

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Техничко цртање са компјутерском графиком

Број индекса: 6/2009

Славица Д. Миладиновић

Примена интерактивне рачунарске графике

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Ивановић Лозица - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да проучи домаћу и страну литературу из области рачунарске графике. На основу истраживања треба да анализира развој, место, улогу, методе и компоненте рачунарске графике са посебним тежиштем на њену генералну примену у савременим графичким комуникацијама и инжењерству. Посебну пажњу треба обратити на цртање и моделирање објеката. Примену метода рачунарске компјутерске графике приказати на конкретним примеру из инжењерске праксе.

Препоручена литература:

[1] ALF YAEWOOD: Uvod u AutoCAD 2010 2D i 3D projektovanje, 2010

[2] BELA NEMETH: AutoCAD za samouke, 2010

Крагујевац, 05.05.2012.

ментор:

Др Лозица Ивановић, ванр. проф.

Резиме

Овај рад садржи уопштен поглед на употребу рачунара и рачунарске графике у машинству, производњи и индустрији уопште. Од давнина је постојала тежња да се направи машина која може да врши једноставније и сложеније рачунске операције, а историјски развој нам омогућава да то пратимо, од првих једноставнијих машина до данашњих рачунара. Графички системи, који служе за пројектовање, умногоме олакшавају посао данашњим инжењерима. Један од њих је AutoCAD који се у почетку користио само за израду техничких цртежа, а данас се користи и за 3D моделирање. У овом раду је дат детаљан поступак израде једног 3D модела у AutoCAD 2010.

Кључне речи: Рачунарска графика, CAD, модел, солид.

Summary

This paper contains a general view of the use of computers and computer graphics in engineering, manufacturing and industry in general. Since ancient times there was a desire to make a machine that can perform simple and complex calculations, and the historical development allows us to follow that, from the first simple machines to today's computers. Graphic systems, which are used for the design, greatly facilitate the work of today engineers. One of them is AutoCAD that initially was used only for creating technical drawings, and today is used for 3D modeling. This paper gives a detailed procedure of making a 3D model in AutoCAD 2010.

Keywords: Computer graphics, CAD, model, solid.

Садржај

1. Интерактивна рачунарска графика	6
1.1 Развој рачунара и рачунарске графике	6
1.2 CAD, појам, дефиниција и основне функције	8
2. Увод у AutoCAD	13
3. Моделирање солида	15
3.1 Увод у моделирање	15
3.2 Пример за моделирање	15
3.3 Подешавање параметара цртежа	16
3.4 Цртање подножја пумпе	17
3.5 Конструисање региона	21
3.6 Моделирање ваљка	22
3.7 Креирање 3D солида екструдирањем региона	23
3.8 Обарање ивице на отворима подножја пумпе	25
3.9 Моделирање тела пумпе	25
3.10 Цртање профила капе пумпе	29
3.11 Цртање ојачања тела пумпе	31
3.12 Цртање носача цеви са леве стране	33
3.13 Цртање носача цеви са десне стране	39
3.14 Моделирање ваљка	41
3.15 Физичка својства модела тела пумпе испитати командом MASSPROP	43
3.16 Копирање цеви у грип режиму	44
3.17 Конструисање пресека модела пумпе	46
3.18 Рендеринг модела пумпе	49
4. Закључак	56
5. Литература	57

1. Интерактивна рачунарска графика

Рачунарска графика обухвата стварање, чување, и употребу модела и сличних објеката. Модели и објекти рачунарске графике потичу из различитих подручја: природе, науке, инжењерства, апстрактних концепата.

Интерактивна графика као средство ефикасне комуникације између корисника и рачунара побољшава способност разумевања података, уочавања трендова и визуелизације стварних и имагинарних објеката.

Обзиром на убрзани пораст примене рачунара и подручје примене рачунарске графике се убрзано шири [4].

Неки од примера примене рачунарске графике су:

- пројектовање помоћу рачунара
- симулација и анимација
- графичко програмирање
- управљање процесима
- уметност, и др.

Појам интерактивности у рачунарској графици подразумева интеракцију између корисника и система на начин да корисник управља садржајем, структуром и појавом објекта и његових предочених слика употребом улазних уређаја (тастатура, миш, екран осетљив на додир, џојстик).

1.1 Развој рачунара и рачунарске графике

Појави савремених рачунара претходили су многи покушаји да се направи некаква машина способна да изводи једноставније или сложеније рачунске операције.

Прву рачунску машину направио је познати француски математичар и физичар Блез Паскал, 1642. год. Та машина је била у потпуности механичка и користила је зупчанике а покретала се окретањем ручице, и могла је да изводи једино операције сабирања и одузимања.

Немачки математичар Лајбниц је 30 година касније направио рачунску машину која је поред сабирања и одузимања могла да врши множење и дељење.

На овом пољу се ништа није дешавало наредних 150 година, све док Чарлс Бебиџ није изумео диференцу машину. Ова машина је, такође, била механичка. Могла је само да сабира и одузима, а користила се за израчунавање таблица у поморској навигацији. Бебиџ је конструисао и наследника диферендне машине којег је назвао аналитичка машина. Она се може сматрати први механичким програмабилним рачунаром. Имала је четири дела: меморију, јединицу за израчунавање, улазну и излазну јединицу. Пошто је аналитичка машина била програмабилна био је потребан софтвер а самим тим и програмер. За тај посао Бебиџ је унајмио жену по имену Ада Августа Лавлес, у чију част је програмски језик Ада добио име. Рад Чарлса Бебиџа има велики значај с' обзиром да и модерни рачунари имају сличну структуру. Може се рећи да је Бебиџ праотац модерних дигиталних рачунара.

Сва рачунска средства развијена до почетка 20-ог века била су механичка, па се тридесете године 20-ог века узимају за почетак развоја електричних рачунара. Конрад Зусе, немачки студент технике, је изумео низ аутоматских рачунских машина

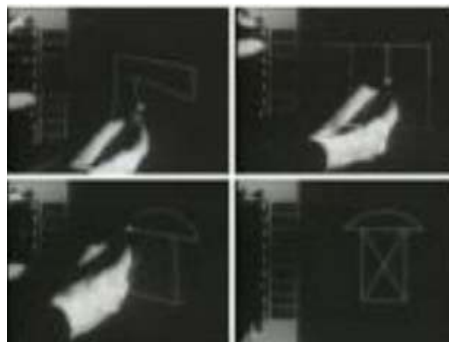
заснованих на технологији електромагнетних релеја. Међутим све ове машине су уништене у Другом Светском рату па оне немају утицаја на даљи развој рачунара.

Историја електронски дигиталних рачунара дели се у неколико генерација:

- Прва генерација у периоду од 1945. до 1955. године
- Друга генерација у периоду од 1955. до 1965. године
- Трећа генерација у периоду од 1965. до 1980. године
- Четврта генерација од 1980. године до данас
- Пета генерација је у развоју

Од 1945. године када је развој рачунара био подређен потребама рата до данашњих дана, развојни пут се кретао од машина за дешифровање, коришћења вакуумских цеви за рачунаре које касније замењује коришћење транзистора у рачунарској индустрији, до савремених персоналних рачунара [6].

Први графички систем развијен је 1950. године за потребе Америчког ратног ваздухопловства. Он је укључивао употребу CRT монитора (монитор са катодном цеви) да би се приказале информације добијене од радара а и многе друге информације. Дуги низ година у свету конструисања, машинства и производње су алати конструктора били папир и оловка, цртаћа табла и лењир. Потреба за што бржим развојем производа је довела до развоја нових техника пројектовања. Први допринос на пољу компјутерски подржаног пројектовања и производње (CAD/CAM) дао је Др. Патрик Ц. Хенрети развојем система PRONTO 1957. године. Ово је био први комерцијални нумерички контролисан програмски систем. Иван Сатерленд је 1963. године креирао пројекат који је назвао SKETCHPAD (подлога за цртање). Овај пројекат је омогућавао цртање по екрану помоћу посебне оловке (слика 1.1).



Слика 1.1
SKETCHPAD
(подлога за цртање)

CAD системи се од појаве SKETCHPAD-а брзо развијају. На почетку 70-их година прошлог века су се користили 2D програми. Нацрти рађени у овим програмима били су слични ручно цртаним нацртима. Развој програмирања и компјутерског софтвера, током 1980.-их година, је омогућио прилагодљивије компјутерске апликације у дизајнирању.

Средином 90-их година прошлог века почињу да се користе 3D CAD системи. Данас CAD није ограничен на скицирање, већ се све више користи и за 3D моделирање, и захтева много више креаторове вештине. Помоћни дизајн компјутера се користи у многим пословима и организацијама широм света.

1.2 CAD, појам, дефиниција и основне функције

Појам CAD подразумева опис и манипулисање на релацији рачунар-модел. У теорији појам CAD-а није недвосмислен. Ова скраћеница се може тумачити као:

1. *Computer Aided Design* – подршка рачунара процесу конструисања коришћењем одговарајућих софтвера
2. *Computer Aided Drafting / Drawing*- подршка рачунара приликом израде техничке документације и цртежа

Неки од CAD програма за 2D и 3D моделирање (слика 1.2) су: AutoCAD, CATIA, PRO ENGINEER, Autodesk Mechanical Desktop, Autodesk Inventor, и многи други.



Слика 1.2
Неки од
CAD
софтвера

CAD обухвата неколико активности:

- концептуално моделирање производа
- детаљно моделирање производа – 3D модела делова
- моделирање склопова
- генерисање 2D техничке документације
- анализе (део инжењерских анализа)
- креирање маркетиншких презентација

Данас од CAD система који су у употреби у индустрији око 1/3 су 3D системи, мада се ради на убрзаном увођењу 3D система у већини компанија. Остатак софтвера који се користе су 2D и служе за израду техничке документације. За све аспекте производње у индустрији се користе 3D CAD системи и то за: дизајн производа и његову верификацију, израду алата, нумерички управљане машине и завршну контролу.

Једна од многих предности 3D CAD система је и то што се посматрањем објекта у 3D простору може у потпуности сагледати његов облик. Још једна предност коју пружа креирање делова и склопова у три димензије је да се на доста једноставан начин може из 3D модела добити 2D цртеж [7].

CAD системи имају исте или сличне групе функција помоћу којих се прво врши формирање облика, а затим и дефинисање осталих елементарних својстава делова и склопова, њихово приказивање у одговарајућем облику и накнадна дорада. Од свих ових функција треба издвојити функције за:

- ❖ генерисање
- ❖ манипулацију
- ❖ приказивање
- ❖ организацију
- ❖ информисање и
- ❖ помоћ

Функције за генерисање служе за креирање геометријских и графичких елемената, који могу бити 2D и 3D елементи.

2D елементи:

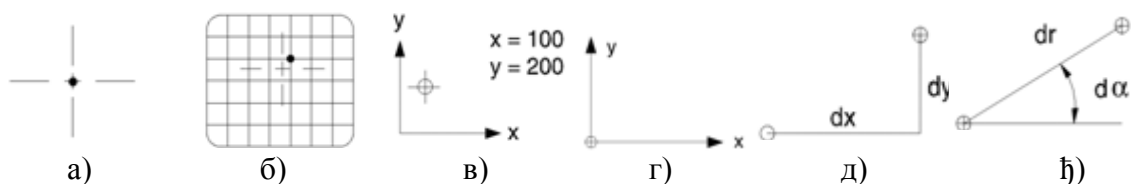
- ❖ тачка
- ❖ линија
- ❖ круг
- ❖ низ елемената (нпр.полигон)
- ❖ конични облици (нпр.елипса)
- ❖ неодређене криве

3D елементи:

- ❖ цртеж у равни
- ❖ сфера, кубоид, цилиндар
- ❖ екструдовање, ротација
- ❖ 3D крива
- ❖ торус
- ❖ слободне површине

Постоји више могућности за дефинисање позиција креираних елемената (слика 1.3):

- а) позиционирање курсором на екрану
- б) позиционирање курсором на екрану са мрежом
- в) помоћу координата
- г) постављањем локалног координатног система
- д) релативни положај у односу на постојећу тачку (Cartesian coordinates)
- ђ) релативни положај у односу на постојећу тачку (Polar coordinates)



Слика 1.3 Позиционирање

Помоћу функција за манипулисање се врше промене на објекту који је креиран, и то су:

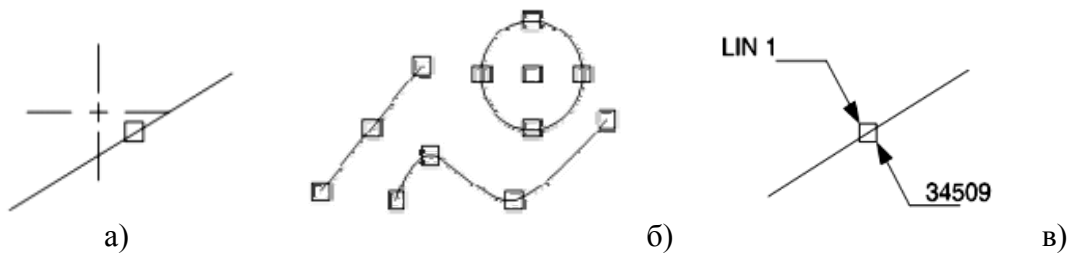
- а) Move (Drag)
- б) Rotate
- в) Duplicate (Multiply)
- г) Mirror
- д) Scale
- ђ) Stretch
- е) Trim

Да би се применила нека од манипулативних функција потребно је претходно идентификовати елемент који треба изменити.

Идентификација елемената се може вршити појединачно или групно.

