

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Аутомобилско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Аутомобилско инжењерство

Предмет: Конструкција возила

Број индекса: 408/2015

Маринко Ј. Муић

Систем еластичног ослањања

“Double wishbone” – двострука виљушка

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Јасна Глишовић, ванр.проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- у уводном делу објасни задатак, функцију и бројне захтеве који се постављају пред систем еластичног ослањања друмских возила,
- дефинише основне елементе система еластичног ослањања и њихов појединачни значај и задатке у оквиру овог система на возилу,
- прикаже најчешћа решења система еластичног ослањања-СЕО на савременим путничким возилима на предњој осовини,
- изврши упоредну анализу Макферсоновог и система са двоструком виљушком, као два најзаступљенија решења на предњим осовинама путничких возила,
- изврши моделирање система са двоструком виљушком у софтверском пакету Catia.

Препоручена литература:

- [1] Филиповић, И.: Мотори и моторна возила, Машински факултет Универзитета у Тузли, 2006.
- [2] Knowles, D.: Automotive Suspension & Steering Systems, Delmar Cengage Learning, 2007.
- [3] Garrett, T.K., Newton, K., Steeds, W.: The Motor Vehicle, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [4] Dixon, J.C.: Suspension Geometry and Computation, John Wiley & Sons Ltd, 2009.
- [5] Демић, М.: Оптимизација осцилаторних система моторних возила, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, 1997.
- [6] Глишовић, Ј.: Конструкција Возила, Методичка збирка задатака са изводима из теорије, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.

Крагујевац, 20.09.2017.

ментор:

Др Јасна Глишовић, ванр.проф.

Резиме:

У овом раду описани су елементи и системи на путничком возилу који улазе у склоп система еластичног олањања. Посебан осврт је на систему са двоструком виљушком на предњој осовини путничког возила. Описан је историјски развој, геометрија система, дате су предности и мане, као и савремена возила која користе овај систем. У програмском пакету CATIA извршено је моделирање система двоструке виљушке и оно је поступно описано у раду.

Кључне речи: Систем еластичног олањања, систем са дуплом виљушком, предња осовина

Abstract

Elements and subsystems on a passenger vehicle that build the elastic suspension system are described in this master's thesis. A special overview is on the double-wishbone system on the front axle of the passenger vehicle. Historical development, system's geometry, advantages and disadvantages are described, as well as modern models of vehicles using this system. Modelling of the double wishbone suspension system is performed in the CATIA software package and the procedure is gradually described in the paper.

Keywords: Suspension system, Double wishbone system, Front axle

Садржај:

1. Увод	1
2. Осцилаторни систем возила	3
3. Елементи CEO	6
3.1 Еластични елементи CEO	6
3.1.1 Лиснате опруге (гибњеви)	6
3.1.2 Завојне опруге	8
3.1.3 Торзионе опруге	9
3.1.4 Гума - метал елементи	9
3.1.5 Пнеуматске (ваздушне) опруге	10
3.1.6 Хидро-пнеуматски систем ослањања	12
3.2 Пригушни елементи CEO	12
3.3 Стабилизатори	14
3.4 Механизам за вођење точкова (вођице точкова)	15
3.4.1 Зависно ослањање точкова	16
3.4.2 Независно ослањање точкова	17
4. Решења CEO на савременим путничким возилима на предњој осовини	21
4.1 MacPherson систем	21
4.2 Систем са двоструком виљушком (Double wishbone систем)	22
4.2.1 Геометрија система са двоструком виљушком	27
4.3 Поређење MacPherson и система са двоструком виљушком	31
5. Моделирање ослањања и вођења точка са две вођице	33
5.1 Горња вођица	33
5.2 Доња вођица	39
5.3 Веза са точком	44
5.4 Опружна нога	48
5.5 Главни носач	51
5.6 Точак	52
5.7 Склоп система за ослањање и вођење точка	55
6. Закључак	56
Литература	57

1. Увод

Моторна возила се састоје од више система од којих сваки има своју функцију. Један од тих система је свакако систем еластичног ослањања – СЕО, од кога зависи стабилност и удобност возила, а самим тим и безбедност путника. Под системом ослањања се подразумевају механизми и елементи који имају задатак да све реактивне силе и моменте који се појављују између точкава и тла у разним условима кретања пренесу на рам или каросерију уз што је могуће веће ублажавање ударних оптерећења, као и обезбеђење потребне стабилности возила посебно при кретању у кривинама. Кретање возила по реалном путу увек је, првенствено због неравнина на путу, праћено и осцилацијама возила. Осциловање маса возила изазива са једне стране замор и оптерећење возача и путника, а са друге стране додатна оптерећења пута и возила. Осцилације маса возила могу да доведу до знатног смањења динамичких реакција тла, што даље може да резултира смањењем вучних или кочних сила односно да угрози и стабилност управљања. Применом различитих система еластичног ослањања (СЕО) возила редукују се негативне последице осциловања [1, 2].

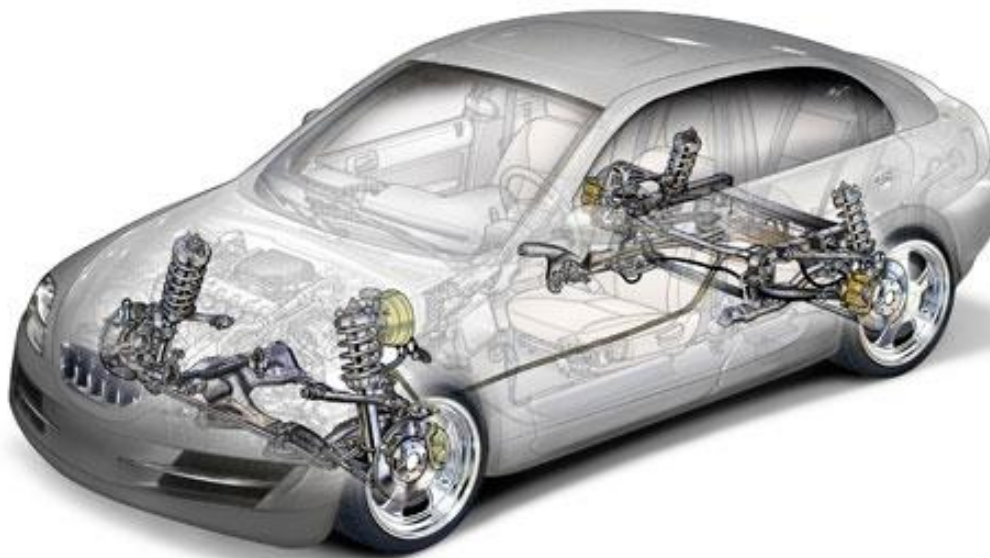
СЕО треба да задовољи бројне и комплексне захтеве који се могу сврстати у неколико основних група [3]:

- могућност кретања, до граничних брзина, по неравним путевима,
- мале промене трајекторије осциловања управљачких точкава при кретању по неравним путевима,
- обезбеђење добре стабилности и проходности,
- брзо пригушивање осцилација тела и точкава и
- минималне величине неослоњених маса и њихово оптимално компоновање у тражену целину.

Елементи, који као конструктивни систем, повезују предњу осовину са рамом или самоносивом каросеријом, називају се предње ослањање. Они обухватају дакле, предње точкове возила, осовину, систем огибљења и пригушења осцилација и елементе повезивања свих делова унутар овог система и целог система за каросерију (слика 1). Аналогно томе, елементи који повезују задњу осовину са каросеријом називају се систем задњег ослањања [4].

Систем ослањања у општем случају представља један врло сложен систем који се састоји из четири посебна система или механизма и то [1]:

- механизма за вођење точка (елементи за вођење),
- еластичних ослонаца (еластични елементи),
- елемената за пригушивање осциловања и
- стабилизатора.



Слика 1. *Елементи предњег и задњег ослањања [5]*

Механизам за вођење точка (елементи за вођење) има задатак да обезбеди што повољније њихово релативно померање у односу на оквир или каросерију возила. Елементи за вођење морају, такође, да обезбеде и преношење хоризонталних реактивних сила и реактивних момената са самог точка на оквир, односно каросерију возила.

Еластични ослонци (еластични елементи) имају задатак да пренесу на рам или каросерију вертикалне реактивне силе, а њихов суштински задатак је да при преношењу ових вертикалних сила обезбеде њихово што веће ублажавање, односно да се оствари што веће смањивање величина ударних оптерећења.

Елементи за пригушивање имају основни задатак да пригушују осцилације еластичних ослонаца, односно система еластичног ослањања и возила у целини, као и смањивање ударних оптерећења.

На друмским превозним средствима, поред претходно дефинисаних механизма и елемената система ослањања, понекад се срећу и посебни елементи који имају за циљ обезбеђење што веће стабилности возила, при његовом кретању у кривини. Ови елементи се зову стабилизатори. Код одређеног броја система ослањања један еластични елемент може да испуни функцију и елемената за вођење и елемената за пригушивање осциловања. Тако, нпр. код великог броја теретних возила уздужни лиснати гибњеви, поред своје функције еластичног елемента, одређују кинематику точкава, примају све видове оптерећења и пригушују осциловање услед трења између листова гибња [1].

2. Осцилаторни систем возила

Возило, као један осцилаторни систем у принципу чине три масе [4]:

- укупна ослоњена маса (сви делови изнад еластичних елемената, чија тежина оптерећује еластичне елементе),
- маса предње осовине са точковима и
- маса задње осовине са точковима.

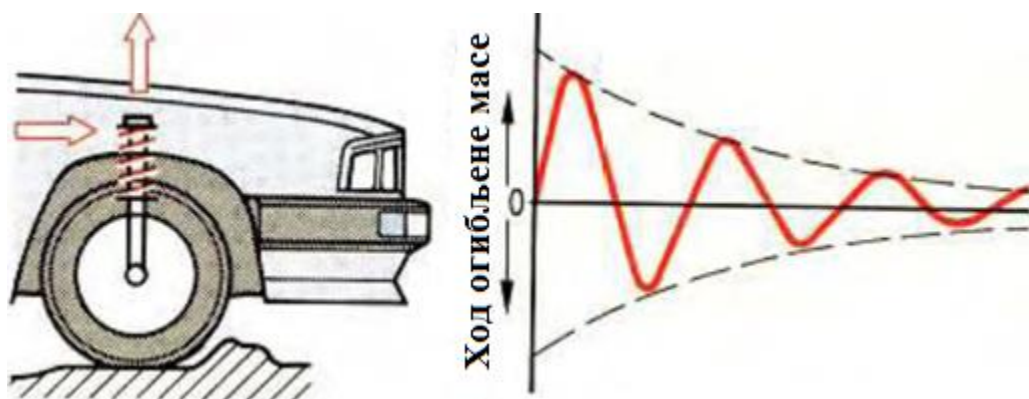
Идеално посматрано, зависно од конструкције система ослањања возила, оно би могло да има 18 степени слободе кретања, с обзиром да би свака од наведених маса имала по три транслаторна и три ротациона померања. Стога би и осцилаторни системи возила, са аспекта слободе кретања, могао да се представи сликом 2.



Слика 2. Приказ претпостављених и предвиђених кретања маса возила [4]

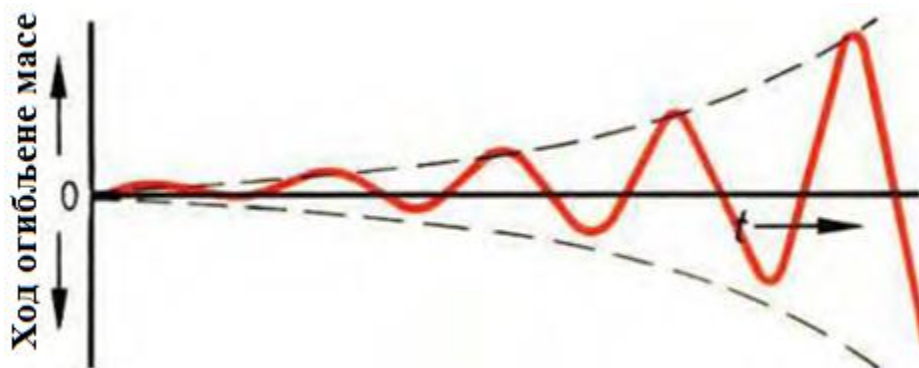
Укупно огибљење (ослањање) возила чине пнеуматици возила и еластични елементи система, који су постављени између осовина и каросерије. Додатно ослањање, намењено искључиво путницима је ослањање седишта. Чињеница је да све три врсте ослањања морају да дејствују једновременно и међусобно морају да буду подешена. Приликом кретања возила, неравнине пута повремено узрокују поред вертикалних, ударе и у хоризонталном правцу – подужне и попречне, који су знатно мање јачине. И ову врсту удара на себе примају еластични елементи система и то првенствено пнеуматици, а потом и гумена лежишта унутар система, којима се учвршћују носећи елементи са каросеријом. Битно је истаћи да поред сила од неравнина пута и друге силе могу да узрокују осцилације возила (вучне силе на точковима, сила кочења, сила ветра..).

Преласком точка преко мањих избочина на друму долази до кретања точка на горе, што се преко система повезивања точка са осталим делом система, директно одражава на систем ослањања, тако да се еластични елементи целог система (пнеуматици, међуелементи, опруге) сабијају, док каросерија, због велике инерције система ослањања остаје релативно мирна. По преласку избочине пута долази до наглог растерећења опруге, те се точак убрзава на доле. На каросерију опет дејствује само сила растерећења, која одговара висини избочине. Овакав систем важи само до случаја док је побудна сила мања од силе преднапрегнутости опруге која потиче од силе тежине ослоњене масе. У случајевима када је сила изазвана неравнином већа од силе у еластичним и пригушним елементима, точак се „одбацује“ од коловоза, реакција каросерије је знатно већа, те је и гibaње каросерије веће.



Слика 3. Пригушене осцилације и амплитуда осциловања [4]

Кретање каросерије од горње до доње мртве тачке представља ход ослоњене масе са својом амплитудом осциловања, која се пригушењем система смањује до потпуног заустављања. Повратно дејство опруге на каросерију је стога утолико повољније када великом сабијању опруге одговара релативно мала сила опруге (опруге мале крутости – меке опруге). С обзиром да на возило поред избочина на друму дејствују понекад и бочне силе, ослањање треба да буде и бочно ефикасно [4].



Слика 4. Настанак непригушених и прогресивних осцилација [4]

Из наведеног можемо доћи до закључка да:

- велика маса возила и меко ослањање резултирају осцилацијама мале учестаности, те тиме и малим амплитудама убрзања (ослоњена маса остаје релативно мирна),
- однос ослоњене према неослоњеној маси би требао да је што је могуће већи и
- при конструкцији ослањања треба тежити постизању мале сопствене фреквенце возила (меко ослањање).

3. Елементи СЕО

Еластични ослонци могу се извести на више начина од којих су најважнији челични (лиснате, завојне и торзионе опруге) и неметални (гумени, пнеуматски и хидраулични). Често се и користе комбинације различитих еластичних ослонаца. Карактеристике еластичних ослонаца битно утичу на осцилаторна својства возила и комфор возила у целини. Овим системима се додају и одговарајући елементи – пригушивачи осцилација, такозвани амортизери и стабилизатори, као и елементи за вођење точка [2].

3.1 Еластични елементи СЕО

Као што је већ наведено, систематизацију еластичних ослонаца можемо да извршимо према врсти еластичних ослонаца [2]:

- са челичним опругама које се даље деле на:
 - лиснате опруге,
 - завојне опруге,
 - торзионе опруге,
- са гумо-металним ослонцима,
- са пнеуматским ослонцима,
- са хидропнеуматским ослонцима.

Према начину постављања еластичних ослонаца:

- подужно постављени ослонци,
- попречно постављени ослонци,
- косо постављени ослонци и
- вертикално постављени ослонци.

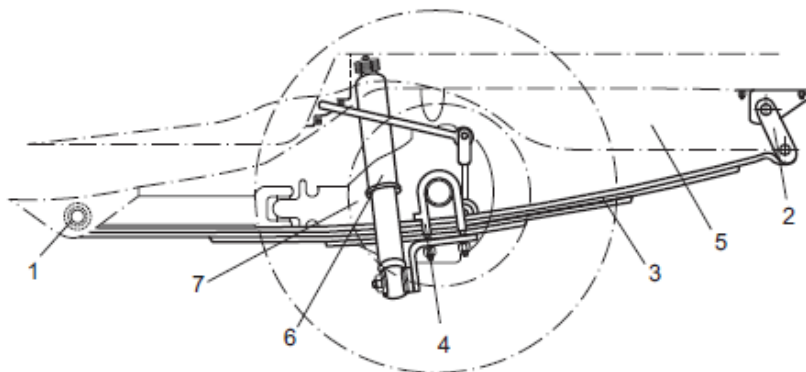
Према врсти деловања елемената за пригушивање:

- са хидрауличним пригушивачима,
- са механичким пригушивачима,
- са пригушивачима једносмерног дејства и
- са пригушивачима двосмерног дејства.

3.1.1 Лиснате опруге (гибњеви)

Лиснати гибњеви спадају у еластичне елементе који се под дејством силе савијају. Лиснати гибња је углавном састављен од лиснатих, ваљаних или вучених челичних трака, а због оптерећења на савијање састоји се од више листова различите дужине и различитог радијуса кривине а у циљу смањења трења између листова постављају се слојеви од

пластике. По средини сви листови гибња су притегнути једним централним завртњем ради спречавања међусобног подужног померања листова. Даље, по дужини, листови су чврсто спојени симетрично постављеним узенгијама, чиме се спречава међусобно бочно померање листова. Да би гибан могао предавати и примити уздужне силе, мора бити са рамом или каросеријом везан преко једног крутог и једног помоћног ослонаца (обично преко полуге која је са једне стране зглобно везана за рам, а са друге за гибан). Посебна предност ове врсте еластичног ослонаца је да он може преузети и функцију механизма за вођење точка па, због трења између листова, и функцију пругушног елемента. Поред предности лиснатог гибња које су наведене, они имају и низ недостатака који се огледа у релативно великој сопственој тежини, недовољном веку трајања и линеарној карактеристици (која практично треба да је нелинеарна). Ова врста еластичних ослонаца је веома погодна за ослањање теретних возила, те у принципу на њима налази главну примену. Код путничких возила могу наћи примену као гибњеви задње осовине или као попречни гибан предње осовине [1, 2, 4].



Слика 5. Везивање лиснате опруге за рам - шасију возила: 1 – непокретни ослонац, 2 – покретни ослонац, 3 – лиснати гибан, 4 – узенгија (веза мост – гибан), 5 – рам - шасија, 6 - амортизер, 7 - погонски мост [1]



Слика 6. Различита извођења лиснатих гибњева [6]

3.1.2 Завојне опруге

Завојне опруге (слика 7) као еластични елементи примењују се углавном код лаких возила која имају независно ослањање. Ова врста опруга је предодређена за примање искључиво сила у аксијалном правцу, тако да се не може користити за примање бочних или подужних оптерећења. Из тих разлога конструкција са спиралним опругама увек садржи подужне и попречне упорне споне, које се једним својим крајем зглобно везују за доњи ослонац опруге а другим на каросерију. Везивање на такав начин управо упорне полуге примају на себе подужна и попречна оптерећења, растеређујући спиралне опруге.



