

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Компјутерски подржано инжењерство

Број индекса: 151/2011

Ђорђе М. Радисављевић
Кинематска симулација Geneva механизма
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Гордана Јовичић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

коришћењем програмског пакета CATIA V5 изврши пројектовање делова Geneva механизма у модулу Part Design, формира склоп у модулу Assembly Design, а затим изврши симулацију кретања механизма у модулу DMU Kinematics.

Препоручена литература:

[1] S. Tickoo, CATIA V5R19 for Designers, CAD/CIM Technologies, USA.

[2] N. G. Zamani i J. M. Weaver, CATIA V5 Дизајн механизма и њихова анимација, Компјутерска библиотека, Београд, 2007.

Крагујевац, 2014.

Ментор:
Проф. др Гордана Јовичић, дипл. инг.

Резиме: У завршном раду приказан је поступак моделирања и кинематске симулације Geneva механизма коришћењем програмског пакета CATIA. Команде које пружа овај софтверски пакет, помажу: дизајнирању површина и делова неправилног облика, поправљању могућих сметњи које се могу појавити приликом склапања ових делова и задавању кинематских веза и закона за стварање симулације. За моделирање компоненти механизма користи се модул Part Design, за формирање склопа користи се модул Assembly Design, а за кинематску симулацију се користи модул DMU Kinematics.

Кључне речи: Geneva механизам, CATIA, Моделирање, Симулација.

Summary: The final paper presents a procedure of modeling and kinematic simulation Geneva mechanism using the software package CATIA. Commands provided by this software package helps: design surfaces and irregular parts, repair possible interference that may occur during assembly of these parts and assigning kinematic relations and the law to create the simulation. For modeling components of the mechanism is used module Part Design, for formation of assembly is used Assembly Design and for kinematic simulation DMU Kinematics.

Keywords: Geneva mechanism, CATIA, Modeling, Simulation.

Садржај

1. УВОД.....	1
1.1. Врсте механизма.....	1
1.2. Примена механизма.....	3
1.3. Geneva механизм	4
1.3.1. Примена.....	5
1.3.2. Предности Geneva механизма.....	6
2. ФОРМИРАЊЕ GENEVA МЕХАНИЗМА.....	7
2.1. Формирање компоненте склопа под називом Osnova	8
2.2. Формирање компоненте склопа под називом Pdisk.....	12
2.3. Формирање компоненте склопа под називом Gdisk	17
2.4. Формирање склопа механизма.....	21
3. КИНЕМАТСКА СИМУЛАЦИЈА GENEVA МЕХАНИЗМА.....	26
3.1. Формирање првог механизма (ротационо кретање дискова).....	27
3.1.1. Дефинисање погонског елемента и граница кретања.....	29
3.1.2. Задавање закона кретања.....	30
3.2. Формирање другог механизма (ротационо кретање Pdiska).....	32
3.2.1. Дефинисање гоњеног елемента и граница кретања.....	33
3.2.2. Задавање закона кретања.....	34
3.3. Симулација кретања механизма помоћу команди видео плејера (ротационо кретање дискова).....	35
3.4. Симулација кретања механизма помоћу команди видео плејера (ротационо кретање Pdiska).....	37
3.5. Снимање симулације (Replay zapis)	38
3.6. Спајање симулација (Sequence)	39
4. ЗАКЉУЧАК.....	41
ЛИТЕРАТУРА.....	42

1. УВОД

Механизми су уређаји дизајнирани да трансформишу улазну снагу и кретање у жељени скуп излазних снага и кретања. Механизми се углавном састоје од:

- кретања компоненти (зупчаника, каишника и ланаца);
- веза;
- фрикционих уређаја (кочница и квачила);
- структурних компоненти (оквира, причвршћивача, лежајева, опруга, мазива и заптивача);
- различитих специјализованих машинских елемената.

Користе се за пренос и претварање механичке енергије од машине (мотора) до справе, уређаја или објекта који користи ту енергију. Приликом преноса мења се брзина ротације, обртни момент и други параметри, али је могућ и директан пренос (преко осовине или вратила) ако су погонска машина и гоњени систем удаљени. Механизам је дизајниран да управља снагом у циљу постизања жељеног скупа сила и кретања.

Основна функција механизма је пренос силе и кретања или вођење тачке по задатој путањи, односно тела, кроз задате положаје. У зависности од тога која од ових функција доминира, разликују се две основне групе механизма:

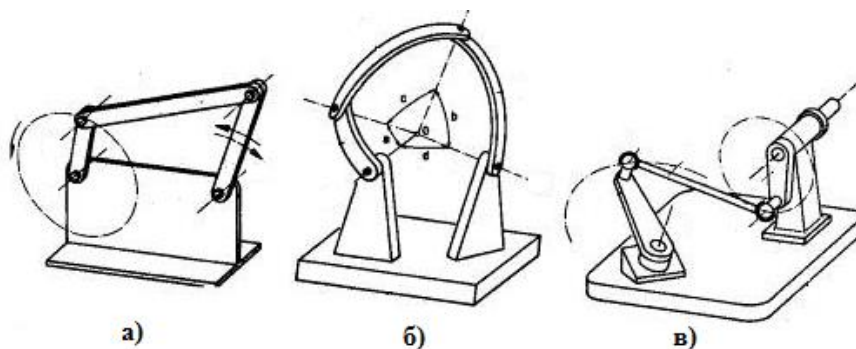
- механизми за пренос;
- механизми за вођење.

Механизми за пренос имају задатак да силу или кретање пренесу од погона до извршног дела машине или неког другог механизма по утврђеној преносној функцији. Механизми за вођење имају задатак да проведу тачку, односно тело, кроз задате положаје.

1.1.Врсте механизма

Према функцији, механизми се могу поделити на механизме за пренос и механизме за вођење. У зависности од праваца оса обртања чланова, механизми могу бити:

- равни (осе обртања су паралелне, чланови механизма се крећу у међусобно паралелним равнима);
- сферни (све осе обртања секу се у једној тачки, а кретање чланова механизма врши се у концентричним круговима);
- просторни (осе обртања се мимоилазе, а чланови механизма реализују просторно кретање).



Слика 1.1 - Механизми: (а) Равни, (б) Сферни, (в) Просторни

Два суседна члана механизма, међусобно повезана зглобом, чине кинематски пар. Код равних механизма могу се срести четири типа кинематских парова:

- ротациони пар;
- призматични пар;
- котрљајни пар;
- бregaсти пар.

Према врсти кинематских парова које садрже, механизми могу бити:

- полужни (састављени од ротационих и призматичних парова);
- котрљајни (зупчасти);
- бregaсти.

На слици 1.2. приказани су примери равних, сферних и просторних механизма.

Врста механизма	Полужни	Котрљајни (зупчасти)	Бregaсти
Равни механизми			
Сферни механизми			
Просторни механизми			

Слика 1.2 - Примери механизма

Према врсти преноса разликују се:

- Зупчасти пренос (зупчасти преносници или зупчасти парови);
- Каишни пренос (каишни преносници или каишни парови);
- Ланчани пренос (ланчани преносници или ланчани парови);
- Фрикциони пренос (фрикциони преносници или фрикциони парови).

Зупчасти пренос је пренос механичке енергије између машина и уређаја уз помоћ зупчаника, и један је од врста механичког преноса. Пренос се остварује непосредним додиром назубљених точкова који ротирају. Зупчасти пренос се обично користи за пренос снаге и обртног момента између вратила која су на малом размаку.

Каишни пренос је пренос механичке енергије између машина и уређаја уз помоћ флексибилног каиша. За пренос су потребни каиш и најмање два точка за монтирање каиша (погонски и гоњени точак). Каиш може бити плоснат, округао, четвртаст или са зупцима. Због еластичности каиша, ови преносници раде гипкије него ланчани и зупчасти преносници. Његов пренос је миран и без велике буке, за разлику од других врста преноса.

Ланчани пренос је пренос механичке енергије између машина и уређаја уз помоћ ланца, и један је од врста механичког преноса. Ланчани пренос се обично користи за пренос снаге и обртног момента између вратила која су на већем размаку. За пренос су потребни одговарајући ланац и најмање два озубљена точка за монтирање ланца.

Фрикциони пренос је врста механичког пријеноса енергије, код којег се пренос врши трењем (фрикцијом) између површина. Трење између елемената може бити суво, гранично или текуће. Код текућег трења, радни век површина је продужен зато што се налазе у текућини која одводи топлоту. Пренос трења се у пракси најчешће остварује непосредним додиром точкова. Снага и обртни момент се онда преносе силом трења.

1.2. Примена механизма

Механизам је обично део већег процеса или механичког система. Понекад цела машина може бити механизам. Примери су механизам управљања у аутомобилу, или механизам намотавања ручног сата. Вишеструки механизми су машине.

Механизми се користе за конвертовање једне врсте кретања у другу. Свака машина може да се посматра као група међусобно повезаних механизма који конвертују једну врсту кретања у низ других кретања. Механизми могу да конвертују ротационо кретање у праволинијско кретање или у испрекидано кретање.

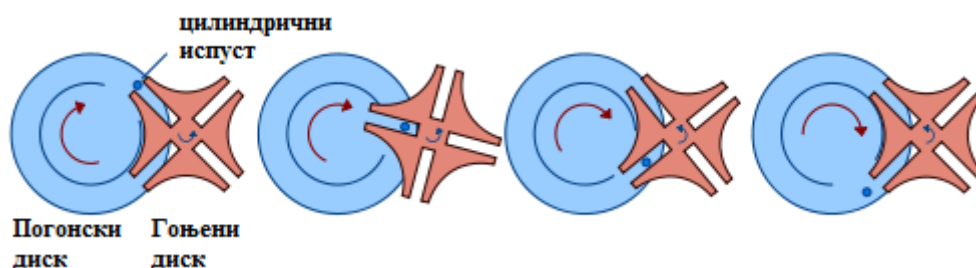
Ротационо кретање се мери угаоном брзином, степенима или бројем обртаја у минути. Смер обртања, у смеру казаљке на сату или супротно кретању казаљке, је такође део мерења обртног кретања. Снага обртног кретања је позната као момент силе обртања. Обртни момент се мери у Њутн метрима (Nm). Један Nm представља силу од једног Њутна која делује на нормалу удаљену један метар од осе ротације.

Линеарно кретање је кретање по правој линији. То је најосновније од свих кретања. Вредности које дефинишу линеарно кретање су брзина и правац. Линеарно кретање се не користи често као полазиште за механизме.

Испрекидано кретање је кретање које почиње и које се редовно зауставља. На пример, у биоскопским пројекторима, филм треба да се помери за један frame у једном тренутку, затим се држи у стационарном положају док га светлост пројектује на екран. За овај тип кретања најчешће се користи Geneva механизам.

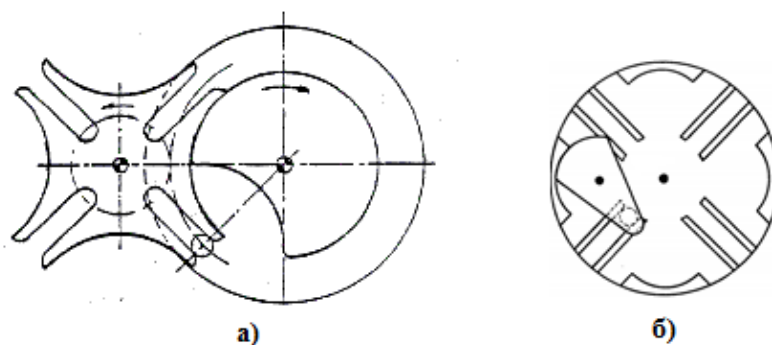
1.3. Geneva механизам

Geneva диск или Малтешки крст је механизам који претвара непрекидно ротационо кретање погонског диска у периодично-прекидно ротационо кретање гоњеног диска. Погонски диск има цилиндричан испуст који улази у жљеб гоњеног диска и помера га за један корак. Погонски диск има подигнут кружни диск који закључава гоњени диск у положај између корака.



Слика 1.3 - Geneva механизам

У основи се разликују две конфигурације ових механизма: са спољашњим и унутрашњим водећим диском. Ови механизми налазе примену у машинама са бројем жљебова од 3 до 10, а веома ретко преко 12. У најчешћим варијантама, гоњени диск има четири жљеба и тако напредује за један корак од 90° за сваку ротацију погонског диска. Уколико гоњени диск има n слота, онда напредује од $360^\circ/n$ при пуној ротацији погонског диска.



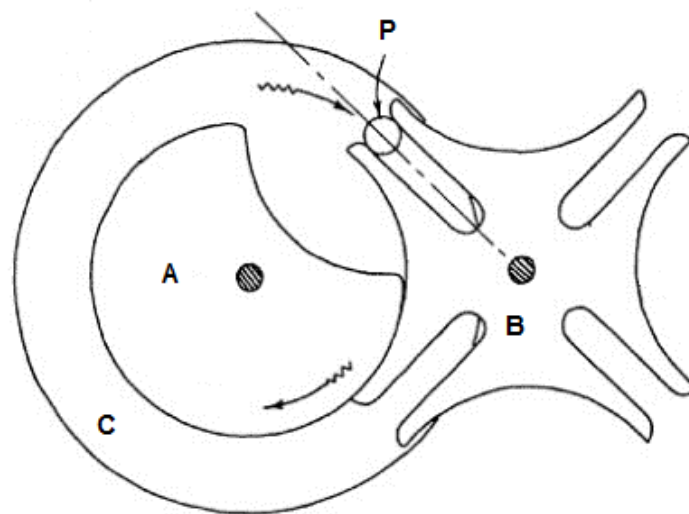
Слика 1.4 - Geneva механизам са: (а) Унутрашњим водећим диском, (б) Спољашњим водећим диском

Назив механизма потиче од града Женеве, који је значајан центар индустрије сатова. Пошто они могу бити мали и у стању су да издрже знатан механички напон, ови механизми се често користе у сатовима, машинама за паковање, вишевретеним аутоматима, обртним столовима за монтажу и др.

1.3.1. Примена

Једна од примена Geneva механизма је у филмским пројекторима. Филм се не креће непрекидно кроз пројектор. Уместо тога филм напредује кадар по кадар, свака слика стоји мирно испред објектива за $1/24$ секунде и излаже се два пута у то време, што се резултира у фреквенцији од 48 Hz. Овај испрекидани покрет се постиже употребом Geneva механизма. Савремени филмски пројектори користе електронски контролисан механизам за индексирање или степ мотор, који омогућава брзо премотавање филма. Употреба Geneva механизма у филмским пројекторима датира од 1896. године у пројекторима Oskar Messter-а и Max Gliewe-а. Претходни пројектори, укључујући пројектор Thomas Armat-а, су користили "ударачки механизам", који је измислио Georges Demeny 1893. године да се постигне превоз испрекиданог филма.

Geneva механизми користе се и у механичким сатовима, али не за погон, него за ограничење навијања опруге, тако да ће радити само у опсегу у коме је еластична сила скоро линеарна. Ако је један од жљебова на гоњеном диску затворен, број обртаја погонског диска може да буде ограничен. У сатовима, погонски диск је онај који покреће опругу, а гоњени диск са четири или пет жљебова и једним затвореним жљебом спречава пренавијање, а омогућава навијање опруге. У овом случају опруга би била повезана за погонски диск, док се гоњени диск користи за ограничавање броја помераја. Овај механизам је изум из 17. века. Geneva механизам један је од најчешће коришћених уређаја за формирање испрекиданог кретања.



Слика 1.5 - Geneva механизам

На слици 1.5. диск А садржи цилиндрични испуст Р који се уклапа у четири радијална жљеба диска В. Између жљебова постоје четири конкавне површине које се уклапају у цилиндричну површину погонског диска. На овај начин се механизам осигурава при потпуној ангажованости. У приказаном положају, цилиндрични испуст улази у један од жљебова и даљом ротацијом погонског диска доћи ће до окретања гоњеног диска за 90° . Након изласка цилиндричног испуста из жљеба, погонски диск ће ротирати за 270° , при чему гоњени диск мирује. Број жљебова гоњеног диска креће се од 3 до 18. Ако је један од жљебова неодрезан, број потеза које погонски диск може направити је ограничен. Друге примене Geneva диска укључују:

- узорковање аутоматизованих уређаја;
- индексирање табела у склоп линија;
- мењач алата CNC машина;
- бројање новчаница итд.

Гвоздени прстен сата користи Geneva механизам да обезбеди испрекидано кретање једног од његових прстенова.

1.3.2. Предности Geneva механизма

Geneva механизми су најпростији и најјефтинији од свих механизма који остварују испрекидано ротационо кретање. Они долазе у широком спектру величина, почевши од оних који се користе у инструментима, до оних који се користе за алатне машине за индексирање вретена носача од неколико тона. Имају добре карактеристике кретања криве у односу на заустављачки диск, али показују боље тренутне промене убрзања, од бољих CAM система. Geneva механизам одржава добру контролу његовог терета у сваком тренутку, јер је опремљен прстеном за блокирање површина.

2. ФОРМИРАЊЕ GENEVA МЕХАНИЗМА

CATIA (*Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*, *компјутерско вођена тродимензионална интерактивна примена*) је тродимензионални програмски пакет за компјутерско пројектовање и техничко конструисање. Власник програмског пакета је компанија Dassault Systemes. Програм је био првобитно намењен за конструисање авиона, али се данас примењује у различитим индустријама. Данас је CATIA светско водеће решење за развој производа и иновације, успешно се користи у предузећима свих величина, од малих и средњих предузећа до великих.

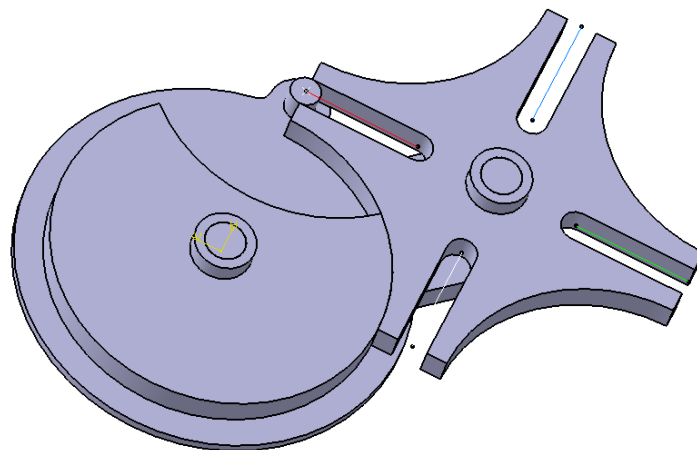
1969. године је француско предузеће за производњу авиона Dassault Aviation почело да уз помоћ компјутерске технологије израђује интерактивне цртеже. 1974. године од америчке компаније за производњу авиона Lockheed, купује прву лиценцу за дводимензионални инжењеринг софтвер CADAM. 1978. године Dassault почиње да на основи овог програма развија нови тродимензионални програм, који се у почетку зове CATI (*Conception Assistee Tridimensionnelle Interactive*), да би 1981. године добио данашњи назив. Одмах по завршетку новог програма настала је намера да се програм продаје и другим предузећима. За овај подвиг основано је предузеће Dassault Systemes које се данас бави искључиво софтвер-програмима.