Појединачна идентификација (слика 1.4):

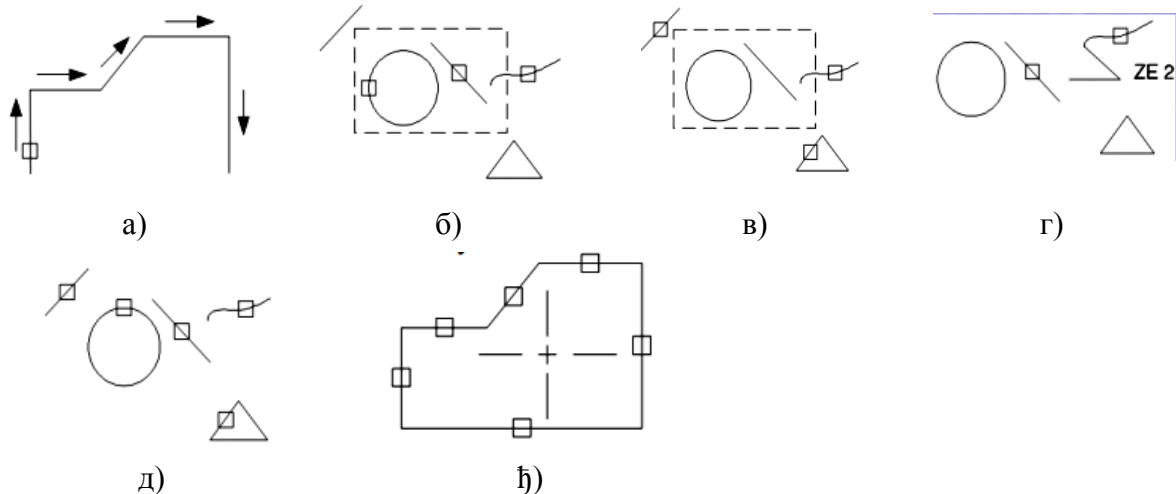
- а) помоћу курсора (имплицитно)
- б) помоћу курсора (експлицитно)
- в) по имену



Слика 1.4 Појединачна идентификација

Групна идентификација (слика 1.5):

- а) пратећи одређену контуру
- б) унутар селектованог простора
- в) ван селектованог простора
- г) избором одређене групе објеката
- д) селектовањем свих објеката
- ђ) селектовањем граничне контуре



Слика 1.5 Групна идентификација

У функције за приказивање спадају:

- ❖ функције за промену видљивости објекта:
 - Zooming (zoom in / zoom out)
 - Clipping
 - Windowing
 - Viewport
 - Panning

❖ функције за промену спољњег изгледа објекта:

- Wireframe
- Surface model
- Solid

❖ функције за измену погледа или пресека:

- Two-dimensional (фронтални, бочни поглед)
- Perspective (исометрија, диметрија)
- Section

У организационе функције спадају:

- основне функције за снимање, штампање, и др.
- CAD model management
- повезивање са PDM системима (**Product Data Management**)
- Sharing management

Функције за информисање служе да кориснику пруже информације о статусу параметара модела или остале индиректне податке о моделу (нпр. врсте и боје линија, број лејера који су употребљени, и др.). У ову категорију спадају и функције које дају додатне информације о моделу (нпр. за запремине, тежине, моменте инерције, површине и др.)

Помоћне функције пружају помоћ кориснику у току коришћења одређеног CAD система:

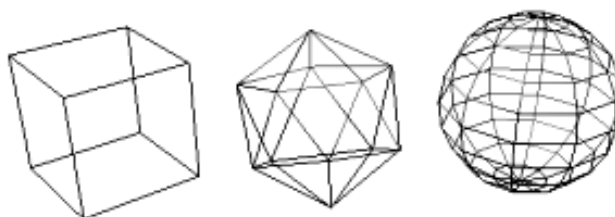
- описи и објашњења свих команди
- активне help функције
- упутства
- могућност враћања у претходно стање
- могућност памћења задатих или стандардних вредности

3D објекти који се праве у CAD-у се генерално називају моделима.

Модели који се користе као технике описивања у 3D CAD системима су:

- жичани (Wireframe model)
- површински (Surface model), и
- запремински модел (Solid model)

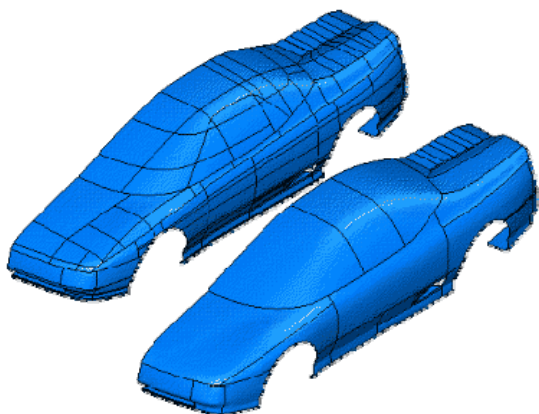
Жичаним моделом (слика 1.6) неки објекти се представљају помоћу линија, кругова и лукова. Овај модел дефинише контуру објекта, орјентацију у односу на окружење и функцију у склопу сцене. Он нема скривених линија па је тешко брзо тумачити геометријску форму, и не може се рендеровати ни сенчити. Обим наредби код жичаних модела потпуно одговара дводимензионалној равној техници.



Слика 1.6 Жичани модели

Површински модел (слика 1.7) се црта помоћу креирања површина модела. Овај модел је детаљнији и омогућава дефинисање видљивости графичких ентитета, формирање јасне техничке документације и приказа склопова, он се може рендеровати и сенчити помоћу осветљавања површина.

Запремински модел (слика 1.8) описан је теменим тачкама, граничним ивицама, граничним површинама и њима захваћеном запремином. Како је дефинисан простор запреминским моделом пуно тело, назива се солид модел. Солид модел омогућава одређивање површина пресека, запремине објекта, момената инерције, положаја тежишта. Апликације у машинству, користе запремински модел као основни модел [9].



слика 1.7 Површински модел



слика 1.8 Запремински модел

2. Увод у AutoCAD

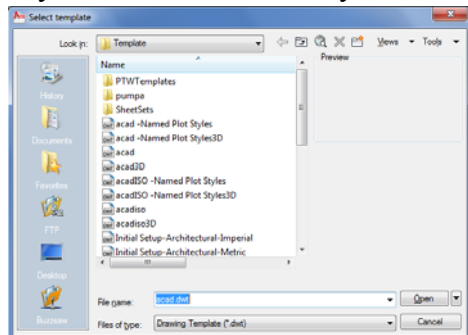
AutoCAD можемо сврстати у групу програмских пакета намењених цртању пројектовању и другим видовима примене рачунара у инжењерској пракси. Брзина и лакоћа са којом се цртежи креирају и модификују уз помоћ рачунара представља неизмерне предности у односу на класичан начин рада [10].

Сваки елемент може бити исцртан одређеном бојом и типом линије. Основна сврха додељивања различитих боја елемената је у томе да се постигне боља прегледност на екрану и да при штампању можемо дефинисати да се за различите боје користе одговарајуће дебљине линија.

Највећа разлика у концепцији израде цртежа у AutoCAD-у у односу на класичан начин цртања крије се у могућности “раслојавања” цртежа на неограничен број слојева. Тај концепт највише подсећа на цртање појединих делова цртежа на низу провидних фолија које се међусобно преклапају и чине целину. Сваки од слојева се може користити за смештај одређеног дела цртежа. То значи да сваки AutoCAD цртеж, у ствари може представљати целокупну базу података о свим елементима пројекта, па да се онда по потреби одређени слојеви приказују и могу штампати или остати скривени.

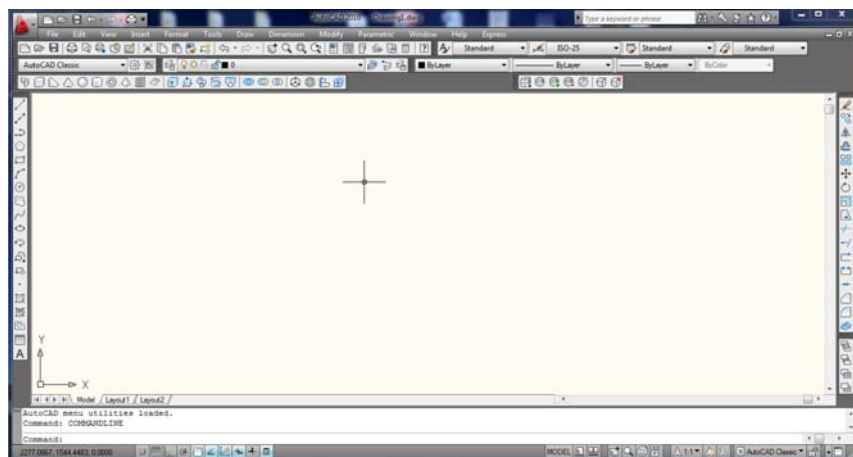
AutoCAD је почео као 2D програм. Као производ који је сазрео у 2D, он је наставио да се развија и у 3D правцу. То је почело додавањем 3D карактеристика. Приликом дефинисања 3D базе података направљени су значајни додаци, као што су запреминско моделирање и рендеровање [1].

Куцањем команде **New** у командној линији отвориће се прозор као на слици 2.1



Слика 2.1 Прозор који се отвара куцањем команде **New** у командној линији

Затим притиснемо **Open**, и отвориће се радно окружење, што је приказано на слици 2.2.



Слика 2.2
Радно окружење
AutoCAD-a

Основне палете алата које се користе у пакету AutoCAD су Draw, Modify, Modeling, Layer. Ове палете алата су приказане на сликама 2.3-2.6.



Слика 2.3 Палета алата Draw



Слика 2.4 Палета алата Modify



Слика 2.5 Палета алата Modeling



Слика 2.6 Палета алата Layer

У наставку текста биће дат пример 3D моделирања у програмском пакету AutoCAD 2010.

3. Моделирање солида

3.1 Увод у моделирање

Команде за рад са 3D солидима су саставни део AutoCAD 2010.

Поступак моделирања се најчешће састоји од конструисања примитива у облику коцке, квадрата, лопте, ваљка, итд.

Други начин моделирања је ротирањем затворене контуре око задате осе за задати угао. Трећи начин моделирања солида је екструдовањем (извлачењем) затворене контуре профила дуж путање или *z* осе текуће конструкционе равни. Добијени објекат је 3D солид и представља хомогено круто тело. 3D солид је представљен изводницама и ивицама. Подешавање приказа-густине изводница је могуће задавањем вредности системској променљивој *ISOLINES*. Над конструисаним 3D солидима могуће је користити булове операције: сабирање запремина солида (енг. *Union*), одузимање запремина солида (енг. *Subtract*) или налажење заједничке запремине (енг. *Intesection*). Упоредба запремина 3D солида и конструисање новог 3D солида је могуће и командом *INTERFERE*. Ивице 3D солида је могуће едитовати командама за заобљавање (енг. *Fillet*) или обарање ивице (енг. *Chamfer*), 3D солид је могуће одсечати (команда *SLICE*) или конструисати пресек дуж задате равни (команда *SECTION*). На крају рада са 3D солидима се у простору папира подешавају параметри техничке документације. Генерисање изгледа 3D солида у простору папира је могуће и командама *SOLVIEW*, *SOLDRAW*, *SOLPROF*. Поред формата *DXF* податке о 3D солиду је могуће извозити у следеће фајл формате: *SAT* (*ACIS* стандард), *STL* (стандард за стереолитографију), *3DS* (*format 3D studio*).

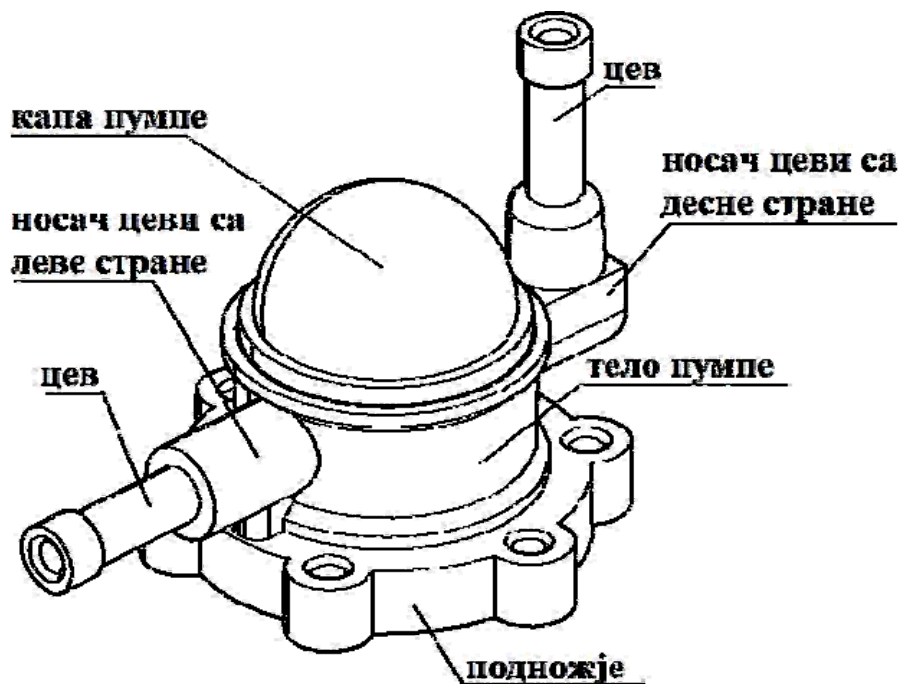
3.2 Пример за моделирање

У овом поглављу објашњава се техника стварања композитног модела-3D солида. Пример на основу којег се ради вежба је сличан моделу горњег дела пумпе за гориво за аутомобил *Yugo 45*.

У оквиру примера (сл.3.1) обрађују се следеће области:

- конструисање региона
- постављање погледа
- постављање конструкционе равни
- команде за конструисање 3D солид примитива
- конструисање солида екстудирањем и ротацијом
- конструисање пресека
- креирање светла, додељивање материјала, сенчење модела
- постављање простора папира
- израда техничке документације

Напомена: У току рада у цртежу након сваке веће измене записати измене у фајл на диску командом *SAVE* или *QSAVE*. У току рада у цртежу командом *U* или *UNDO* могуће је поништити дејство претходних команди.



Слика 3.1 Пример моделирања 3D солида пумпа за гориво

3.3 Подешавање параметара цртежа

Командом *NEW* креирати нови цртеж под називом Pumpa.

Command: **NEW**↓

Командом *LIMITS* подесити границе цртежа на формат A4

Command: **LIMITS**↓

Reset Model space limits:

Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>:↓

Specify upper right corner <420.0000,297.0000>:210,297 ↓

Командом *ZOOM* опција All приказати границе цртежа на екрану.

Command: **ZOOM**↓

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window/Object] <real time>: **A**↓

Regenerating model.

Командом *LAYER*, иконица , креирати layerе под називом Ose, Pomosni, Pune, Tanke и задати им особине боја, стање layerа и тип линије којим се црта на layerу у складу са параметрима приложеним у табели. Layer Pomosni поставити за текући.

Назив layerа	Стање layerа	Боја којом се црта у layerу	Тип линије којом се црта у layerу
Ose	On	Зелена (енг. green)	Center
Pomosni	On	Љубичаста (енг. magenta)	Dashed
Pune	On	Црвена (енг. red)	Continuous
Tanke	On	Плава (енг. blue)	Continuous

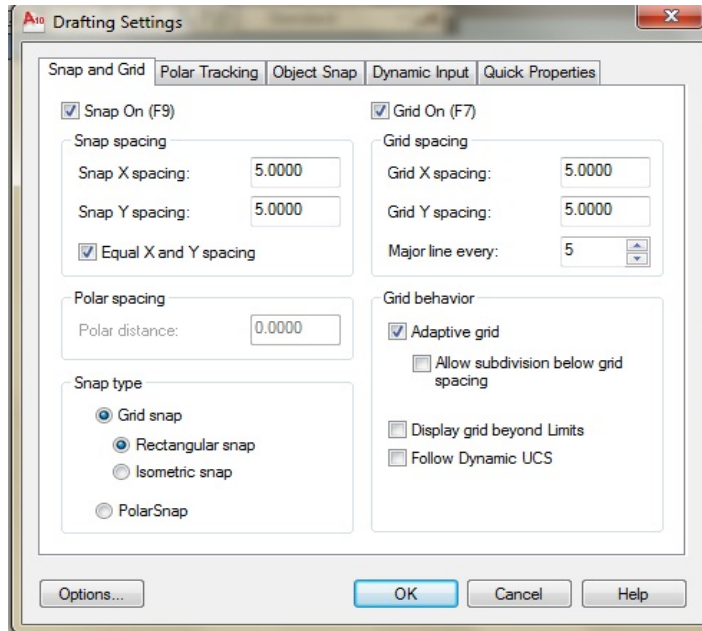
Командом *LTSCALE* задати фактор скалирања типа линије 10.