Слика 7. Завојне опруге: а) са прогресивном крутошћу
б) са линеарном крутошћу [7]

Опруга је направљена у облику спирале од округлог опружног челика одређеног пречника, намотане по цилиндру (опруге линеарне крутости) или у облику елипсе (опруге прогресивне крутости), тако да је жица опруге напрегнута на смицање. Прогресивне опруге имају још једну предност – ход (сабијање) је већи стога што се приликом сабијања спирале слажу једна унутар друге, чиме се постиже или мања дужина опруге или већи ход при истом оптерећењу у односу на спиралне опруге. Унутар цилиндричне спиралне опруге најчешће се уграђују телескопски амортизери или још једна опруга са спиралом мањег пречника, чиме се постиже повећана крутост система. Треба истаћи и једну карактеристику спиралних опруга, а то је да под једнаким условима дебљине и квалитета жице, већу крутост имају опруге намотане у спиралу мањег пречника од опруга са спиралом већег пречника [1, 4].

3.1.3 Торзионе опруге

Код ових врста опруга полуга израђена од опружног челика напреже се на увијање дејством силе на крај једне једнокраке полуге за коју је фиксирана главчина точка. Торзионе полуге су различитих конструкција: користе се пуни кружни или квадратни профили, цеви са разрезаним зидовима, пакети плjosнатих четвороугаоних полуга, мада је најчешћа примена – опружни челик са пуним кружним профилем. Уколико је торзиона полуга кружног профила (слика 8), на крајевима се налази ожљебљење чиме се иста фиксира једним крајем за рам или каросерију, а на другом крају је једнокрака полуга везана за конструкцију која носи точак. Добре особине торзионих опруга су мала тежина и габарити, као и то што не захтевају посебно одржавање. Недостатак им је то што не могу преузети функцију вођења или пригушивања па се могу примењивати само у сложеним системима ослањања. Поред тога, зависно од концепције возила, могу се показати као врло погодни или напротив као тешко применљиви на возилу. Торциони штапови посебно су погодни за примену на задњој осовини са уздужним вођењем [1, 2, 4].



Слика 8. Торзиона опруга у CEO са двоструком виљушком (Double wishbone) [8]

3.1.4 Гума - метал елементи

Ово су елементи који имају веома различиту примену у возилу, те услед тога проистиче и њихова велика разноликост по облику, димензијама и местима примене. Гумени елементи се у значајној мери примењују у систему ослањања и то по правилу у комбинацији са другим еластичним елементима, на пример као граничници (слика 9). Поред тога гумени ослонци се врло широко примењују у системима ослањања разних агрегата у возилу као што су мотор, мењач, разводник погона и други.

Гума по својој природи има изванредне карактеристике пригушивања осцилација и вибрација. Управо из тих својих карактеристика проистиче и задатак гума – метал

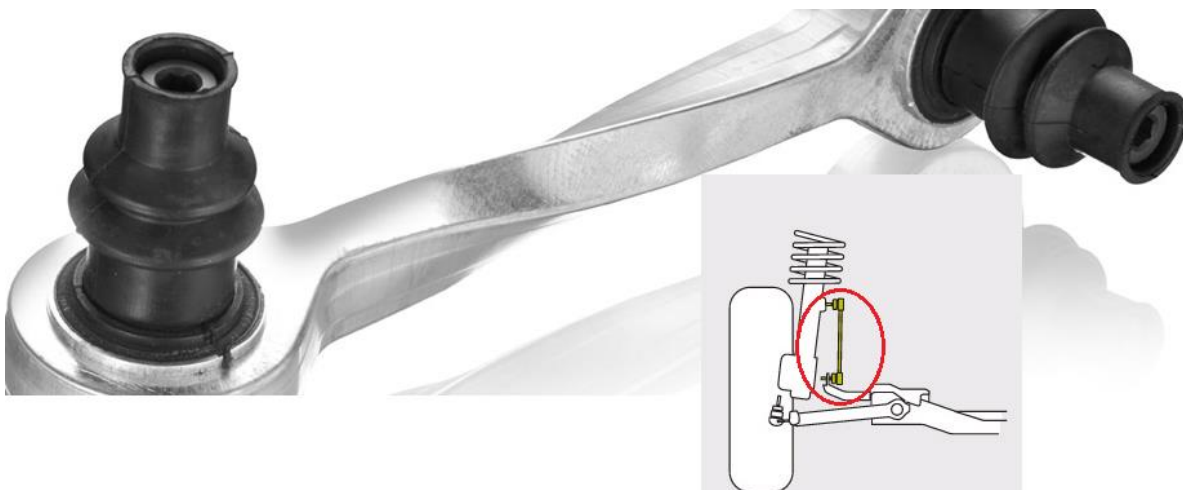
елемената: међусобно еластично спајање металних елемената уз задржавање могућности слободе кретања, као на пример причвршћивање вођица и упорних спона са носећим елементима, као елемент улежиштења мотора, мењача и осталих склопова и уопште где је потребно да делови буду спојени а истовремено пригушена бука и вибрације [2, 4].

Добра својства гумених ослонаца су [2]:

- једноставност,
- добар век трајања,
- нелинеарна карактеристика и
- пригушивање осцилација.

Недостаци гумених ослонаца:

- немогућност вођења точкова,
- осетљивост на температуру и
- појава заосталих напона.



Слика 9. Гума - метал елемент као граничник [9]

3.1.5 Пнеуматске (ваздушне) опруге

Ове опруге су затворени гумени елементи, испуњени најчешће ваздухом, а ређе азотом, при чему се у сврху еластичности користи стишљивост затвореног гаса. Пнеуматски еластични елементи изведени су од гуме ојачане челичним влакнима. Променом притиска ваздуха који се налази унутар елемената аутоматски се регулише његова крутост. Ово доприноси да се при различитим статичким оптерећењима угиб елемената не мења, односно каросерија задржава константан положај у односу на пут. Напајање елемената ваздухом, под притиском врши се из инсталације за кочење (ако је систем кочења компримован ваздухом), или из самосталне инсталације. Аутоматска регулација крутости

врши се посебним регулаторима. Пнеуматски еластични елементи користе се и код зависног и код независног система ослањања. Пошто пнеуматски елементи немају могућност да пренесу уздужне и попречне силе они морају бити комбиновани са елементима за вођење који се изводе у облику штапова (полуга), а постављају се у правцу деловања сила. За ове елементе се у пракси и литератури среће назив и ваздушни јастуци (слика 10). Пнеуматски еластични елементи се употребљавају код возила чије се оптерећење мења у широком дијапазону (аутобуси, тешки камиони и приколице) и код путничких возила високе класе код којих се жели обезбедити што је могуће већи комфор (Mercedes, Citroen...) [1, 4].



Слика 10. Пнеуматско ослањање у систему са двоструком виљушком (Double wishbone) [10]

Предности овог система су [2]:

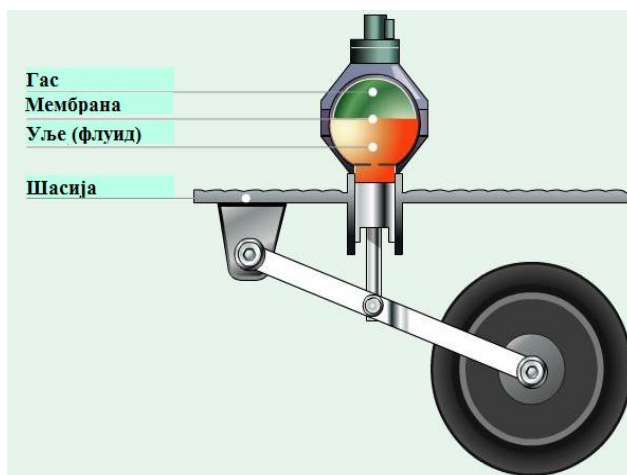
- повољна карактеристика еластичног елемента са становишта осцилација,
- лако подешавање према карактеристици возила,
- могућност подешавања карактеристике у току вожње,
- дужи век трајања система и возила у целини,
- висока осетљивост и
- мала тежина нееластично ослоњених делова у систему ослањања.

Овај систем има и недостатке [2]:

- посебни механизми за вођење точка и пригушивање,
- већа цена и
- сложеније одржавање.

3.1.6 Хидро-пнеуматски систем ослањања

Комбинацијом два различита медија, нестишљиве течности и стишљивог гаса добио се хидро-пнеуматски еластични елемент. Свако померање точка преноси се на течност, а преко ње на мембрану изнад које се налази гас, те се на тај начин изазива сабијање гаса на основу чега се добије дејство еквивалентно дејству пнеуматског еластичног елемента. Добра особина им је да могу да обједине функцију еластичног и пригушног елемента. Тако да ова врста опруга такође може да послужи као амортизер али и као регулатор нивоа, тиме што се количина уља у систему може променити зависно од оптерећења, путем посебног уљаног система са пумпом високог притиска. Основни недостаци овог система су немогућност ширег подешавања карактеристике и релативно високи притисци у инсталацијама (150 до 250 bar) што може да буде ризично са становишта поузданости система [1, 2, 4].



Слика 11. Систем хидро-пнеуматског ослањања [11]

3.2 Пригушни елементи СЕО

Због постојања еластичних елемената у систему ослањања се јављају осцилације чак и приликом кретања по најквалитетнијим путевима. Како су појаве осциловања непријатне за возача и путнике, а такође лоше утичу и на стабилност, мора се вршити њихово брзо пригушење не само из разлога који су већ наведени него и због спречавања појаве резонанце. Ову врсту пригушивања врше пригушни елементи-амортизери. Пригушни елементи могу бити механички, хидраулични или пнеуматски. Механички амортизери се не примењују код савремених возила, пнеуматски врло ограничено, тако да су у пракси најзаступљенији хидраулични амортизери. Принцип рада хидрауличних амортизера је у претварању кинетичке енергије у топлоту. Овај процес реализован је протоком уља кроз калибрисане отворе који се налазе на клипу или у неком другом елементу амортизера. Амортизери који делују у једном правцу називају се једносмерни, они који делују у оба

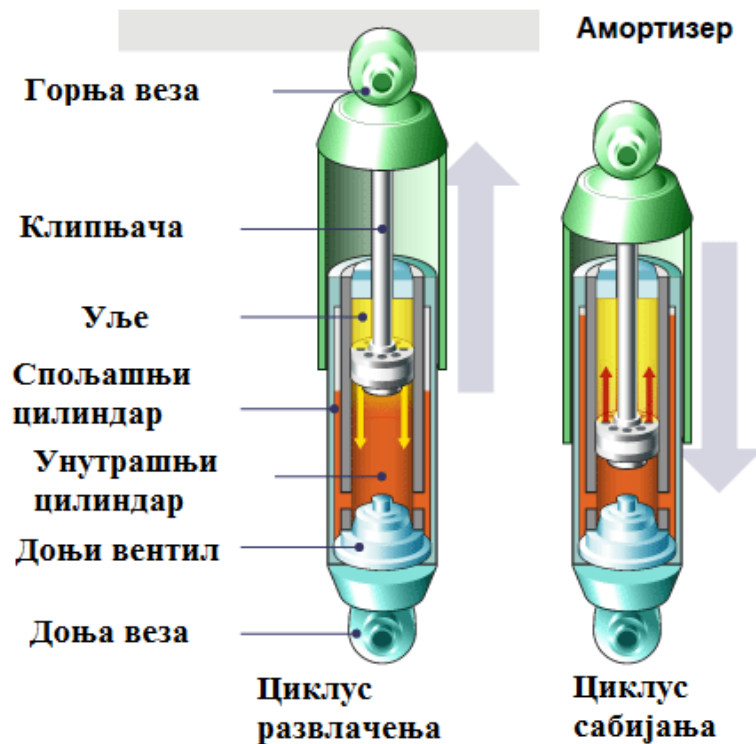
правца двосмерни. За примену на возилима обично се користе амортизери двосмерног дејства.

Према конструкционом извођењу амортизери се деле на :

- амортизере са полугом и
- телескопске амортизере.

Амортизери са полугом раде на тај начин да се приликом наилаaska точка на неравнину примени узајамни однос између рама на коме је причвршћен амортизер и осовине за коју је везана полуга. При померању полуге уље у амортизеру прелази из једног простора у други. Повратком полуге на доле, уље се потискује назад, али сада кроз пригушни вентил, и на тај начин ствара силу која се супротставља даљем осциловању. Полужни амортизери се изводе као једносмерни (пригушење само у једном ходу) и двосмерни (пригушење се остварују у ходу на горе и на доле).

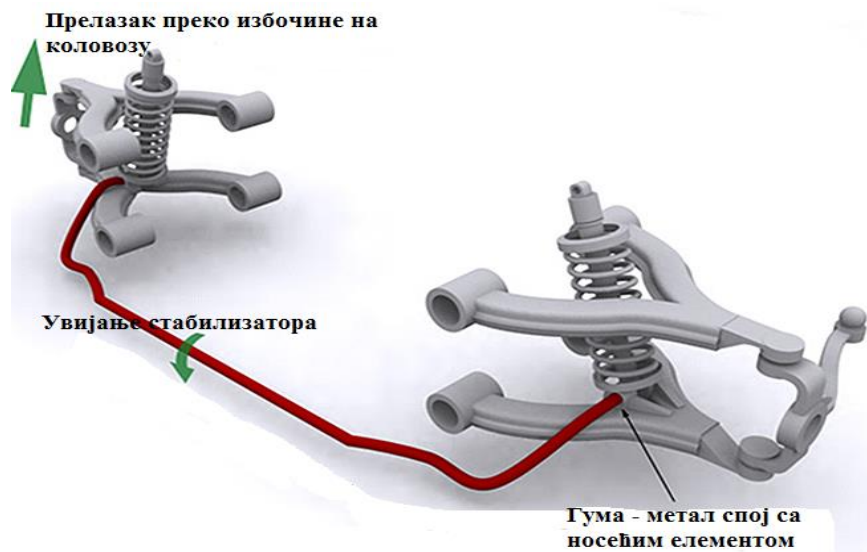
Телескопски амортизери су лакши од амортизера са полугом (скоро дупло), простије су конструкције и имају дуг век трајања. Ови амортизери раде са притисцима уља од 60 – 80 bar, док се код амортизера са полугом ти притисци крећу од 250 – 400 bar. Принцип рада телескопског амортизера је да приликом истезања или сабијања амортизера течност која се налази у његовој унутрашњости, протиче из једног простора у други кроз мале попречне пресеке услед чега амортизер даје силу отпора која смањује енергију осцилаторног кретања. Да би се објаснио принцип рада амортизера (слика 12) потребно је имати у виду да при било ком померању клипа промена запремине доњег простора радног цилиндра је већа од промене запремине горњег простора, јер део запремине горњег простора заузима клипњача. Због тога приликом померања клипа према доле (ход сабијања) течности која се истиска из доњег простора радног цилиндра не може потпуно прећи у горњи простор (изнад клипа) те део течности пролази кроз вентил у резервоар. Приликом померања клипа према горе (ход истезања) запремина течности која се прелива из горњег простора је мања од ослобођеног дела доњег простора и део течности из резервоара протиче кроз усисни вентил у доњи простор. На тај начин, ниво течности у резервоару се непрекидно мења: при сабијању амортизера је највећи, а при истезању најнижи [1, 2, 4].



Слика 12. Телескопски хидраулични амортизер [12]

3.3 Стабилизатори

Еластично ослањање возила има и своје негативне последице, што се огледа у бочном нагињању возила при кретању у кривини, и у погоршању карактеристика стабилности. У циљу смањивања бочних нагињања возила користе се стабилизаторске опруге – стабилизатори (слика 13) и то најчешће торзиони. Механички торзиони стабилизатор по конструкцији је веома једноставан, не захтева посебно одржавање и јефтин је. Може да буде постављен попречно и уздужно у односу на уздужну осу возила. Обично се изводи у облику двокраке полуге као целина, а причвршћен је за оквир возила преко стега са тврдом гумом, а вођицама се повезује са везним полугама. Улога стабилизатора је да се торзијом супростави бочном нагињању возила у случају када се један точак издиже, тј. да као сила реакције притискивањем супротног точка на коловоз исправља возило и не дозвољава његово бочно нагињање [1].



Слика 13. Торзиони стабилизатор [13]

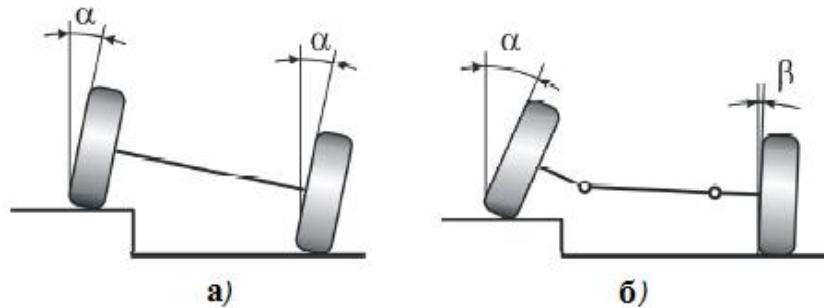
3.4 Механизам за вођење точкова (вођице точкова)

Да би се систем осциловања возила најповољније решио, сходно намени возила, примењују се различити системи ослањања и огибљења. У општем случају, поред ослањања маса возила и обезбеђења осцилаторне удобности, конструкција ослањања има задатак да у сваком случају одржи [4]:

- добро подужно и попречно вођење точкова,
- добро пријањање свих точкова, како би било могуће кочење, потпуно одржавање вучне силе код погонских и одлична управљивост код управљачких точкова и
- потпуно одржавање геометрије управљачких точкова.

Према начину извођења конструкције огибљења разликују се [4]:

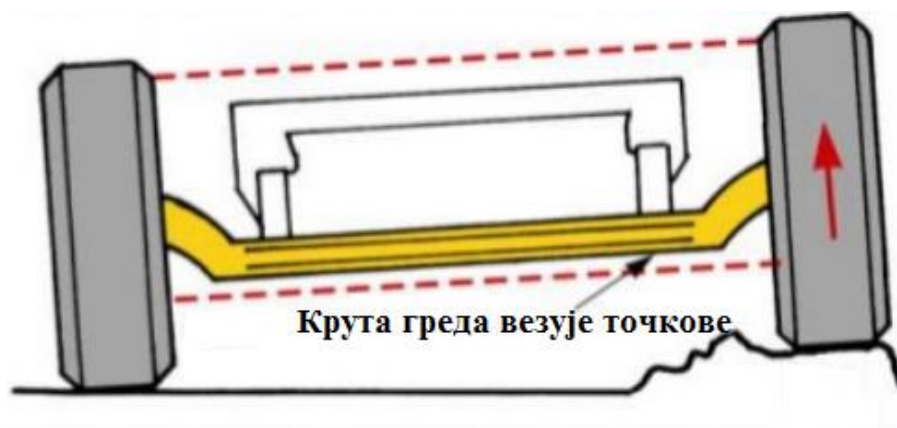
- зависно ослањање (када померање једног од точкова осовине директно утиче на померање другог) и
- независно ослањање (када померање ма ког точка по висини не утиче на померање другог на истој осовини или уопште осталих точкова).