Прва CATIA-верзија 1 био је у ствари додатни програм за CADAM са тродимензионалним могућностима конструисања. 1985. године наступа верзија 2 са којим CATIA постаје независна од CADAM-а. 1988. године следи верзија 3 са којим су први пут били могући радови на радним станицама. Верзија 4 из 1993. године могла се применити и на софтверима Hewlett-Packard, Silicon Graphics и Sun Microsystems. Верзија 5 из 1999. године може се применити и на Windows. Посебно за Windows створена је верзија са 64-бит. Са оперативним системом Vista на тржиште је 2008. стигла најновија верзија 6. Суштински конструктивни процес CATIA-програма обухвата разрађање тродимензионалних и из ових изведених дводимензионалних цртежа и планова. Додатни модули нуде DMU-прегледе, кинематику, МКЕ-рачунање и NC-програмирање. Актуелне верзије 5 и 6 имају графичко окружење које се базира на Microsoft Windows оперативни систем. За Windows постоји 32-бит као и једна цела 64-бит верзија. Верзија 5 може се применити и на разне UNIX-платформе. CATIA нуди решење за обликовање, површинску обраду и визуелизацију да се створи, модификује, и потврди комплексни иновативни облик од индустријског дизајна до А-класе површинске обраде. CATIA подржава више фазе дизајна производа свеједно да ли су они почели од нуле или 2D скица. CATIA је у стању да чита и прави датотеке STEP формата за реверзни инжењеринг и поновну употребу површине. CATIA омогућава стварање 3D делова, од 3D скице, обликованих, кованих или алатних делова до дефиниције механичких склопова. Софтвер обезбеђује напредне технологије за механичку површинску обраду. Она пружа алатима да заврше дефинисање производа, укључујући и функционалне толеранције као и дефинисање кинематике. CATIA нуди широк спектар апликација за рад са алатима, дизајн напредних облика на основу комбинације жичаних и обимних површинских облика, по спецификацији спајања. Она пружа обиман скуп алата за креирање и модификовање механичких површина које се користе у дизајну сложених облика или хибридних делова. Ово укључује жичане елементе: тачка, линија, угао, раван, криве, круг, (дво-тангенте, тро-тангенте), паралелне криве, угао равни, 3D веза, спирална сфера, пресек и пројекција.

CATIA V5 је водеће софтверско решење за развој и дефиницију комплетног дигиталног производа модела, покрива цео процес развоја производа - од концепта идеје до одржавања. CATIA механичко окружење нуди напредне алате за генерисање 3D делова

свих врста (од ливених, кованих, обрађених и лимених делова до механичких склопова) на централно интегрисане инфраструктуре за најлакшу линијску сарадњу.

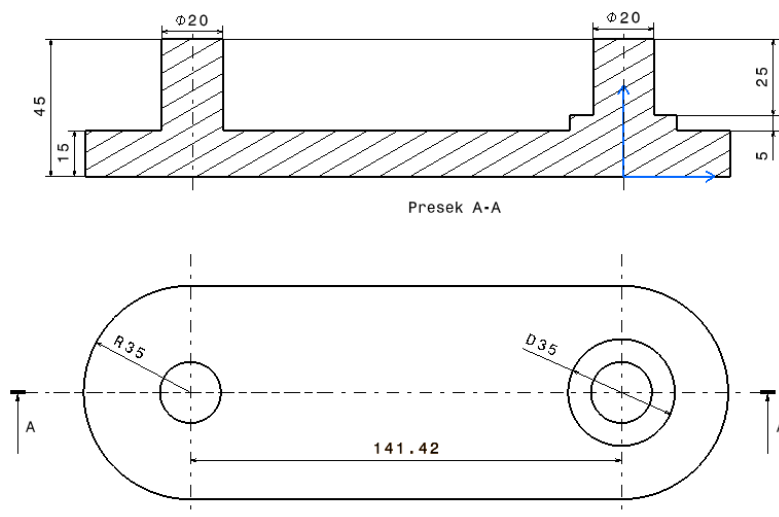
На слици 2.1. је приказан почетни положај механизма чије кретање је потребно витруелно симулирати. Склоп се састоји од непокретне основе (**Osnova**), погонског диска (**Pdisk**) и гоњеног-испрекиданог диска (**Gdisk**). Механизам претвара континуално ротационо у испрекидано ротационо кретање, користећи испрекидани диск, где погонски диск има цилиндричан испуст који улази у жлеб гоњеног диска и тиме га помера за један корак. **Pdisk** има подигнут кружни диск који закључава **Gdisk** у положај између корака.



Слика 2.1 - Geneva механизам измоделиран у CATIA програмском пакету

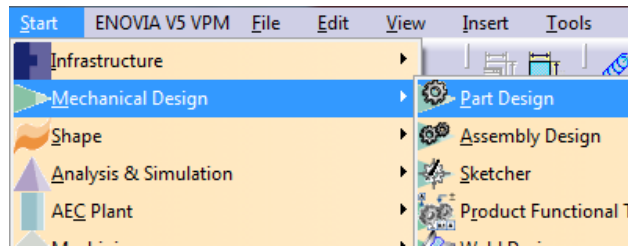
У оквиру примера формираће се делови склопа, потом ће се задавањем одговарајућих ограничења формирати склоп. Након тога потребно је конвертовати склопна ограничења у механизам и снимити симулацију кретања.

2.1. Формирање компоненте склопа под називом Osnova



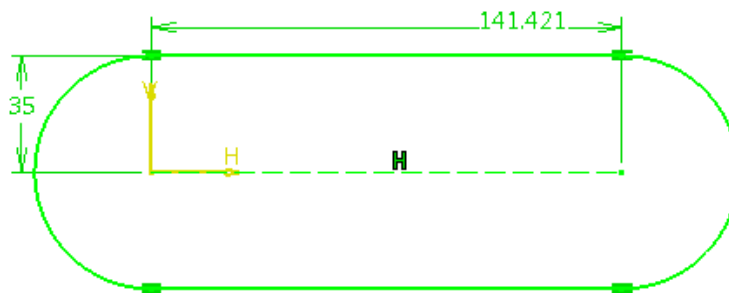
Слика 2.2 - Технички цртеж компоненте Osnova

Покренути CATIA модул **Part Design** , Start→Mechanical Design→Part Design.



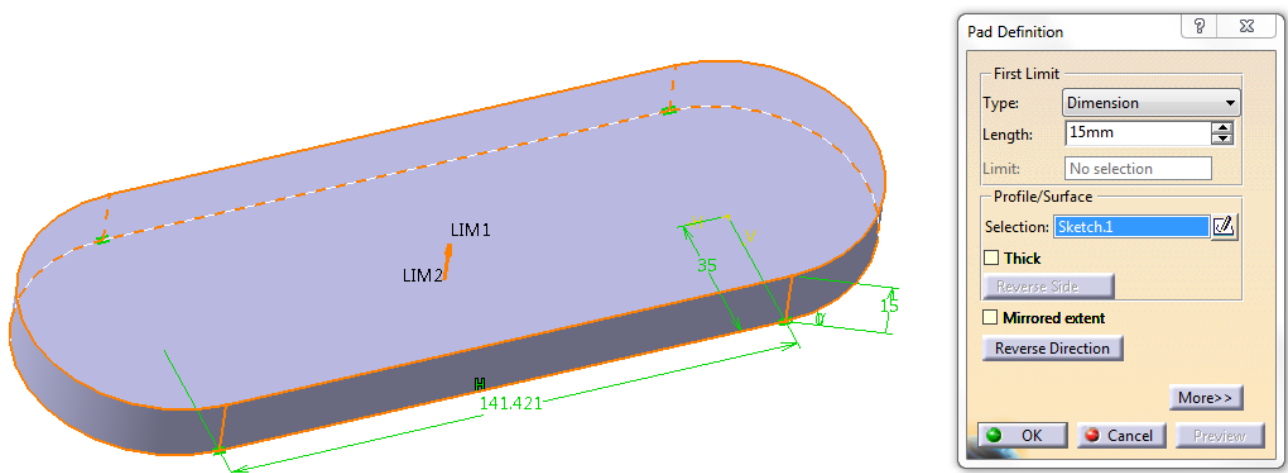
Слика 2.3 - Покретање модула Part Design

Изабрати XY раван и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.4.



Слика 2.4 - Скица базне типске форме

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укупати **15 mm**, као што је приказано на слици 2.5.



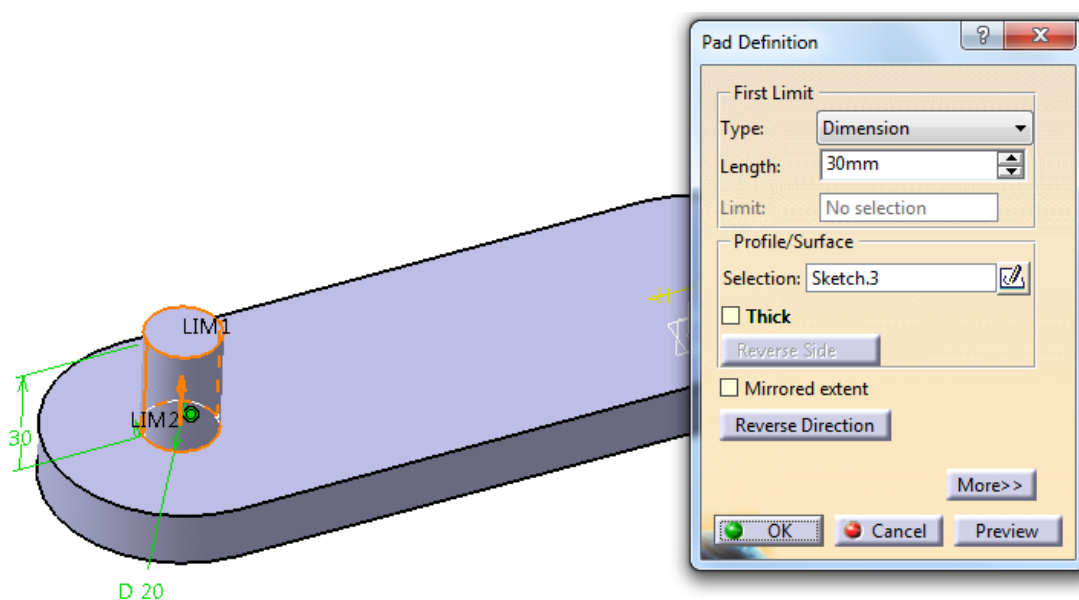
Слика 2.5 - Формирање базне типске форме

Следећи корак представља формирање цилиндричних испуста који служе за везу са погонским и гоњеним диском. Селектовати предњу површину и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.6.



Слика 2.6 - Скица првог цилиндричног испуста

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укупати **30mm**, као што је приказано на слици 2.7.



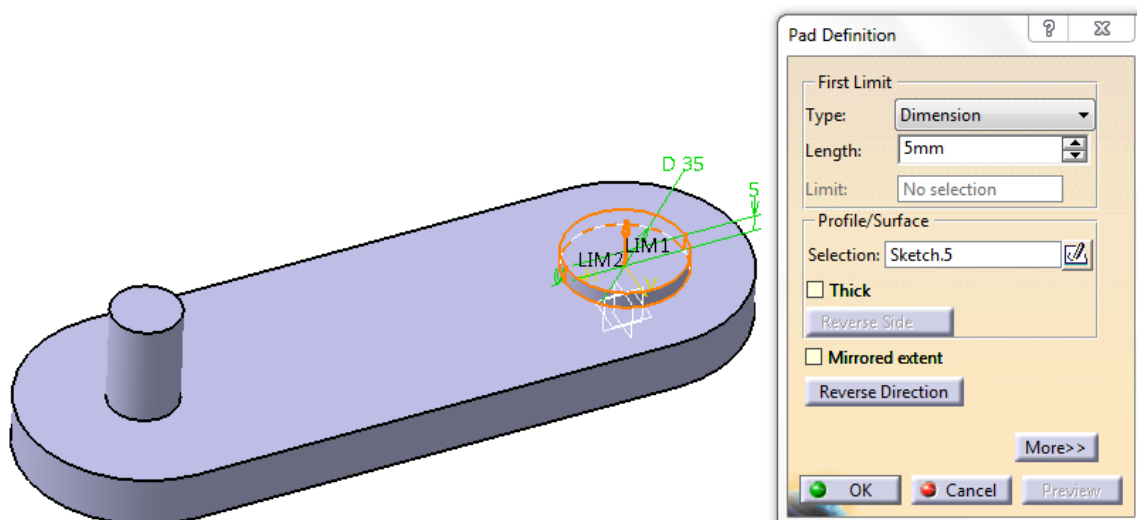
Слика 2.7 - Формирање првог цилиндричног испуста

Селектовати предњу површину и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.8.



Слика 2.8 - Скица другог цилиндричног испуста

Активирати команду **Exit Workbench**, напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad** и у пољу **Length** укупати **5mm**, као што је приказано на слици 2.9.



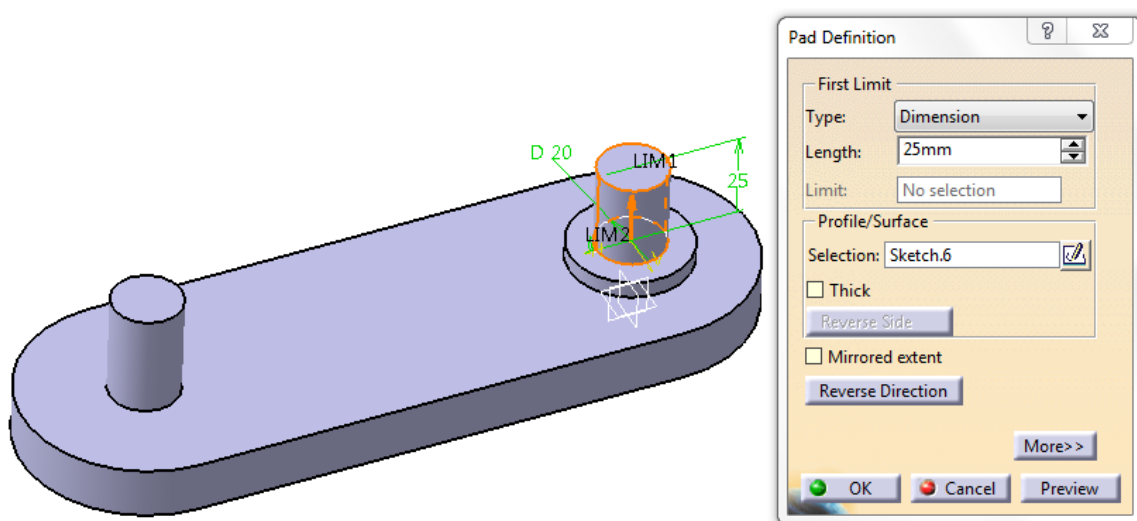
Слика 2.9 - Формирање другог цилиндричног испуста

Селектовати предњу површину другог цилиндричног испуста и активирати команду **Sketch**, покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.10.



Слика 2.10 - Скица другог цилиндричног испуста

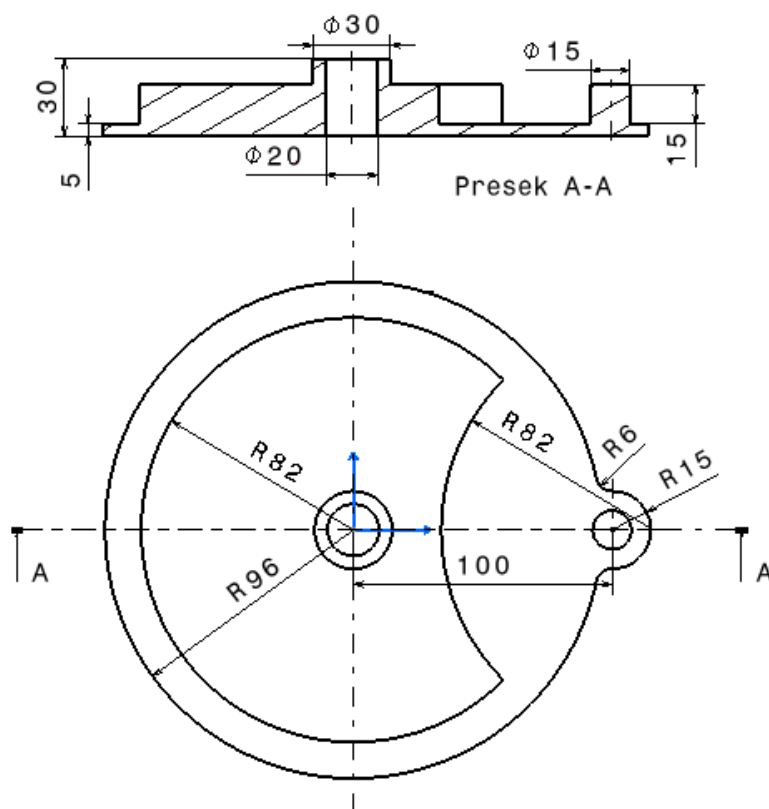
Активирати команду **Exit Workbench**, напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad** и у пољу **Length** укупати **25mm**, као што је приказано на слици 2.11.



Слика 2.11 - Формирање другог цилиндричног испуста

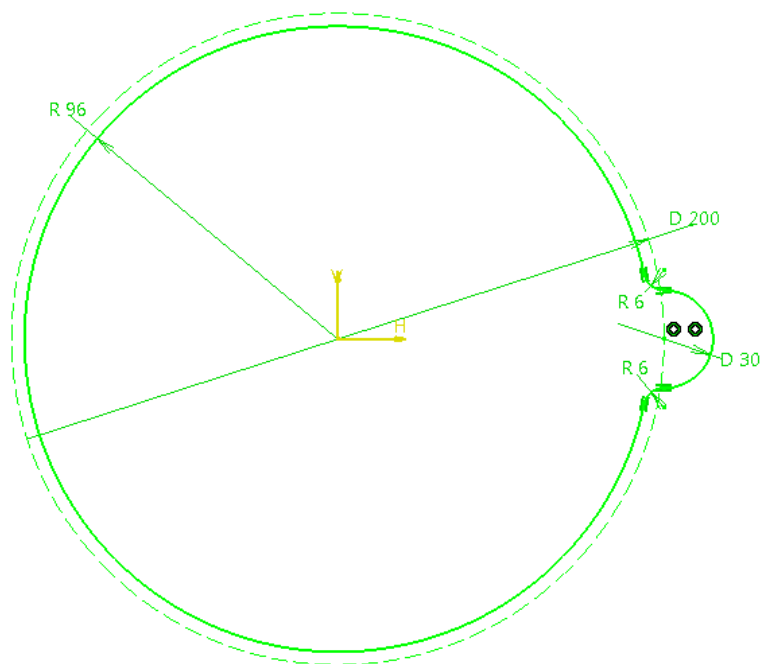
Активирати команду **Save**  и снимити део под називом **Osnova**.