Command: **LTSCALE**↓

Enter new linetype scale factor <1.0000>: **10**↓

Regenerating model.

Задати команду *DDRMODES* (падајући мени Tools > Drafting Settings) У дијалог прозору *Drafting Settings* (слика 3.2) подесити помоћне алате *SNAP* и *GRID*. Оба алата су укључена и вредности дуж X и Y осе су 5 AutoCAD јединица.



Слика 3.2 Подешавање параметара помоћних радних алата у дијалог прозору *Drafting Settings*

Командом *QSAVE* у командној линији или у Standard Annotation Toolbar-у, иконица , записати измене на цртежу у фајл на диску.

Command : **QSAVE** ↓

3.4 Цртање подножја пумпе

Командом *CIRCLE* у командној линији, или у Draw toolbar-у иконица  нацртати кружницу. Центар кружнице задати у тачки чије су координате 100,150. Полупречник кружнице је 29.

Command: **CIRCLE**↓

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **100,150**↓

Specify radius of circle or [Diameter]: **29**↓

Командом *ZOOM* опција window увећати приказ цртежа на екрану тако да је кружница приказана преко читавог екрана.

Command: **ZOOM**↓

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window/Object] <real time>: **W**↓

Specify first corner: Specify opposite corner:

Командом *UCS* у командној линији или **Tools** >  **New UCS**, опција *Origin* задати координатни почетак текуће конструкционе равни у центру кружнице.

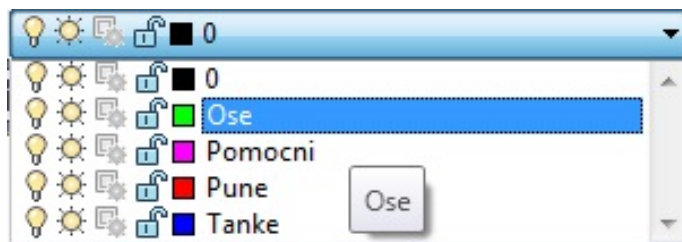
Command: **UCS**↓

Current ucs name: *WORLD*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAis]

<World>: **O**↓

Specify new origin point <0,0,0>: **CEN of (задати тачку на кружници)**



Слика 3.3 На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties toolbar* поставите layer *Ose* за текући

Командом *LINE* у командној линији, или у *Draw toolbar*-у иконица  нацртати две осне линије кружнице. (Слика 3.4)

Command: **LINE**↓

Specify first point: **-32,0**↓

Specify next point or [Undo]: **32,0**↓

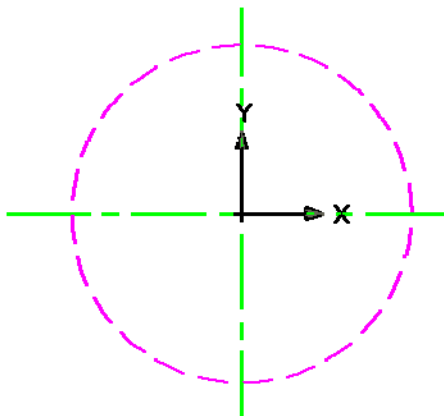
Specify next point or [Undo]: ↓

Command: ↓

LINE Specify first point: **0,32**↓

Specify next point or [Undo]: **0,-32**↓

Specify next point or [Undo]: ↓



Слика 3.4 Осне линије кружнице

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* поставити layer *Pune* за текући.

Командом *CIRCLE* у командној линији, или у *Draw toolbar*-у иконица , нацртати кружницу у десном квадранту кружнице. Пречник кружнице је 12.5 јединица (сл.3.5).

Command: **CIRCLE**↓

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **D**↓

Specify radius of circle or [Diameter] : **12.5** ↓

Командом *TRIM* у командној линији, или у Modify toolbar-у иконица  одсећи унутрашњи део мале кружнице. Граница одсецања је велика кружница (сл.3.5).

Command: **TRIM** ↵

Current settings: Projection=UCS, Edge=None

Select cutting edges ...

Select objects or <select all>: **selektovati veliku kruznicu-granicu odsecanja**

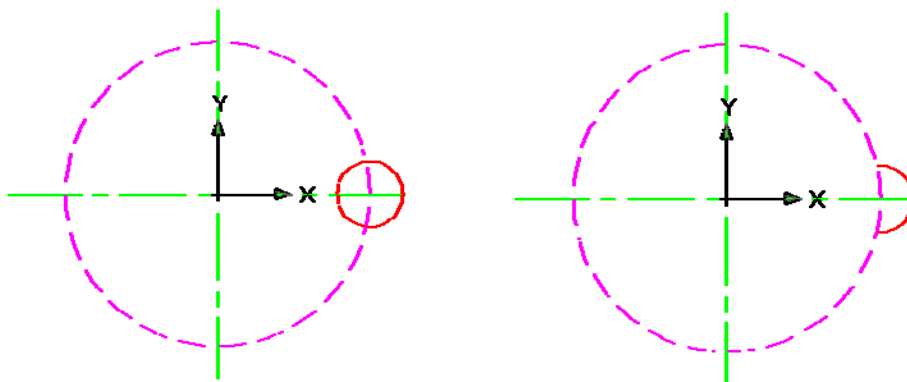
Select objects: ↵

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: Specify opposite corner: **selektovati malu kruznicu-objekt koji se odseca**

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo] : ↵



Слика 3.5 Цртање и одсецање унутрашњег дела мале кружнице

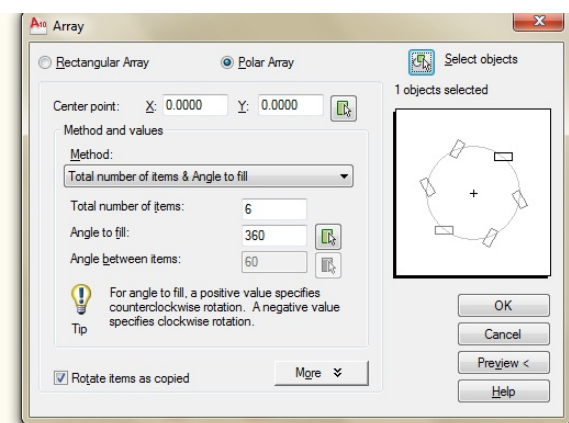
Новонастали кружни лук вишеструко ископирати задавањем команде *ARRAY*, у командној линији или палета алата Modify иконица , опција polar. Копирање се задаје у односу на центар велике кружнице-координатни почетак текуће конструкционе равни. Број копија у кружном низу је 6. Кружни низ захвата угао од 360 степени (сл.3.7).

Селектовати новонастали кружни лук па задати команду *ARRAY* и подесити параметре прозора према слици 3.6.

Command: **ARRAY** ↵

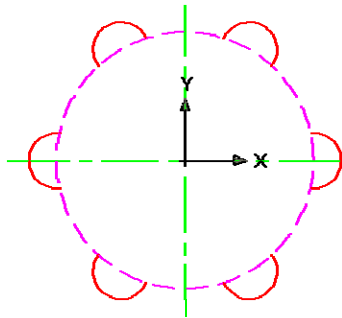
Select objects: 1 found

Select objects:

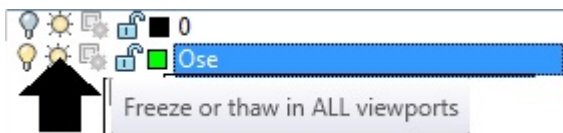


Слика 3.6

Делове велике кружнице унутар кружних лукова одсећи командом *TRIM* у командној линији, или у Modify toolbar-у иконица . Границе одсецања задати тастером *ENTER* (сл.3.9).



Слика 3.7 Ископирани кружни лук у 6 копија.



Слика 3.8 На надајућој листи Layer Control на Object Properties toolbarу искључите layer Ose

Command: **TRIM**↓

Current settings: Projection=UCS, Edge=None

Select cutting edges ...

Select objects or <select all>: 1 found

Select objects: Specify opposite corner: 1 found, 2 total

Select objects: Specify opposite corner: 1 found, 3 total

Select objects: Specify opposite corner: 1 found, 4 total

Select objects: Specify opposite corner: 1 found, 5 total

Select objects: Specify opposite corner: 1 found, 6 total

Select objects:

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: Specify opposite corner:

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: Specify opposite corner:

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: Specify opposite corner:

Select object to trim or shift-select to extend or

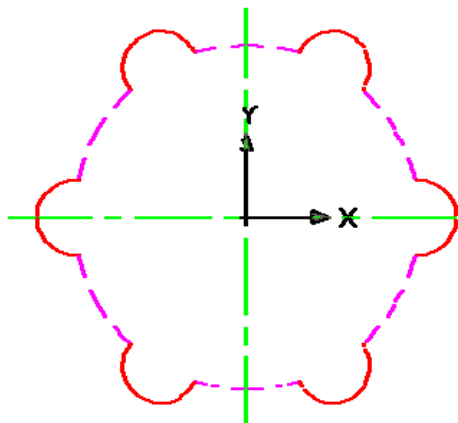
[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: Specify opposite corner:

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: Specify opposite corner:

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: ↓



Слика 3.9 Основа подножја после команде *TRIM*

3.5 Конструисање региона

На основу нацртане основе подножја пумпе креира се регион командом *REGION* у командној линији, или у *Draw toolbar*-у иконица . Пре стварања региона задаје се нови текући layer под називом Region. Објекте који улазе у састав региона селектовати методом *All* (сл.3.10).

Command: **-LAYER**↓

Current layer: "Pune"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **m**↓

Enter name for new layer (becomes the current layer) <Pune>: **REGION**↓

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↓

Command: **REGION**↓

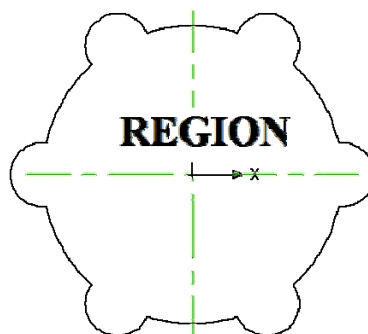
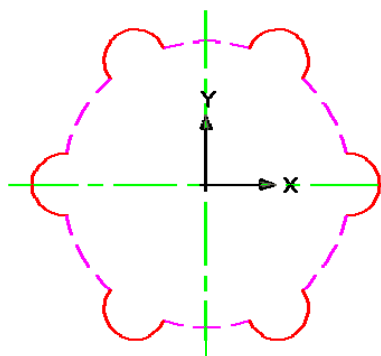
Select objects: all

14 found

Select objects: ↓

1 loop extracted.

1 Region created.



Слика 3.10 Конструисани регион је основа подножја пумпе

3.6 Моделирање ваљка

Следећи корак у конструисању подножја пумпе је моделирање и вишеструко копирање ваљка са кружном основом. Ваљак се моделира у центру кружног лука са десне стране задавањем команде *CYLINDER* у командној линији или палета алата Modeling иконица . Пречник ваљка је 5 AutoCAD јединица. Висина ваљка је 10 AutoCAD јединица (сл.3.13). Пре моделирања ваљка задаје се нови текући layer под називом Valjak.

Command: **-LAYER**↓

Current layer: "REGION"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **m**↓

Enter name for new layer (becomes the current layer) <REGION>: **Valjak**↓

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↓

Задати команду *CYLINDER*

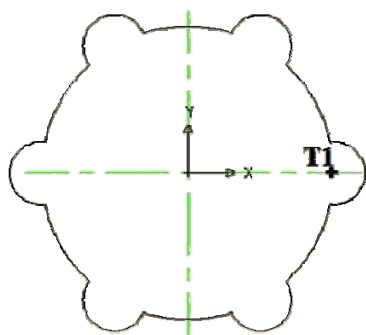
Command: **CYLINDER**↓

Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: кликнути на T1(Слика 3.11)

Specify base radius or [Diameter] : **d**↓

Specify diameter : **5**↓

Specify height or [2Point/Axis endpoint] : **10**↓



Слика 3.11

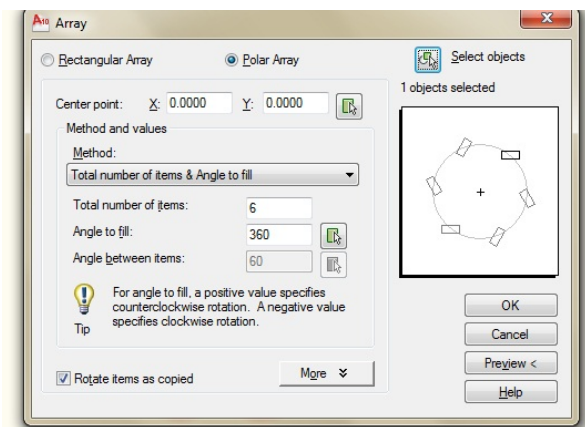
Моделирани ваљак вишеструко копирати задавањем команде *ARRAY*, у командној линији или палета алата Modify иконица , опција polar. Референтна тачка копирања је у центру региона-координатни почетак текуће конструкционе равни. Број копија је 6. Кружни низ захвата угао од 360 степени (сл.3.13).

Кликнути на новонастали ваљак и задати команду дијалог прозор попунити као на слици 3.12.

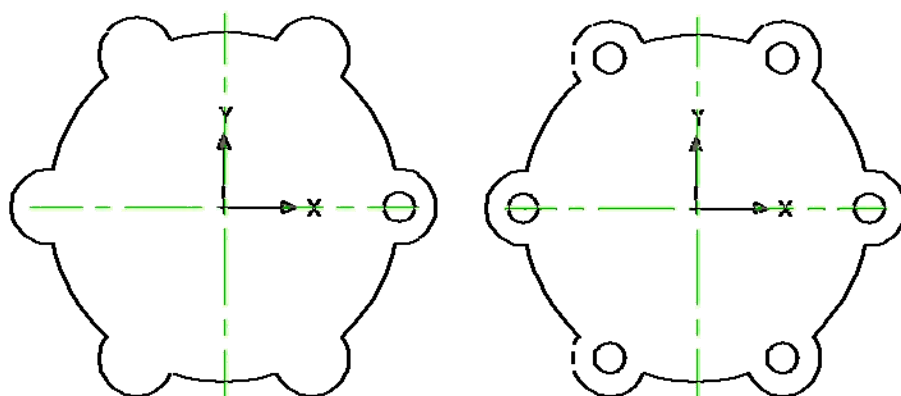
Command: **ARRAY**↓

Select objects: 1 found

Select objects:



Слика 3.12 Дијалог прозор за команду **ARRAY**



Слика 3.13
Моделирање и
вишеструко
кружно
копирање ваљка

3.7 Креирање 3D солида екструдирањем региона

У следећем кораку конструише се модел подножја извлачењем региона, командом **EXTRUDE** у командној линији или палета алата Modeling иконица . Регион се екструдира за 10 AutoCAD јединица у позитивном смеру Z осе текуће конструкционе равни. Угао нагиба (енг. taper angle) моделованог 3D солида је 3 степена. Пре стварања 3D солида задати нови текући layer под називом Podnozje.