Слика 14. Ослањање точкова а) зависно, б) независно [2]

3.4.1 Зависно ослањање точкова

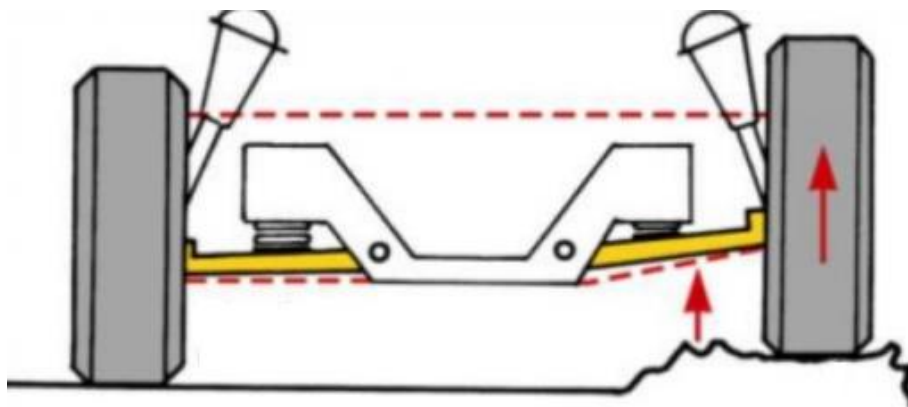
Ова врста ослањања и вођења точкова представља претечу свих даљих конструкција. Зависни системи су везани за појам крутог моста било погонског било управљачког, код кога крута греда везује леви и десни точак при чему се померање једног точка у попречној равни преноси и на други точак. Основна предност ове врсте ослањања је квалитетно вођење точкова, добро примање и пренос свих сила како подужних тако и попречних и непроменљивост углова и непроменљивост трага између точкова при прелазу преко избочина на коловозу. У предности овог система убраја се и једноставност конструкције и мали захтеви везани за одржавање. Код путничких возила примењује се у принципу само за задње погонске осовине, док је примена круте предње осовине код путничких возила давно превазиђена [1, 4].



Слика 15. Шематски приказ зависног ослањања [14]

3.4.2 Независно ослањање точкова

Основана идеја независног ослањања је у суштини смањење неослоњене масе и одржавање сталног и доброг контакта са подлогом. То је омогућено прилагођавањем условима терена сваког точка појединачно, односно да прелажење преко неравнина једним точком, не утиче на померање другог точка исте осовине. С обзиром да се оваквим ослањањем увек остварује добар контакт са подлогом, све предности које из тога произилазе долазе до изражаја: потпуна вучна сила код погонских точкова а код управљачких – добра управљивост, осцилаторна удобност... Независни системи ослањања се данас практично обавезно срећу на управљачким мостовима путничких возила, а често, у последње време све више и на њиховим погонским мостовима. Код ових система, механизам за вођење преузима на себе и функцију управљачког моста у целини, уколико се ради о предњим точковима. Погонски мост се, у овом случају (ако није управљачки), не може израдити у јединственом крутом кућишту, већ се точкови везују са диференцијалом преко полувратила изведених као зглобни преносници и то углавном као асинхрони (неједнаких угаоних брзина) [1, 4].

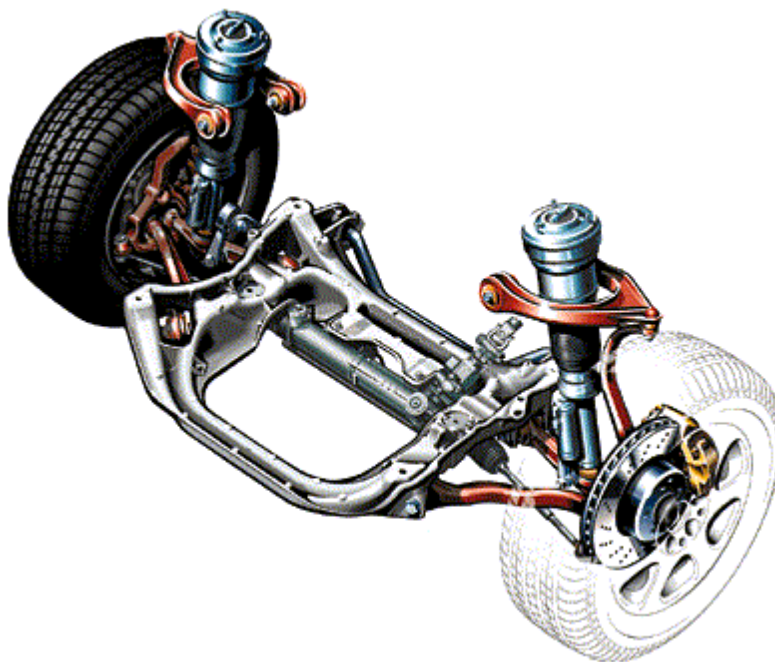


Слика 16. Шематски приказ независног ослањања [14]

У пракси код механизма за вођење точка код независног ослањања постоји велики број решења, од којих сваки од изведених конструкција има своје добре и лоше карактеристике, како се тежи да се негативне особине отклоне а добре задрже и побољшају имамо разна извођења [2]:

- вођење у попречној равни са једном или две попречне вођице,
- вођење у попречној равни са једном или две подужне вођице,
- вођење у подужној и попречној равни (косо вођење),
- линијско вођење,
- комбиновано вођење и
- просторно вођење.

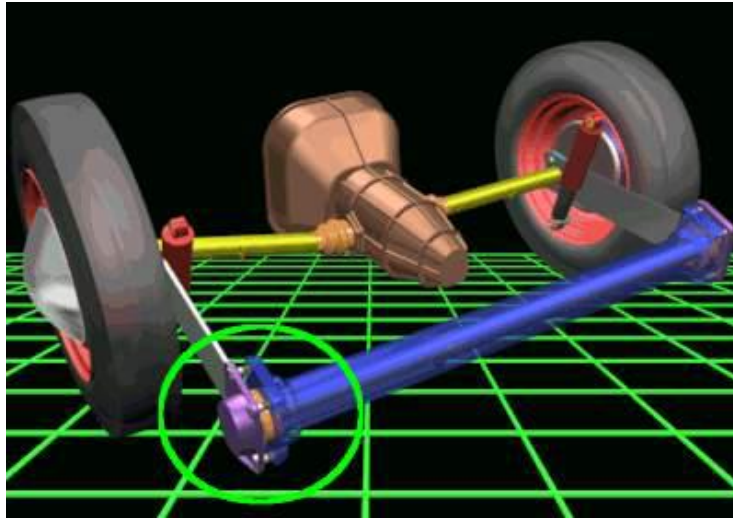
- **Вођење точкова у попречној равни**, ово решење је релативно једноставно и одликује се добрим прихватањем бочних сила. Разликују се системи са једном и две попречне вођице. Недостатак овог система су промене ширине трага точкова које су код вођења са једном вођицом значајне. Код система са две неједнаке вођице (слика 17) недостаци су битно редуковани те се ови системи све више користе, нарочито код предњег ослањања возила више класе, због врло доброг примања великих водећих и управљачких попречних сила.



Слика 17. Вођење точкова у попречној равни са две вођице различите дужине, предња осовина [2]

- **Вођење точкова у подужној равни**, ово решење погодно је за прихватање уздужних сила и одликује се минималним утицајима на промену кинематике точкова. Осциловање система са овим вођењем точкова проузрокује само мале промене осовинског растојања које не угрожавају стабилност возила. Значајан недостатак овог решења је лошије прихватање бочних сила те се оно у пракси примењује само код аутомобила са нижим максималним брзинама и то за задњу осовину. Уздужно вођење (слика 18) погодно је за комбиновање са торзионим штапом који се налази у попречном цевастом носачу који онда преузима улогу еластичног елемента.

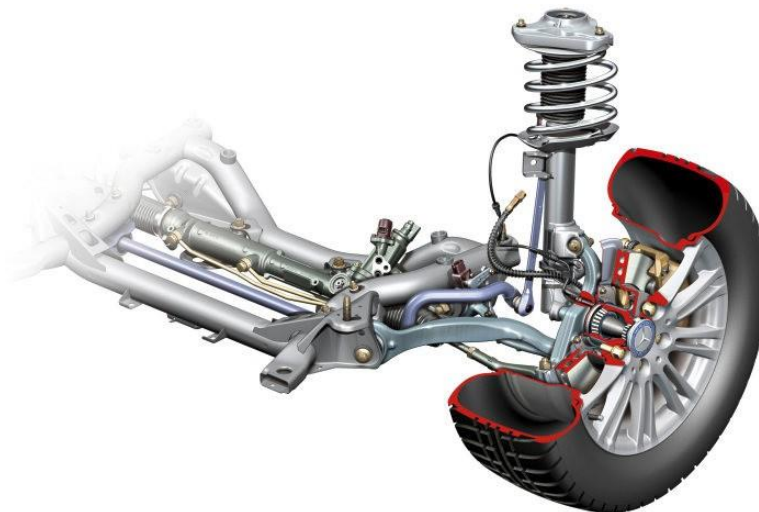
- **Линијско вођење точкова**, иако врло једноставно решење и са добрим кретањем точка, због проблема у практичним решењима више се не примењује код савремених аутомобила.



Слика 18. Уздужно независно вођење точка комбиновано са попречним носачем и торзионим штапом [2]

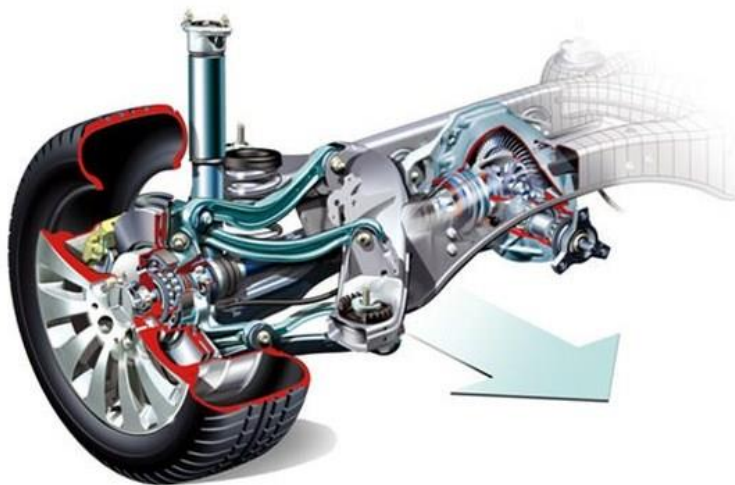
- **Вођење точка у подужној и попречној равни (косо вођење)** представља компромисно решење између попречног и уздужног вођења. Оно обједињава предности и недостатке оба ова решења али се често среће у изведеним решењима задње осовине јер је могуће добрим избором конструкционих параметара постићи доста добру кинематику точкова уз добро прихватање свих хоризонталних сила.

- **Комбиновано вођење точкова**, насупротив линијском вођењу, које је ван практичне примене, комбинација линијског и попречног вођења, позната под називом Мас Pherson-ова нога (слика 19), врло се често примењује на савременим возилима за вођење предњих али и задњих точкова.



Слика 19. Комбиновано вођење точка Мас Pherson систем [15]

- **Просторно вођење точкова** (слика 20) је савремено решење које се све више примењује за вођење задњих точкова са независним ослањањем. Састоји се од пет вођица које шест слобода кретања точка егзактно редукују на једну слободу кретања. Добра страна овог решења је добра кинематика, пријем великих бочних сила а недостаци су сложена и скупа конструкција са много зглобова.



Слика 20. Просторно вођење – Multilink решење [16]

4. Решења СЕО на савременим путничким возилима на предњој осовини

Што се тиче предње осовине на савременим путничким возилима користи се искључиво независни систем ослањања који омогућава, између осталог, бољу управљивост и бољи квалитет вожње. Најзаступљенији системи који се користе су *MacPherson* и *Double wishbone*, поред ова два система имамо и систем *Multilink* који користе возила високе класе и тркачки аутомобили због високе цене израде и одржавања.

4.1 MacPherson систем

Earle S. MacPherson, инжењер који је радио за америчку компанију Ford, патентирао је овај систем 1953. године. Овај систем представља најчешћи пример конструкције огибљења предње осовине савремених путничких возила. Састоји се од једне доње попречно постављене вођице, док се горњи део конструкције преко ојачане конструкције кошуљице телескопског амортизера и једне спиралне опруге ослања на каросерију односно рам возила (Слика 21). Оваква конструкција је јако захвална за примену како са аспекта израде тако и одржавања. MacPherson систем се одликује једноставношћу, као и тиме да оставља више простора за смештај мотора у односу на друга решења. Завојна опруга може бити монтирана и на управљачко раме, уместо на амортизер (слика 22).



Слика 21. MacPherson опружна нога [1]

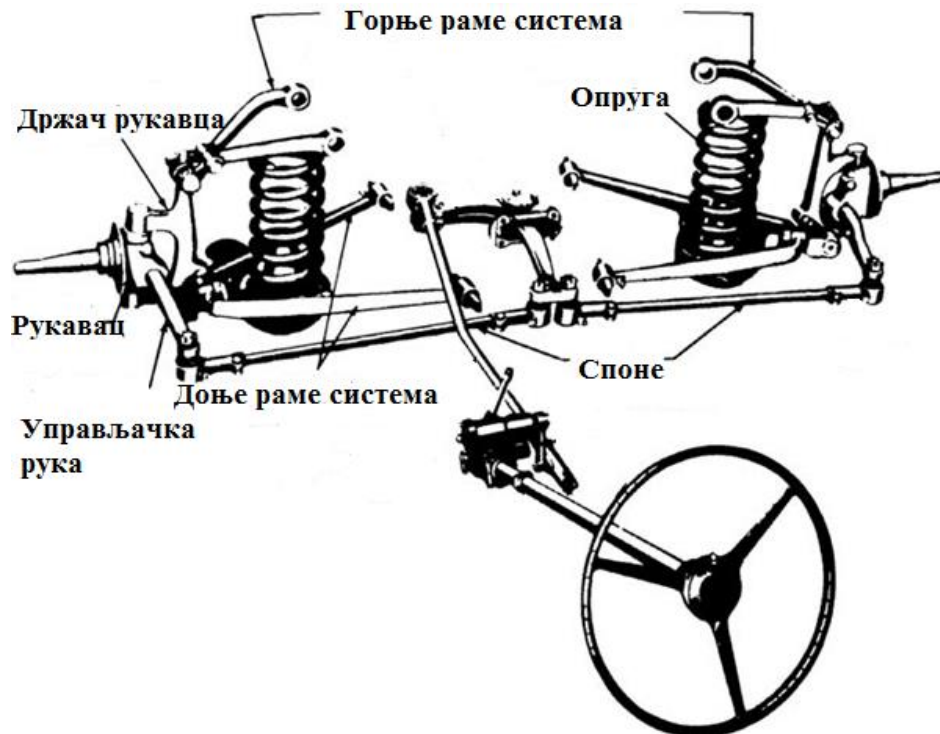


Слика 22. Неконвенционалан MacPherson систем [17]

4.2 Систем са двоструком виљушком (Double wishbone систем)

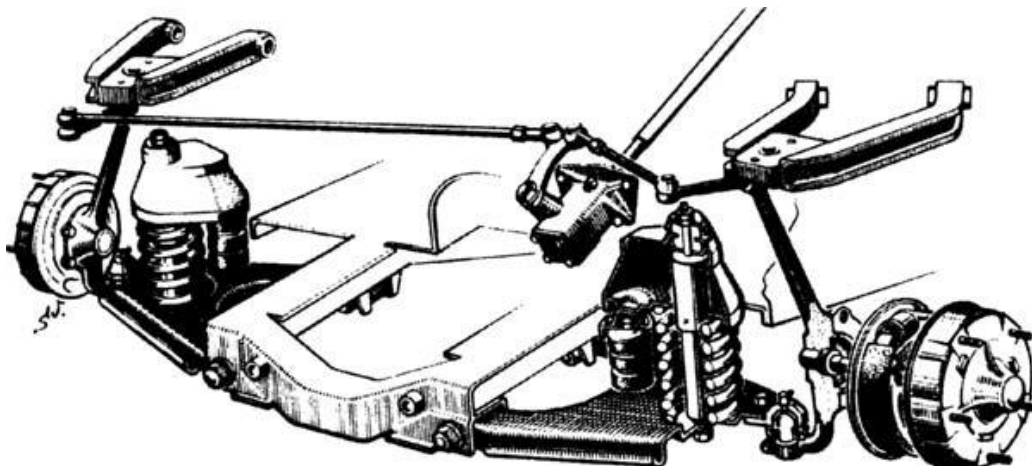
Током 1920-тих, зависно ослоњена предња осовина стварала је све више проблема. То се посебно односило на промену угла заокретања точка када се точак креће горе доле релативно у односу на каросерију, промену заокретања пара точкова-осовине када се каросерија ваља и савијање опруга, нарочито приликом кочења. Инжењери су успевали да реше појединачно ове проблеме, али не и све одједном. Повећавањем снаге мотора и брзине возила, ово је представљало и безбедносни ризик, па се покушало са тврдим опругама на предњој осовини које су ограничавале њено кретање, али резултат тога је била веома неудобна возња. Одговор на ове проблеме имао је независни систем ослањања, који је нудио бољу управљивост и могућност коришћења мекших опруга које су знатно повећавале удобност возње. Прва решења независних ослањања предње осовине дали су Andre Dubonnet у Француској крајем 1920-тих, после њега то су урадили и Donald Bastow и Maurice Olley за Rolls-Royce у Енглеској. Ова решења показала су се добро у пракси и убрзо су постала позната и у Америци. Председник компаније General Motors, Alfred P. Sloan контактирао је Andre Dubonnet-а и Maurice Olley-а и довео их у компанију General Motors. Sloan се бавио проблемом удобности возње као једним од најкомплекснијих и најприоритетнијих у том времену, а он се погоршавао са порастом брзине возила. Пнеуматици на возилима од пуне гуме су замењени вентилираним пнеуматичима од дебеле гуме, а затим пнеуматичима испуњеним ваздухом. 1920-тих, пнеуматици су постали још мекши, што је унело нове проблеме у погледу управљивости возила и вибрација осовине. Направљена су два прототипа Cadillac-а, један је користио Dubonnet систем, а други *double wishbone* (систем са двоструком виљушком) (слика 23). У марту 1933. године, ова два експериментална аутомобила представљена су јавности, заједно са аутоматском трансмисијом. 1935. Chevrolet и Pontiac имали су моделе са

Dubonnet системом ослањања, док су Cadillac, Buick и Oldsmobile имали систем са двоструком виљушком, овим је зависно ослањање предње осовине отишло у историју, бар што се путничких возила тиче. Временом се показало да је *double wishbone* систем био лакши и јефтинији за производњу, као и поузданији у експлоатацији возила [21] .