2.2. Формирање компоненте склопа под називом Pdisk



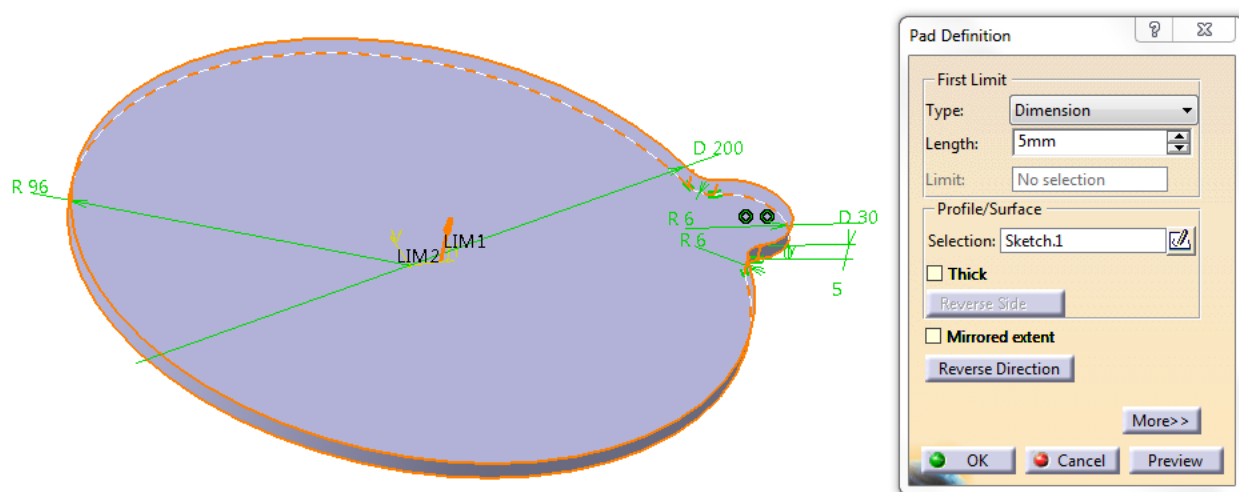
Слика 2.12 - Технички цртеж компоненте Pdisk

Покренути САТИА модул **Part Design** , изабрати XY раван и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.13.



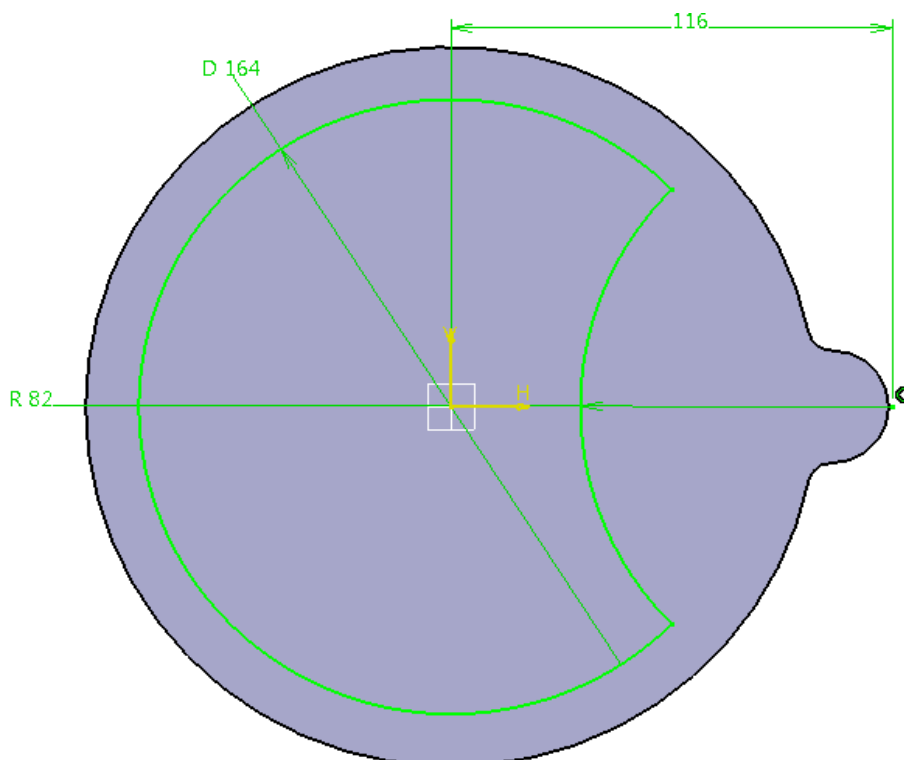
Слика 2.13 - Скица базне типске форме

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укуцати **5mm**, као што је приказано на слици 2.14.



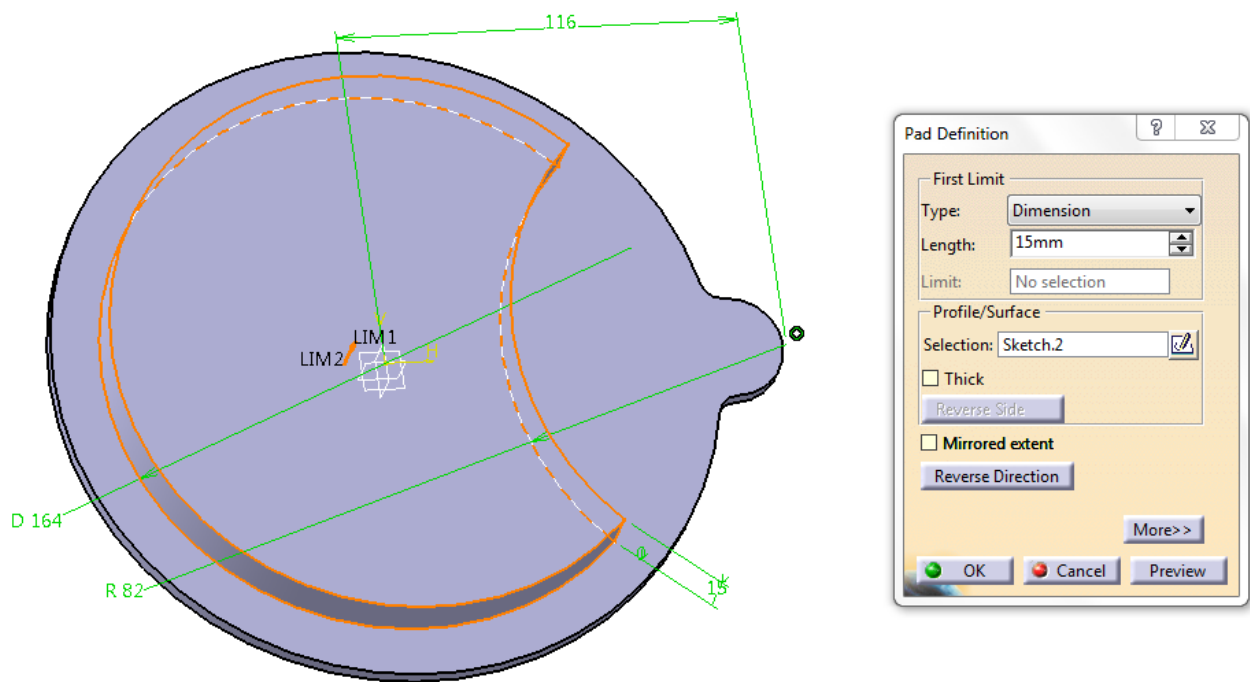
Слика 2.14 - Формирање базне типске форме

Селектовати предњу површину диска и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.15.



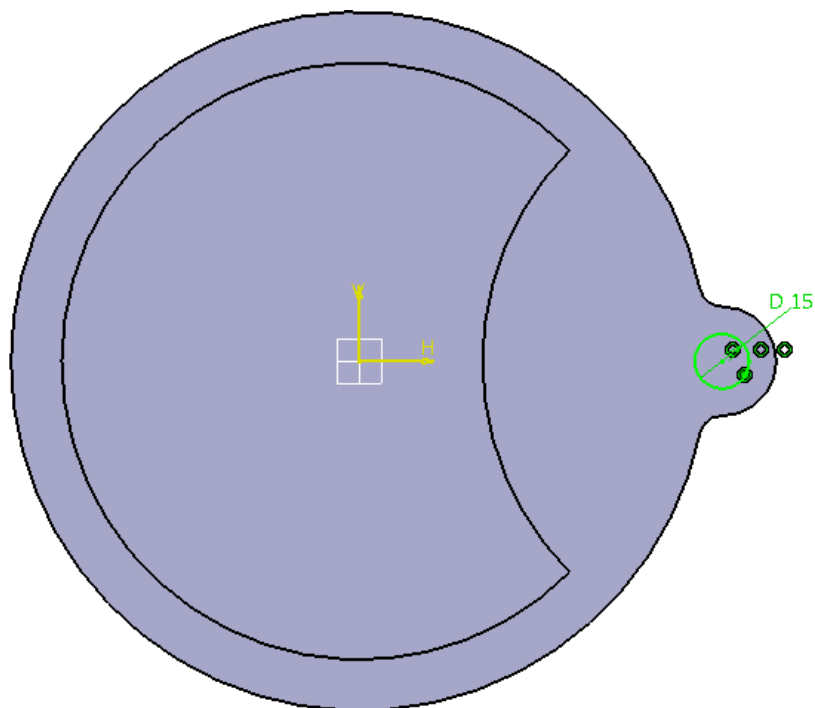
Слика 2.15 - Скица диска за закључавање

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укуцати **15mm**, као што је приказано на слици 2.16.



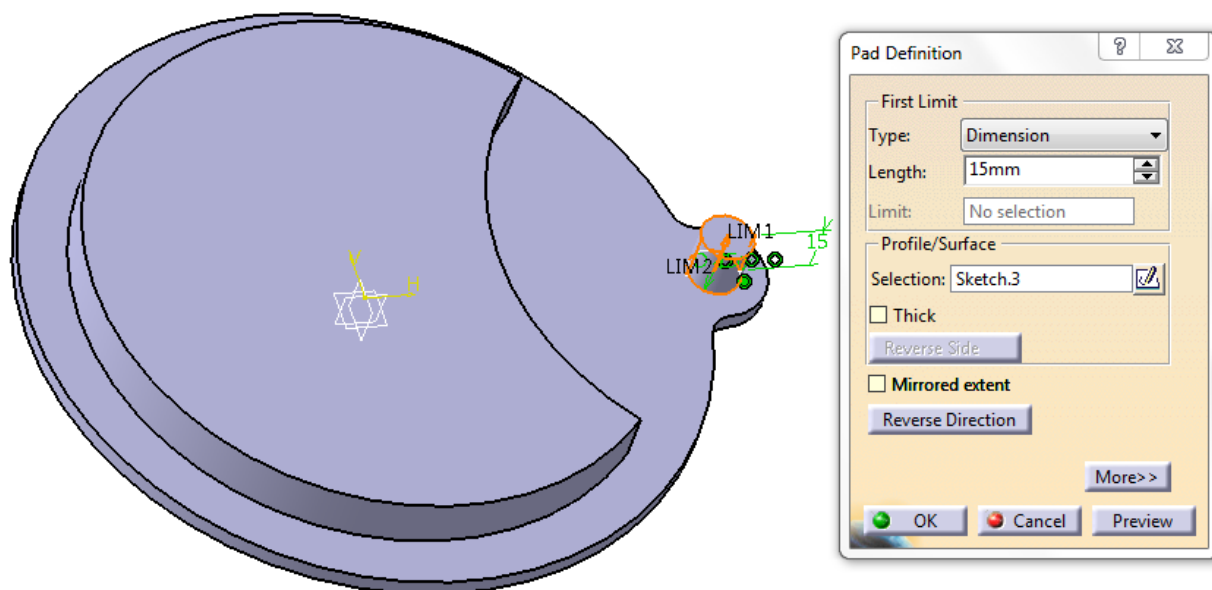
Слика 2.16 - Формирање диска за закључавање

Селектовати површину подигнутог кружног дела и активирати команду **Sketch**  покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.17.



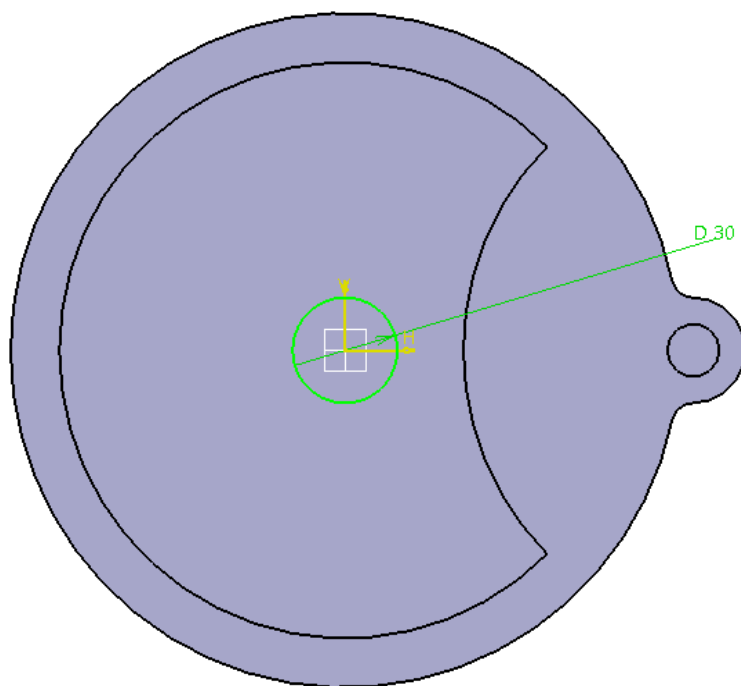
Слика 2.17 - Скица цилиндричног испуста

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укуцати **15mm**, као што је приказано на слици 2.18.



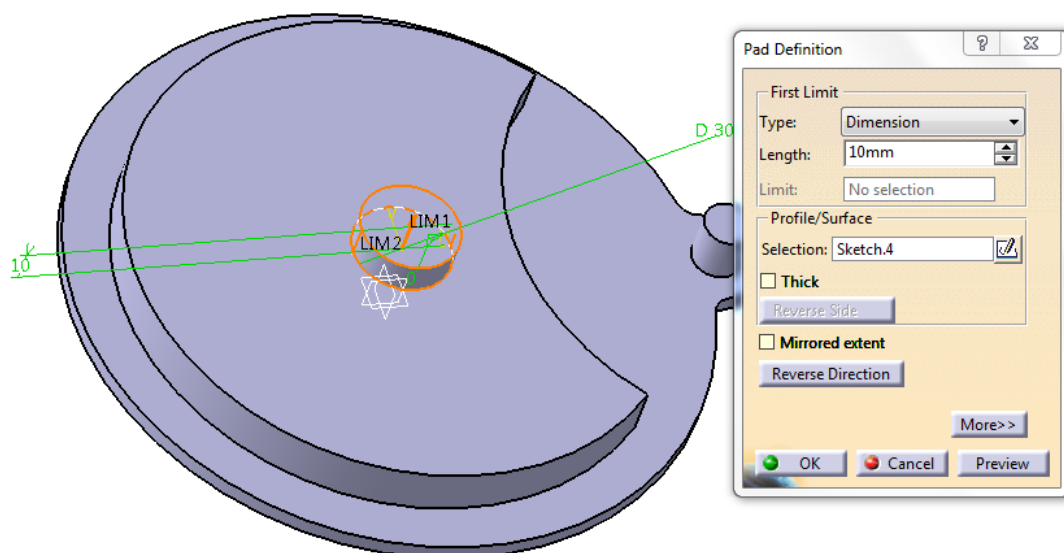
Слика 2.18 - Формирање цилиндричног испуста

Селектовати предњу површину исеченог кружног дела и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.19.



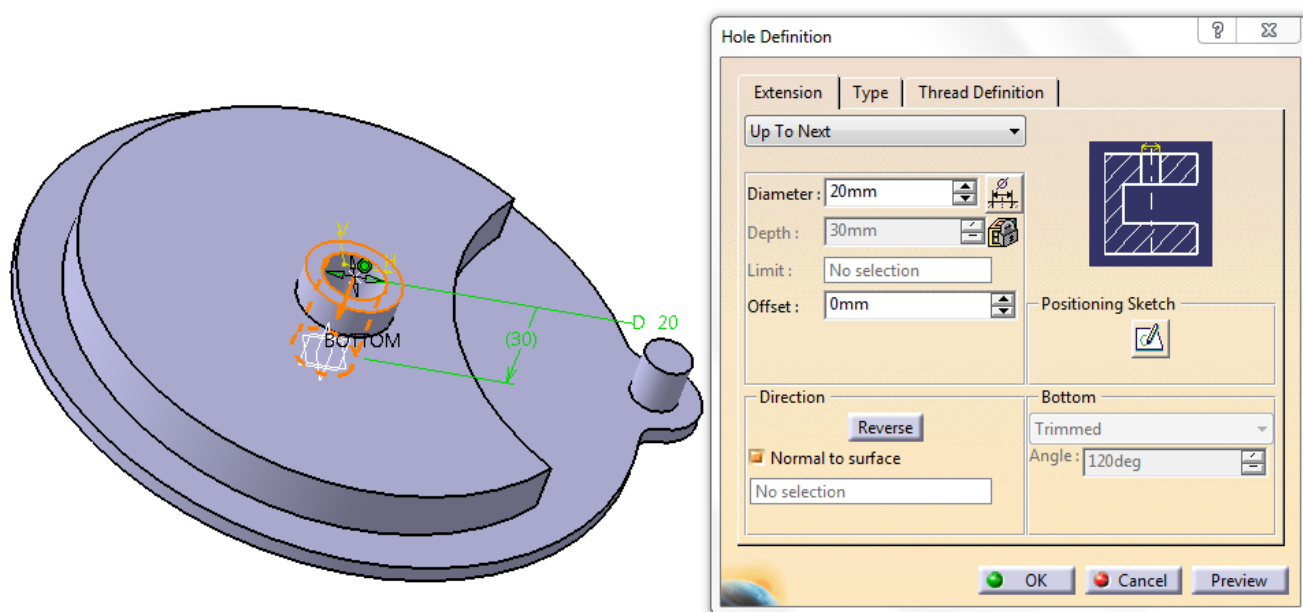
Слика 2.19 - Скица цилиндричног испуста

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укупати **10mm**, као што је приказано на слици 2.20.