Command: **-LAYER**↵

Current layer: "Valjak"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **m**↵

Enter name for new layer (becomes the current layer) <Valjak>: **PODNOZJE**↵

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↵

Command: **DELOBJ**↵

Enter new value for DELOBJ <0>: **1**↵

Command: **EXTRUDE**↵

Select objects to extrude: 1 found (изабрати регион)

Select objects to extrude: ↵

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <6.0000>: 10↵

Задати тачку погледа на модел командом *VPOINT* опција *Rotate*. Угао у равни модела је 245 степени. Угао у односу на раван модела је 35 степени.

Command: **VPOINT**↵

*** Switching to the WCS ***

Current view direction: VIEWDIR=0.0000,0.0000,1.0000

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>: **R**↵

Enter angle in XY plane from X axis <270>: **245**↵

Enter angle from XY plane <90>: **35**↵

*** Returning to the UCS ***

Regenerating model.

Командом *HIDE* у командној линији или View>  Hide, приказати модел без сакривених линија. Претходно подесити вредност системске променљиве *DISPSILH* једнака 1.

Command: **DISPSILH**↵

Enter new value for DISPSILH <0>: 1

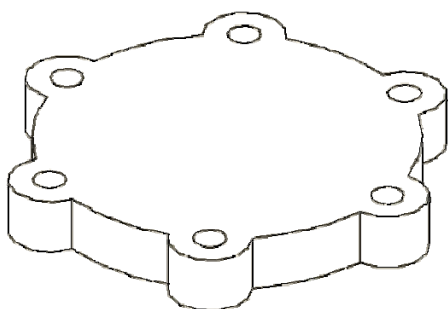
Command: **HIDE**↵

Regenerating model.

Command: **REGEN**↵

Regenerating model.

Командом *SUBTRACT*, у командној линији или палета алата Modeling иконица , одузети запремине шест цилиндара од запремине 3D солида подножја пумпе.



слика 3.14 Моделирано подножје пумпе

Command: **SUBTRACT**↵

Select solids, surfaces, and regions to subtract from ..

Select objects: 1 found

Select objects: ↵

Select solids, surfaces, and regions to subtract ..

Select objects: 6 found

Select objects: ↵

3.8 Обарање ивице на отворима подножја пумпе

У следећем кораку обара се ивица на отворима горње базе отвора на подножју пумпе. Обарање ивице задаје се командом *CHAMFER* у командној линији или палета алата

Modify иконица . Након избора ивице горње базе једног ваљка AutoCAD означава површину којој ивица припада. Задавањем опције *next* могућ је избор жељене површине чија се ивица обара. Растојање А и В за обарање ивице је 1 AutoCAD јединица. Након задавања растојања А и В за обарање ивице поново се показује жељена ивица цилиндра.

Задати команду *CHAMFER*.

Command: **CHAMFER**↓

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 1.0000, Dist2 = 1.0000

Select first line or [Undo/Polyline/Distance/Angle/Trim/mEthod/Multiple]:

Base surface selection...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: **N**↓

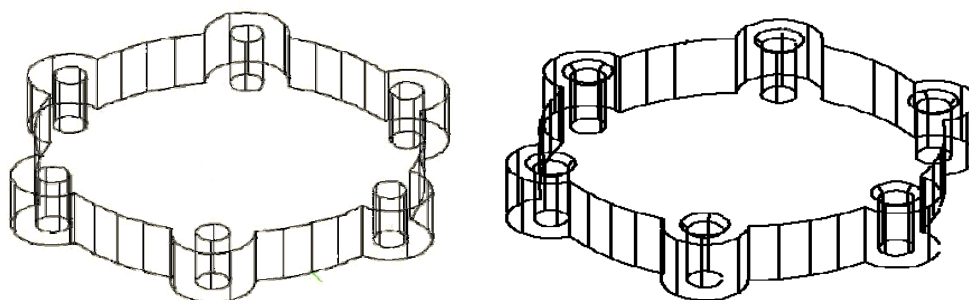
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: ↓

Specify base surface chamfer distance <1.0000>: **1**↓

Specify other surface chamfer distance <1.0000>: **1**↓

Select an edge or [Loop]: Select an edge or [Loop]: ↓

Поступак обарања ивице поновити за ивицу горње базе свих шест ваљака.



Слика 3.15 Са леве стране је приказано подножје пре а са десне стране после команде *CHAMFER*

3.9 Моделирање тела пумпе

У следећој фази моделира се тело пумпе. Први корак пре самог моделирања је цртање помоћних оса на layer *Ose*. Следећи корак је постављање нове конструкционе равни и цртање профила тела пумпе. Последњи корак је моделирање тела пумпе ротирањем конструисаног профила.

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу укључите layer *Ose* и поставити га за текући.

Командом *LINE* у командној линији, или у Draw toolbar-у иконица , нацртати дуж. Почетна тачка дужи је у координатном почетку текуће конструкционе равни. Крајњу тачку дужи задати у координатама 0,0,50 AutoCAD јединица.

Command: **LINE**↓

Specify first point: **0,0**↓

Specify next point or [Undo]: **0,0,50**↓

Specify next point or [Undo]: ↓

Командом *COPY* у командној линији или палета алата Modify иконица  копирати хоризонталну осу за 10 AutoCAD јединица дуж Z осе. Изглед помоћних оса приказан је на слици 3.16.

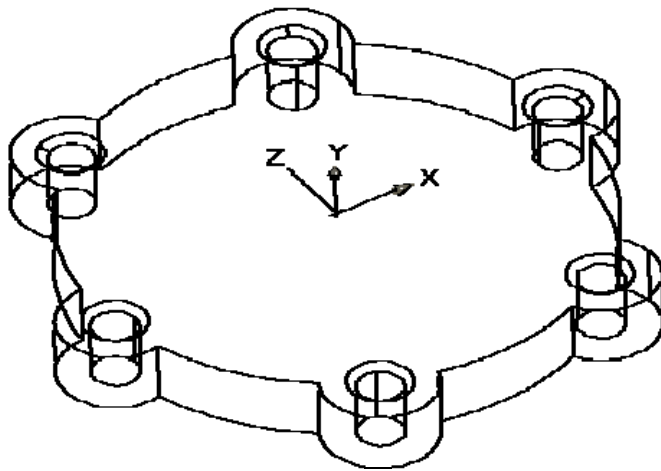
Command: **COPY**↓

Select objects: 1 found

Select objects: ↓

Specify base point or [Displacement/mOde] <Displacement>: **0,0**↓

Specify second point or <use first point as displacement>: **0,0,10**↓



Слика 3.16 Изглед помоћних оса и постављање новог положаја конструкционе равни

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу задати текући layer Ротосни. Layer Podnozје искључити.

У следећем кораку поставља се нова конструкциона раван. Текућу конструкциону раван заокренути за 90 степени око X осе. Координатни почетак конструкционе равни задати у тачки која се налази у пресеку горње хоризонталне осе и осе управне на раван у којој модел лежи (слика 3.16). Положај текуће конструкционе равни запамтити командом *UCS* у командној линији или **Tools** >  **New UCS**, опција *Save* под називом Ravan 1.

Command: **UCS**↓

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **X**↓

Specify rotation angle about X axis <90>: **90**↓

Command: **UCS**↓

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **O**↓

Specify new origin point <0,0,0>: **T1**

Command: **UCS**↓

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAis]

<World>: **S**↓

Enter name to save current UCS or [?]: **RAVAN1**↓

Следећи корак је цртање контуре профила тела. Профил се користи као основа за моделирање тела пумпе командом *REVOLVE*. Контура се црта командом *PLINE* у погледу управном (енг. plan) на текућу конструкциону раван. Задати plan поглед на текућу конструкциону раван.

Command: **PLAN**↓

Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>:↓

Regenerating model.

Контуру профила нацртати командом *PLINE* у командној линији, или у Draw toolbar-у иконица . Почетна тачка полилиније је у координатном почетку конструкционе равни. Координате темена полилиније задати релативним и поларним координатама (слика 3.17).

Command: **PLINE**↓

Specify start point: **0,0**↓

Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@23,0**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@0,2**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@2.8<135**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@0,14**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@2.8<45**↓

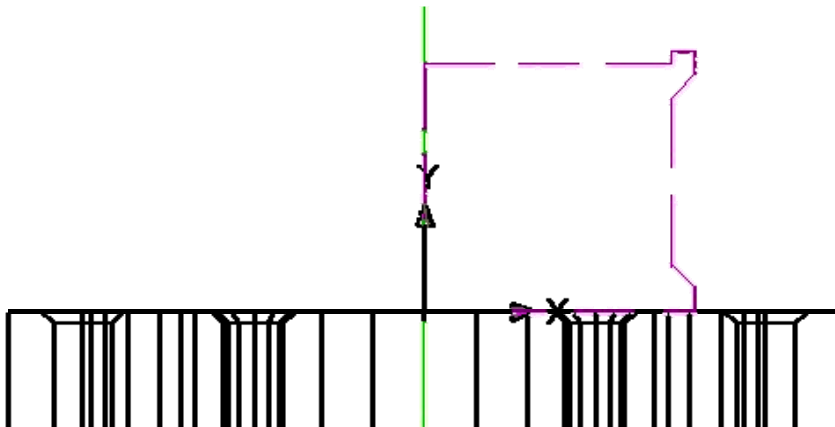
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@0,2**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@-2,0**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@0,-1**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@-21,0**↓

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **c**↓



Слика 3.17
Конструисање
профила тела
пумпе

Тело пумпе моделирати обртањем полилиније командом *REVOLVE* на новом текућем layerу чији је назив Telo.

Command: **-LAYER**↓

Current layer: "Ose"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **M**↓

Enter name for new layer (becomes the current layer) <Ose>: **TELO**↓

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↓

Задати команду *REVOLVE* у командној линији. Оса ротирања је дефинисана тачком координатног почетка и тачком у координатама 0,10. Угао ротирања је 360 степени.

Command: **REVOLVE**↓

Current wire frame density: ISOLINES=4

Select objects to revolve: 1 found

Select objects to revolve:

Specify axis start point or define axis by [Object/X/Y/Z] <Object>: **0,0**↓

Specify axis endpoint: **0,10**↓

Specify angle of revolution or [STart angle] <360>:↓

Задати тачку погледа на модел командом *DDVPOINT*. Поглед се задаје у односу на апсолутну конструкциону раван (енг. WCS). Угао у XY равни је 315 степени. Угао у односу на XY раван је 30 степени (слика 3.18).

Command : **DDVPOINT**↓

Командом *HIDE* приказати модел без сакривених линија. Вредност системске променљиве *DISPSILH* једнака је 1 (слика 3.19).

Command: **DISPSILH**↓

Enter new value for DISPSILH <1>: **1**↓

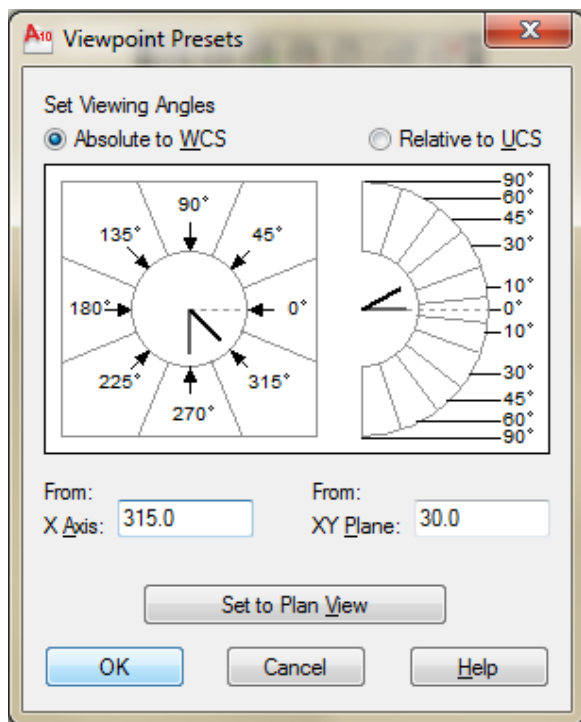
Command: **HIDE**↓

Regenerating model.

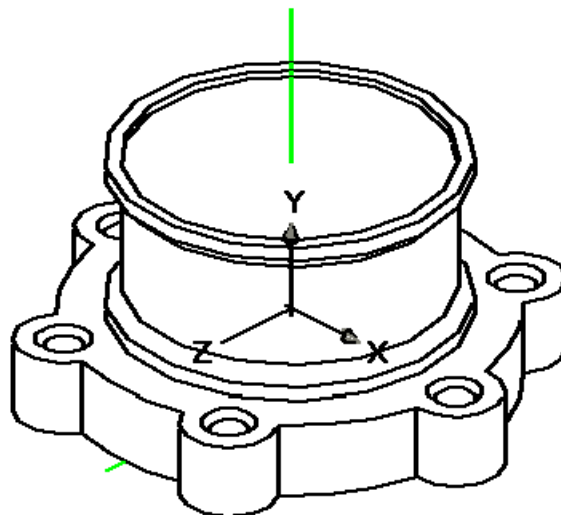
Командом *REGEN* регенерисати приказ цртежа на екрану.

Command: **REGEN**↓

Regenerating model.



Слика 3.18 Задавање тачке погледа у дијалог прозору *Viewpoint Presets*



Слика 3.19 Тело пумпе приказано са сакривеним ивицама командом *HIDE*

3.10 Цртање профила капе пумпе

Командом *-LAYER* задати текући layer *Pomocni*, layer *Telo* искључити.

Command: **-LAYER**↵

Current layer: "TELO"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **S**↵

Enter layer name to make current or <select object>: **Pomocni**↵

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **OFF**↵

Enter name list of layer(s) to turn off or <select objects>: **TELO**↵

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↵

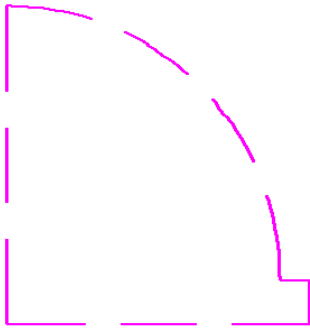
У текућој конструкционој равни нацртати профил капе пумпе командом *PLINE* у командној линији, или у Draw toolbar-у иконица . Почетна тачка полилиније у координатама 0,21. Координате темена полилиније задати релативним и поларним координатама (слика 3.20).