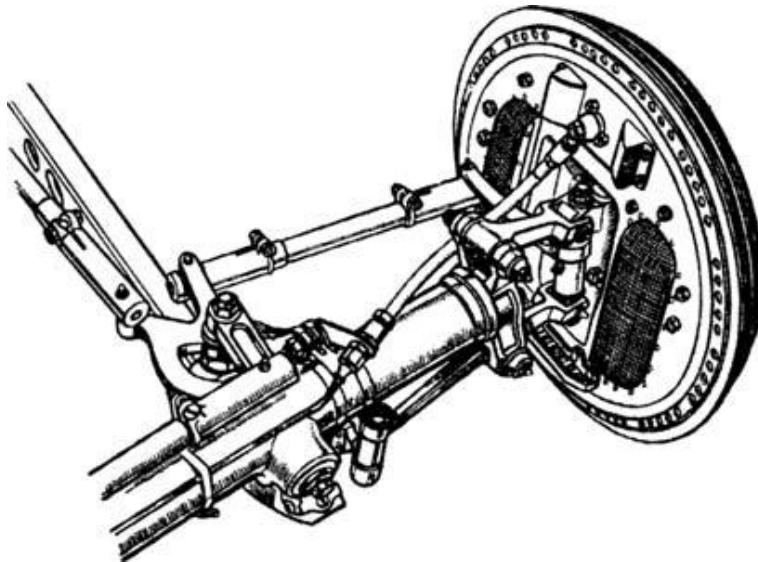
Слика 23. Ново решење независног ослањања на Cadillac-у 1934. год [21]

Модел Glas Isar (слика 24), имао је систем са двоструком виљушком са горњом вођицом -раменом заокренутим у односу на доње раме за 90° . Специфичан је био и у погледу управљачког система, код кога су споне биле издигнуте и несиметричне.



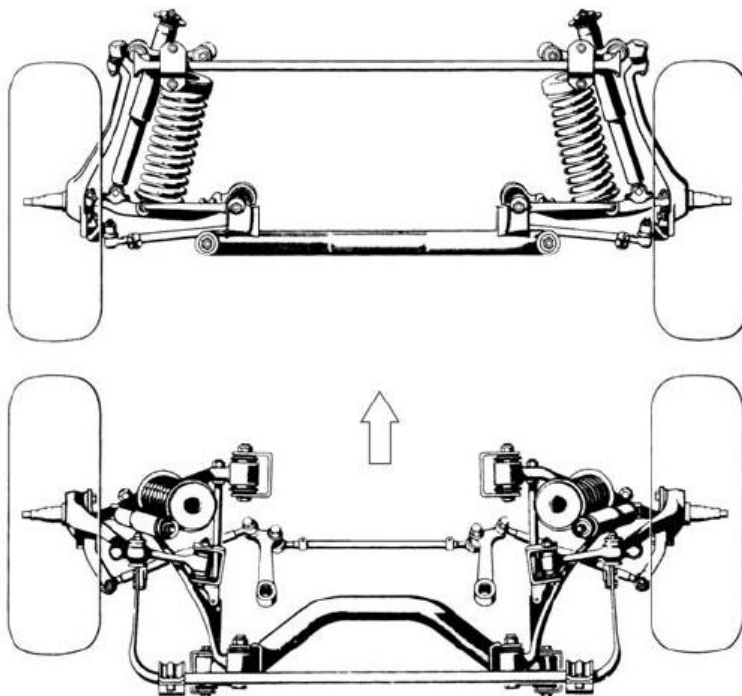
Слика 24. *Double wishbone* систем са паралелним осама рамена (Glas Isar) [21]

На неким раним конструкцијама овог система управљачка рамена су била веома кратка, нарочито на тркачким аутомобилима (слика 25). То представља контраст у односу на модерне тркачке аутомобиле са изразито дугачким раменима. Још једна занимљивост на овом систему је то што је завојна опруга у попречно постављеној цеви .



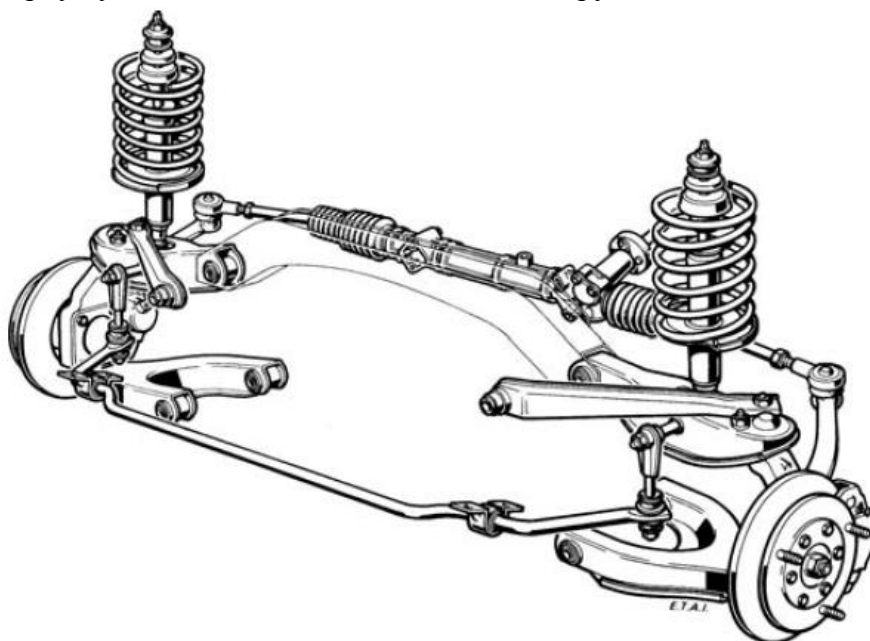
Слика 25. *Double wishbone систем са изразито кратким управљачким раменима (Mercedes Benz)*
[21]

Нешто новији систем са двоструком виљушком је приказан на слици 26, где се види да је горња вођица система делимично дефинисана постављеном стабилизационом полугом, док доње раме има широку основу што му даје већу издржљивост. Опруга делује на доње управљачко раме система.



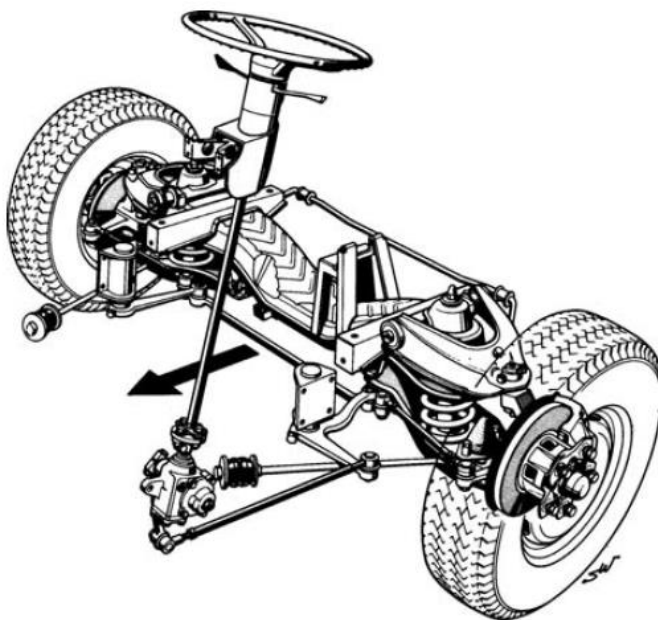
Слика 26. *Double wishbone* систем са уграђеним стабилизатором Mercedes Benz [21]

Модерна конструкција система са двоструком виљушком (слика 27) разликује се у томе што опруга и амортизер делује на горњу вођицу, са вертикалним силама које се преносе на каросерију на врху лука точка на исти начин као код опружне ноге.



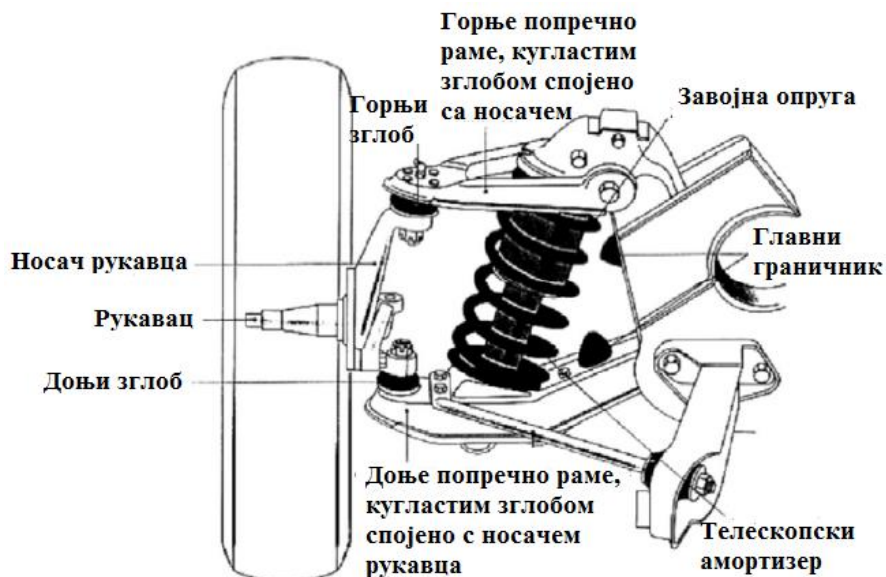
Слика 27. Модерна изведба *Double wishbone* ослањања Renault [21]

Предње ослањање комерцијалног возила (слика 28) система са двоструком виљушком са постављеним стабилизатором са задње стране и управљачким преносником постављеном напред.



Слика 28. *Double wishbone систем за лака комерцијална возила (VW) [21]*

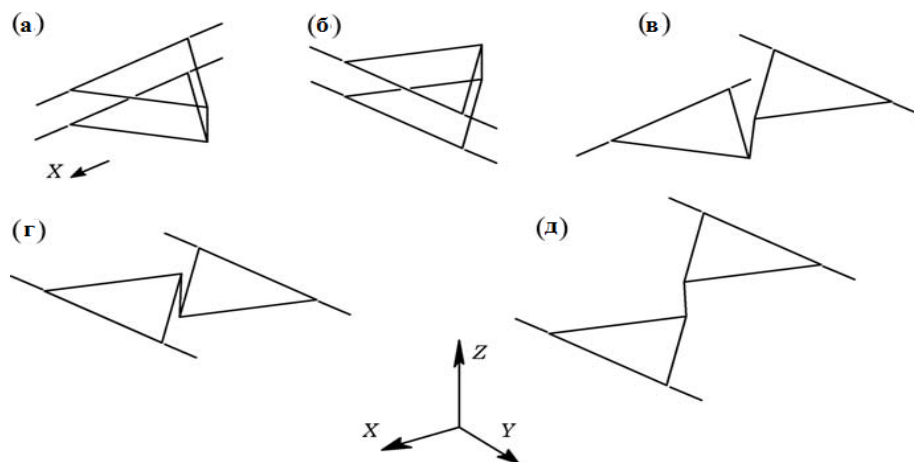
Систем ослањања са двоструком виљушком обезбеђује повећану крутост система и обезбеђује прецизно вођење точкова у свим условима вожње. На ослањању предње осовине, горње и доње управљачко раме произведени су од лаких легура алуминијума повећане чврстоће, који су дизајнирани за максималну јачину и крутост. Ова рамена мале тежине смањују укупну тежину неослоњених маса система ослањања, што даље побољшава вучу возила и удобност вожње. Она су на почетку била исте дужине, али се прорачунима и даљим развојем овог система дошло до решења да систем има боље карактеристике, поготово при кретању у кривинама и „ваљању“ возила, уколико су оне различите дужине. Горње управљачко раме на овом систему је краће у односу на доње раме, њихове тачке спајања и дужине су прорачунате тако да обезбеде најбоље углове померања система. Због своје чврстине, поред класичних путничких возила, налазе велику примену код SUV (теренских) возила [19, 20].



Слика 29. Елементи Double wishbone система [1]

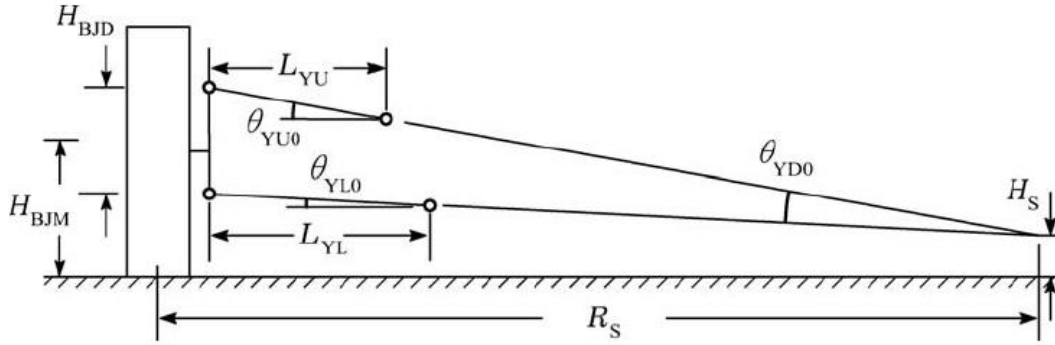
4.2.1 Геометрија система са двоструком виљушком

На слици 30. приказана су разна извођења система са двоструком виљушком, односно распореда његових управљачких рамена. Оса ротације ових рамена може бити постављена скоро под било којим углом (поглед одозго), али увек приближно хоризонтално. Такође дужина рамена може знатно варирати зависно од извођења система. На слици 30. а) имамо класичан положај рамена система, б) представља специфичан тип постављања рамена са осама обртања постављеним попречно у односу на централну линију возила, в) приказује ретку изведбу у којој је доње раме класично попречно постављено, али је горње раме водеће и његова оса је попречно постављена. Представља редак случај укрштања оса, г) и д) су извођења са једним водећим и једним вођеним раменом, овакве конфигурације могу се некад наћи на задњем независном систему, који није вучни, ослањања.



Слика 30. Типови постављања управљачких рамена [21]

Слика 31 приказује геометрију система у ком су дате различите дужине рамена, различити углови под којима се рамена налазе, вертикално растојање између кугличних зглобова (H_{BJD}), као и средња висина кугличних зглобова (H_{BJM}). Појединачне висине горњег H_{BJU} и доњег H_{BJL} кугличног лежаја.



Слика 31. Double wishbone систем општи случај, десни точак чеони поглед [21]

Веза између горњег и доњег кугличног лежаја

Сума и разлика дате су изразима:

$$H_{BJS} = H_{BJU} + H_{BJL} \quad (1)$$

$$H_{BJD} = H_{BJU} - H_{BJL} \quad (2)$$

где је H_{BJS} [m] сума висина, H_{BJU} [m] висина горњег кугличног лежаја, H_{BJL} [m] висина доњег кугличног лежаја, H_{BJD} [m] разлика висина.

Појединачне висине кугличног лежаја су:

$$H_{BJU} = \frac{1}{2}(H_{BJS} + H_{BJD}) \quad (3)$$

$$H_{BJL} = \frac{1}{2}(H_{BJS} - H_{BJD}) \quad (4)$$

Средња вредност висине кугличног лежаја (H_{BJM} [m]):

$$H_{BJM} = \frac{1}{2}H_{BJS} \quad (5)$$

Фактор висине кугличног лежаја (f_{BJH} [m]) представља однос суме и разлике:

$$f_{BJH} = \frac{H_{BJS}}{H_{BJD}} \quad (6)$$

$$f_{BJH} = \frac{H_{BJU} + H_{BJL}}{H_{BJU} - H_{BJL}} \quad (7)$$

Углови доњег и горњег рамена и њихове везе

Углови приликом мировања система, сума и разлика:

$$\theta_{YS0} = \theta_{YU0} + \theta_{YL0} \quad (8)$$

$$\theta_{YD0} = \theta_{YU0} - \theta_{YL0} \quad (9)$$

где је θ_{YU} [rad] угао еквивалентног горњег попречног рамена, θ_{YL} [rad] угао еквивалентног доњег попречног рамена. Суфикс “0” означава статичке вредности (без реакције система)

Приликом преласка преко неравнине z_s , имамо углове:

$$\theta_{YU} = \theta_{YU0} + S_{YU}z_s \quad (10)$$

$$\theta_{YL} = \theta_{YL0} + S_{YL}z_s \quad (11)$$

Скраћивање еквивалентног горњег рамена $S_{YU} = \frac{1}{L_{YU}}$ [m⁻¹], Скраћивање еквивалентног доњег рамена $S_{YL} = \frac{1}{L_{YL}}$ [m⁻¹], z_s [m] реакција система на неравнину.