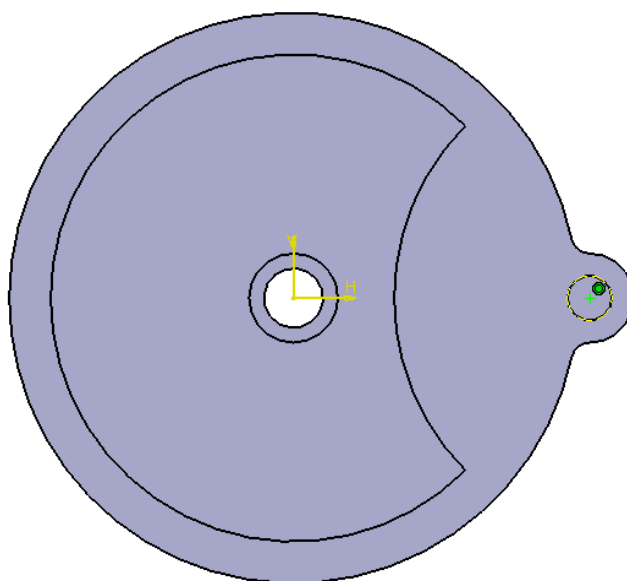
Слика 2.20 - Формирање цилиндричног испуста

Слектовати предњу површину и ивицу претходно екструдираниог дела, активирати команду **Hole** , појављује се дијалог **Hole Definition**. Из падајуће листе изабрати опцију **Up To Next**, у пољу **Diametar** укупати **20mm**, као што је приказано на слици 2.21.



Слика 2.21 - Формирање отвора

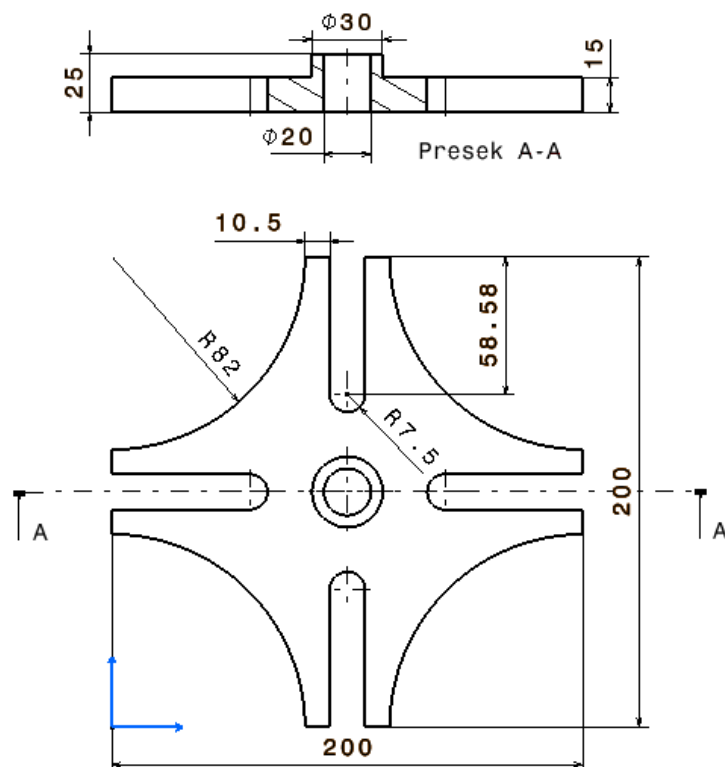
Селектовати горњу површину цилиндричног испуста и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. У средишту круга поставити тачку, као што је приказано на слици 2.22, која ће се користити касније, за задавање веза.



Слика 2.22 - Постављање тачке у средиште цилиндричног испуста

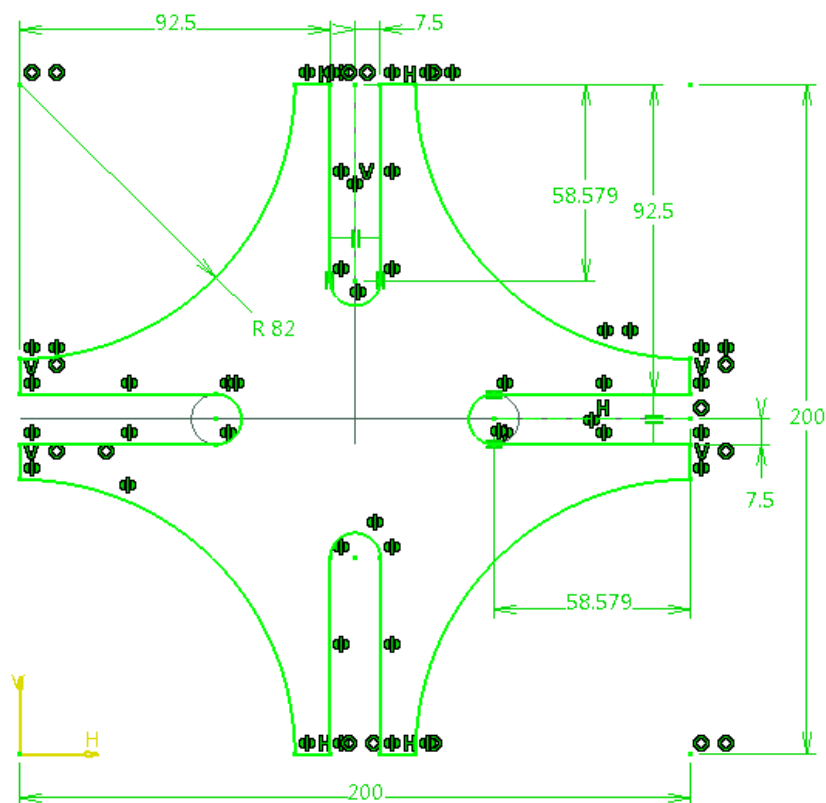
Активирати команду **Save**  и снимити део под називом **Pdisk**.

2.3. Формирање компоненте склопа под називом Gdisk



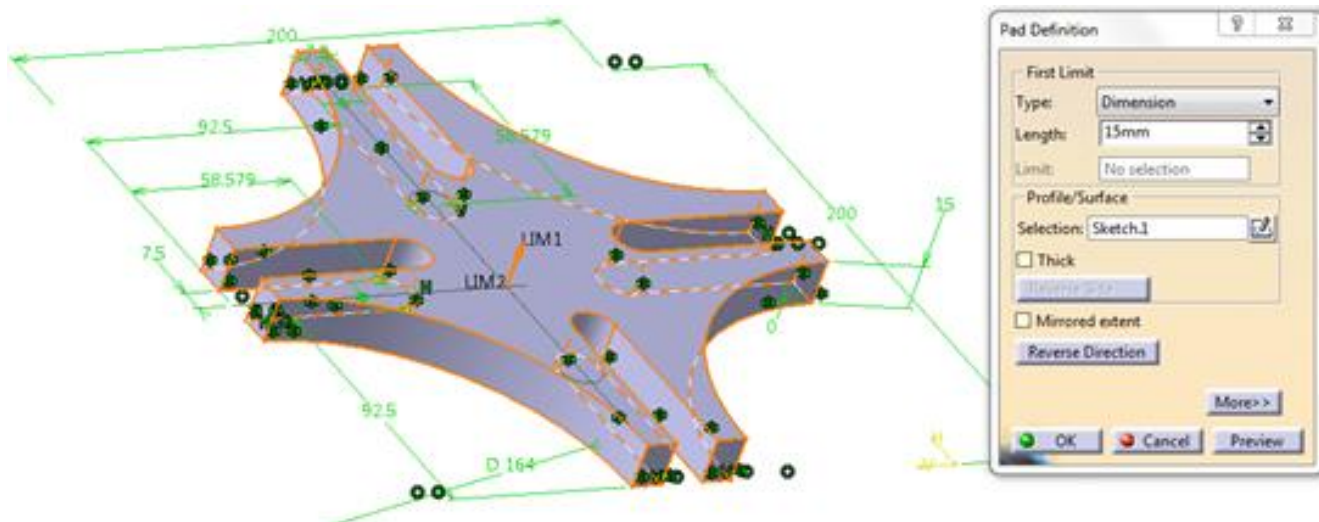
Скица 2.23 - Технички цртеж компоненте Gdisk

Покренути CATIA модул **Part Design** , изабрати XY раван, и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.24.



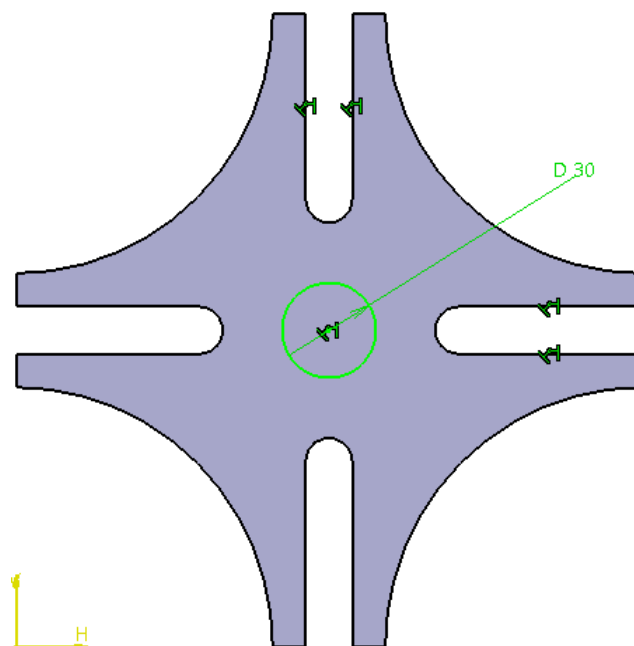
Слика 2.24 - Скица базне типске форме

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укупати **15mm**, као што је приказано на слици 2.25.



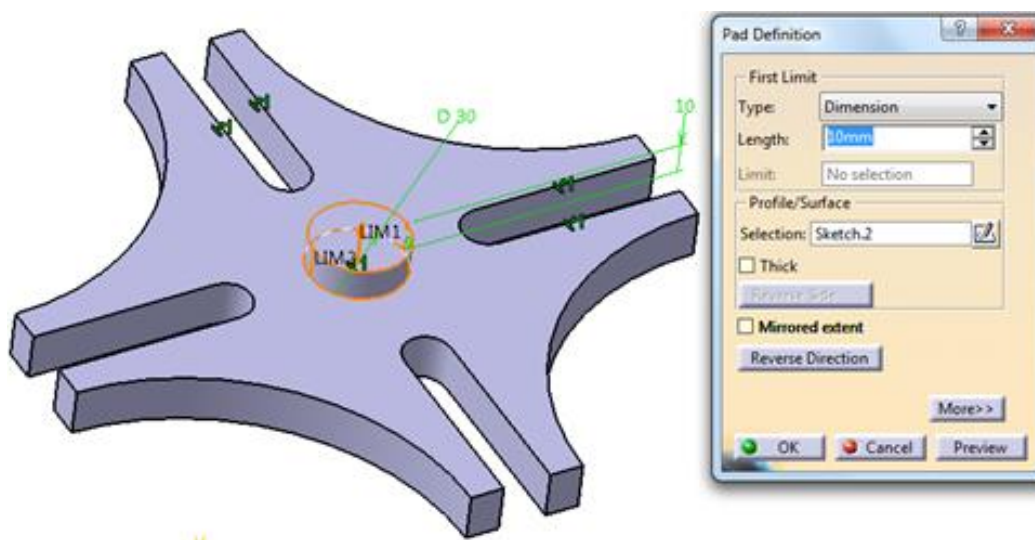
Слика 2.25 - Формирање базне типске форме

Селектовати предњу површину диска и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати скицу приказану на слици 2.26.



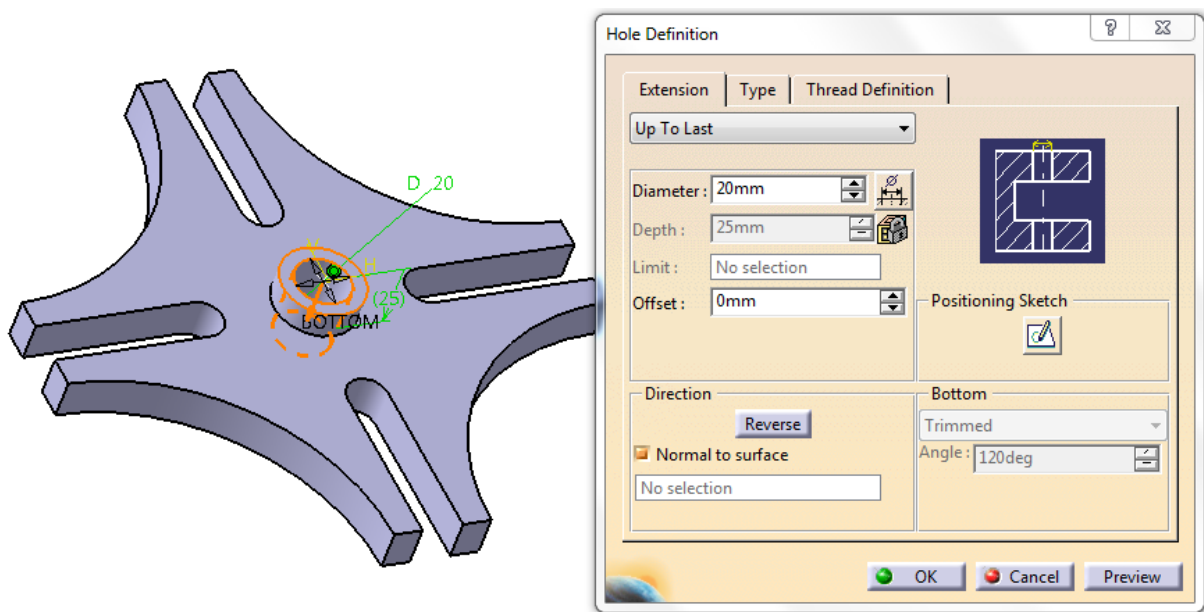
Слика 2.26 - Скица цилиндричног испуста

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Активирати команду **Pad**  и у пољу **Length** укупати **10mm**, као што је приказано на слици 2.27.



Слика 2.27 - Формирање цилиндричног испуста

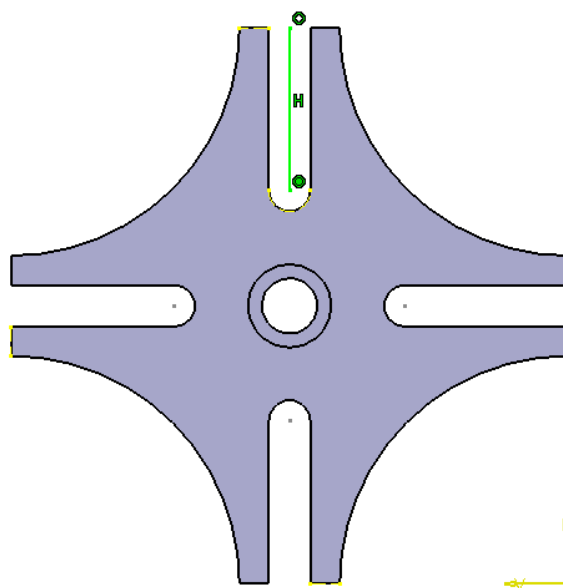
Слектовати предњу површину и ивицу претходно екструдираниог дела, активирати команду **Hole** , појављује се дијалог **Hole Definition**. Из падајуће листе изабрати опцију **Up To Next**, у пољу **Diametar** укупати **20mm**, као што је приказано на слици 2.28.



Слика 2.28 - Формирање отвора

Потребно је нацртати линије на сва четири жљеба диска, које ће се користити касније, за задавање веза.

Селектовати предњу површину диска и активирати команду **Sketch** , покреће се **Sketcher** радно окружење. Нацртати линију у као што је приказано на слици 2.29.



Слика 2.29 - Постављање линије у жљеб

Активирати команду **Exit Workbench** , напушта се **Sketcher** радно окружење. Поновити исти поступак за остале три линије (свака линија мора бити нацртана у новој скици, како би се могле обојити различитим бојама).

Десни тастер миша (ДТМ) на линију, отвара се падајућа листа, изабрати опцију **Properties**, отвара се дијалог **Properties**. Изабрати картицу **Graphic** и у целини **Lines and Curves** изабрати жељену боју.

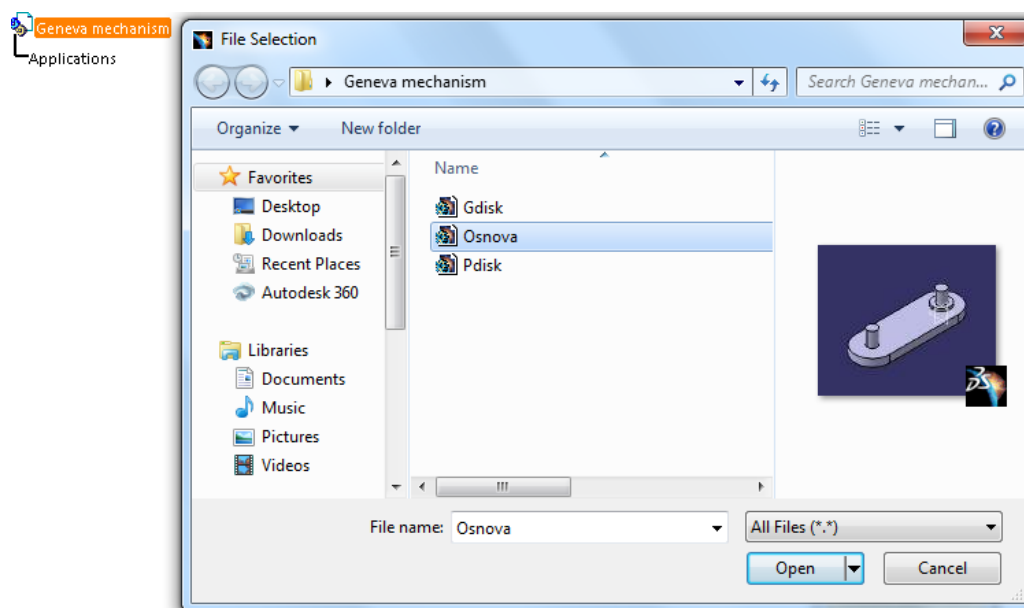
Активирати команду **Save**  и снимити део под називом **Gdisk**.

2.4. Формирање склопа механизма

Склоп механизма формирати коришћењем модула **Assembly Design** , Start→Mechanical Design→Assembly Design.

Променити назив склопа у **Geneva mechanism**. Десни тастер миша (ДТМ) на **Product.1** у спецификационом стаблу. Отвара се падајући дијалог. Активирати команду **Properties**, отвара се дијалог **Properties**. Леви тастер миша (ЛТМ) на картицу **Product** и у пољу **Part Number** укуцати **Geneva mechanism**.