Command: **PLINE**↵

Specify start point: **0,21**↵

Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @20.5,0↓
 Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @0,3↓
 Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @-2,0↓
 Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: A↓
 Specify endpoint of arc or
 [Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: CE↓
 Specify center point of arc: 0,24↓
 Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: A↓
 Specify included angle: 90↓
 Specify endpoint of arc or
 [Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: L↓
 Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: c↓



Слика 3.20 Профил капе пумпе

Следећи корак је моделирање капе пумпе обртањем полилиније командом *REVOLVE*.

Командом *-LAYER* задати нови текући layer под називом *КАПА*.

Command: **-LAYER**↓

Current layer: "Pomocni"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **M**↓

Enter name for new layer (becomes the current layer) <Pomocni>: **КАПА**↓

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↓

Задати команду *REVOLVE* у командној линији. Објекат који се ротира је последње нацртани објекат (опција last). Тачке којима се дефинише оса ротирања објекта су координатни почетак текуће конструкционе равни и тачка у координатама 0,10. Објекат се ротира за пун круг (угао од 360 степени) (слика 3.21).

Command: **REVOLVE**↓

Current wire frame density: ISOLINES=4

Select objects to revolve: **L**↓

1 found

Select objects to revolve:

Specify axis start point or define axis by [Object/X/Y/Z] <Object>: **0,0**↵

Specify axis endpoint: **0,10**↵

Specify angle of revolution or [Start angle] <360>:↵

Системском променљивом *ISOLINES* задати већи број изводница којима се модел приказује (слика 3.22)

Command: **ISOLINES**↵

Enter new value for ISOLINES <4>: **12**↵

Задати тачку погледа на модел командом *VPOINT*. Угао у XY равни је 245 степени. Угао у односу на XY раван је 35 степени.

Command: **VPOINT**↵

*** Switching to the WCS ***

Current view direction: VIEWDIR=115.8975,-135.5339,105.3488

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>: **r**↵

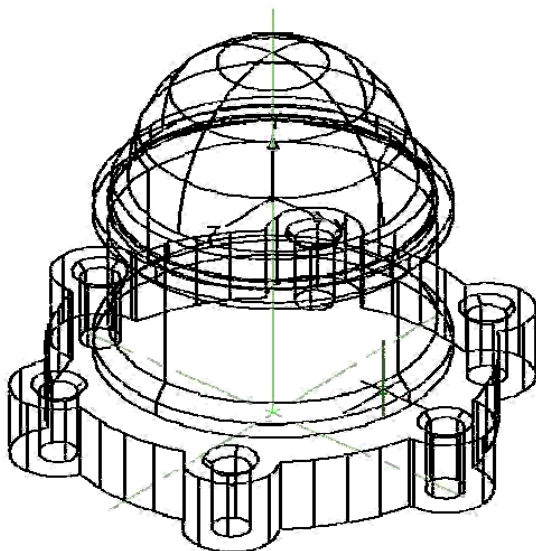
Enter angle in XY plane from X axis <311>: **220**↵

Enter angle from XY plane <31>: **30**↵

*** Returning to the UCS ***

Regenerating model.

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу укључити layerе Podnozје и TELO.



Слика 3.22 Изглед моделиране пумпе

3.11 Цртање ојачања тела пумпе

У следећој фази моделирања пумпе црта се ојачање тела пумпе. Пре моделирања ојачања на падајућој листи *Layer Control* а *Object Properties* toolbarу искључују се layerи ТЕЛО и КАПА.

Командом *LAYER* у дијалог прозору *Layer & Linetype Properties* креира се layer под називом ОЈАСАНЈЕ и поставља за текући.

Command : **LAYER** ↵

Командом *UCS* у командној линији опција X задати нови положај конструкционе равни ротирањем око X осе за -90 степени.

Command: **UCS** ↵

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAis]

<World>: **x** ↵

Specify rotation angle about X axis <90>: **-90** ↵

Командом *PLAN* задати поглед под правим углом на текућу конструкциону раван.

Command: **PLAN** ↵

Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>: ↵

Regenerating model.

Командом *RECTANG* у командној линији, или у Draw toolbar-у иконица , нацртати правоугаоник. Координата првог угла правоугаоника је -28,-3 а координата наспрамног по дијагонали угла правоугаоника је 28,3. Опцијом *Fillet* задати полупречник заобљавања темена правоугаоника 2,5 AutoCAD јединица.

Command: **RECTANG** ↵

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **F** ↵

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: **2.5** ↵

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **-28,-3** ↵

Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: **28,3** ↵

Нацртани правоугаоник ротирати око координатног почетка текуће конструкционе равни за угао ротирања од 30 степени. Задати команду *ROTATE* у командној линији, или у Modify toolbar-у иконица .

Command: **ROTATE** ↵

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: **L** ↵

1 found

Select objects: ↵

Specify base point: **0,0** ↵

Specify rotation angle or [Copy/Reference] <0>: **30** ↵

Ојачање тела пумпе моделира се поступком извлачења правоугаоника у позитивном смеру Z осе за 6 AutoCAD јединица. Угао додавања/скидања материјала (енг. taper angle) јесте 0 степени. Задати команду *EXTRUDE*.

Command: **EXTRUDE** ↵

Current wire frame density: ISOLINES=12

Select objects to extrude: 1 found

Select objects to extrude: ↵

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle]: **6** ↵

Командом -LAYER укључити layer ТЕЛО и поставите га за текући.

Command: **-LAYER**↓

Current layer: "KAPA"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **ON**↓

Enter name list of layer(s) to turn on: **TELO**↓

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **S**↓

Enter layer name to make current or <select object>: **TELO**↓

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↓

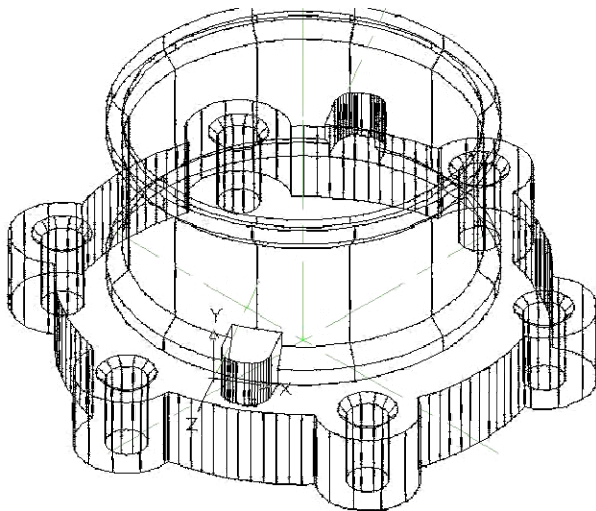
Командом *UNION* у командној линији, или у Modeling toolbar-у иконица , сабрати запремине 3D солида: тело пумпе и ојачање пумпе.

Command: **UNION**↓

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: ↓



Слика 3.23 Ефекат сабирања тела пумпе и ојачања пумпе је композитни 3D солид

3.12 Цртање носача цеви са леве стране

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу задати текући layer Ose. Layer TELO искључити.

Нацртати дуж. Координате почетне тачке су -40,0,12. Координате крајње тачке су 20,0,0.

Command: **LINE**↓

Specify first point: **-40,0,12**↵
Specify next point or [Undo]: **20,0,0**↵
Specify next point or [Undo]: ↵

Нацртану дуж копирати командом *MIRROR*. Оса пресликавања је дефинисана координатним почетком текуће конструкционе равни и тачком чије су координате 0,10. Оригинал који се копира не треба брисати.

Command: **MIRROR**↵

Select objects: **L**↵

1 found

Select objects: ↵

Specify first point of mirror line: **0,0**↵

Specify second point of mirror line: **0,10**↵

Erase source objects? [Yes/No] <N>:↵

Обе нацртане дужи ротирати у односу на координатни почетак текуће конструкционе равни за угао ротирања од 30 степени. Задати команду *ROTATE*(Слика 3.24).

Command: **ROTATE**↵

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

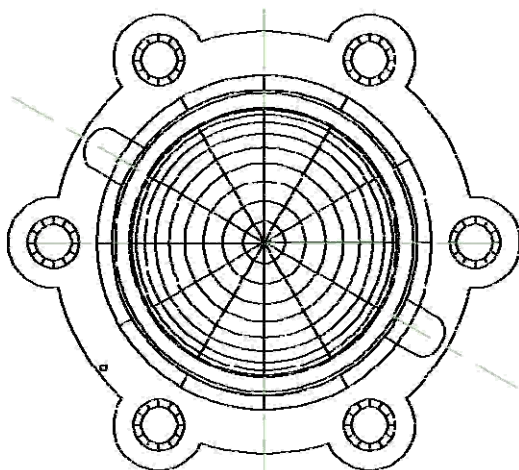
Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: ↵

Specify base point: **0,0**↵

Specify rotation angle or [Copy/Reference] <30>: **30**↵



Слика 3.24 Цртање помоћних дужи за моделирање носача цеви са леве стране

Следећи корак је ротирање текуће конструкционе равни око Z осе за -60 степени, око X осе за 90 степени и постављање координатног почетка у крајњу тачку дужи са леве стране. Задати команду *UCS* (слика 3.25).

Command: **UCS**↵

Current ucs name: *BOTTOM*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **Z**↵

Specify rotation angle about Z axis <90>: **-60**↵

Command: **UCS**↵

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **X**↵

Specify rotation angle about X axis <90>: **90**↵

Command: **UCS**↵

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **0**↵

Specify new origin point <0,0,0>: ↵

Положај текуће конструкционе равни запамтити под називом Osa_nosaca. Задати команду *UCS* опција *Save*.

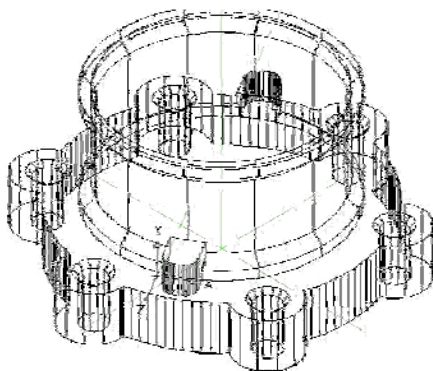
Command: **UCS**↵

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **S**↵

Enter name to save current UCS or [?]: **OSA_NOSACA**↵



Слика 3.25 Постављање координатног почетка конструкционе равни

У координатном почетку текуће конструкционе равни нацртати три кружнице полупречника: 2.5, 4 и 7 AutoCAD јединица.

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter]: **2.5**↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <2.5000>: **4**↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <4.0000>: **7**↵

Командом *LAYER* у дијалог прозору *Layer & Linetype Properties* нови текући layer под називом CEV_L.

Command: **LAYER**↵

Командом *EXTRUDE* моделирају се три ваљка на основу нацртаних кружница у координатном почетку. Већу кружницу екструдирати за 20 AutoCAD јединица у негативном смеру Z осе а најмању кружницу екструдирати за 26 AutoCAD јединица у позитивном смеру Z осе. Угао додавања/одузимања материјала за сва три цилиндра је 0.

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=12

Select objects to extrude: 1 found

Select objects to extrude: ↵

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <6.0000>: **-20**↵

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=12

Select objects to extrude: 1 found

Select objects to extrude: ↵

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <20.0000>: **20**↵

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=12

Select objects to extrude: 1 found

Select objects to extrude: ↵

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <20.0000>: **26**↵

Командом *UCS* опција Origin координатни почетак текуће конструкционе равни задати у центру средњег ваљка.

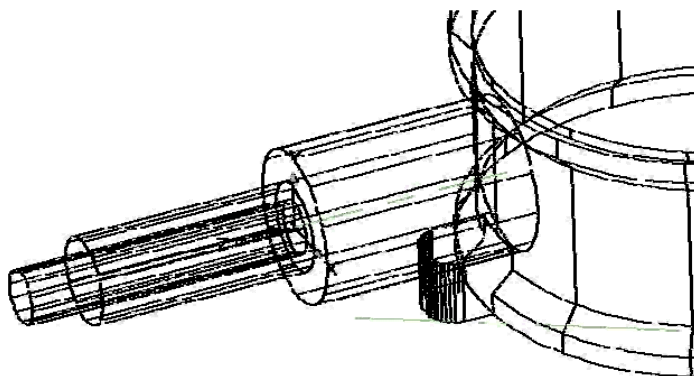
Command: **UCS**↵

Current ucs name: OSA_NOSACA

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **o**↵

Specify new origin point <0,0,0>: ↵



Слика 3.26 Постављање координатног почетка текуће конструкционе равни у крајњу тачку средњег ваљка

У координатном почетку нацртати кружницу полупречника 5 AutoCAD јединица. Задати команду *CIRCLE*.

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <7.0000>: **5**↵

Моделирани ваљак екструдирањем последње нацртане кружнице за 6 Ауто ЦАД јединица у позитивном смеру 3 осе. Угао екструдирања је 0.

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=12

Select objects to extrude: **L**↵

1 found

Select objects to extrude: ↵

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <26.0000>: **6**↵

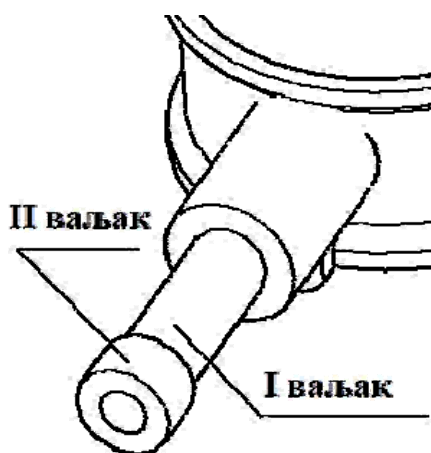
Командом *UNION* сабрати запремине последња два моделирана ваљка (Слика 3.27).

Command: **UNION**↵

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: ↵



Слика 3.27 Сабирање запремине ваљака командом *UNION*

Командом *SUBTRACT* од последњег моделираног тела одузети најмањи ваљак (слика).

Command: **SUBTRACT**↵

Select solids, surfaces, and regions to subtract from ..

Select objects: 1 found

Select objects: ↵

Select solids, surfaces, and regions to subtract ..

Select objects: 1 found

Select objects: ↵

Командом *CHAMFER* оборити ивицу ваљка на крају цеви са леве стране. Прво растојање обарања ивице је 2 AutoCad јединице а друго 1 AutoCAD јединица (слика).