Сума и разлика ових углова су:

$$\theta_{YS} = \theta_{YU} + \theta_{YL} \quad (12)$$

$$\theta_{YD} = \theta_{YU} - \theta_{YL} \quad (13)$$

Појединачна вредност углова:

$$\theta_{YU} = \frac{1}{2}(\theta_{YS} - \theta_{YD}) \quad (14)$$

$$\theta_{YL} = \frac{1}{2}(\theta_{YS} + \theta_{YD}) \quad (15)$$

Заменом долазимо до суме θ_{YS} и разлике θ_{YD} :

$$\theta_{YS} = \theta_{YS0} + S_{YS}z_s \quad (16)$$

$$\theta_{YD} = \theta_{YD0} + S_{YD}z_s \quad (17)$$

Сума бочног сабијања S_{YS} [m⁻¹] ($S_{YU} + S_{YL}$), Разлика бочних сабијања S_{YD} [m⁻¹] ($S_{YU} - S_{YL}$),

$$S_{YS} = S_{YU} + S_{YL} \quad (18)$$

$$S_{YD} = S_{YU} - S_{YL} \quad (19)$$

Почетно стање (стање мировања) углови рамена θ_{YU0} и θ_{YL0} , као што је приказано на слици 31 су позитивни у правцу окретања казаљке на сату. Са слике такође видимо да је:

$$H_{BJD} = R_S \theta_{YD} \quad (20)$$

Радијус заокретања R_S [m] је:

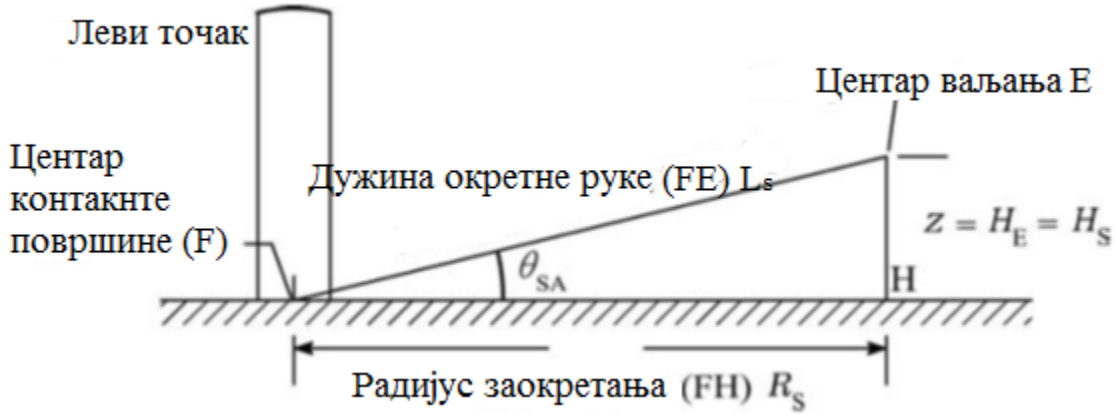
$$R_S = \frac{H_{BJD}}{\theta_{YD}} = \frac{H_{BJD}}{\theta_{YD0} + S_{YD}z_s} \quad (21)$$

Линеарни коефицијент нагиба при наиласку на неравнину [rad/m] је:

$$\varepsilon_{BC1} = -\frac{1}{R_{S0}} = -\frac{\theta_{YD0}}{H_{BJD}} \quad (22)$$

а квадратни коефицијент нагиба при наиласку на неравнину [rad/m²]:

$$\varepsilon_{BC2} = -\frac{S_{YD}}{2H_{BJD}} \quad (23)$$



Слика 32. Окретна рука FE и центар ваљања. Центар ваљања је тренутни центар ротације точка у односу на каросерију, у покрету наиласка на неравнину. На дијаграму се види дизање задњег левог точка (дизање предњег десног точка је исто)[21]

Висина центра ваљања је:

$$H_S = H_{BJM} - \frac{1}{2}\theta_{YS}R_S = H_{BJM} - \frac{1}{2}H_{BJD}\frac{\theta_{YS}}{\theta_{YD}} \quad (24)$$

$$H_S = H_{BJM} - \frac{1}{2}H_{BJD}\left(\frac{\theta_{YS0} + S_{YS0}z_S}{\theta_{YD0} + S_{YD}z_S}\right) \quad (25)$$

Брзина локалног бочног померања осе точка при наиласку на неравнине (тј. на позицији локалне неравнине, z_S)

$$\varepsilon_{BScd,Y} = \frac{H_S}{R_S} = \frac{H_{BJM}}{R_S} - \frac{1}{2}\theta_{YS} \quad (26)$$

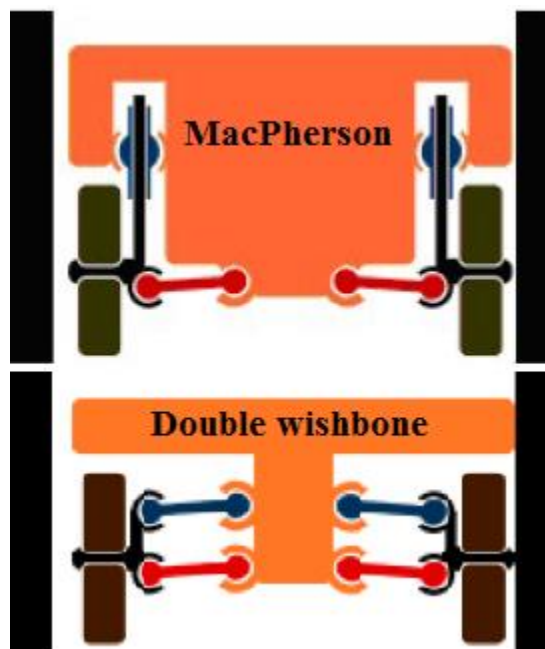
$$= \frac{1}{2}f_{BJH}(\theta_{YD0} + S_{YD}z_S) - \frac{1}{2}(\theta_{YS0} + S_{YS}z_S) \quad (27)$$

$$= \left\{\frac{1}{2}f_{BJH}\theta_{YD0} - \frac{1}{2}\theta_{YS0}\right\} + \left\{\frac{1}{2}f_{BJH}S_{YD} - \frac{1}{2}S_{YS}\right\}z_S \quad (28)$$

брзина бочног померања контактне тачке точка при наиласку на неравнину:

$$\varepsilon_{BScd,Y} = \varepsilon_{BScd0,Y} + \varepsilon_{BScd1,Y}z_S \quad (29)$$

4.3 Поређење MacPherson и система са двоструком виљушком



Слика 33. Шематски приказ ово два система [18]

Предности MacPherson система у односу на систем са двоструком виљушком огледају се у следећим карактеристикама:

- цена система је мања (као и одржавање),
- лакши је у односу на систем са двоструком виљушком у погледу масе,
- представља добро решење за концепцију са предњим погонским точковима, јер оставља више простора за смештај мотора (састоји се из само једног попречно постављеног рамена) и
- код овог система простор између точка и самог аутомобила, у хоризонталној равни, мањи је код MacPherson система.

Предности система са двоструком виљушком у односу на MacPherson :

- заузима мање простора у вертикалној равни,
- остваривање бољег контакта пнеуматика са подлогом приликом скретања возила (ово се остварује конструкцијом са два контролна рамена),
- већа слобода и више опција у распореду елемената система,
- веће вертикално померање при преласку преко избочина на путу (погодан за Off - road вожњу) и
- већа носивост система (погодан и за тежа моторна возила).

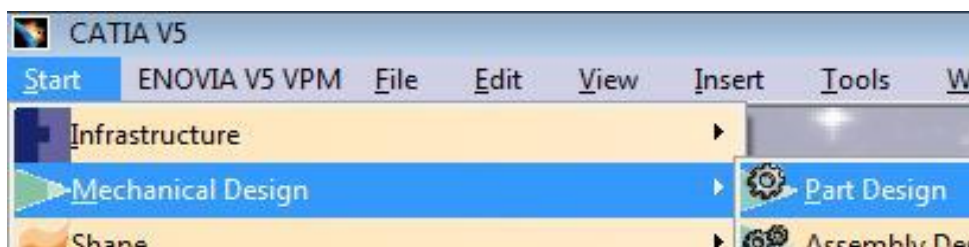
Мастер рад

Табела 1. Систем ослањања са дуплом виљушком на савременим путничким аутомобилима [22]

	Rolls Royce Sweptail 2017		BMW 5 Series 520d M Sport
	Tesla Model S 2017		Aston Martin Lagonda Taraf
	Tata Hexa XM		Mahindra TUV300 T6
	Toyota Highlander 2017		Toyota Prado GX
	Alfa Romeo Mito 2017		Ford Expedition XLT
	Alfa Romeo Giulia 2017		Land Rover New Discovery Vision 2017
	BMW 5 Series Touring 530d 2017		Porsche Cayenne Turbo

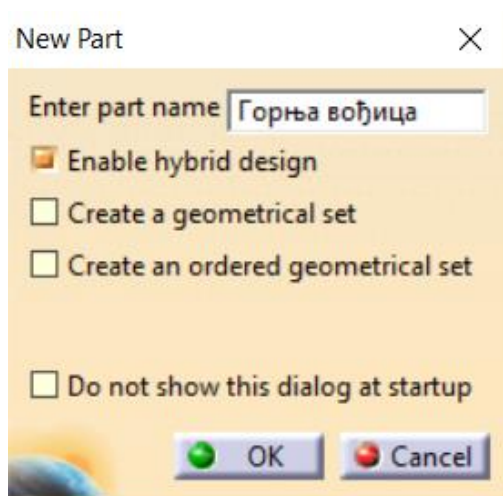
5. Моделирање ослањања и вођења точка са две вођице

Помоћу софтвера Catia извршено је моделирање ослањања и вођења једног точка са две вођице. Приликом покретања програма потребно је искључити већ отворени прозор Product 1 и покренути Part Design (Start → Mechanical Design → Part Design).



Слика 34. Покретање Part Design окружења

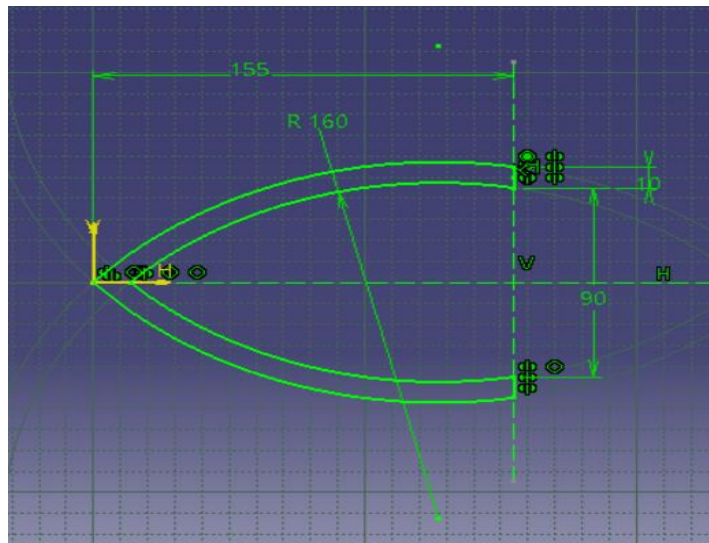
Тада се отвара нови прозор у коме се уписује назив дела који се моделира.



Слика 35. „New Part“ прозор

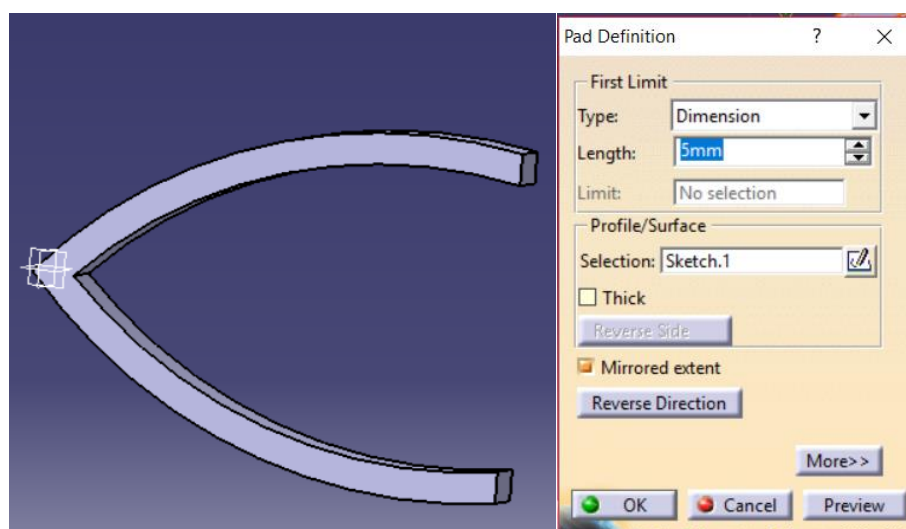
5.1 Горња вођица

Покретањем „Part Design“ добија се прозор у коме се бира раван у којој ће се налазити скица. То је могуће обележавањем жељене равни и активирањем алата „Sketch“ . Вођице су у облику виљушки (*double wishbone*) па је прва скица баш у том облику.



Слика 36. Прва скица горње вођице

Следећи корак је излазак из скице помоћу алата „Exit Workbench“  која се налази на палети алата „Workbench“ . Скици је потребно додати дебљину материјала помоћу алата „Pad“  које је на палети алата „Sketch-Based Features“ . Тада се отвара прозор који је потребно попунити на начин дат на слици како би се добио исправан модел.

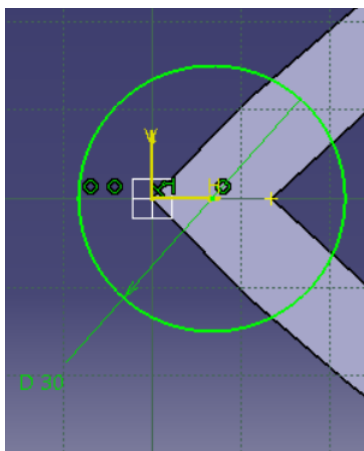


Слика 37. Додавање материјала скици

Пошто је потребно цртање још скица која ће се налазити у истој равни као и претходна скица користи се опција *Mirrored extent* где се моделу додаје материјал у оба правца симетрично.

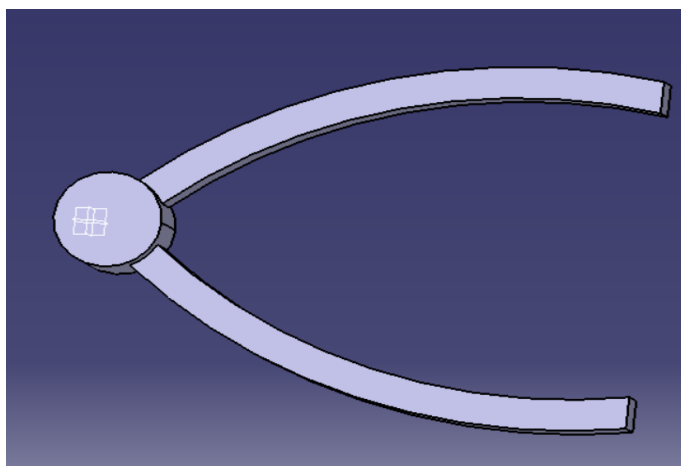
Приликом коришћења ове опције потребно је повести рачуна о димензији која се уноси, пошто се додељена вредност односи само на једну страну екструдовања, што значи да је укупна ширина/дужина два пута укупана вредност.

Како се вођица везује за главни носач и носач точка, потребно је направити те везе. Веза се остварује клиновима па су потребни отвори. Потребно је користити исту раван као и за претходну скицу.



Слика 38. - Друга скица горње вођице

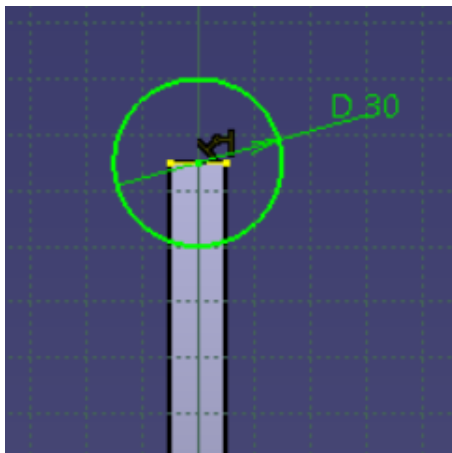
Затим се већ наведеним поступком врши додавање дебљине материјала скици али за 10 mm. Тада модел добија следећи изглед.



Слика 39. Модел након додавања прве везе

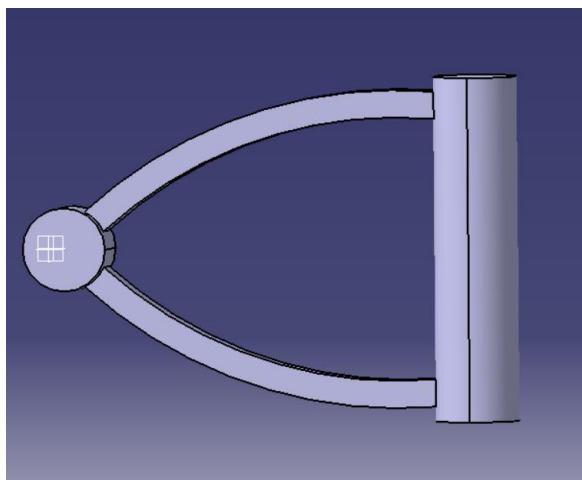
Мастер рад

За следеће везе се користи раван нормална у односу на претходно изабрану раван, тако да се скица може нацртати између „виљушки“.



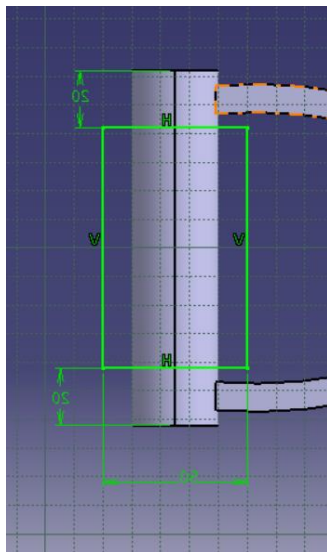
Слика 40. Трећа скица за горњу вођицу

Овога пута се врши веће екструдовање за 62 mm такође помоћу опције „Mirrored extent“.



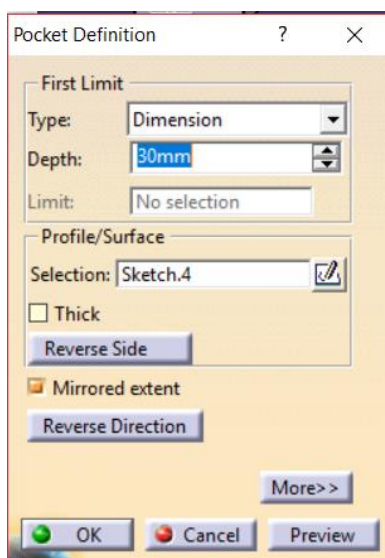
Слика 41. Модел након поновног додавања материјала

Следећи корак јесте избор исте равни као у првом случају затим прављење скице која ће се користити за брисање материјала.



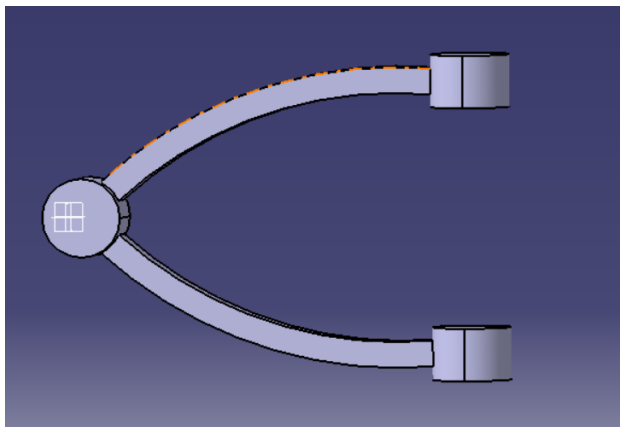
Слика 42. Скица која се користи за брисање материјала

Брисање материјала се врши помоћу алата „Pocket“  попуњавањем прозора као да је у питању алат „Pad“ .



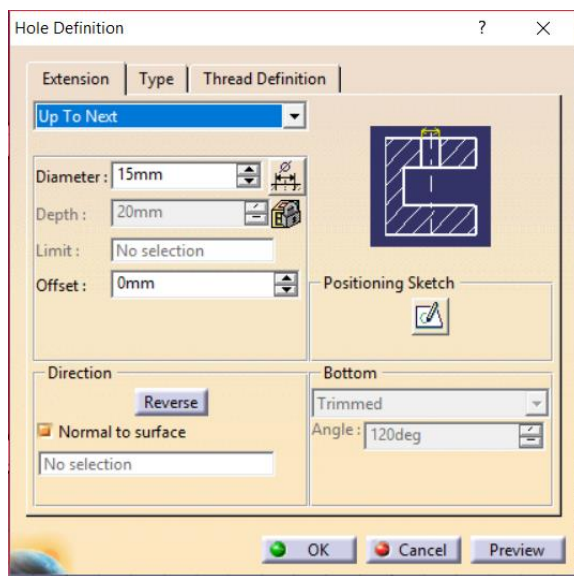
Слика 43. Прозор алата „Pocket“

Приликом формирања скице којом се врши брисање материјала потребно је обратити пажњу да се када се формира скица како не би дошло до погрешног брисања. Сада се добија следећи облик модела.