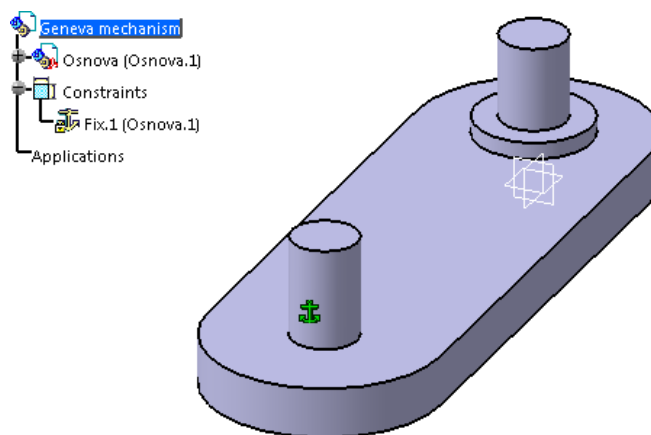
Следећи корак представља убацивање претходно формираних делова склопа. ЛТМ на **Geneva mechanism** у спецификационом стаблу и активирати команду **Existing Component** . Отвара се дијалог **File Selection**. ЛТМ на део **Osnova** и активирати команду **Open**, као што је приказано на слици 2.30.



Слика 2.30 - Убацивање компоненте Osnova

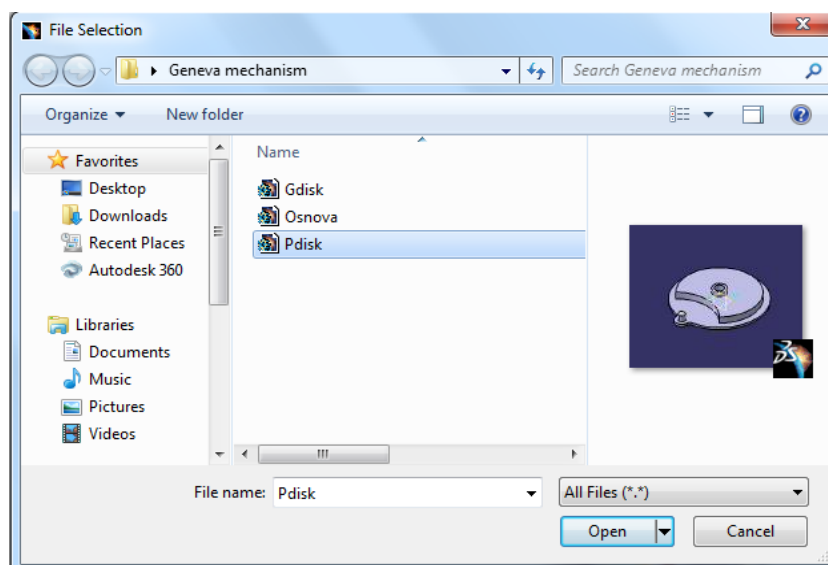
Активирати команду **Anchor** , која се налази у палети алата **Constraints**  и ЛТМ на претходно учитан део.

У стаблу се појављује нова грана **Constraints**, што је приказано на слици 2.31.



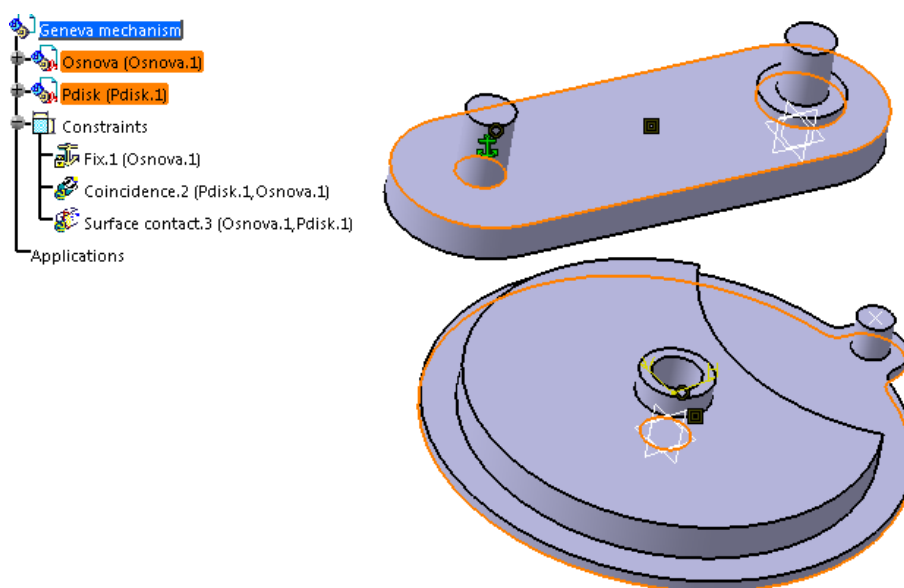
Слика 2.31 - Фиксирање компоненте

Следећи корак је убацивање компоненте под називом **Pdisk**. ЛТМ на **Geneva mechanism** у спецификационом стаблу и активирати команду **Existing Component**. Отвара се дијалог **File Selection**. ЛТМ на део **Pdisk** и активирати команду **Open**, као што је приказано на слици 2.32.



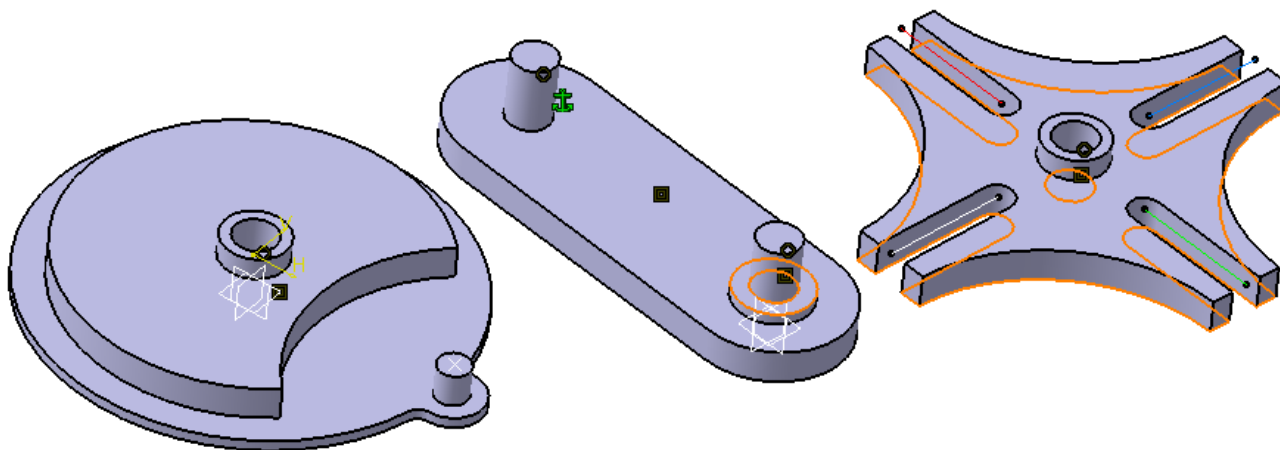
Слика 2.32 - Убацивање компоненте Pdisk

Након учитавања, компонента **Pdisk** се преклапа са компонентом **Osnova**. Ради лакшег дефинисања склопних ограничења потребно је компоненте раздвојити коришћењем команде **Manipulate** или компаса. Да би се у модулу **DMU Kinematics**, приликом аутоматског конвертовања склопних ограничења, добила одговарајућа веза, у овом случају **Revolute**, потребно је формирати ограничења **Contact Constraint** и **Coincidence Constraint**. Активирати команду **Contact Constraint** и селектовати површине назначене на слици. Активирати команду **Coincidence Constraint** и селектовати осе мање осовинице и центра **Pdisk**-а. Стабло је проширено за два нова ограничења, што је приказано на слици 2.33.



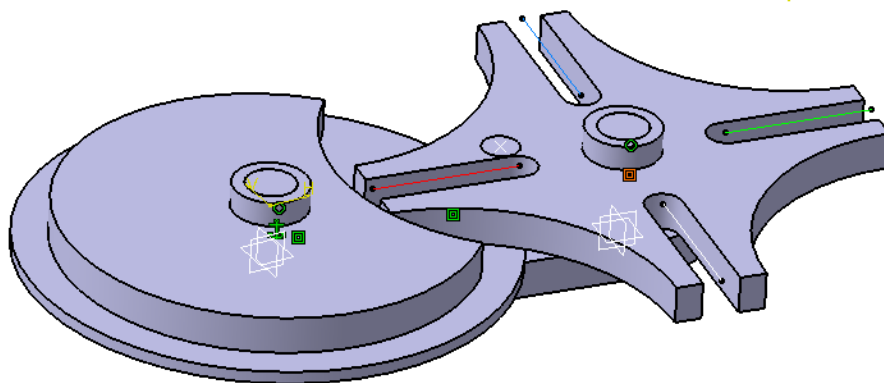
Слика 2.33 - Формирање ограничења између компоненти Osnova и Pdisk

Након учитавања компоненте **Gdisk**, потребно је, као и у претходном случају, формирати ограничења **Contact Constraint**  и **Coincidence Constraint**  да би се приликом аутоматског конвертовања склопних ограничења, добила веза **Revolute**. Активирати команду **Coincidence Constraint** и селектовати осе веће осовинице и центра **Gdisk**-а. Активирати команду **Contact Constraint** и селектовати површине назначене на слици 2.34.



Слика 2.34 - Формирање ограничења између компоненти **Osnova** и **Gdisk**

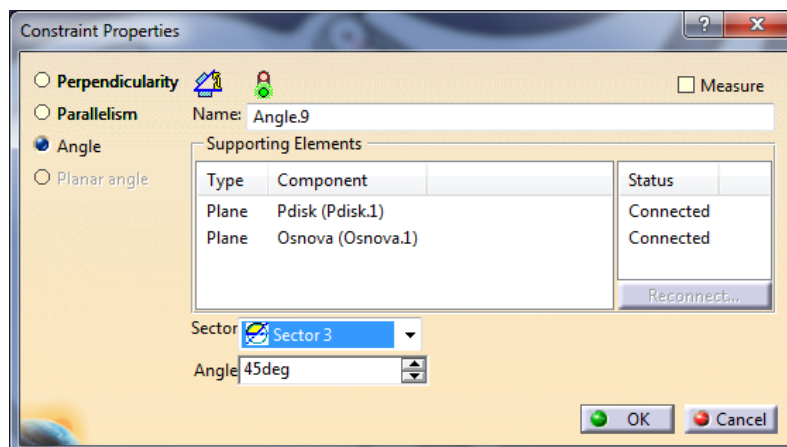
Активирати команду **Update All** , делови склопа се постављају у положај који диктирају задата ограничења, склоп изгледа као на слици 2.35.



Слика 2.35 - Склоп након задавања ограничења

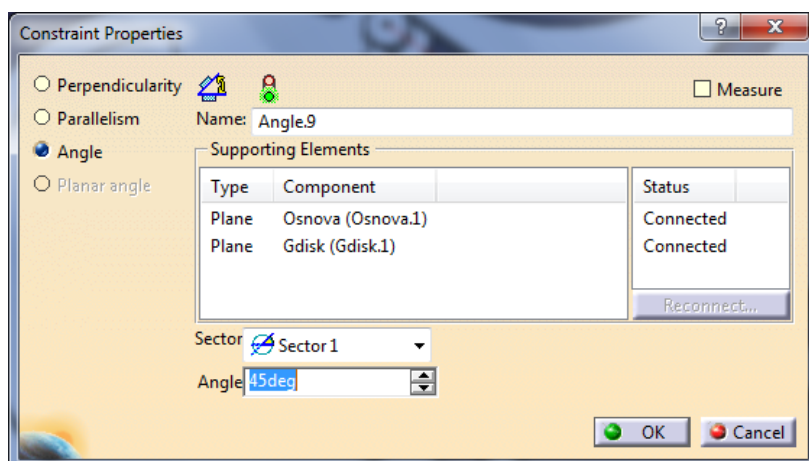
Да би се склоп довео у одговарајући почетни положај, потребно је подесити да угао између ZX равни компонената **Osnova** и **Pdisk** буде 45° , као и да угао између ZX равни компонената **Osnova** и **Gdisk** буде такође 45° .

Селектовати ZX равни компонената **Osnova** и **Pdisk**, активирати команду **Angle Constraint** , отвара се дијалог **Constraint Properties**. Из падајуће листе **Sector** активирати опцију **Sector 3**, а у пољу **Angle** укуцати **45deg**, као што је приказано на слици 2.36.



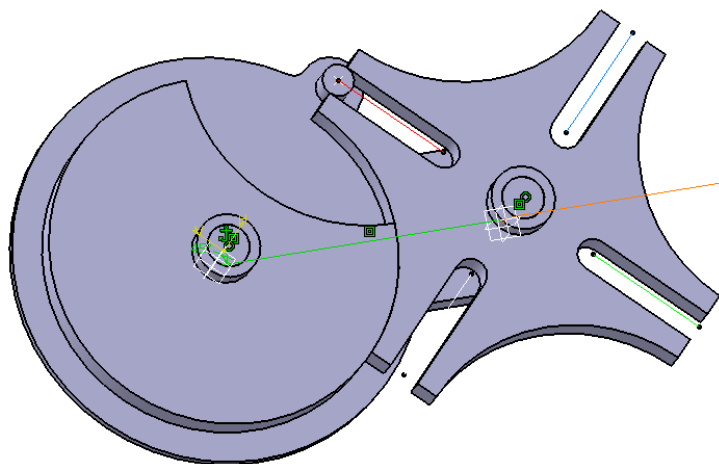
Слика 2.36 - Постављање компоненте Pdisk у почетни положај

Селектовати ZX равни компонената **Osnova** и **Gdisk**, активирати команду **Angle Constraint** , отвара се дијалог **Constraint Properties**. Из падајуће листе **Sector** активирати опцију **Sector 1**, а у пољу **Angle** укуцати **45deg**, као што је приказано на слици 2.37.



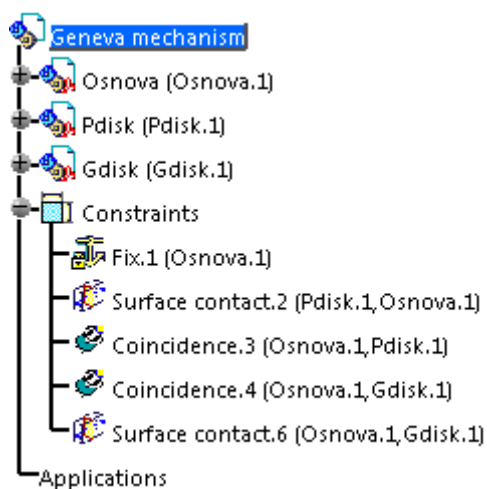
Слика 2.37 - Постављање компоненте Gdisk у почетни положај

Активирати команду **Update All** , склоп изгледа као на слици 2.38.



Слика 2.38 - Почетни положај склопа

Склоп се налази у почетном положају, избрисати угаона ограничења која су привремено постављена. ЛТМ на угаона ограничења у спецификационом стаблу и активирати тастер **Delete**. Спецификационо стабло има изглед као што је приказано на слици 2.39.



Слика 2.39 - Спецификационо стабло

Активирати команду **Save**  и снимити склоп под називом **Geneva mechanism**.

3. КИНЕМАТСКА СИМУЛАЦИЈА GENEVA МЕХАНИЗМА

У овом делу је приказано како се конвертују склопна ограничења у кинематске везе. Склоп има 8 механизма (4 механизма где оба диска врше ротационо кретање и 4 где само **Pdisk** врши ротационо кретање). Први механизам почиње када цилиндрични испуст **Pdisk**-а уђе у жљеб **Gdisk**-а и ротира га све до изласка из истог, одакле почиње други механизам. Дакле други механизам почиње од изласка цилиндричног испуста из првог жљеба, па све до улаза у други жљеб, у овом временском периоду само **Pdisk** извршава ротационо кретање. Поступак конвертовања трећег (и сваког другог) механизма је исти као поступак конвертовања првог, односно поступак четвртог (и сваког другог) је исти као поступак конвертовања другог механизма. У упуству је приказано само конвертовање првог и другог механизма.

DMU Kinematic је модул у CAD/CAM/CAE софтверском пакету CATIA који је специјализован за кинематску анализу уређаја и машина, тј. механизма. Његова основна улога је симулација кретања, провера спрезања између преносних елемената.

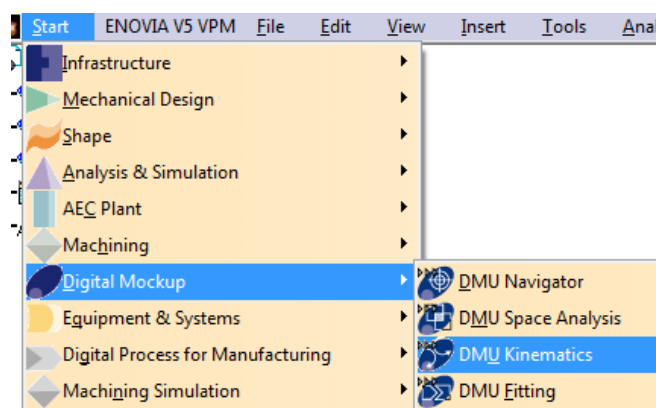
Кинематска симулација се помера према дефинисаним зглобовима који контролишу кретање склопа. Решења симулација нуде обрачун окружења у коме дизајнери могу самостално обављати и управљати симулацијом. Линеарне и нелинеарне симулације испитују реално понашање модела у различитим стресним ситуацијама. Симулације генеришу релевантна знања за побољшање перформанси производа, смањују број физичких прототипова и тестова и омогућава дизајнерима да дефинишу, симулирају и анализирају механизме за дигиталне производе свих величина.

Уз помоћ потпуно аутоматизованог Assembly Design радног окружења, инжењери и дизајнери могу креирати механизме из веза које су већ дефинисане. Функционална провера и валидација механизма може се спровести интерактивно или покретањем кинематске симулације. Ово се истовремено обрађује у Assembly Design радном окружењу који нуди моћне обраде алатима, генерисања покретног дела.