Command: **CHAMFER**↓

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 1.0000, Dist2 = 1.0000

Select first line or

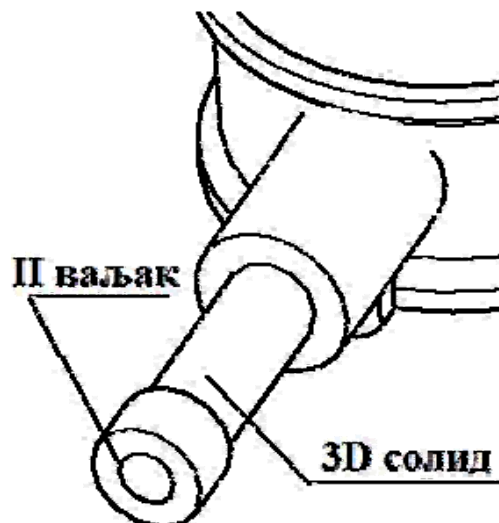
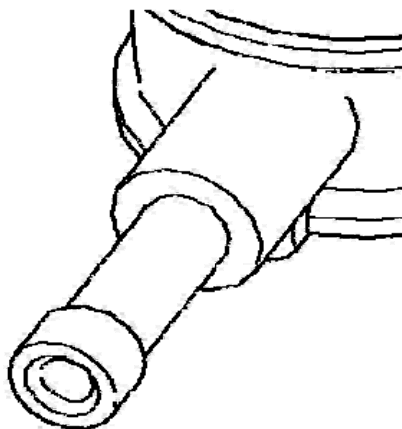
[Undo/Polyline/Distance/Angle/Trim/mEthod/Multiple]:

Base surface selection...

Specify base surface chamfer distance <1.0000>: **2**↓

Specify other surface chamfer distance <1.0000>: **1**↓

Select an edge or [Loop]: Select an edge or [Loop]: ↓



Слика 3.28 Моделирање тела одузимањем запремине

Слика 3.29 Обарање ивице 3D солида

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу укључити layer ТЕЛО и поставити га за текући.

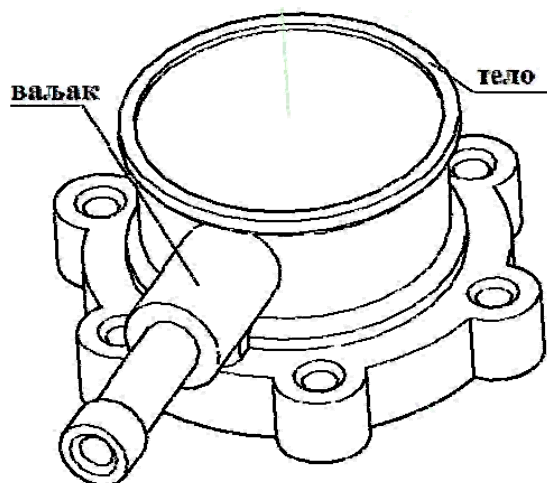
Командом **UNION** сабрати велики вальак са леве стране и тело пумпе (слика 3.30).

Command: **UNION**↓

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: ↓



Слика 3.30 Сабирање тела пумпе и носача цевии-великог цилиндра са леве стране

3.13 Цртање носача цеви са десне стране

У следећој фази моделирања пумпе израђује се носач цеви пумпе са десне стране. У првом кораку се цртају помоћне осе. Затим се црта затворена контура која се конвертује у регион. Регион се извлачи и сабира са екструдираним кружницом. На крају се цев са леве стране у grip режиму копира и ротира на одговарајућу позицију.

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу задати текући layer Pomosni.

Координатни почетак текуће конструкционе равни задати у крајњој тачки помоћне дужи са десне стране тела пумпе (слика 3.31).

Command: **UCS**↵

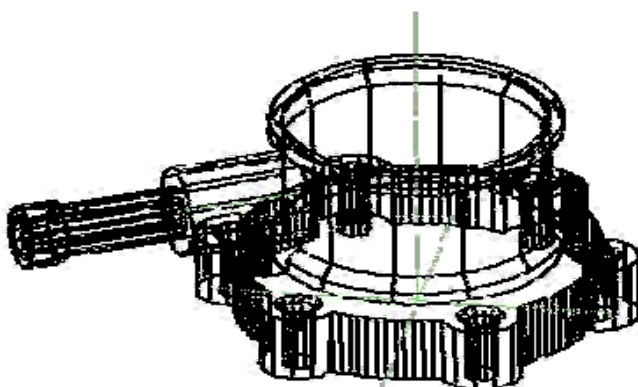
Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **o**↵

Specify new origin point <0,0,0>:↵

Command: Specify opposite corner: ↵



Слика 3.31 Задавање координатног почетка конструкционе равни

У координатном почетку текуће конструкционе равни нацртати кружницу полупречника 7 AutoCAD јединица.

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <5.0000>: **7**↵

Нацртати правоугаоник командом *RECTANG*. Координате првог угла правоугаоника су -7,0 а координате наспрамног угла по дијагонали правоугаоника су 7,7.

Command: **RECTANG**↵

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **-7,0**↵

Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: **7,7**↵

Кружницу и правоугаоник претворити у регионе и сабрати их командом *UNION*. Вредност системске променљиве *DELOBJ* једнака је 1.

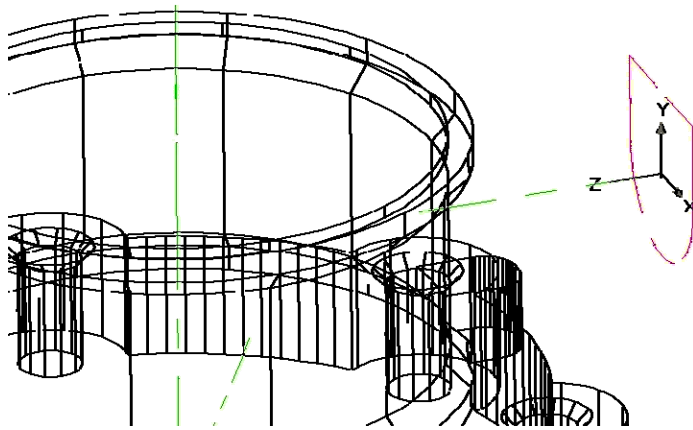
Command: **DELOBJ**↵

Enter new value for DELOBJ <1>:↵

Command: **REGION**↵
 Select objects: 1 found
 Select objects: 1 found, 2 total
 Select objects: ↵
 2 loops extracted.
 2 Regions created.

Задати команду *UNION* за сабирање региона (Слика 3.32)

Command: **UNION**↵
 Select objects: 1 found
 Select objects: 1 found, 2 total
 Select objects: ↵



Слика 3.32 Ефекат сабирања региона

Командом *-LAYER* опција Make задати нови текући layer Nosac_1.

Command: **-LAYER**↵
 Current layer: "Pomocni"
 Enter an option
 [?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **m**↵
 Enter name for new layer (becomes the current layer) <Pomocni>: **NOSAC_L**↵
 Enter an option
 [?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck/Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↵

Моделирати 3D солид екструдирањем последњег створеног региона дуж позитивног смера Z осе текуће конструкционе равни за 20 AutoCAD јединица.

Command: **EXTRUDE**↵
 Current wire frame density: ISOLINES=12
 Select objects to extrude: **L**↵
 1 found
 Select objects to extrude: ↵
 Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <-20.0000>: **20**↵

На падајућој листи *Layer Control*, на *Object Properties* toolbarу задати текући layer ТЕЛО.

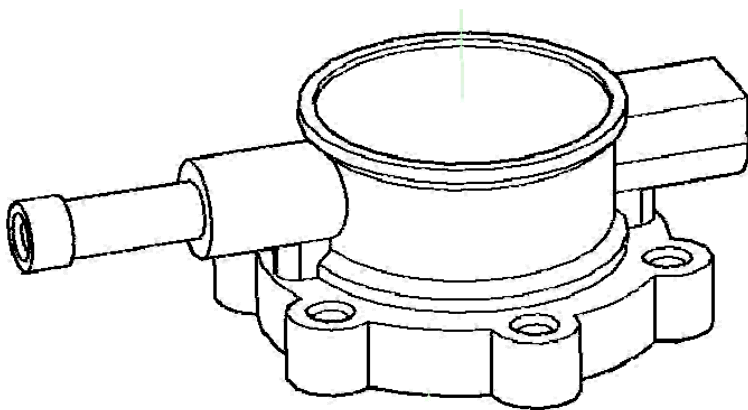
Командом *UNION* сабрати тело пумпе и носач са десне стране пумпе (слика 3.33).

Command: **UNION**↵

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: ↵



Слика 3.33 Моделирање десног носача пумпе

3.14 Моделирање ваљка

У следећем кораку моделује се ваљак на десном носачу пумпе. Пре моделирања ваљка управног на десни носач цеви поставља се нова конструкциона равна ротацијом постојеће равни око X осе за -90 степени и задавањем новог координатног почетка опцијом *Origin*. Задати команду *UCS* (слика 3.34).

Command: **UCS**↵

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **x**↵

Specify rotation angle about X axis <90>: **-90**↵

Command: **UCS**↵

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>: **o**↵

Specify new origin point <0,0,0>: **0,-7,7**↵

У координатном почетку текуће конструкционе равни нацртати кружницу полупречника 7 AutoCAD јединица (слика 3.34).

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <7.0000>: **7**↵

Ваљак моделирати екструдирањем кружнице у позитивном смеру Z осе за 12 AutoCAD јединица и за угао екструдирања 3 степена (слика 3.34).

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=12

Select objects to extrude: **L**↓

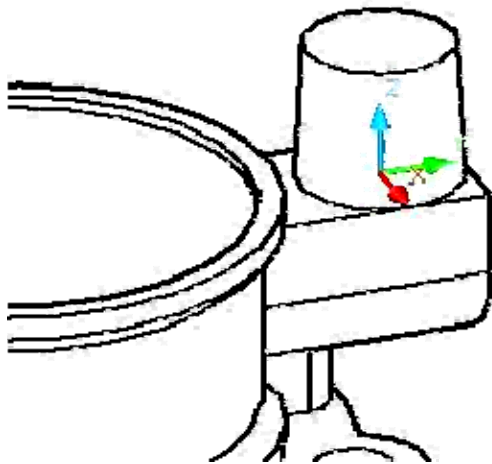
1 found

Select objects to extrude: ↓

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <12.0000>: **TA**↓

Specify angle of taper for extrusion <0>: **3**↓

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <12.0000>: **12**↓



Слика 3.34 Моделирање ваљка извлачањем кружности

Изводницу горње основе ваљка заоблити командом *FILLET*. Полупречник заобљавања јње 2.5 AutoCAD јединица (слика 3.35).

Command: **FILLET**↓

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]:

Enter fillet radius: **2.5**↓

Select an edge or [Chain/Radius]: ↓

Edge has already been picked.

1 edge(s) selected for fillet.

Командом *UNION* моделирати тело пумпе сабирањем последњег моделираног 3D солида и тела пумпе (слика 3.35).

Command: **UNION**↓

Select objects: **L**↓

1 found

Select objects: 1 found, 2 total

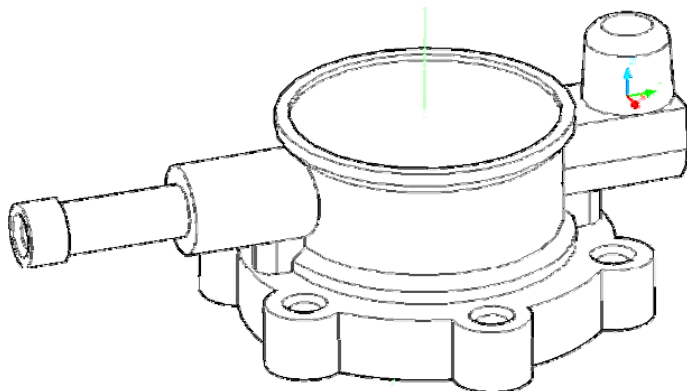
Select objects: ↓

3.15 Физичка својства модела тела пумпе испитати командом MASSPROP

Command: **MASSPROP**↓

Select objects: 1 found

Select objects: ↓



Слика 3.35 Заобљавање ивице ваљка и спајање 3D солида командом UNION

Подаци о телу пумпе које AutoCAD прорачунава су :

----- SOLIDS -----

Mass: 39049.5818

Volume: 39049.5818

Bounding box: X: -23.0000 -- 23.0000

Y: -73.0000 -- 7.0000

Z: -19.0029 -- 12.0000

Centroid: X: 0.0000

Y: -31.2948

Z: -7.6684

Moments of inertia: X: 53749874.4795

Y: 7668048.8605

Z: 53505205.4427

Products of inertia: XY: -0.0314

YZ: 10169039.0182

ZX: -0.4692

Radii of gyration: X: 37.1006

Y: 14.0131

Z: 37.0160

Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:

Press ENTER to continue:

I: 13209867.3972 along [1.0000 0.0000 0.0000]

J: 5307811.9198 along [0.0000 0.9968 0.0799]

K: 15325435.3010 along [0.0000 -0.0799 0.9968]

Израчунате податке записати у фајл под називом пумпа. Екстензија фајла је MPR и аутоматски се додаје.

Write analysis to a file[Yes/No]<N>: **Y**↓

3.16 Копирање цеви у грип режиму

Уследећој фази израде модела пумпе цев са леве стране се копира у grip режиму. *Hot grip* се налази на десном крају цеви. Цев се копира у центар горње основе последњег моделираног ваљка.

Command:

**** STRETCH ****

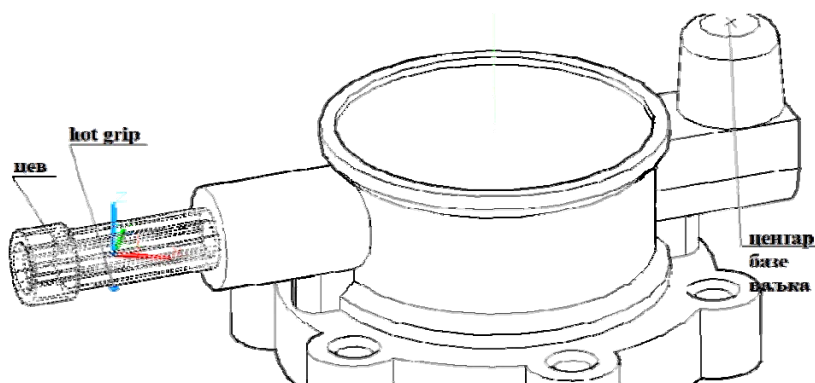
Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: **C**↓

**** STRETCH (multiple) ****

Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]:

**** STRETCH (multiple) ****

Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: **E**↓



Слика 3.36 Копирање цеви пумпе

Ископирана цев се ротира у простору командом *ROTATE3D*. Ротирање задати око X осе текуће конструкционе равни у тачки 0,0,12. Угао ротације је -90 степени.