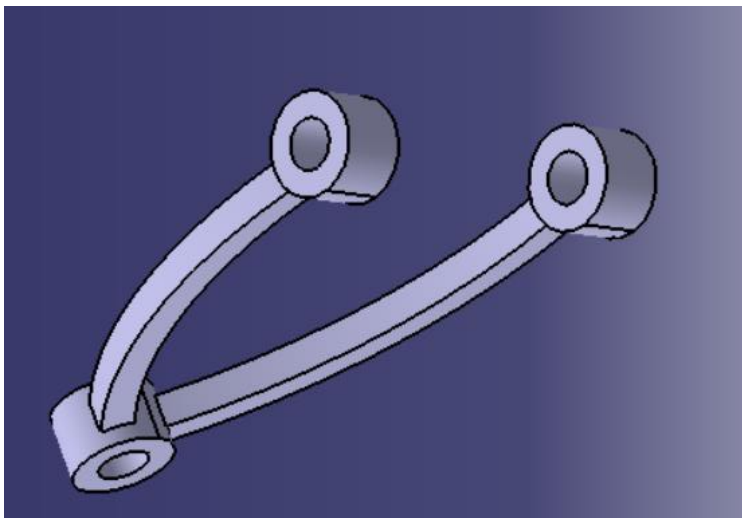
Слика 44. Модел горње вођице након брисања материјала

Последњи корак, што се тиче овог дела јесте прављење отвора. То се ради помоћу алата Hole . Како би се центар отвора налазио у центру кружног дела потребно је прво обележити круг па тек онда активирати потребни алат. Након што се алат активира бира се површина (површина круга) и тек се тада бира пречник отвор/рупе и дубина уколико се ради о рупи. На следећој слици је дат пример попуњавања прозора који се отвара активирањем алата Pocket.



Слика 45. Прозор алата „Hole“

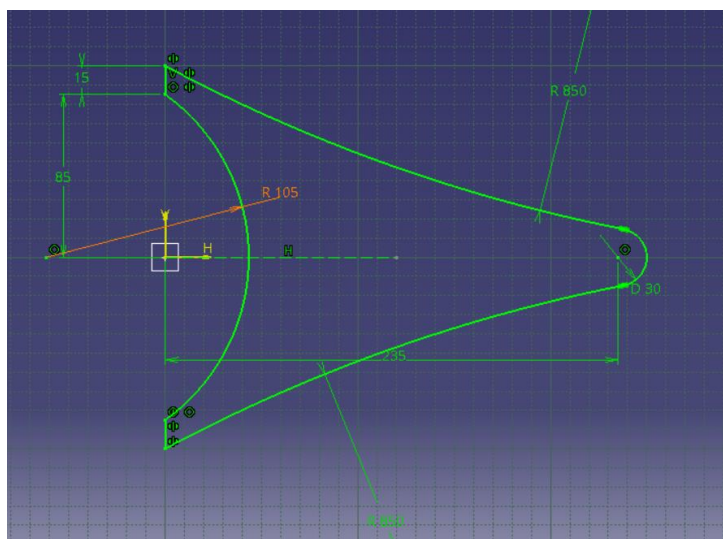
Пречници свих отвора су 15 mm, једина разлика је што се код отвора којим се везује вођица за носач вођица користи опција Up to last како би отвор ишао до последње површине, а код отвора која се везује за носач точка за носач вођица користи се опција Up to next. Када се направе сви потребни отвори модел изгледа као на слици.



Слика 46. Крајњи изглед модела горње вођице

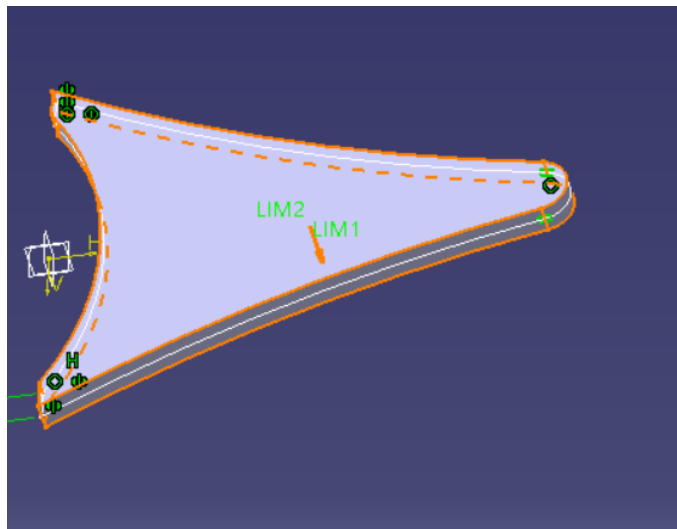
5.2 Доња вођица

Како би се моделирао нови део потребно је поново покренути Part Design и дати назив.



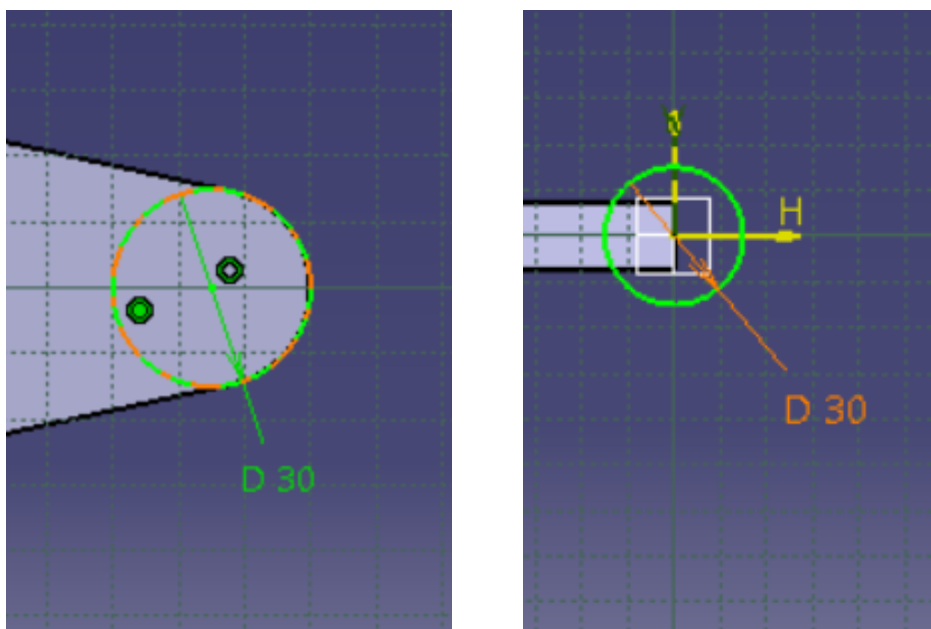
Слика 47. Скица основе доње вођице

Додавање дебљине материјала се такође ради са опцијом Mirrored extent при чему су димензије 7,5 mm.



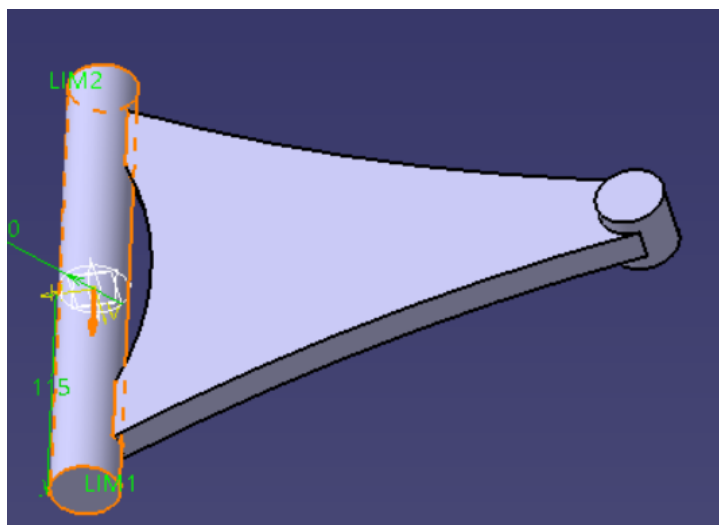
Слика 48. - Модел основе доње вођице

Као и код горње вођице потребни су отвори за везивање. Веза за носач точка се црта у истој равни док се веза за главни носач црта у равни нормалној у односу на коришћену раван на начин као код претходног модела. Првом се додаје дебелина материјала 7,5 mm, док у другом 115 mm.



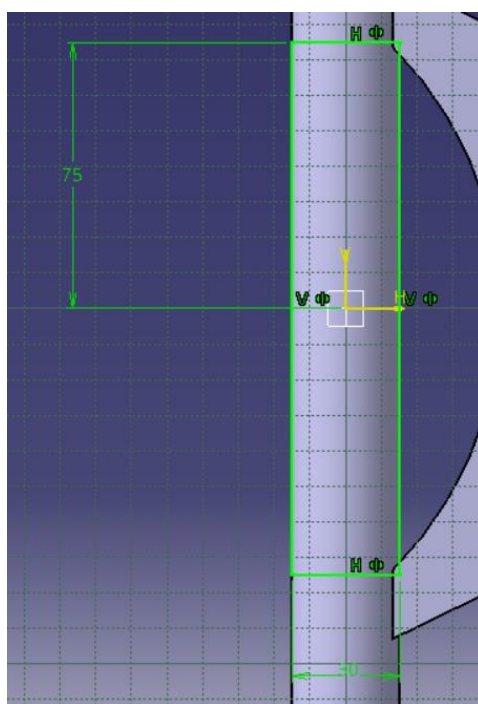
Слика 49. Скице које се користе за везе

Након тога модел изгледа као на следећој слици. Потребно је поново извршити брисање материјала.



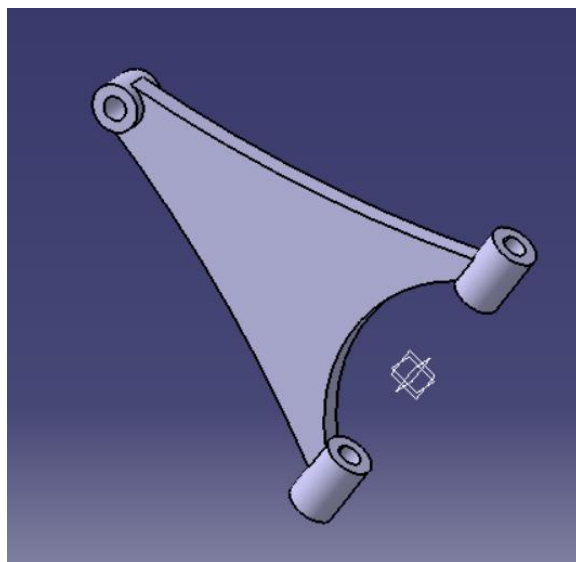
Слика 50. Модел са додатим везама

Поступак уклањање материјала већ је описан у претходном делу.



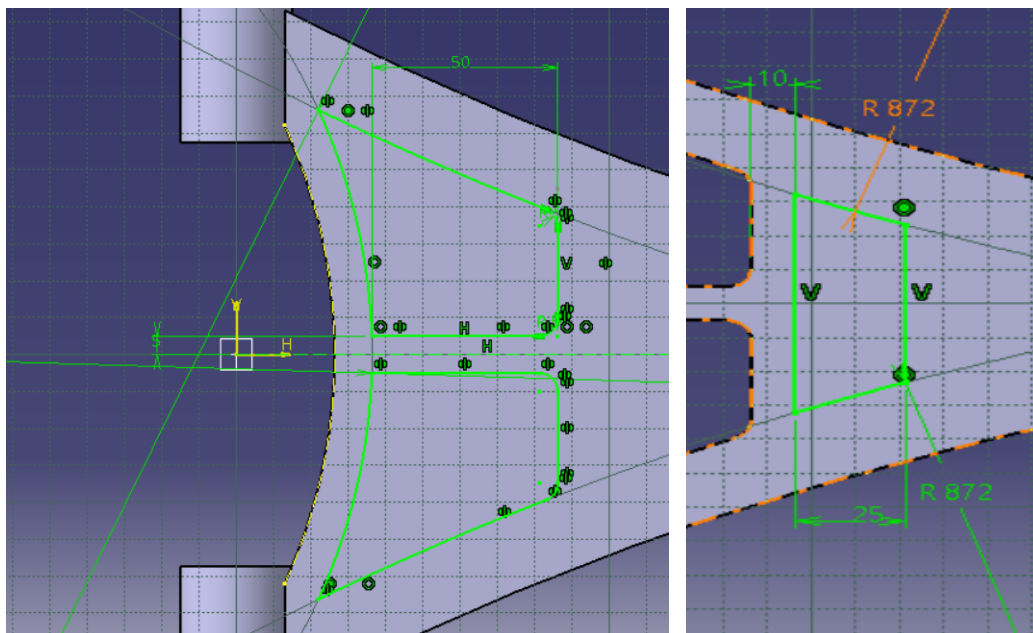
Слика 51. Скица за одузимање материјала

Када се отклони непотребни материјал и направе потребни отвори добија се модел на следећој слици 52.



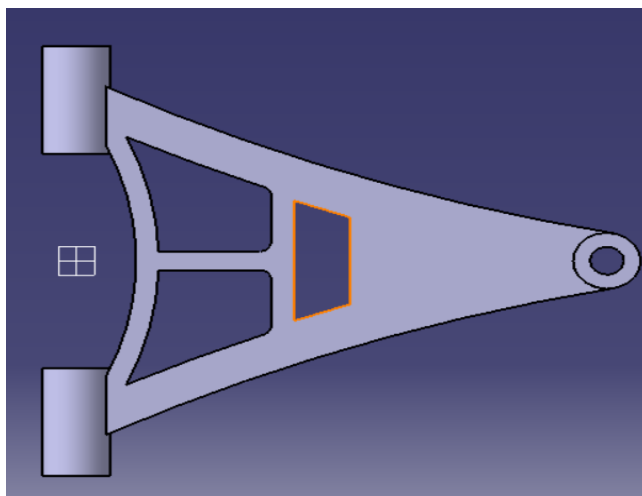
Слика 52. Модел након уклањања материјала

Пошто се ради о великом делу могуће је смањити утрошак материјала без нарушавања крутости и поузданости модела. Склањање материјала се врши на делу где је модел највећи и то коришћењем следећих скица.



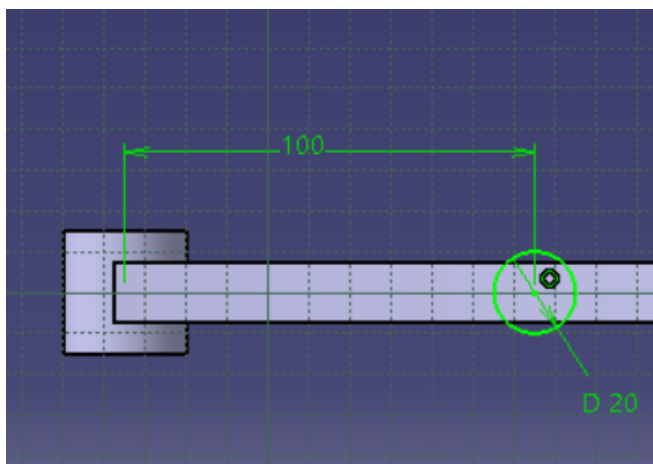
Слика 53. Скице за скидање материјала на основи вођице

Коришћењем алата Pocket  врши се одузимање материјала и добија се модел као на слици.



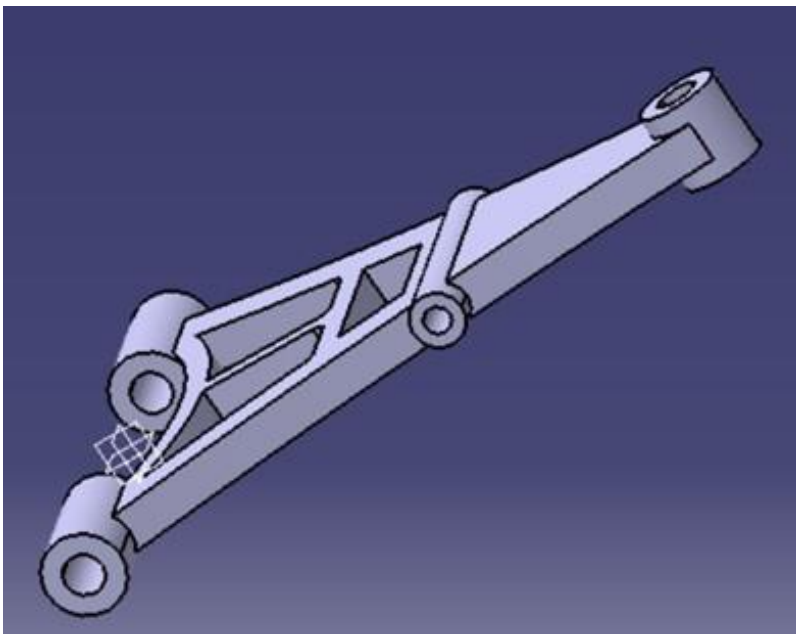
Слика 54. Модел након одузимања материјала

За доњи носач се везује амортизер па је потребно на носачу направити везу и то клином, што значи да је потребан још један отвор. Тада се бира равна која се користи за прављење веза са главним носачем и правимо следећу скицу.



Слика 55. Скица за везу са амортизером

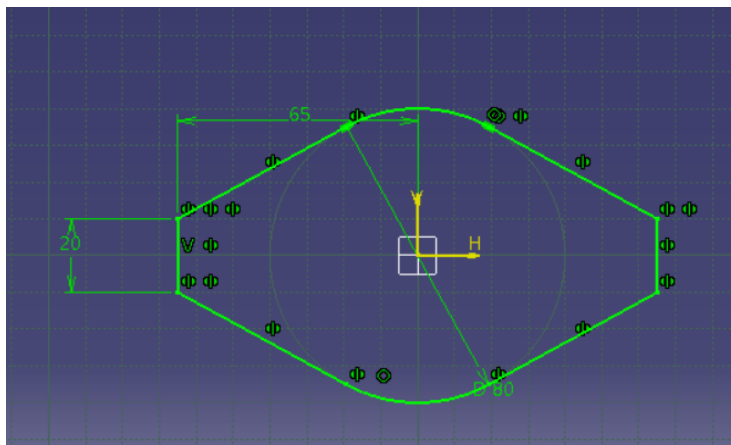
Када се изврши додавање материјала од 50 mm и када се направи отвор пречника 10 mm добија се коначни модел доње вођице.