Први појам који треба да се разуме је шта је кинематика. Кинематика укључује склоп делова који су заједно повезани низом зглобова, што се назива механизмом. Ови зглобови дефинишу начин којим склоп може да обавља кретање. Када се један од зглобова помери изазива кретање склопа. Кинематика не подразумева никакву врсту коначних анализа елемената што значи да нема додатног оптерећења и тегова са деловима. Склоп се једноставно креће кроз неки опсег кретања, што је дефинисано од стране зглобова. Кинематика има за циљ да показује опсег кретања механичког механизма. У суштини, показује како кретање једног зглоба утиче на све друге зглобова дефинисане у механизму. Други појам који треба да се разуме су степени слободе. Сваки део има шест степени слободе. Може да се креће у три правца и такође може да ротира у та три правца. Да би се склоп користио у кинематици, мора да има најмање један степен слободе. Преостали степени слободе се контролишу командама. На овај начин омогућава се да кретање механизма буде дефинисано. Најтежи део у вези кинематике је да се схвати који зглобови треба да буду дефинисани у склопу како би он исправно радио. Кинематика се користи за проверу покретних делова, сметњу између њих и такође за анализу брзине делова.

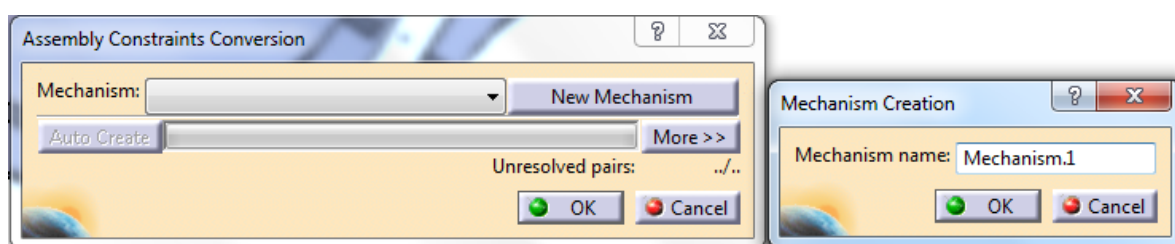
3.1. Формирање првог механизма (ротационо кретање дискова)

Покренути **DMU Kinematics** радно окружење, *Start*→*Digital Mockup*→*DMU Kinematics*, као што је приказано на слици 3.1.



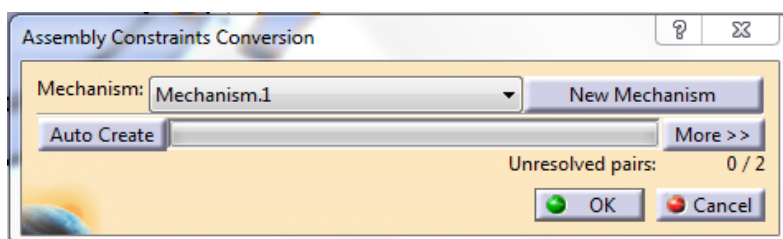
Слика 3.1 - Покретање модула DMU Kinematics

Аутоматско конвертовање склопних веза у кинематске везе се врши помоћу команде **Assembly Constraints Conversion**. Да би се формирао нови механизам, у отвореном дијалогу (слика 3.2) активирати команду **New Mechanism**.



Слика 3.2 - Формирање првог механизма

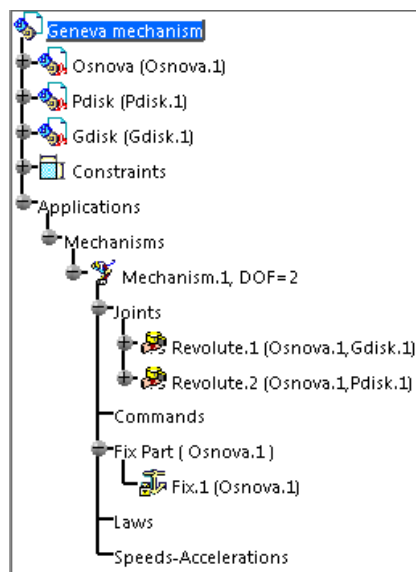
Затим активирати команду **Auto Create**, склопна ограничења се конвертују у кинематске везе, што је приказано на слици 3.3.



Слика 3.3 - Конвертовање склопних ограничења

Након конвертовања склопа у механизам спецификационо стабло се аутоматски увећава за грану **Application**.

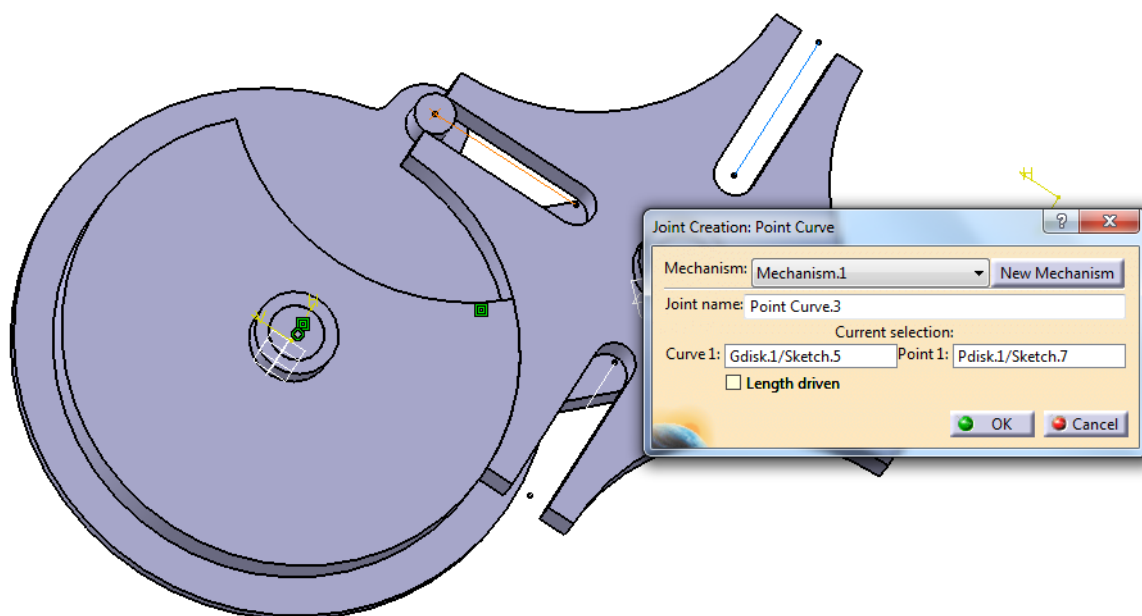
У стаблу се појављује грана са кинематским везама **Joints**, где је приказано да су формиране кинематске везе обртања око непомичне осе, **Revolute**, као и фиксирани део **Fix**, што је приказано на слици 3.4.



Слика 3.4 - Спецификационо стабло након формирања механизма

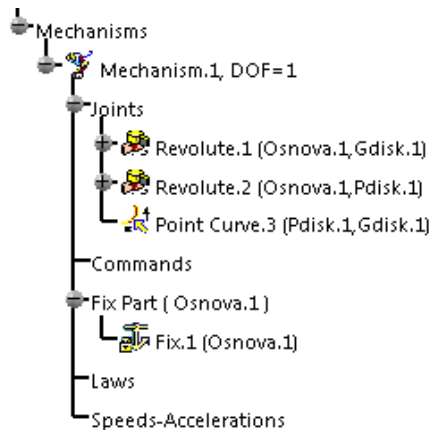
Из палете алата **Kinematics Joints**  активирати команду **Point Curve Joints**  којом се формира кинематски пар тачка-линија.

У новоотвореном дијалогу, за поље **Curve 1** селектовати црвену линију, која се налази на жљебу **Gdisk**-а, а за **Point 1** селектовати тачку, која се налази на цилиндричном испусту **Pdisk**-а, као што је приказано на слици 3.5.



Слика 3.5 - Формирање кинематског пара

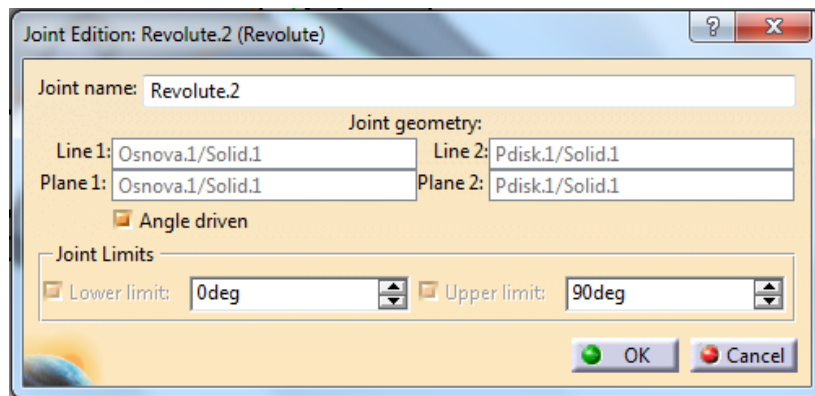
Након формирања кинематског пара, спецификационо стабло добија облик, који је приказан на слици 3.6.



Слика 3.6 - Спецификационо стабло након формирања кинематског пара

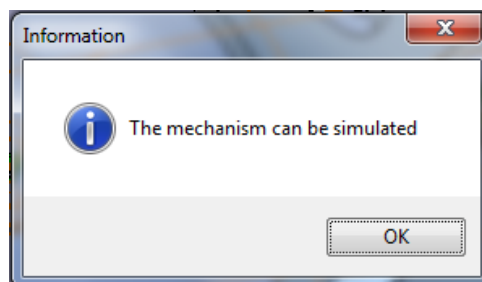
3.1.1 Дефинисање погонског елемента и граница кретања

Код овог механизма погонски елемент, компонента **Pdisk**, изводи обртно кретање. Потребно је у оквиру гране **Joints** уочити кинематску везу која одговара овом кретању. У овом случају то је веза **Revolute.2**. Двоструки ЛТМ на везу **Revolute.2**, отвара се дијалог ове кинематске везе. Укључити опцију **Angle driven**, кинематска веза постаје погонски елемент. Целина **Joint Limits** односи се на границе кретања погонског елемента. Крајњи положај овог механизма дешава се када цилиндрични испуст потпуно изађе из жљеба. Пређени пут погонског елемента одговара четвртини пуног круга. Према томе, границе кретања погонског елемента износе од 0° до 90° , унети их у поља као што је приказано на слици 3.7.



Слика 3.7 - Задавање граница кретања погонског елемента

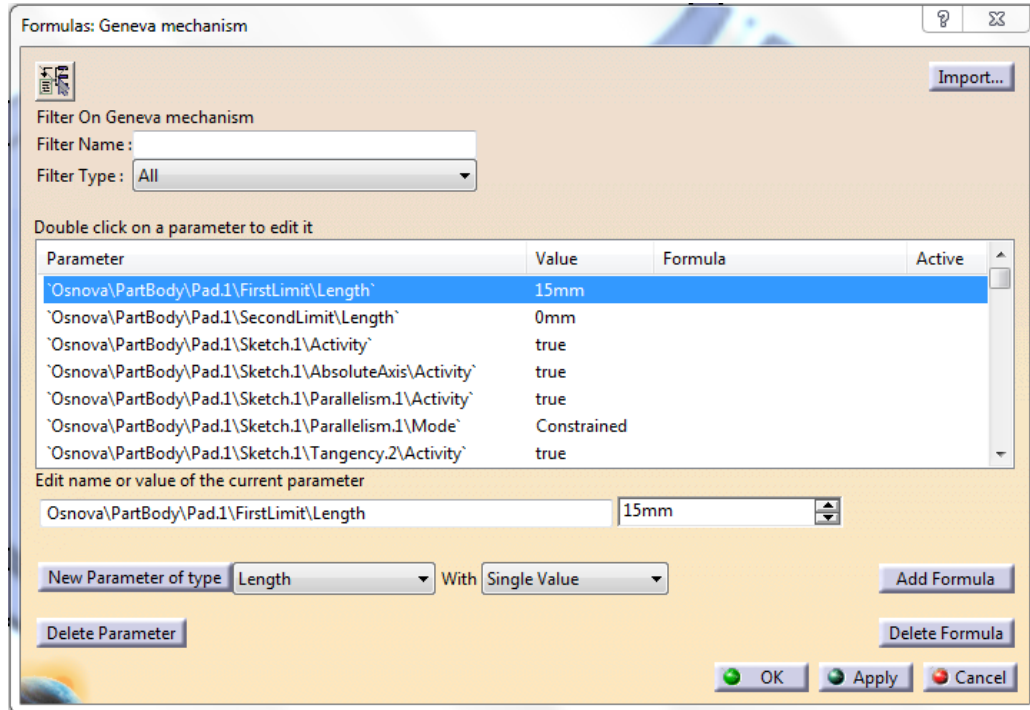
Активирањем команде ОК, појављује се порука (слика 3.8), која указује да је механизам формиран и да се може симулирати његово кретање.



Слика 3.8 - Порука која указује да се може симулирати кретање механизма

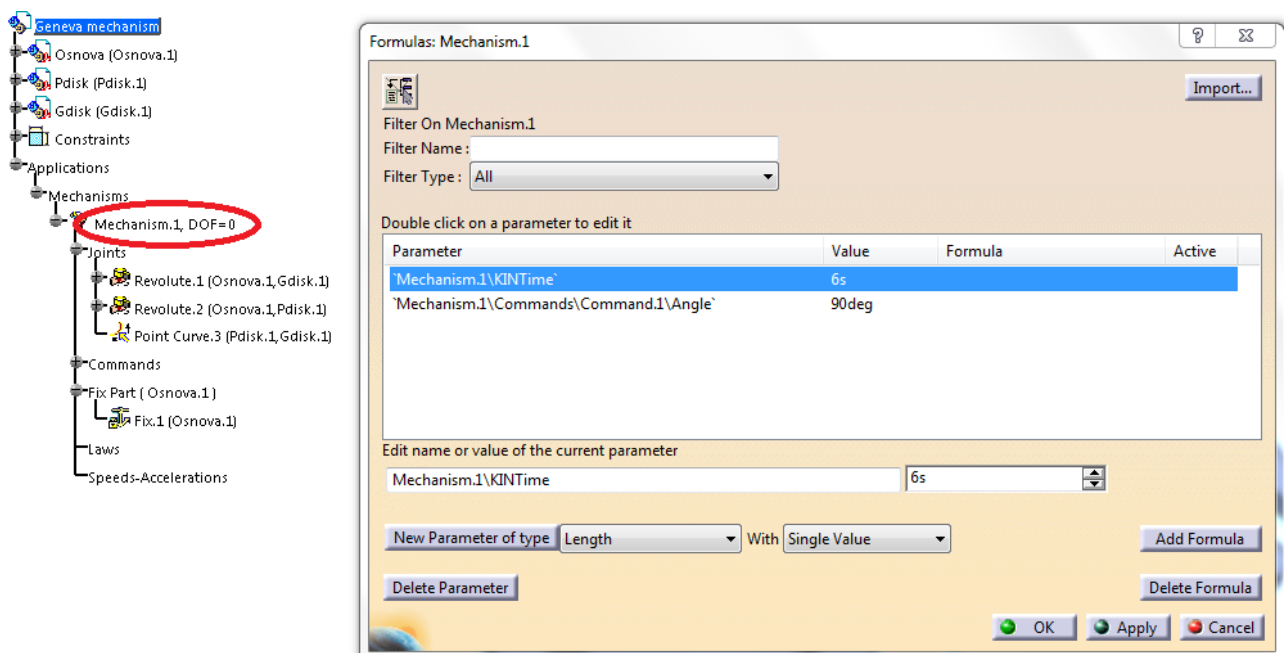
3.1.2. Задавање закона кретања

Задавање закона кретања се остварује активирањем опције **Formulas $f(x)$** из палете алата **Knowledge** . Активирањем ове команде отвара се дијалог (слика 3.9) са свим потребним параметрима као што су: склопни параметри кинематски параметри итд.



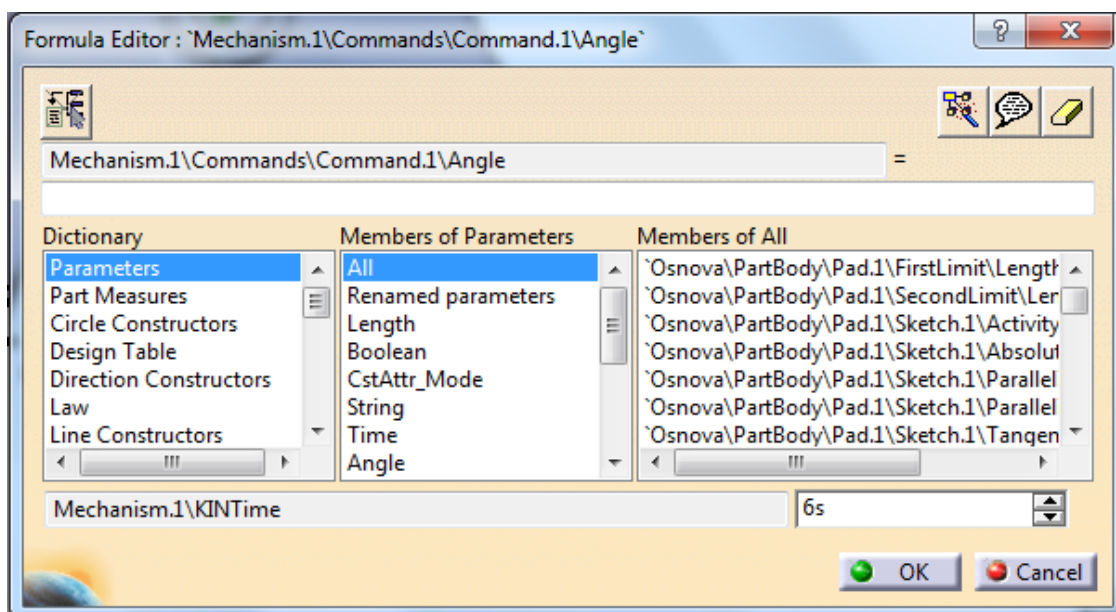
Слика 3.9 - Дијалог са свим потребним параметрима

ЛТМ на грану **Mechanism.1**, $DOF=0$ у спецификационом стаблу, приказују се само кинематски параметри, као што је приказано на слици 3.10.