Command: **ROTATE3D**↓

Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: **L**↓

1 found

Select objects: ↓

Specify first point on axis or define axis by

[Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: **x**↓

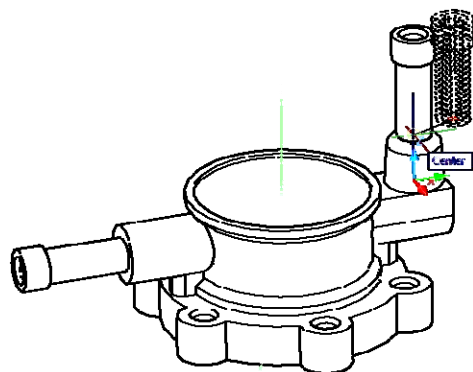
Specify a point on the X axis <0,0,0>: **0,0,12**↓

Specify rotation angle or [Reference]: **-90**↓

Command:

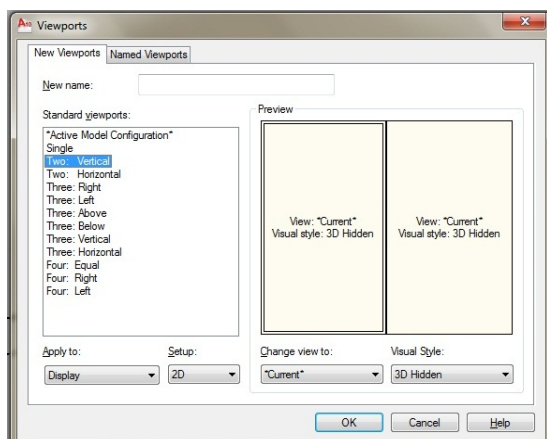
**** STRETCH ****

Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: ↓



Слика 3.37 Центар ротиране цеви се поставља на центар базе ваљка

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу укључити layer Кара. Командом *VPORTS* подесити приказивање два независна прозора (енг. viewport) у простору модела (Слика 3.38). Прозори су оријентисани вертикално. У оба прозора командама *ZOOM* и *PAN* одесити приказ модела тако да заузме комплетан прозор.



Слика 3.38
Прозор viewport

У прозору са десне стране задати приказивање модела са сакривањем линија командом *HIDE*. У прозору са леве стране задати приказивање осенченог модела командом *SHADE* (слика 3.39). Након сакривања линија командом *HIDE* задати команду *REGEN*.

Command: **HIDE**↓

Regenerating model.

Command: **REGEN**↓

Regenerating model

Пре задавања команде *SHADE* на падајућој листи *Layer Control*, на *Object Properties* toolbarу искључује се layer Ose. Командом *UCSICON* опција *Off* укључује се приказивање иконе конструкционе равни.

Command: **UCSICON**↓

Enter an option [ON/OFF/All/Noorigin/ORigin/Properties] <ON>: **OFF**↓

Command: **-LAYER**↓

Current layer: "Ose"

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck /Unlock/stAte/Description/rEconcile]: **OFF**↓

Enter name list of layer(s) to turn off or <select objects>: **Ose**↓

Really want layer "Ose" (the CURRENT layer) off? <N> **Y**↓

Enter an option

[?/Make/Set/New/Rename/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/MATerial/Plot/Freeze/Thaw/LOck /Unlock/stAte/Description/rEconcile]: ↓

За квалитетнији приказ модела задати вредности системским променљивама: *FACETRES* једнако 8 и *ISOLINES* једнако 20.

Command: **FACETRES**↓

Enter new value for FACETRES <0.5000>: **8**↓

Command: **ISOLINES**↵

Enter new value for ISOLINES <12>: **20**↵

На падајућем менију *View* показати на натпис *Shade>256 Color Edge Highlight* исти ефекат се постиже ако се за системску променљиву *SHADEEDGE* зада вредност 3, а затим зада команда *SHADE* у командној линији.

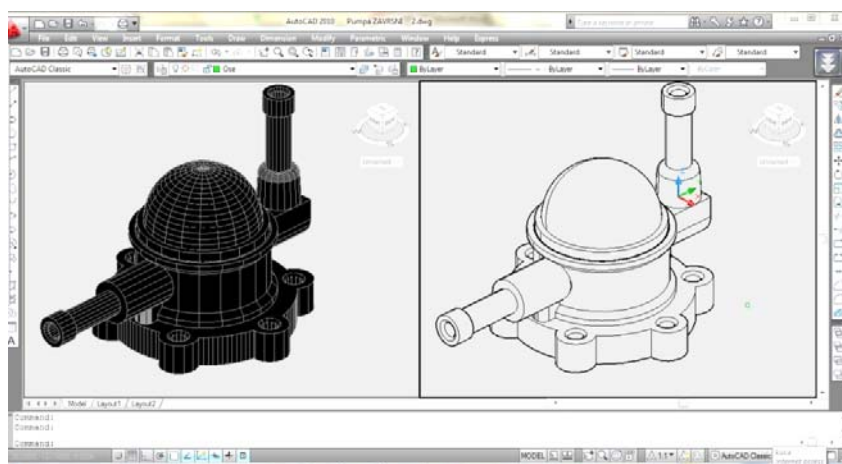
Command: **SHADEEDGE**↵

Enter new value for SHADEEDGE <3>: **3**↵

Command: **SHADE**↵

Командом *MSLIDE* постојећи приказ модела пумпе у левом прозору записати у фајл под називом PUMPA. Касније приказивање слајда у текућем прозору могуће је задавањем команде *VSLIDE*.

Command: **MSLIDE**↵



Слика 3.39
Приказивање освенченог
модела пумпе и модела
са сакривањем ивица

3.17 Конструисање пресека модела пумпе

Следећа фаза је конструисање пресека пумпе командом *SECTION*. Пре конструисања пресека модела пумпе подешавају се следећи параметри: текућа конструкциона равна за сваки пресек, текући поглед на модел пумпе, текући layer за сваки пресек, цртају помоћне линије на основу којих ће бити задате равни сечења модела.

Командом *UCS* поставити апсолутну текућу конструкциону равна.

Command: **UCS**↵

Current ucs name: *NO NAME*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]

<World>:↵

Командом *PLAN* поставите управни поглед на текућу конструкциону равна.

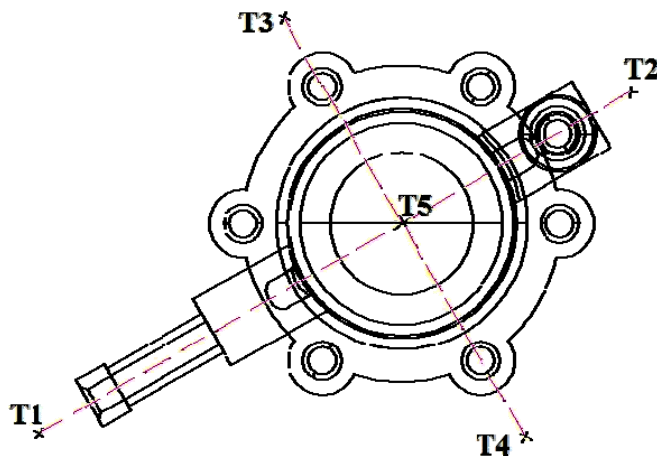
Command: **PLAN**↵

Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>:↵

На падајућој листи *Layer Control*, на *Object Properties* toolbarу поставити текући layer *Ротосни*. На layerу помоћни се цртају помоћне дужи којима се дефинишу равни пресецања модела пумпе.

Командом *LINE* нацртати две помоћне дужи. Положај дужи је приказан на слици 3.40.

Command: **LINE**↵
 Specify first point: **T1**
 Specify next point or [Undo]: **T2**
 Specify next point or [Undo]: **T5**
 Command: **LINE**↵
 Specify first point: **T3**
 Specify next point or [Undo]: **T4**
 Specify next point or [Undo]: **T5**



Слика 3.40 Помоћне линије за дефинисање равни сечења модела пумпе

Командом *LAYER* у дијалог прозору **Layer & Linetype Properties** задати нови текући layer под називом PRESEK1. Командом *OSNAP* у дијалог прозору **Osnap Settings** задати стални osnap критеријум Endpoint.

У следећем кораку конструише се први пресек модела пумпе. Након задавања команде *SECTION* селекују се објекти и задаје раван пресецања у којој лежи дуж дефинисана тачкама T1 и T2.

Command: **SECTION**↵
 Select objects: 1 found
 Select objects: 1 found, 2 total
 Select objects: 1 found, 3 total
 Select objects: 1 found, 4 total
 Select objects: ↵

Раван пресецања дефинише се помоћу три тачке. Прва тачка је тачка T1 на помоћној дужи. Друга тачка је тачка T2 на помоћној дужи. Трећа тачка је T5.

Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points]

<3points>: **T1**
 Specify second point on plane: **T2**
 Specify third point on plane: **T3**

Командом *LAYER* у дијалог прозору **Layer & Linetype Properties** задати нови текући layer под називом PRESEK2. За конструисање другог пресека модела пумпе поновити команду *SECTION* раван пресецања дефинише се помоћу тачака на дужи дефинисаној

тачкама T3 и T4. Прва тачка је тачка T3 на помоћној дужи. Друга тачка је тачка T4 на помоћној дужи. Трећа тачка је T5.

Command: **SECTION**↓

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects: 1 found, 3 total

Select objects: 1 found, 4 total

Select objects: ↓

Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points]

<3points>: **T3**

Specify second point on plane: **T4**

Specify third point on plane: **T5**

На падајућој листи *Layer Control* на *Object Properties* toolbarу све layere осим layera PRESEK1 искључити. Задати поглед на модел командом *VPOINT*. Угао у XY равни је 245 степени. Угао у односу на XY раван је 35 степени.

Command: **VPOINT**↓

Current view direction: VIEWDIR=0.0000,0.0000,414.6141

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>: **R**↓

Enter angle in XY plane from X axis <270>: **245**↓

Enter angle from XY plane <90>: **35**↓

Regenerating model.

Командом *UCS* ротирати текућу конструкциону раван око Z осе за угао од 30 степени.

Command: **UCS**↓

Current ucs name: *WORLD*

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxiс]

<World>: **Z**↓

Specify rotation angle about Z axis <90>: **30**↓

Конструисане регионе првог пресека модела пумпе померите командом *MOVE* за следеће прираштаје дуж X и Y осе: $\Delta x=0$ и $\Delta y=100$ јединица.

Command: **MOVE**↓

Select objects: Specify opposite corner: 4 found

Select objects: ↓

Specify base point or [Displacement] <Displacement>: **0,100**↓

Specify second point or <use first point as displacement>: ↓

На падајућој листи *Layer Control*, на *Object Properties* toolbarу укључити layer PRESEK2. Конструисане регионе другог пресека модела пумпе померите командом *MOVE* за следеће прираштаје дуж X и Y осе: $\Delta x=50$ и $\Delta y=0$ јединица.

Command: **MOVE**↓

Select objects: Specify opposite corner: 3 found

Select objects: ↓

Specify base point or [Displacement] <Displacement>: **100,0**↓

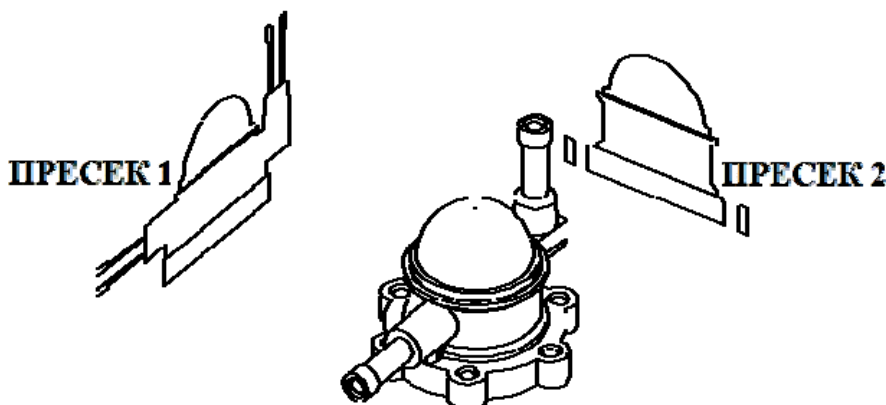
Specify second point or <use first point as displacement>:↓

На падајућој листи *Layer Control*, на *Object Properties* toolbarу укључити layer TELO, Кара, Podnozje и CEV_L.

Задати команду *HIDE*.

Command: **HIDE**↓

Regenerating model.

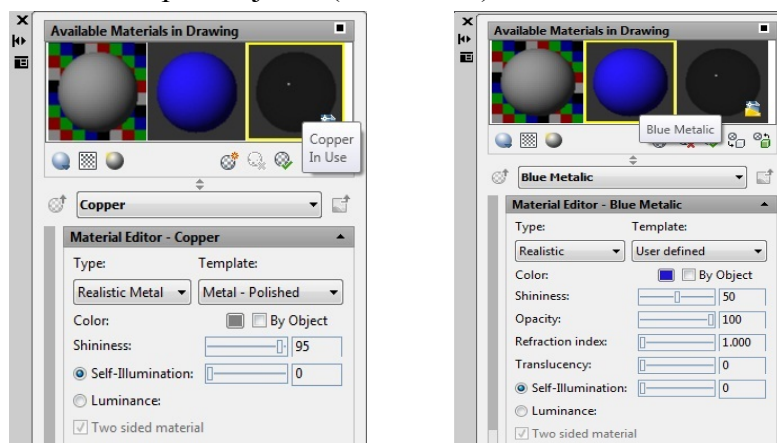


Слика 3.41 Модел пумпе и конструисани пресеци

3.18 Рендеринг модела пумпе

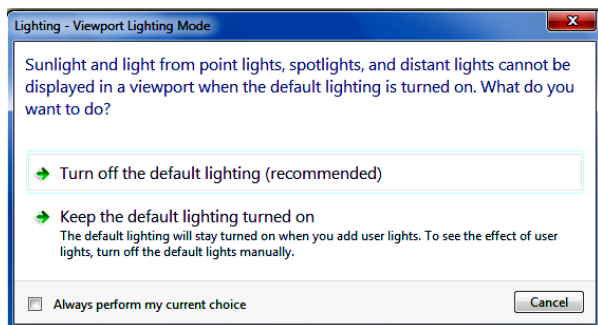
За квалитетан рендеринг модела пумпе додељују се материјали моделу (команда *RMAT*), задају светла (команда *LIGHT*), подешавају параметри и извршава рендеринг (команда *RENDER*).

Командом *RMAT* учитати материјале Blue Metallic и Copper у текући цртеж. Учитавање материјала задаје се из прозора *Available Materials in Drawing*. У овом прозору се селекује материјал. Притиском на тастер *Apply material to objects* < материјал се учитава у текући цртеж. Материјал Blue Metallic доделити следећим објектима: тело пумпе, подножје, и капа пумпе. Материјал Copper доделите цевима са леве и десне стране пумпе. Додељивање материјала задаје се притиском на тастер *Apply material to objects* < и избором објекта (слика 3.42).



