Подручја примене 3D модела

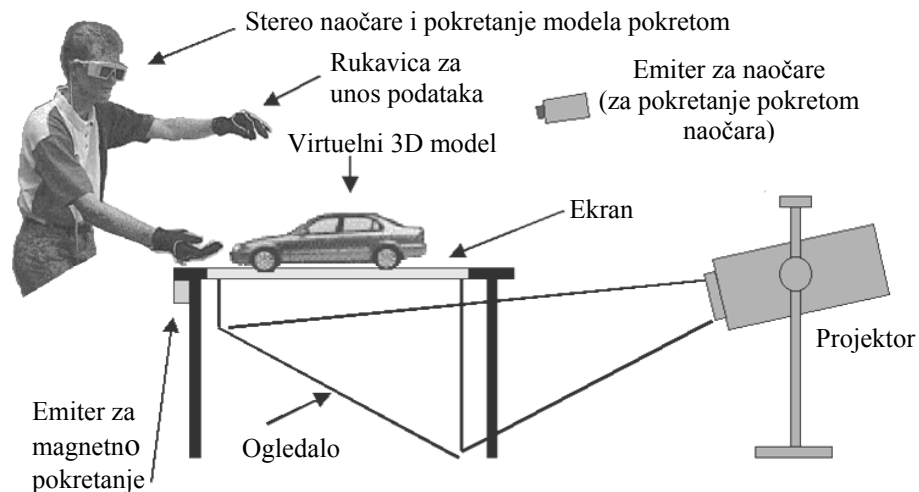
3D модел се материјализује (штампа) и добија машински део или склоп у природној величини или у размери. Материјали од којих се облик реализује су врло различити. Најчешће се користи прах који се наноси слој по слој и лепљењем формира облик у једној или у више различитих боја (сл.5). Карактеристике материјала могу бити сличне гипсу, пластичној маси, могу бити отпорни на високе температуре и да се користе као калупи за ливење или да су металног карактера и да добијени делови могу бити употребљени за реалну примену. Иначе циљ примене методе 3D штампања је добијање реалног просторног модела који се реално може сагледати у реалном простору пре него што се изради и да се по потреби модификује, покаже другима и сл. Осим тога добијени реални просторни модели могу бити употребљени за извођење експеримената и добијање одговарајућих емпиријских података потребних за даљи развој техничког решења, да се искористе за реалну примену и др. Ово је само једна од могућности у приступу познатом под називом Rapid prototyping. У новије време сведоци смо убрзаног развоја материјала и технологија за 3D штампање 3D CAD модела, с циљем да се постигну што бољи ефекти, а добијени реални 3D модели постану са што ширим подручјем примене.



Слика 5. Штампање (материјализовање) 3D модела

Развијени 3D модели осим од реалног материјала у реалном простору приказују се и као виртуелни ликови у реалном простору. Ова метода је позната као виртуелна реалност и развијена је на више нивоа сложености. Ниво и степен сложености у зависности је од сврхе и потреба. Комплексни машински системи као што су аутомобили представљају изазовно подручје где је потребно најпре видети објекат у реалном простору пре него што се и физички реализују. Виртуелни лик у реалном простору је обично изазов за додатне корекције и побољшања облика, ергономских, функционалних, естетских и других својстава до достизања задовољавајућих карактеристика. На слици 6 приказан је основни принцип ове методе. На овој слици приказан је један екран, а иначе је са два, три или шест екрана. 3D модел се процира

помоћу одговарајућих пројектора, а лик у реалном простору се види помоћу стерео наочара које синхронизују таласне дужине емитоване светлости. Тако се добија виртуелни лик што чини пасивну виртуелну реалност. Активна виртуелна реалност подразумева манипулацију овим ликом тј. његово покретање и кориговање. Сензори за покретање налазе се на наочарима те се покретима главе помера лик. Сензори за корекцију лика налазе се на рукавицама тако да се покретима руку аналогно вајању, лик дотерује према жељи и осећају. Пријемници ових сигнала су распоређени на одговарајућим местима у простору око просторног лика и повезани су са компјутером и софтверским системом за корекцију модела. За сагледавање унутрашњих детаља на пример у аутомобилу (ентеријер), лик се увећава до мере да човек може ући у унутрашњост и сагледати ергономске и друге детаље, по потреби кориговати. Процедура склапања и испитивања могуће интерференције (просторног преклапања) делова такође се може испитати применом виртуелне реалности. Следи низ приступа и примена методе виртуелне реалности која у високом степену помаже у схватању и сагледавању облика, положаја, димензија, кретања и тд. делова система пре израда када је корекција без економских последица. Осим тога омогућује визуелно сагледавање и подстицај емоционалног развијања облика. Висока цена и сложена реализација ове методе ограничава је на подручја економски акумулативних индустрија.