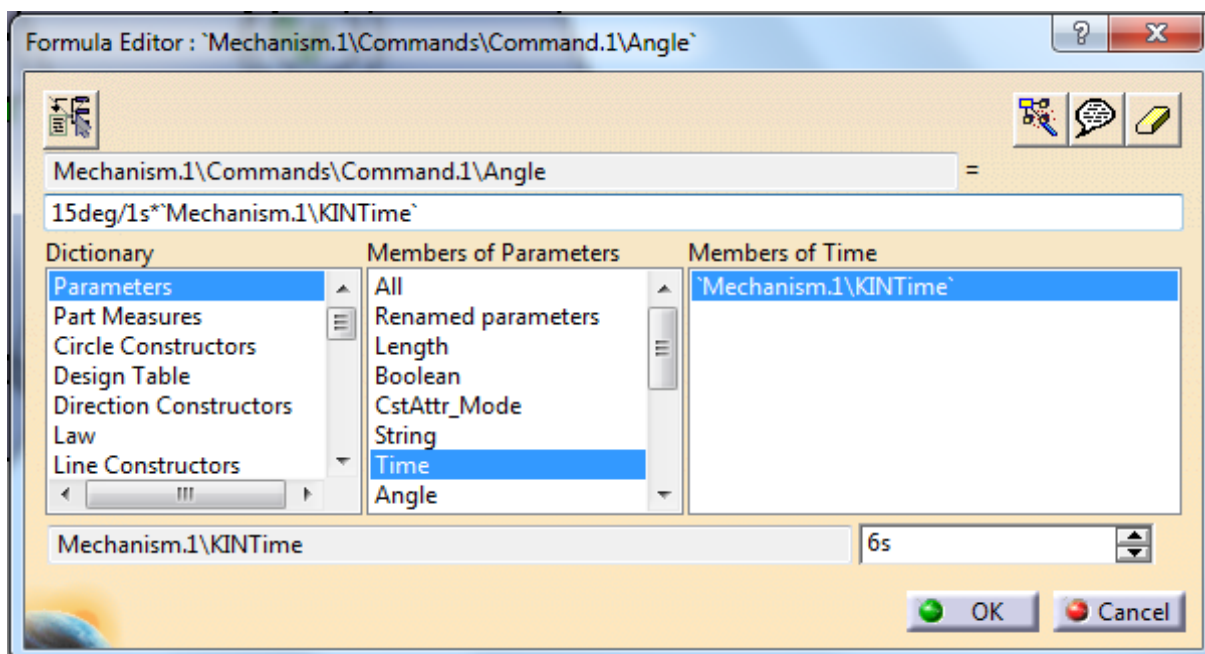
Слика 3.10 - Дијалог са кинематским параметрима првог механизма

ЛТМ на **Mechanism.1\Commands\Commands.1\Angle**, затим активирати дугме **Add Formula**. Отвара се дијалог **Formula Editor**, као што је приказано на слици 3.11.



Слика 3.11 - Дијалог за задавање закона

Из целине **Members of Parameters** селектовати **Time**, у целини **Members of Time** појављује се параметар **Mechanism.1\KINTime**. Двоструким ЛТМ на овај параметар постиже се његово уношење у линију за дефинисање пређеног пута. Остаје још да се ручно унесе одговарајућа брзина, у овом случају **15°/s**, као што је приказано на слици 3.12.

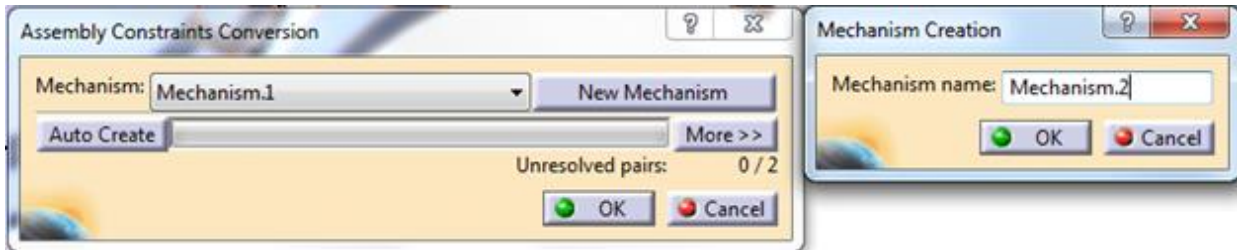


Слика 3.12 - Задавање закона првог механизма

Mechanism.1\Commands\Commands.1\Angle=15deg/1s*Mechanism.1\KINTime

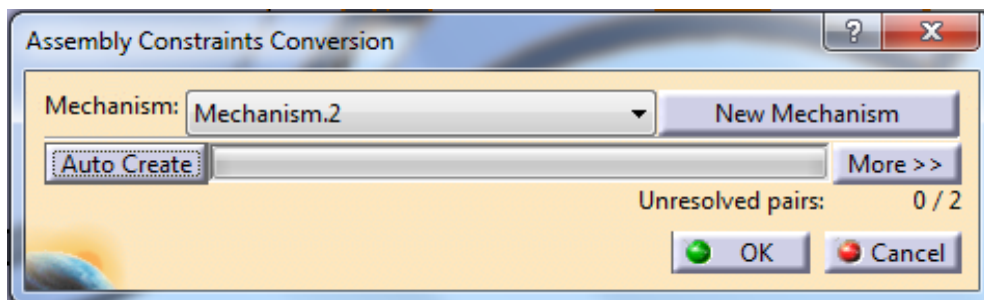
3.2. Формирање другог механизма (ротационо кретање Pdiska)

ЛТМ на команду **Assembly Constraints Conversion** , појављује се дијалог у којем се бира **Mechanism.2** активирањем команде **New Mechanism**, као што је приказано на слици 3.13.



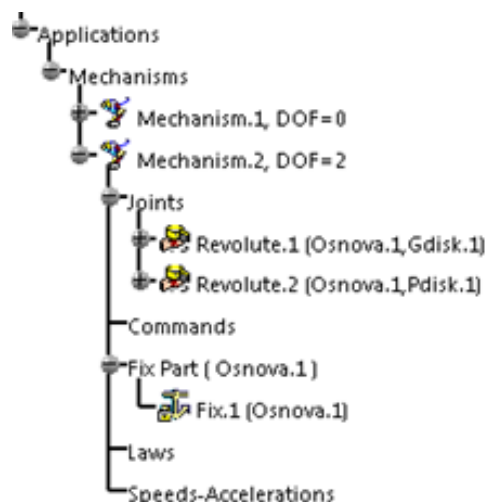
Слика 3.13 - Формирање другог механизма

ЛТМ на опцију **Auto Create**, склопна ограничења се аутоматски конвертују у кинематске везе, као што је приказано на слици 3.14.



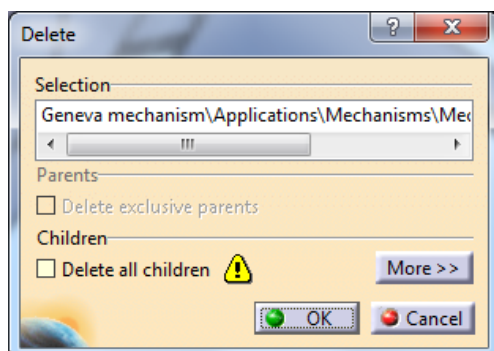
Слика 3.14 - Конвертовање склопних ограничења

Након конвертовања склопа у механизам спецификационо стабло се увећава за грану **Mechanism.2**, као што је приказано на слици 3.15.



Слика 3.15 - Спецификационо стабло након формирања другог механизма

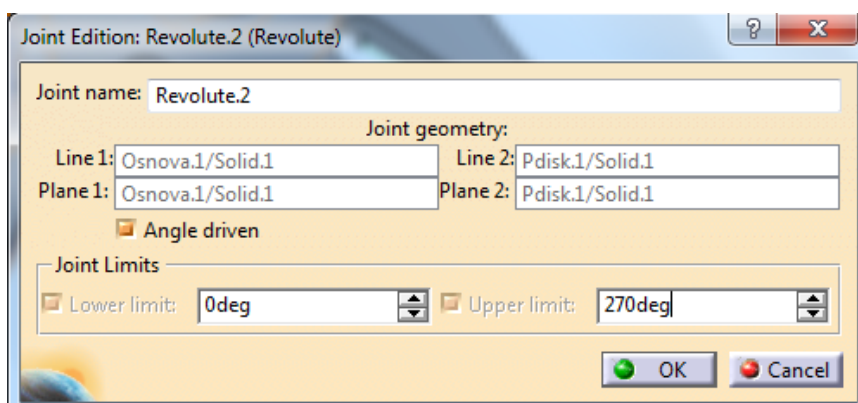
Пошто у овом случају **Gdisk** не врши ротационо кретање, потребно је из спецификационог стабла избрисати везу **Revolute.1** . ЛТМ на кинематску везу **Revolute.1** и активирати тастер **Delete**, појављује се дијалог **Delete** (Слика 3.16). У овом дијалогу искључити опцију **Delete all children**.



Слика 3.16 - Брисање везе Revolute.1

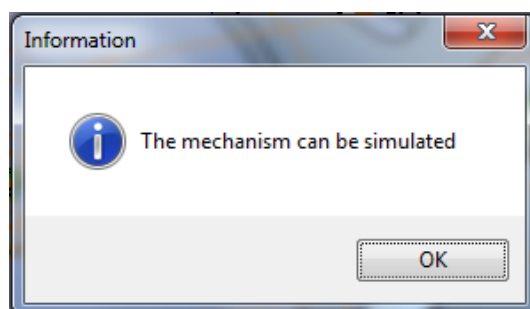
3.2.1. Дефинисање гоњеног елемента и граница кретања

Двоструки ЛТМ на везу **Revolute.2** отвара се дијалог ове кинематске везе. Укључити опцију **Angle driven**. Крајњи положај овог механизма дешава се када цилиндрични испуст дође на улаз наредног жљеба. У овом случају, погонски елемент прелази пут од три четвртине пуног круга. Према томе, границе кретања погонског елемента износе од 0° до 270° , унети их у поља као што је приказано на слици 3.17.



Слика 3.17 - Задавање граница кретања погонског елемента

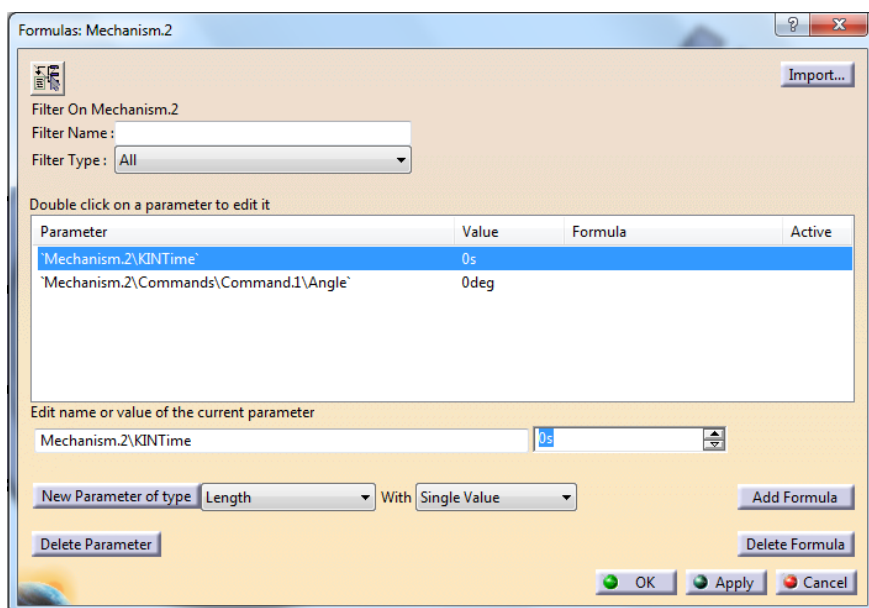
Након тога се појављује порука (слика 3.18), која указује да је механизам формиран и да се може симулирати његово кретање.



Слика 3.18 - Порука која указује да се може симулирати кретање механизма

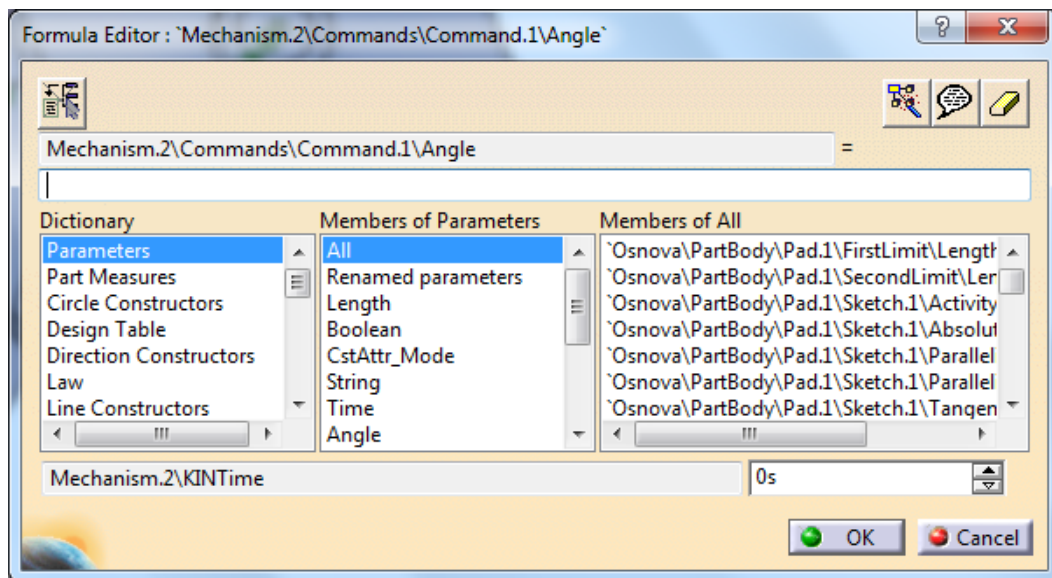
3.2.2. Задавање закона кретања

ЛТМ на **Mechanism.2**, **DOF=0** и активирањем опције **Formulas $f(x)$** отвара се дијалог (слика 3.19) са кинематским параметрима:



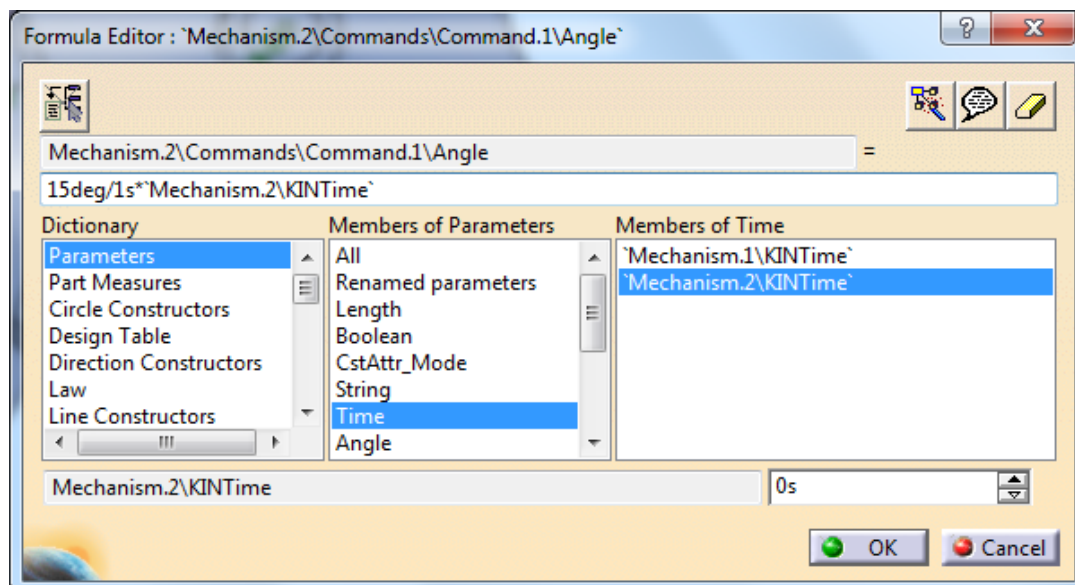
Слика 3.19 - Дијалог са кинематским параметрима другог механизма

ЛТМ на **Mechanism.2\Commands\Commands.2\Angle**, затим активирати дугме **Add Formula**. Отвара се дијалог **Formula Editor**, као што је приказано на слици 3.20.



Слика 3.20 - Дијалог за задавање закона

Из целине **Members of Parameters** селектовати **Time**, у целини **Members of Time** појављује се параметар **Mechanism.2\KINTime**. Двоструким ЛТМ на овај параметар постиже се његово уношење у линију за дефинисање пређеног пута. Остаје још да се ручно унесе брзина од **15%/s**, као што је приказано на слици 3.21.

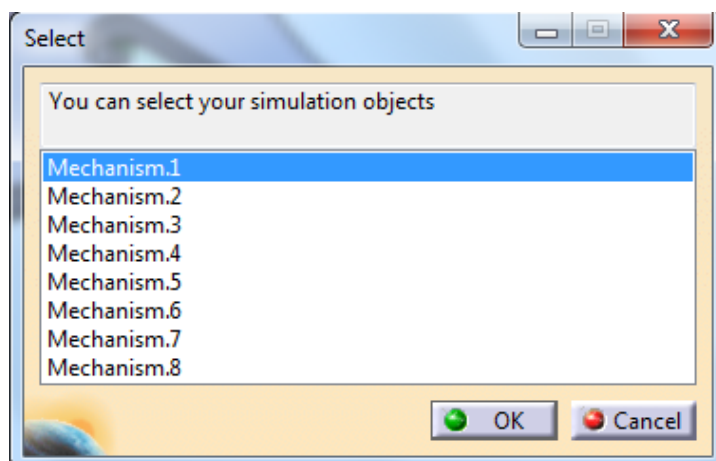


Слика 3.21 - Задавање закона другог механизма

*Mechanism.2\Commands\Commands.2\Angle=15deg/1s*Mechanism.2\KINTime*

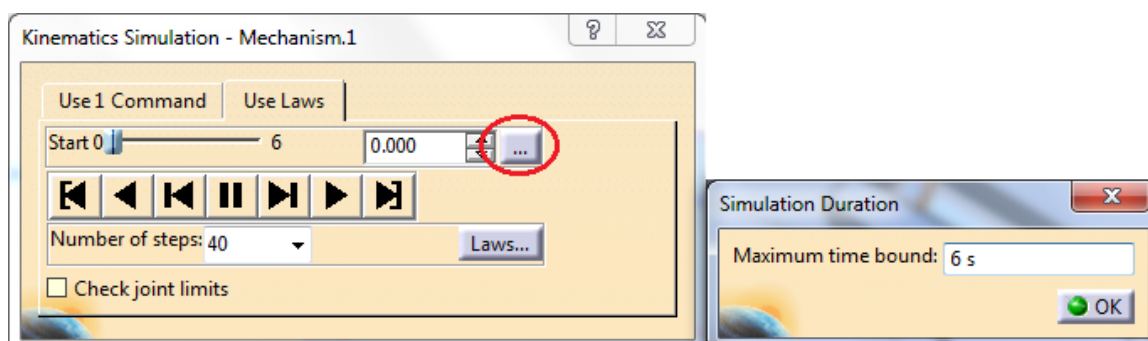
3.3. Симулација кретања механизма помоћу команди видео плејера (ротационо кретање дискова)

Активирати команду **Simulation** , отвара се дијалог **Selection** (Слика 3.22) у којем треба изабрати механизам чије се кретање симулира. ЛТМ на опцију **Mechanism.1** и активирати команду ОК.