Слика 3.42 Дијалог прозор за доделу материјала

Командом *LIGHT* задати особине амбијенталног светла, препоручљиво је изабрати *Turn off the default lighting* (слика 3.43) и креирати једно тачкасто (енг. point, слика 3.44) и три рефлектор светла (енг. spotlight, слика 3.45).



Слика 3.43 Дијалог прозор у ком искључујемо амбијентално светло

Подешеност тачкастог светла. Назив тачкастог светла је sv_p1. Интензитет светла је 90 и линеарно опада са порастом растојања (поље Attenuation- прекидач Inverse linear је укључен). Боја тачкастог светла је бела. За текућу апсолутну конструкциону раван координате уметања тачкастог светла су: 156,120,30. Светло генерише сенку, прекидач shadoW- Sharp је укључен.

Command: **LIGHT**↓

Enter light type [Point/Spot/Web/Targetpoint/Freespot/freeweB/Distant]

<Freespot>: **P**↓

Specify source location <0,0,0>: **156,120,30**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit] <eXit>: **name**↓

Enter light name <Pointlight1>: **sv_p1**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit] <eXit>: **I**↓

Enter intensity (0.00 - max float) <1.0000>: **90**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit] <eXit>: **C**↓

Enter true color (R,G,B) or enter an option [Index color/Hsl/colorBook]

<255,255,255>: **I**↓

Enter color name or number (1-255): **white**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit] <eXit>: **A**↓

Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start

Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **T**↓

Enter attenuation type [None/Inverse linear/inverse Squared] <None>: **I**↓

Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start

Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **exit**↓

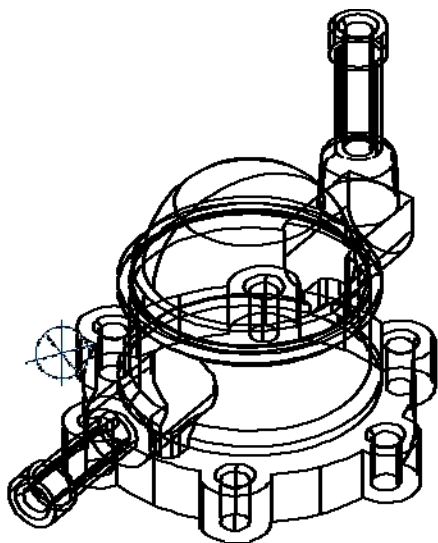
Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit] <eXit>: **W**↓

Enter [Off/Sharp/soFtmapped/soFtsAmpled] <Sharp>: **S**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit] <eXit>: **exit**↓



Слика 3.44

Положај тачкастог светла

Параметри првог рефлектора. Назив светла је SV_SP1. Интензитет светла је 84.43 и линеарно опада са порастом растојања (поље Attenuation-прекидач Inverse linear је укључен). Боја рефлектора је жута. За текућу апсолутну конструкциону раван координате тачке уметања рефлектора су : 3,85,62, а координате тачке у коју је рефлектор усмерен су: 125,188,22. Светло генерише сенку, прекидач shadoW- Sharp је укључен.

Command: **LIGHT**↓

Enter light type [Point/Spot/Web/Targetpoint/Freespot/freeweB/Distant] <Point>: **S**↓

Specify source location <0,0,0>: **3,85,62**↓

Specify target location <0,0,-10>: **125,188,22**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit]

<eXit>: **I**↓

Enter intensity (0.00 - max float) <1.0000>: **84.43**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit]

<eXit>: **NAME**↓

Enter light name <Spotlight2>: **SV_SP1**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit]

<eXit>: **C**↓

Enter true color (R,G,B) or enter an option [Index color/Hsl/colorBook]

<255,255,255>: **I**↓

Enter color name or number (1-255): **YELLOW**↓

Enter an option to change [Name/Intensity

factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit]

<eXit>: **A**↓

Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start

Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **T**↓

Enter attenuation type [None/Inverse linear/inverse Squared] <None>: **I**↓
 Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start
 Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **EXIT**↓
 Enter an option to change [Name/Intensity
 factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
 <eXit>: **SHADOW**↓
 Enter [Off/Sharp/softmapped/softsampled] <Sharp>: **SHARP**↓
 Enter an option to change [Name/Intensity
 factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
 <eXit>: **EXIT**↓

Параметри другог рефлектора. Назив светла је SV_SP2. Интензитет светла је 84.43 и
 линеарно опада са порастом растојања (поље Attenuation-прекидач Inverse linear је
 укључен). Боја рефлектора је жута. За текућу апсолутну конструкцију раван
 координате тачке уметања рефлектора су: 188,214,70, а координате тачке у коју је
 рефлектор усмерен су: 51,182,34. Светло генерише сенку, прекидач shadow- Sharp је
 укључен.

Command: **LIGHT**↓

Enter light type [Point/Spot/Web/Targetpoint/Freespot/freeweb/Distant] <Spot>:
SPOT↓

Specify source location <0,0,0>: **188,214,70**↓

Specify target location <0,0,-10>: **51,182,34**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
 factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
 <eXit>: **N**↓

Enter light name <Spotlight3>: **SV_SP2**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
 factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
 <eXit>: **INTENSITY**↓

Enter intensity (0.00 - max float) <1.0000>: **84.43**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
 factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
 <eXit>: **ATTENUATION**↓

Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start
 Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **TYPE**↓

Enter attenuation type [None/Inverse linear/inverse Squared] <None>: **INVERSE**↓

Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start
 Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **EXIT**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
 factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
 <eXit>: **COLOR**↓

Enter true color (R,G,B) or enter an option [Index color/Hsl/colorBook]
 <255,255,255>: **INDEX**↓

Enter color name or number (1-255): **YELLOW**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **SHADOW**↓

Enter [Off/Sharp/softmapped/softsAmpled] <Sharp>: **SHARP**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **EXIT**↓

Параметри трећег рефлектора. Назив светла је SV_SP3. Интензитет светла је 84.43 и
линеарно опада са порастом растојања (поље Attenuation-прекидач Inverse linear је
укључен). Боја рефлектора је жута. за текућу апсолутну конструкциону раван
координате тачке уметања рефлектора су: 187,181,35, а координате тачке у коју је
рефлектор усмерен су: 90,145,41. Светло генерише сенку, прекидач shadow- Sharp је
укључен.

Command: **LIGHT**↓

Enter light type [Point/Spot/Web/Targetpoint/Freespot/freeweB/Distant] <Spot>: **S**↓

Specify source location <0,0,0>: **187,181,35**↓

Specify target location <0,0,-10>: **90,145,41**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **NAME**↓

Enter light name <Spotlight4>: **SV_SP3**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **INTENSITY**↓

Enter intensity (0.00 - max float) <1.0000>: **84.43**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **ATTENUATION**↓

Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start
Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **TYPE**↓

Enter attenuation type [None/Inverse linear/inverse Squared] <None>: **INVERSE**↓

Enter an option to change [attenuation Type/Use limits/attenuation start
Limit/attenuation End limit/eXit] <eXit>: **EXIT**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **COLOR**↓

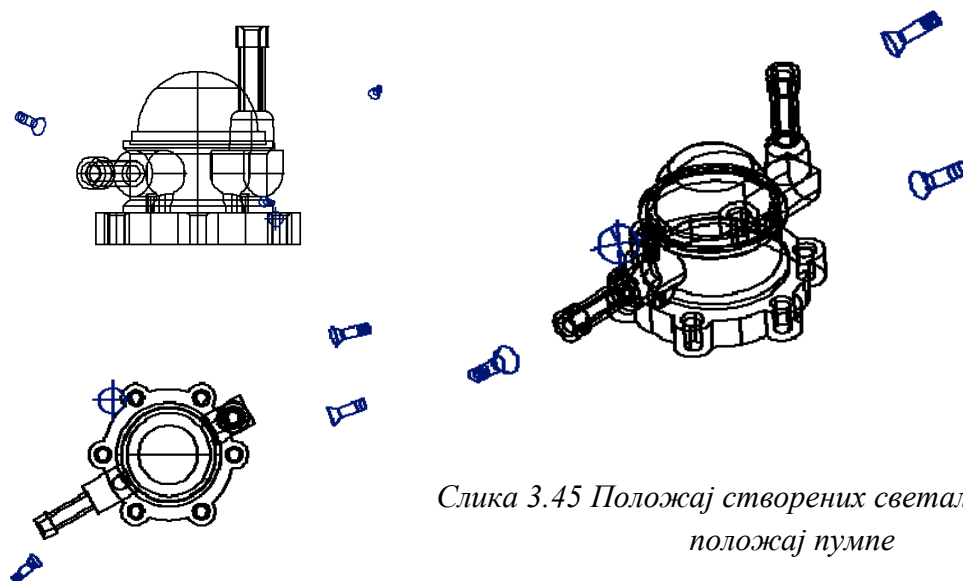
Enter true color (R,G,B) or enter an option [Index color/Hsl/colorBook]
<255,255,255>: **INDEX**↓

Enter color name or number (1-255): **YELLOW**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadow/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **SHADOW**↓

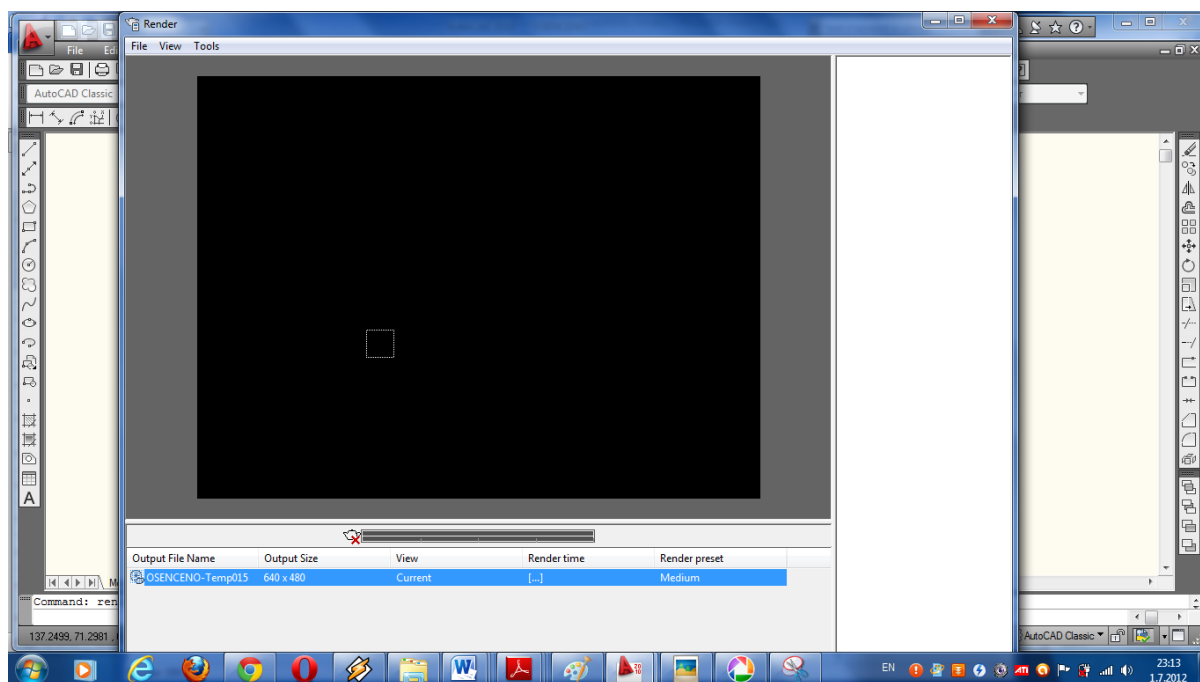
Enter [Off/Sharp/softmapped/softsAmpled] <Sharp>: **SHARP**↓

Enter an option to change [Name/Intensity
factor/Status/Photometry/Hotspot/Falloff/shadoW/Attenuation/filterColor/eXit]
<eXit>: **EXIT**↓



Слика 3.45 Положај створених светала у односу на положај пумпе

Задати комаду **RENDER** у командној линији, појавиће се прозор са слике 3.46 где је програм почео са рендеровањем, а резултате рендеровања је приказан на слици 3.47.
Command: **RENDER**↓



Слика 3.46



Слика 3.47

На падајућој листи **File** у **Render** прозору изабрати натпис **Save...** и сачувати рендеринг приказ модела пумпе у фајл формата BMP. Назив фајла је Pumpa1.

4. Закључак

У данашње време не може се замислити живот без рачунара. Сваки аспект живота је подређен употреби рачунара, а индустрија и привредни сектор, уопште, је свакако највише завишан од њихове употребе, јер се тиме штеди на времену и трошковима производње. Један од софтвера који се највише користе приликом пројектовања разних предмета је AutoCAD. Оно што је раније захтевало пуно труда и умећа инжењера данас се може са лакоћом савладати учењем основа AutoCAD-а. Велика предност овог софтвера је свакако то што предмете може да приказује у 3D простору, па се стиче реалан утисак о предмету, односно о томе како ће изгледати када се изradi. Добра страна овог софтвера је и то што се у њему, такође, може и изradити целокупна техничка документација предмета који се добије у 3D формату. Свакако овај софтвер није савршен, он има и мана али се оне могу занемарити. Предстоје даља усавршавања, али за сада одржава корак са конкуренцијом и користи се подједнако као и други њему слични софтвери.

Пример израде 3D модела пумпе, приказан у овом раду, омогућава кориснику да одређени предмет моделира релативно лако, јер поступно, по корацима показује које команде се користе за израду сваког дела предмета који свој коначан облик и изглед добија на крају када се изврши додела материјала и сенчење.

5. Литература

- [1] SLAVICA PRUDKOV: AutoCAD 2010, 2010
- [2] ALF YAEWOOD: Uvod u AutoCAD 2010 2D i 3D projektovanje, 2010
- [3] BELA NEMETH: AutoCAD za samouke, 2010
- [4]<http://www.slideshare.net/Shejla/interaktivna-racunarska-grafika-ppt>
- [5]<http://www.elfak.ni.ac.rs/phptest/new/html/informacije/vesti/resenja/mps/poglavlja/stojcev/igitalna%20elektronika/Glava1.pdf>
- [6] <http://mfkg.kg.ac.rs/centri-fakulteta/centar-za-virtuelnuproizvodnju/download/SZnanja/CAD CAM/IstorijaCAD.pdf>
- [7][http://omk.mas.bg.ac.rs/files/izborni/Modeliranje%20oblika/Old/Predavanje%202%20-%20CAD %20funkcije.pdf](http://omk.mas.bg.ac.rs/files/izborni/Modeliranje%20oblika/Old/Predavanje%202%20-%20CAD%20funkcije.pdf)
- [8]http://lamp.ftn.uns.ac.rs/nastava/masinstvo_u_inzenjerstvu_zastite_zivotne_sredine/literatura/I%20kolokvijum/CAX.pdf
- [9]<http://ttl.masfak.ni.ac.rs/CAD/Predavanje-3%20CAD%202007.pdf>
- [10] Драган Лучић: Дипломски рад AutoCAD 2000