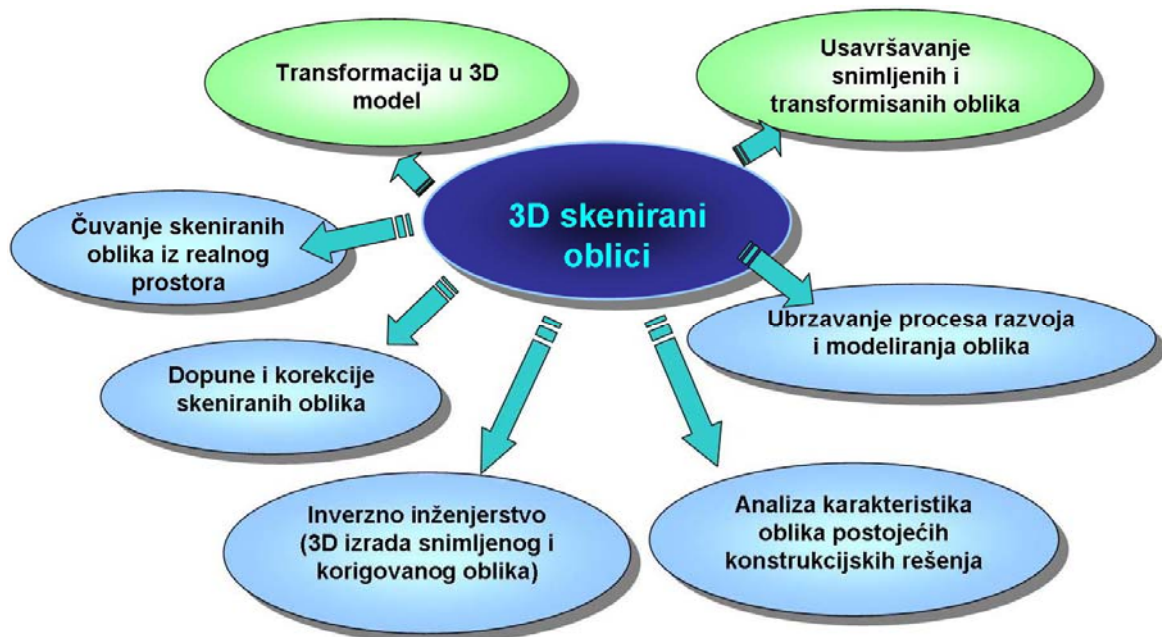


Слика 6. Основни принцип виртуелне реалности

3D скенирање је још једна од метода за интерактивну визуелизацију и комуникацију. Скенери за ову сврху развијени су од оних који су морали да стоје у прецизно дефинисаном координантном систему и да се крећу по прецизним вођицама, у ручне ласерске системе чијој тачности не смета могуће подрхтавање руке и слични поремећаји. Маркери на сниманом објекту (сл.7) дефинишу релативне координате у односу на које се дефинишу координате тачака на површини која се скенира. Добијају се „облаци“ тачака са координатама које се помоћу одговарајућег програма трансформишу у 3D модел. Он може бити коригован, допуњен (ако је снимани објекат био оштећен – поломљен) а затим штампан у 3D штампачу. Ова метода је позната као инверзно инжењерство. На слици 9 дат је преглед могућности коришћења 3D скенираних објеката.



Слика 7. Скенирање просторних облика



Слика 8. Подручја примене 3D скенираних облика

Осим инверзног инжењерства које је подручје са интензивним развојем у више области технике, ова метода убрзано улази у примену и у многа подручја ван технике. Снимање чување и реконструкција археолошких и историјских објеката, 3D скенеру даје изузетан значај. Снимање постојећих конструкцијских решења, а затим измене и побољшања, у машинству су од изузетног значаја, поготову код иновирања старих конструкција које је једноставније снимити него развијати 3D моделе од почетка. То у значајној мери може убрзати развој нових облика и конструкција.