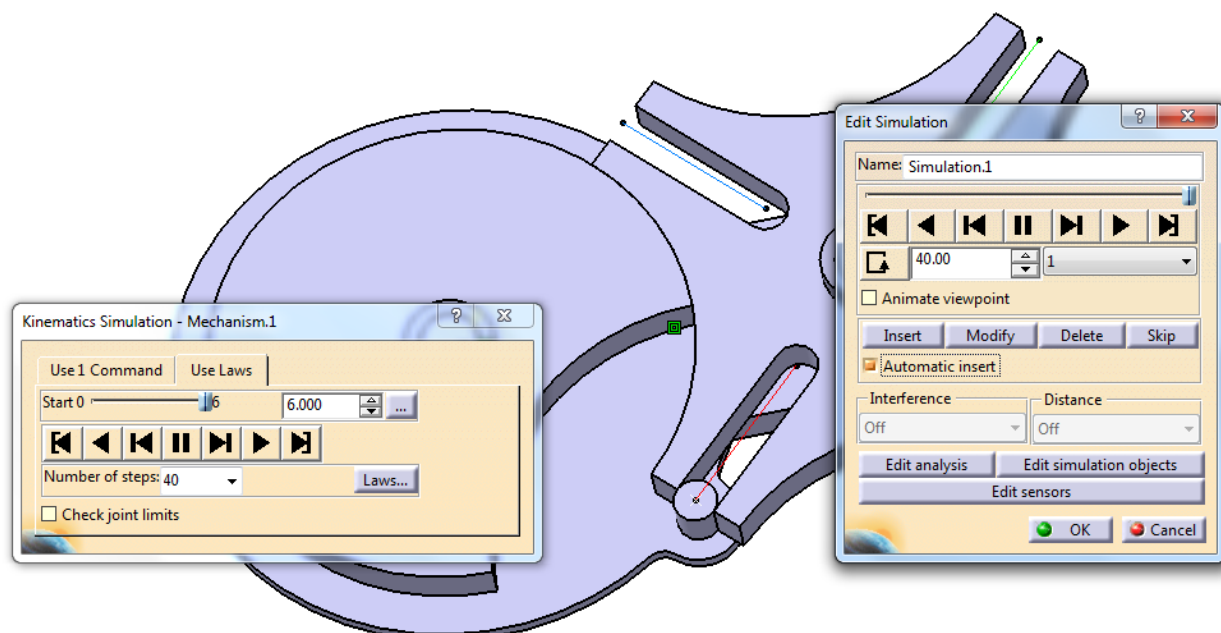
Слика 3.22 - Одабир механизма

Отварају се дијалози. У дијалогу **Kinematics Simulation**, ЛТМ на картицу **Use Laws**. Подесити вредност поља **Number of steps** на **40** и трајање симулације од **6s** (време за које ће **Pdisk** прећи четвртину круга), као што је приказано на слици 3.23.



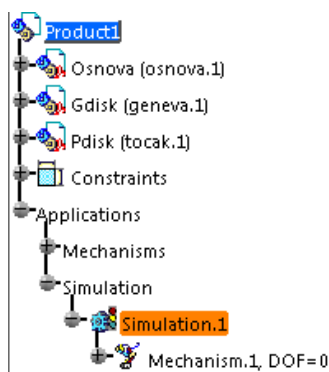
Слика 3.23 - Подешавање прве симулације

У дијалогу **Edit Simulation** укључити опцију **Automatic insert**, затим у дијалогу **Kinematics Simulation** активирати команду **Play** ►, механизам почиње да се креће (**Pdisk** извршава ротационо кретање у смеру казаљке на сату). Дијалог **Edit Simulation** добија изглед као на слици 3.24.



Слика 3.24 - Покретање симулације кретања првог механизма

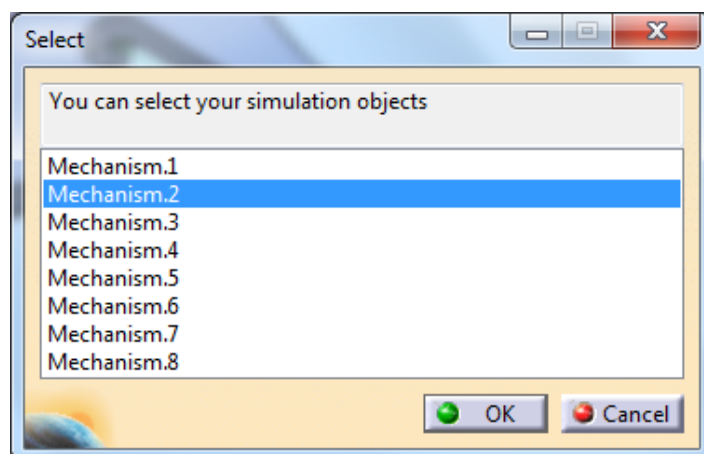
Затим искључити опцију **Automatic insert** и активирати команду ОК, спецификационо стабло (Слика 3.25) се увећава за грану **Simulation.1**.



Слика 3.25 - Спецификационо стабло након формирања прве симулације

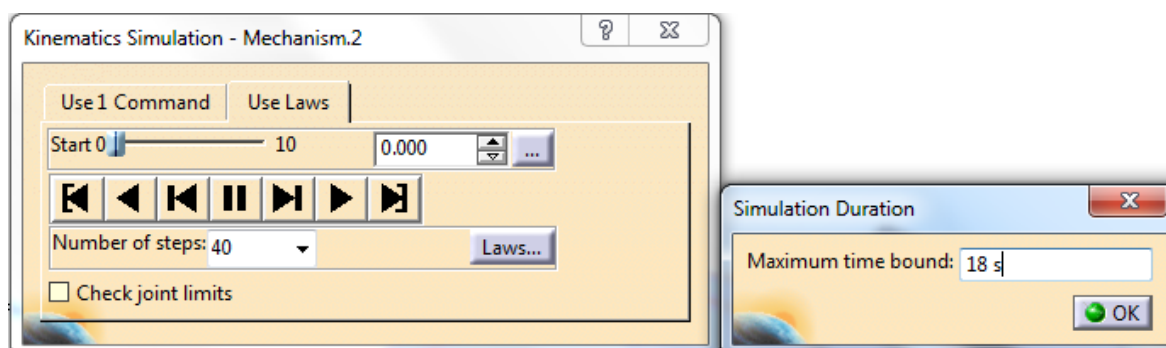
3.4. Симулација кретања механизма помоћу команди видео плејера (ротационо кретање Pdiska)

Активирати команду **Simulation**  отвара се дијалог **Selection** (Слика 3.26) у којем треба изабрати механизам чије се кретање симулира. ЛТМ на опцију **Mechanism.2** и активирати команду ОК.



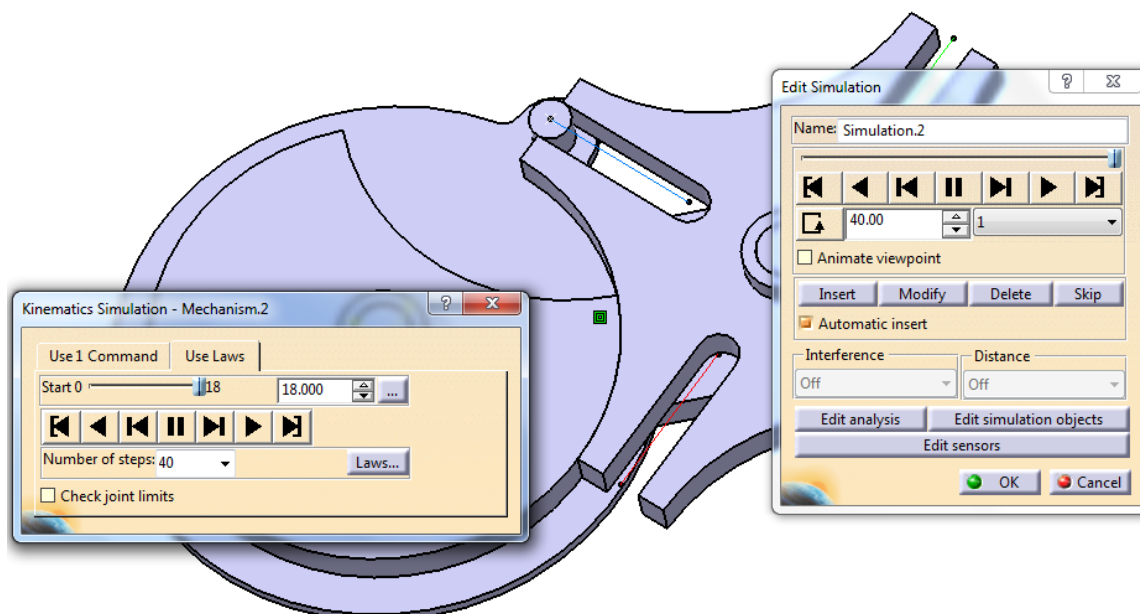
Слика 3.26 - Одабир механизма

Отварају се дијалози. У дијалогу **Kinematics Simulation**, ЛТМ на картицу **Use Laws**. Подесити вредност поља **Number of steps** на **40** и трајање симулације од **18s** (време за које ће **Pdisk** прећи три четвртине круга), као што је приказано на слици 3.27.



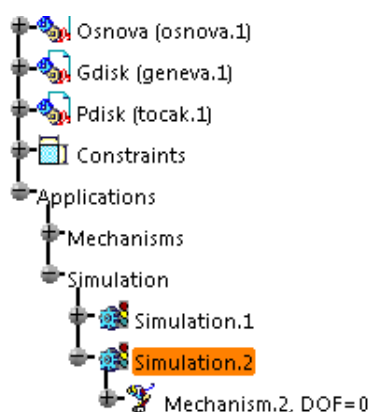
Слика 3.27 - Подешавање друге симулације

У дијалогу **Edit Simulation** укључити опцију **Automatic insert**, затим у прозору **Kinematics Simulation** активирати команду **Play** , механизам почиње да се креће. Дијалог **Edit Simulation** добија изглед приказан на слици 3.28.



Слика 3.28 - Покретање симулације кретања другог механизма

Искључити опцију **Automatic insert** и активирати команду ОК, спецификационо стабло добија облик приказан на слици 3.29.

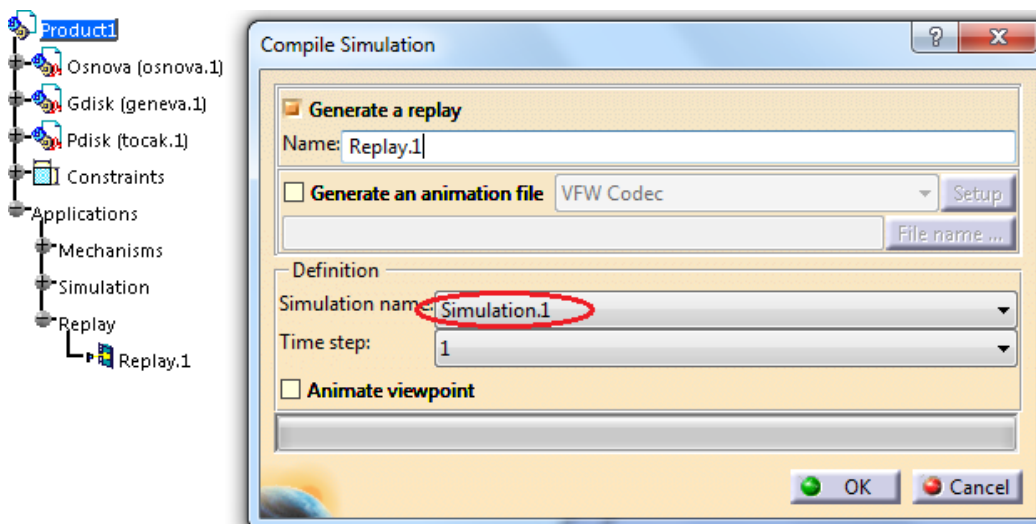


Слика 3.29 - Спецификационо стабло након формирања друге симулације

Поновити претходно објашњене поступке за формирање симулације осталих механизма.

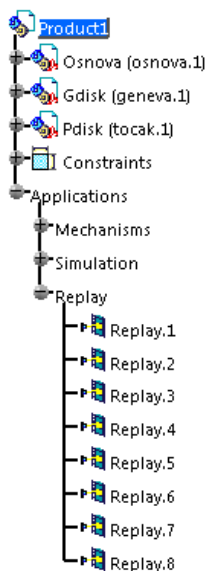
3.5. Снимање симулације (Replay zapis)

Из палете алата **Generic Simulation**  активирати команду **Compile Simulation** , отвара се дијалог **Compile Simulation**. Укључити опцију **Generate a replay**, из падајуће листе **Simulation name** изабрати симулацију коју желимо да снимимо и из падајуће листе **Time step** изабрати вредност временског корака (**0.4**). Активирати команду ОК, у спецификационом стаблу се појављује грана **Replay**, као што је приказано на слици 3.30.



Слика 3.30 - Снимање симулације

Поменути поступак поновити за остале симулације. Након снимања преосталих симулација спецификационо стабло (Слика 3.31) садржи 8 снимака симулација.

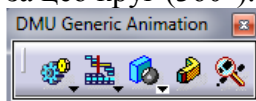


Слика 3.31 - Спецификационо стабло након снимања свих 8 симулација

3.6. Спајање симулација (Sequence)

Потребно је сложити свих 8 механизма у један низ и спојити да би се добила симулација обртања **Pdisk**-а за 4 пуна круга и **Gdisk**-а за цео круг (360°).

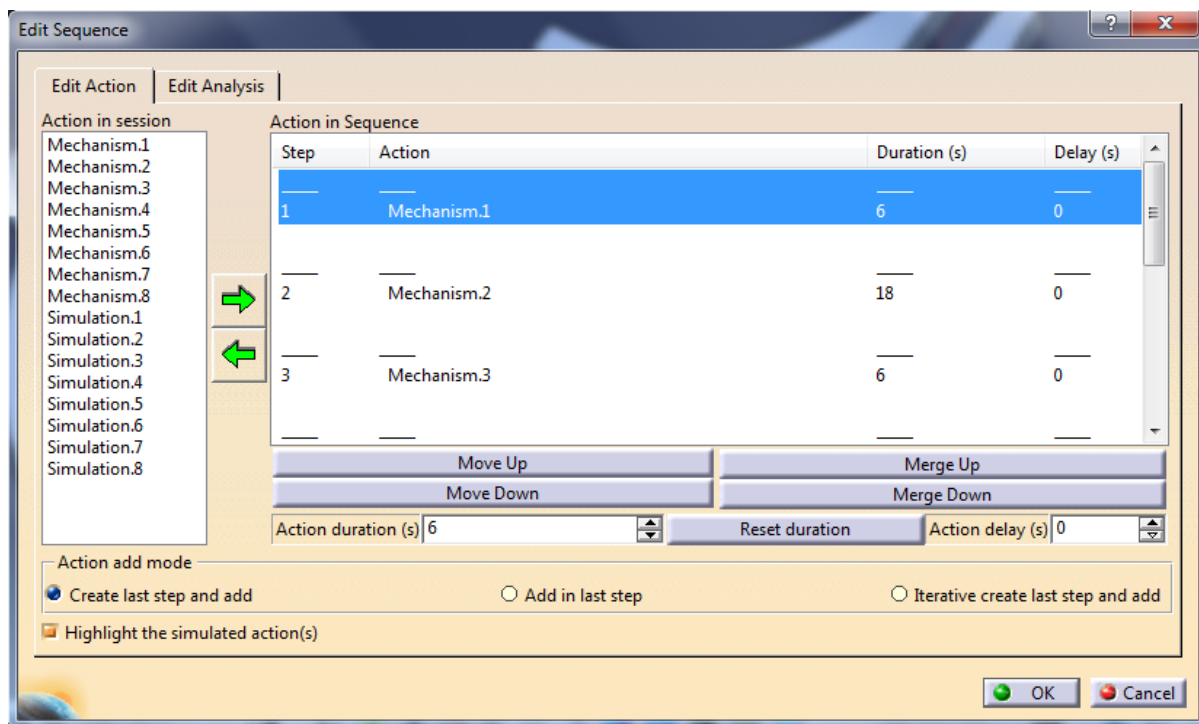
Из палете алата **DMU Generic Animation**



, активирати команду **Edit Sequence**

Sequence

, отварају се дијалози **Edit Sequence** и **Player**. У дијалогу **Edit Sequence**, у целини **Action in session**, ЛТМ на **Mechanism.1** и активирати команду , механизам се убацују у целину **Action in Sequence**. Поступак поновити и за осталих 7 механизма, дијалог ће изгледати као што је приказано на слици 3.32.



Слика 3.32 - Формирање комплетне симулације

У дијалогу **Player** (Слика 3.33) активирати команду **Parameters** , појављује се дијалог **Player Parameters**. Из падајуће листе **Sampling Step**, изабрати **0.2s**. Активирати команду **Play** , покреће се симулација.



Слика 3.33 - Подешавање брзине и покретање симулације

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је приказано детаљно упуство за израду 3D модела Geneva механизма и виртуелно симулирање његовог рада помоћу програмског пакета DASSAULT SYSTEMS – CATIA V5R19. Суштина приступа и поступка развоја и процеса помоћу рачунара огледа се у стварању модела. Сврха симулације је утврђивање информација о реалном систему коришћењем модела, у циљу њиховог оптималног планирања, коришћења и спровођења експеримената ради разумевања понашања система, при чему рачунарско моделирање представља свакако и најекономичнији пут реализације комплексних симулација.

Моделирање механизма у области технике има веома значајну улогу. Ова улога се огледа у томе што се на врло једноставан начин, помоћу програмског пакета CATIA, може симулирати рад било ког механизма. Додавањем одређених параметара добија се симулација реалних услова. Симулације се могу извршавати за различите параметре и у различитим временским условима. На тај начин се унапред може предвидети понашање механизма и извршити кориговање слабих тачака. Овим је олакшано конструисање реалног модела, а самим тим се уштеђује на времену и новцу.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б. Глигорић, Д. Вујић: “Научна књига - Механизми”, 1995.
- [2] Г. Јовичић, Компјутерски Подржано Инжењерство (скрипта), Машински факултет, Крагујевац.
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanism_\(engineering\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanism_(engineering))
- [4] <http://www.scribd.com/doc/221999955/Www2-Autorizovana-Predavanja-Mehanizmi-i-Masine-Copy>
- [5] http://sr.wikipedia.org/sr/Механички_пријенос
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Geneva_drive
- [7] <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/229059/Geneva-mechanism>
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/CATIA>
- [9] <http://www.cadcamlab.org/courseware/PDFs/Fitting%20Simulation%20and%20Kinematics.pdf>