Слика 56. Завршни изглед модела доње вођице

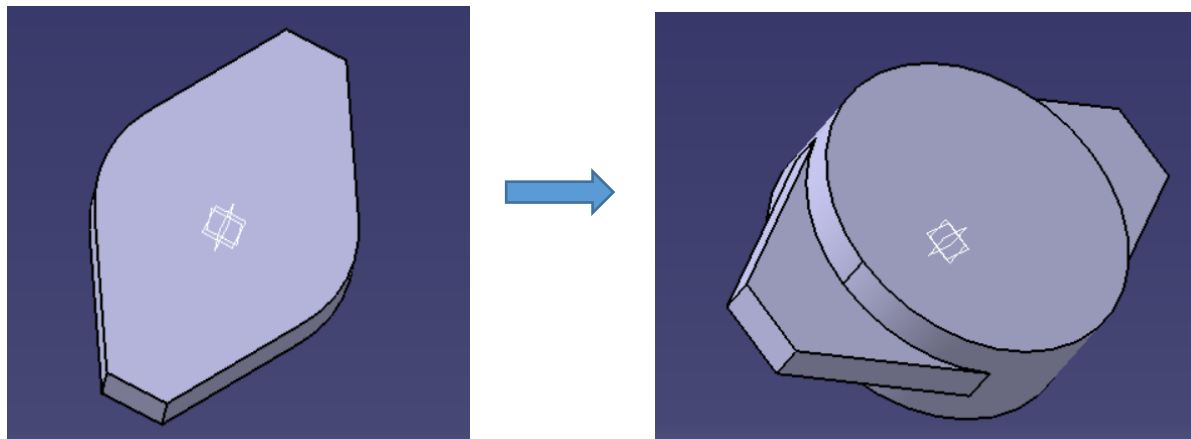
5.3 Веза са точком

Поступак је исти као код претходна два модела, док је скица следећа.



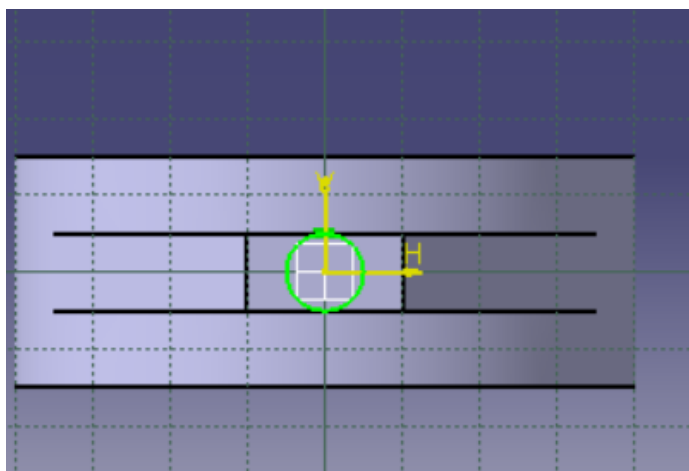
Слика 57. Скица основе везе са точком

Материјал се додаје симетрично по 10 mm помоћу алата  Rad, након тога се додаје још материјала.



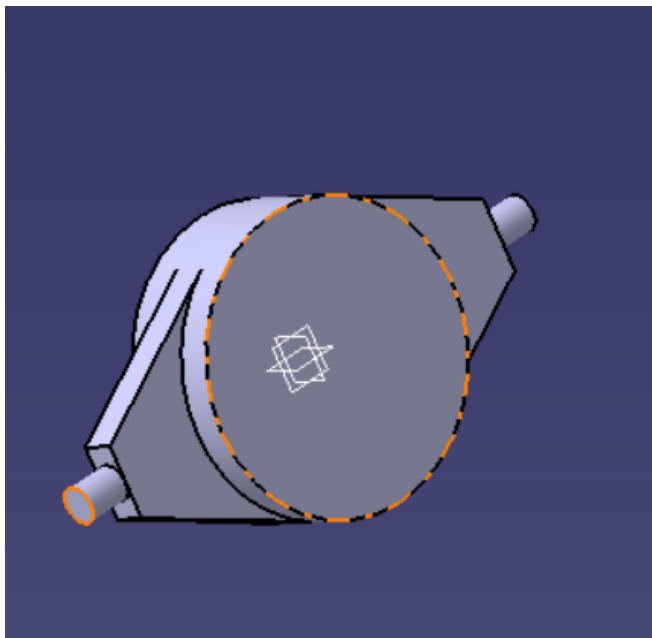
Слика 58. *Модел везе након почетног додавања материјала*

На реду је моделирање бочних клинова. Потребно је обележити бочну површину као раван на којој се ради скица, затим исту одрадити и додати јој материјал.



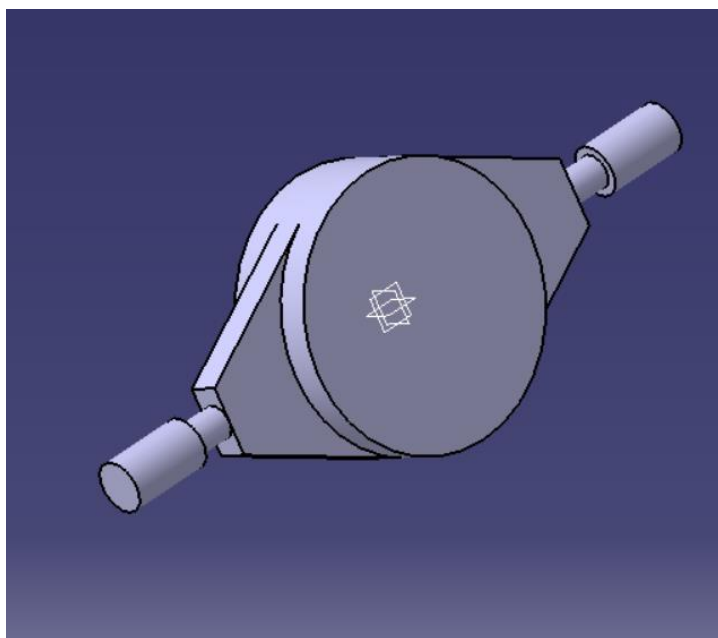
Слика 59. *Скица која се користи за бочне клинове*

Након тога се користи алат Mirror  како би се део поставио симетрично од постојећег дела. Прво се у стаблу пронађе део који треба да се преслика, затим се бира оса у односу на коју се врши пресликавање. У овом случају је оса координатног система тако да није потребно правити нове равни/осе.



Слика 60. *Модел након пресликавања клинова*

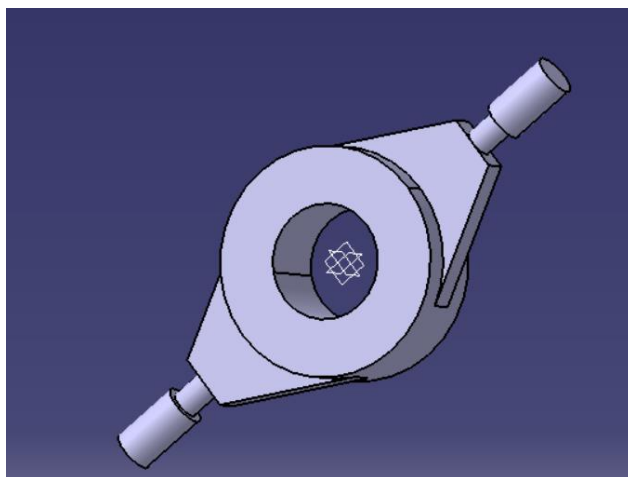
Следећи задатак је прављење клина који улази у вођице. Клин се наставља на већ постојећи кружни „носач“ само је већег пречника. Када се дода материјал клину такође се врши пресликавање тако да модел добија следећи облик.



Слика 61. *Модел са завршеним клиновима*

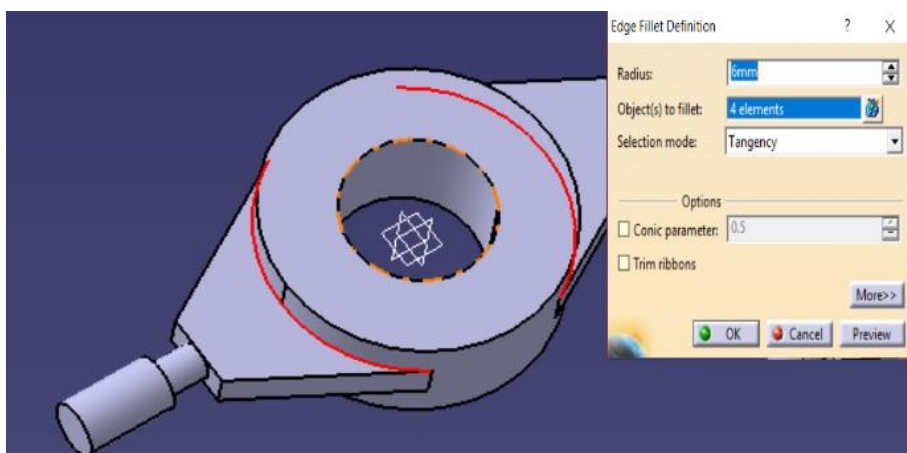
Мастер рад

Следећи корак је прављење отвора за осовину точка. Он се налази на средини носача и пречника је од 40 mm.



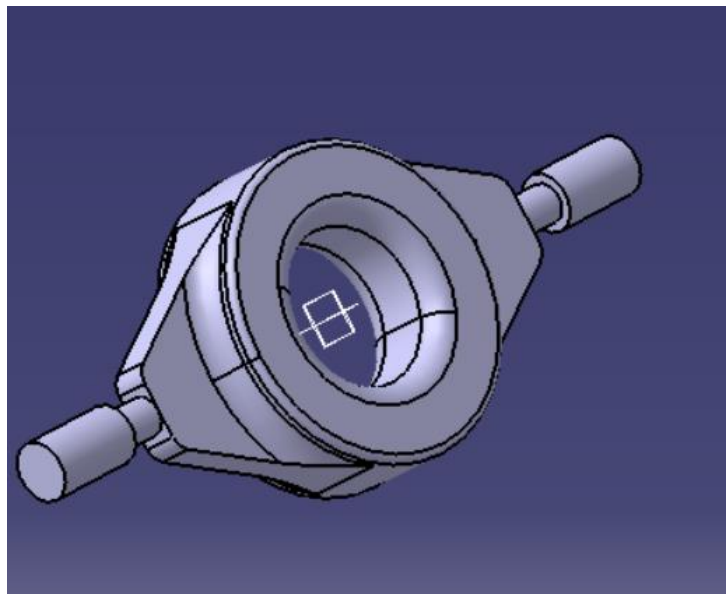
Слика 62. Модел везе без заобљених ивица

Последњи корак је заобљивање ивица. Како би се то одрадило користи се алат „Edge Fillet“ . Потребно је обележити ивицу коју желимо заоблити и активирати алат. Тада се отвара прозор у коме уносимо полупречник заобљења. Код овог алата је могуће обележити више ивица уколико су истог радијуса.



Слика 63. Приказ коришћења алта Edge Fillet

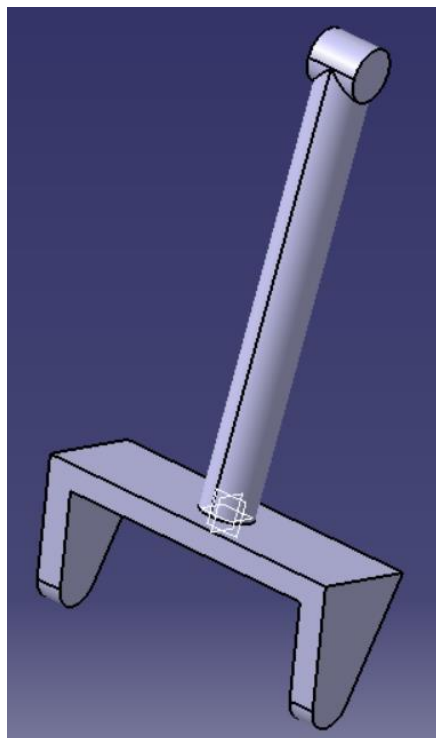
Када се одраде сва потребна заобљења од 6 mm, 2 mm, 10 mm и 5 mm добијамо крајњи модел носача.



Слика 64. Завршни модел везе са точком

5.4 Опружна нога

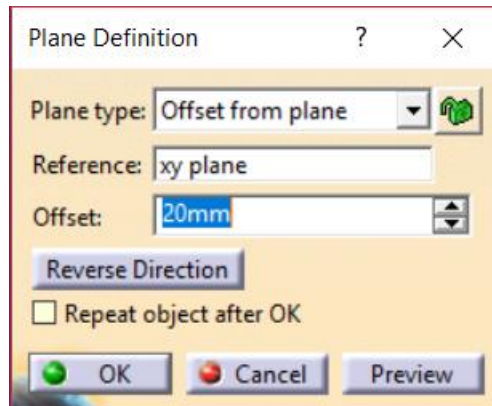
Опружна нога се састоји из опруге и амортизера којим се везује за доњу вођицу и главни носач. Коришћењем већ наведеног алата моделира се прво амортизер и веза са доњом вођицом.



Слика 65. Основа и везе ослањања

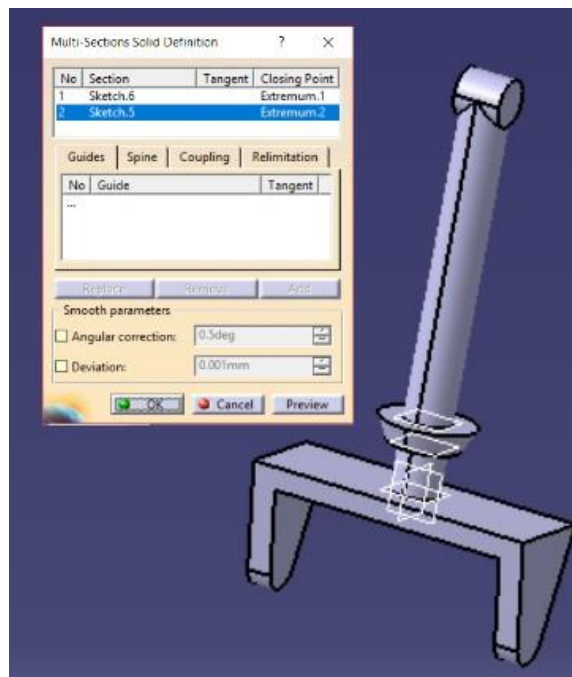
Мастер рад

Потребно је направити ослонце између којих ће се налазити опруга. За то се користи нова раван коју се мора направити. Активирањем алата Plane  отвара се нови прозор у коме се бира растојање на коме ће се налазити нова раван у односу на већ постојећу раван.



Слика 66. - Прозор алата Plane

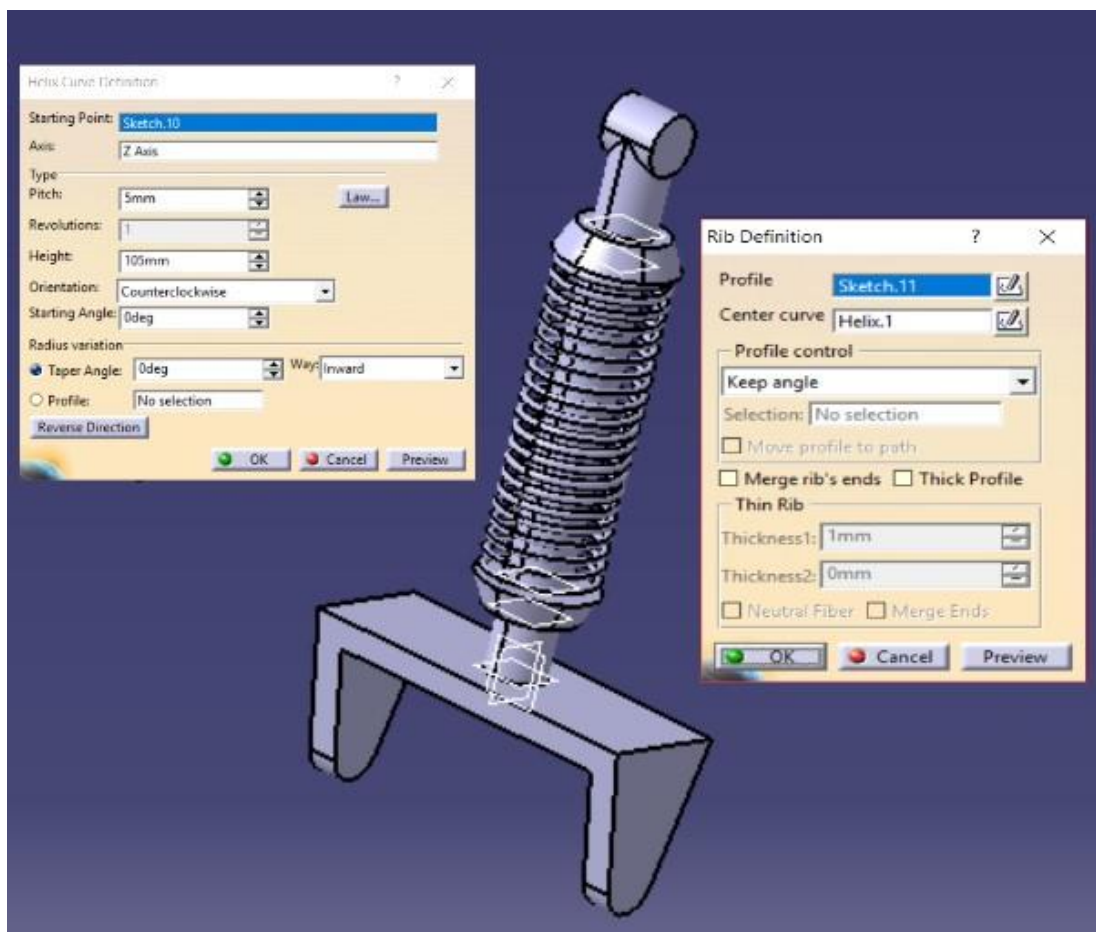
Како би се направио ослонац потребно је направити две паралелне равни и на њима нацртати две различите скице. Како би се те скице спојиле користи се алат Multi-section Solid . Активирањем овог алата потребно је обележити две скице између којих се додаје материјал.



Слика 67. Прозор алата Multi-section Solid и модел

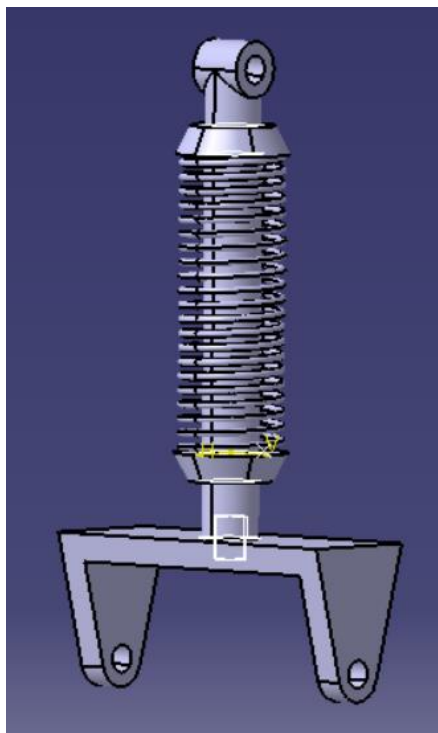
Пресликавањем се добија горњи ослонац и остаје да се измоделира опруга.