На питање „Шта омогућује 3D CAD модел у дизајну у машинству ?“ одговор је „Просторно схватање облика, функционалне и напонске симулације, израду документације..“

На питање „Шта омогућује 3D штампање у дизајну у машинству ?“ одговор је „Материјализацију 3D модела у 3D штампачу ради визуелног увида реалног објекта, испитивања или реалног коришћења.“

На питање „Шта омогућује виртуелна реалност у дизајну у машинству ?“ одговор је „Приказ 3D CAD модела у реалном простору, интерактивно манипулисање моделом и корекција до постизања жељеног облика.“

На питање „Шта омогућује 3D скенирање у дизајну у машинству ?“ одговор је „Добијање скупа тачака које покривају површину реалног објекта и трансформацију овога скупа у 3D CAD модел.“

На питање „Шта је инверзно инжењерство и примена у дизајну у машинству ?“ одговор је „3D скенирање постојећег објекта, трансформација у 3D CAD модел, корекција модела и израда новог објекта у 3D штампачу.“

#### **4. Перспективе и тенденције**

Последњих деценија у свету је наступила експанзија у развоју метода и алата посебно у области Инжењерског дизајна. Раније одомаћени приступи засновани на развоју производа, посебно машинских система из генерације у генерацију подразумевао је посебна знања, методе и вештине за развој сваке конструкције у свакој области машинства на посебан начин. Синхронизован развој теорије за развој техничких система, компјутерске технике и компјутерских алата намењених инжењерском дизајну, уклонио је ове поделе. Данас није више реч о методама конструисања или пројектовања ове или оне машине већ је реч о методама, алатима, приступима и дизајну техничких система без обзира о којој се врсти техничког система и материјализације информација ради. Зависно од услова, потреба и ограничења за која се систем развија и резултат ће бити другачији па ће се у том погледу и добијени технички системи разликовати. Разуме се да су за специфичне техничке или машинске системе потребна и специфична знања и искуство.

Поменута експанзија приступа, метода и алата у светским размерама у области инжењерског дизајна створила је могућност да се обједини не само начин развоја свих техничких система већ и да се у развој укључе сви аспекти развоја и да дизајн постане мултидисциплинарна активност у којој учесници супротних афинитета као што су инжењери и уметници. Бројни универзитети у свету кренули су у образовање и развој креативних способности дизајнера који у потребној мери могу да укључе наведене аспекте. Изборни модул за Дизајн у машинству је један од тих мултидисциплинарних приступа општег профила у области машинства. Реч је о машинским инжењерима који познају технологију развоја производа, инжењерског и индустријског дизајна, који у тиму са специјалистима за одговарајуће техничке системе воде развој било којег техничког система. Осим тога овладали су применом метода у овој области и могу бити реализатори развоја одговарајућих (парцијалних) својстава и карактеристика система. Креативне способности у трагању за идејама и новим решењима и принципима чини их ефикасним креативцима. То машинским инжењерима ове оријентације даје широко подручје радног ангажовања без ограничења на одређену област у машинству, а и шире.

## 5. Закључак

Изборни модул за Дизајн у машинству – ДУМ образује машинске инжењере опште оријентације оспособњене за креативни одрживи развој машинских и других техничких система, иновације и техничка унапређења. Знања и способности која се стичу укључују мултидисциплинарне аспекте који се односе на естетику, екологију, бионику и др. Окосницу чине методе развоја производа и инжењерског дизајна. У складу је са широко развијеним тенденцијама на Европским и другим универзитетима за образовањем инжењера овог профила. Већина наставних садржаја развијена је у сарадњи са овим универзитетима кроз међународне пројекте Европске уније.

## 6. Литература

- [1] Ognjanović M.: Razvoj I dizajn mašina, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2007.
- [1] Ognjanović M.: Inovativni razvoj tehničkih sistema, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2014.
- [2] Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K-H.: Engineering Design – A systematic approach, Springer Verlag 3ed edition 2007.
- [3] Hubka V.: Principles of Engineering Design – Butterworth scientific