Како би се измоделирала опруга потребно је активирати алат Helix  који се налази у окружењу Generative Shape Design (Start → Shape → Generative Shape Design). Прво се пројектује, у одговарајућој равни тачка која представља почетак опруге. Након активирања алата добија се прозор у коме се бира оса простирања опруге, корак и висина као и да ли се опруга окреће у смеру казаљке на сату или супротно. Како би се додао материјал користи се алат Rib који је у Part Design-у. Где је почетна тачка опруге, а управно на опругу црта се круг одговарајућег пречника. То је у ствари пречник жице опруге.



Слика 68. Прозори алата Rib и Helix Curve и модел са опругом

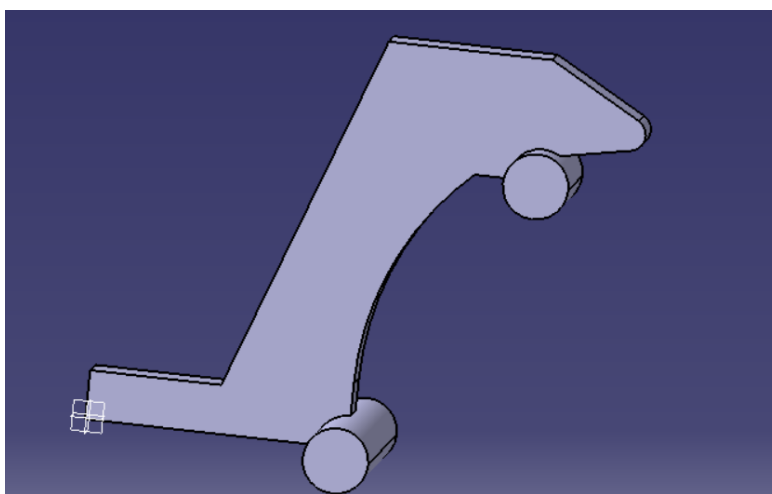
Остали су још отвори тако да модел изгледа овако.



Слика 69. Завршни модел ослањања

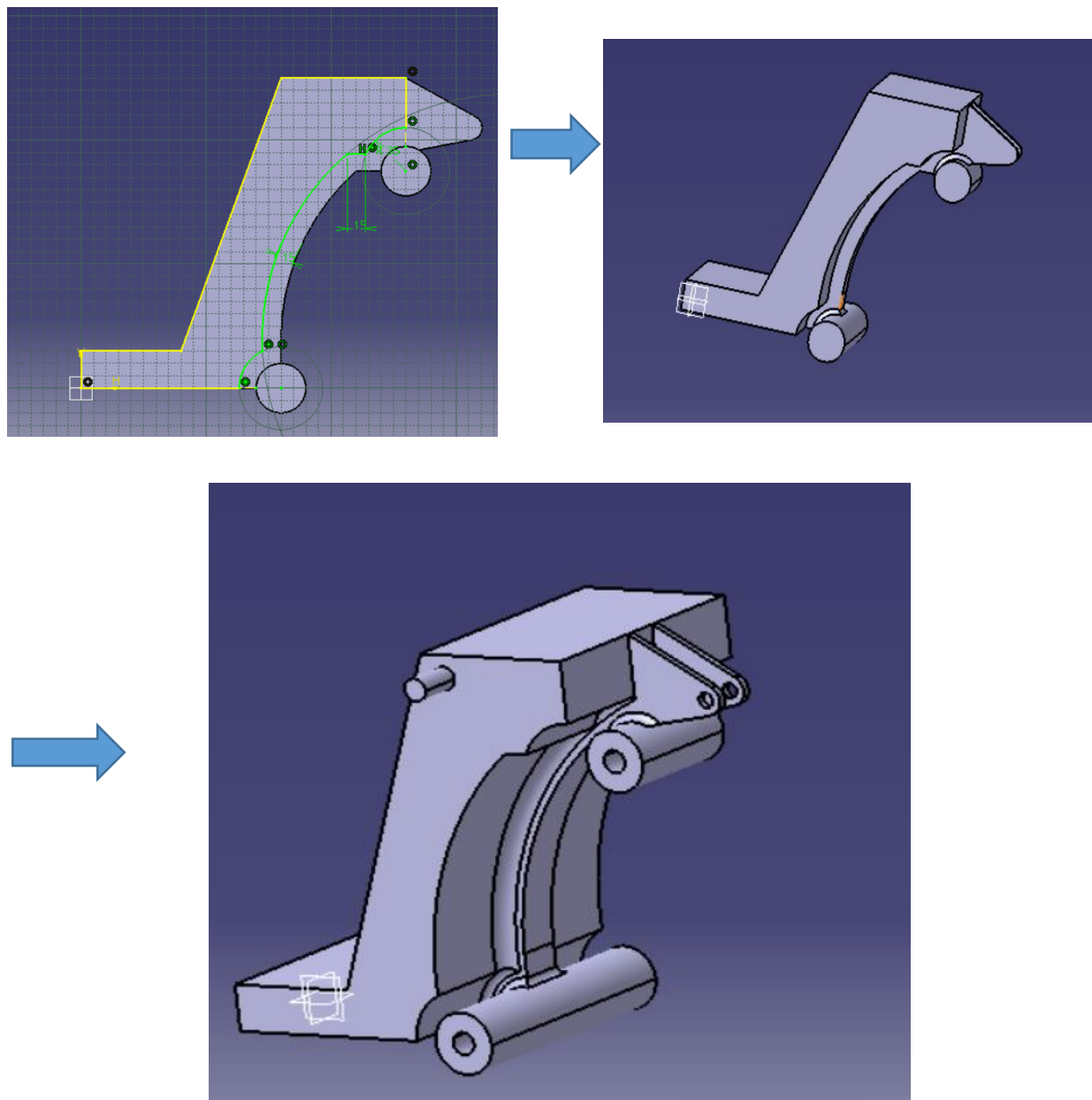
5.5 Главни носач

За главни носач се везују обе вођице као и ослањање возила с тога су потребне три везе.



Слика 70. Модел основе главног носача

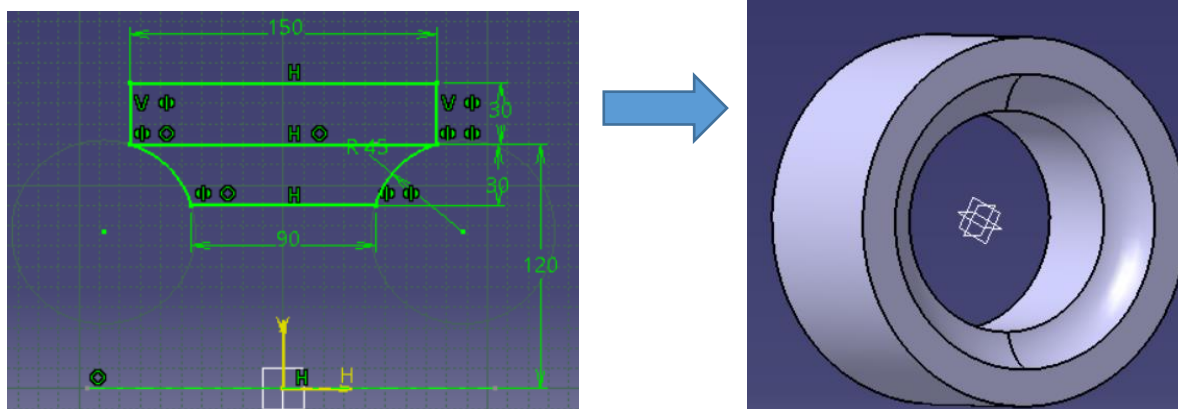
Како би се добио крајњи облик бира се раван у којој је цртано и пројектује се већ постојеће линије модела како би је користили у скици. То омогућава алат Project 3D element . Линије које се пројектују су жуте боје и могу се користити у новој скици.



Слика 71. Настанак крајњег изгледа главног носача

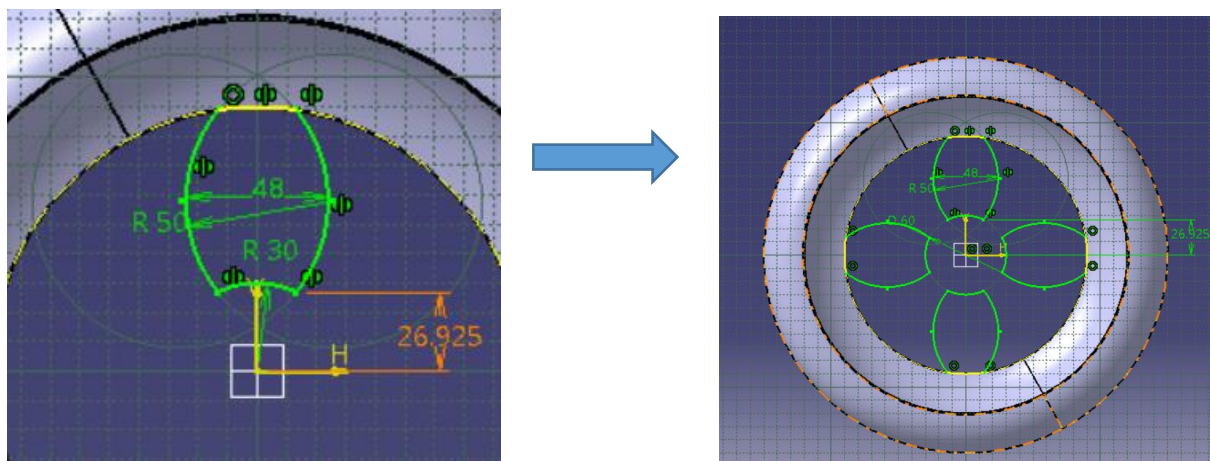
5.6 Точак

Пошто је точак кружног облика користи се нови алат који се зове Shaft . За овај алат потребно је да постоји скица и оса око које се део ротира. Коришћена је координатна оса V као оса ротације.



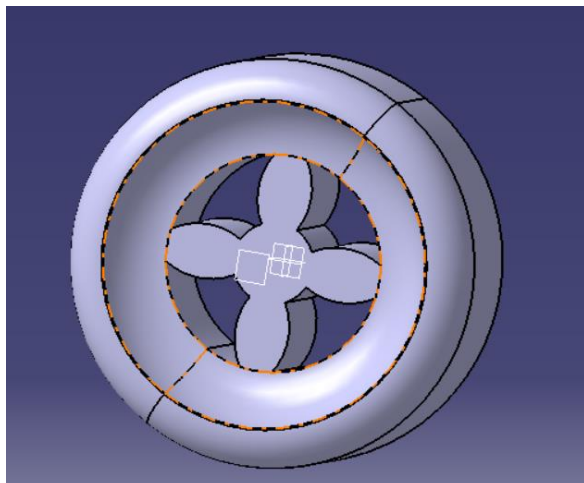
Слика 72. Скица и модел точка

Следећи је наплатак, за то се користи раван нормална на тачак тако да се скица налази у средини тачка. Како би скратило време прављења скице користи се нови алат Translate  Користи се за транслаторно померање елемента тако што се прво обележи елемент затим растојање односно тачка око које се елемент ротира и на крају место где се налази елемент. Број копираних елемената је већи и у зависности од тога елементи се постављају на једнаком растојању.



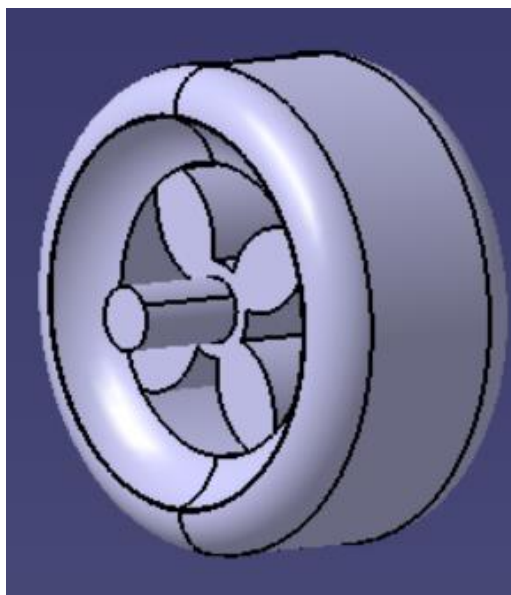
Слика 73. Начин добијања скице наплатак

Коришћењем алата „Rad“  тачак добија следећи облик.



Слика 74. Модел точка са наплатком

Потребно је додати осовину која ће представљати везу са носачем точка. За то се користи осовина у средини точка. Како би је сместили по средини точка потребан је отвор који се прави помоћу алата Pocket  и алат Pad  за прављење осовине. Такође алат Edge Fillet  како би се заоблио пнеуматик.

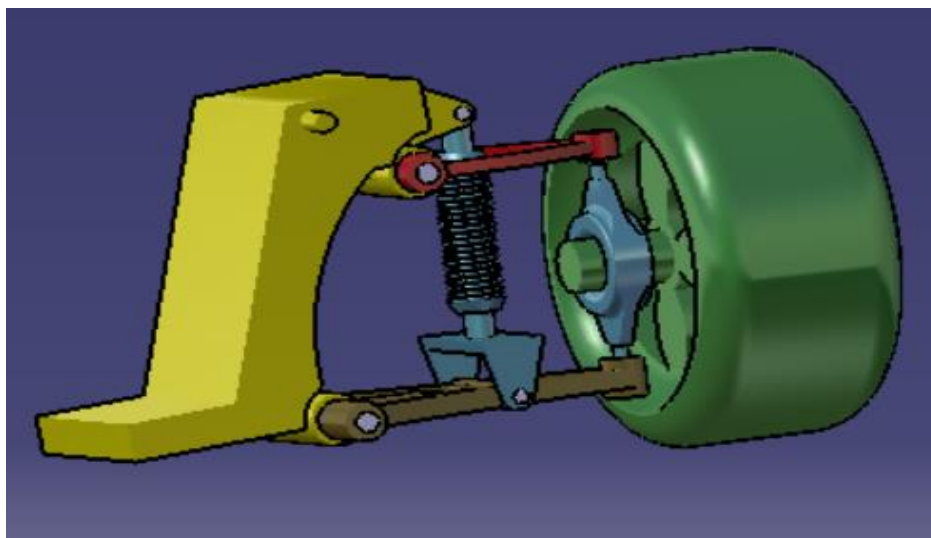


Слика 75. Крајњи модел точка

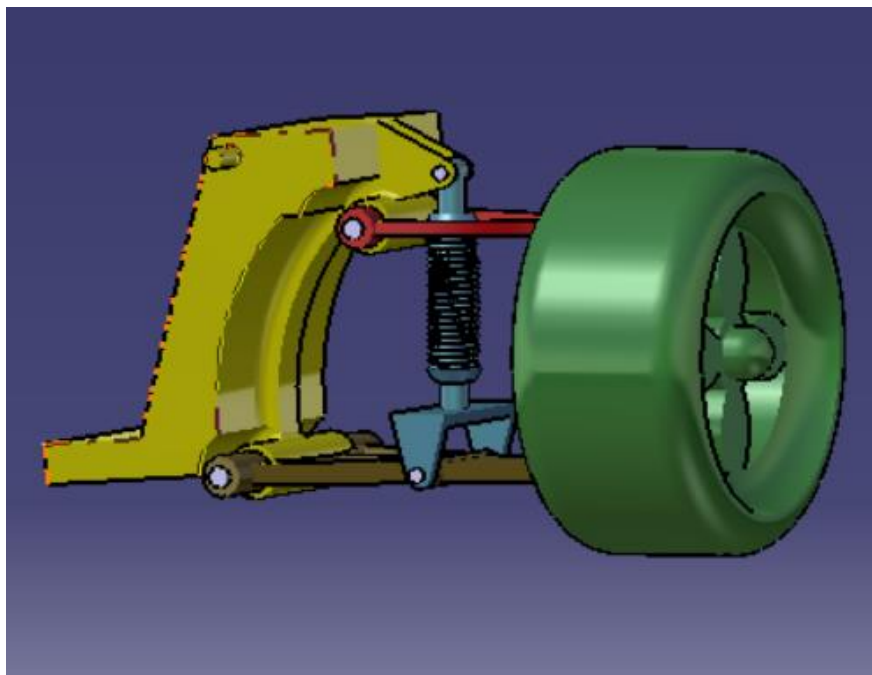
Последњи део који је потребно измоделирати пре склапања склопа јесу клинови који остварују везу између свих делова помоћу алата Pad . Пречници клинова су 10 mm и 15 mm.

5.7 Склоп система за ослањање и вођење точка

Када завршимо са моделирањем свих делова потребно је направити завршни склоп. За то се користи радно окружење „Assembly Design“ (Start → Mechanical Design → Assembly Design). Изглед завршног склопа је дат на следећим сликама.



Слика 76. Крајњи изглед склопа



Слика 77. - Крајњи изглед склопа

6. Закључак

Приликом израде система за ослањање моторних и прикључних возила, аутомобилске компаније морају узети у обзир разне факторе. Они се пре свега односе на цену, масу, компактност система, управљачке карактеристике и жељену удобност током вожње. Ниједно решење није савршено и не испуњава максимално све захтеве, али пар система се одржало и положило тест времена. Један од тих система је свакако и систем ослањања са двоструком виљушком (double wishbone).

Типичан систем са двоструком виљушком састоји се из два рамена за вођење која су обично различите дужине (горње раме је краће у односу на доње), исто тако и углови под којима су постављени су различити. Пажљивим одабиром њихових дужина и углова, инжењери могу модификовати управљивост и удобност самог система. Тако да је могуће, на пример, обезбедити са системом двоструке виљушке да аутомобил одржи приближно исти нагиб (позитиван или негативан) точка чак и када возило прелази преко избочине или приликом „ваљања“ возила у оштрој кривини. Ниједан други систем није толико ефикасан у одржавању исправне геометрије точка у односу на пут, тако да њега можемо видети често на лимузинама високе класе. Такође ова врста ослањања користе се код тркачких аутомобила. Систем са двоструком виљушком има и добру чврстину и носивост тако да се често користи и код теренских возила као што су ципови. Његова главна мана огледа се у његовим габаритима, чиме се оставља мање простора за остале системе у возилу као и за смештај самог мотора.

Литература

- [1] Филиповић, И.: Мотори и моторна возила, Машински факултет Универзитета у Тузли, 2006.
- [2] Кнор, П.: Скрипта, Пројектовање и конструкција моторних возила, Машински факултет Сарајево, 2005/2006.
- [3] Демић, М.: Оптимизација осцилаторних система моторних возила, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, 1997.
- [4] Стефановић, А.: Друмска возила:основи конструкције, Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центра за безбедност саобраћаја Машинског факултета у Крагујевцу, Ниш 2010.
- [5] Car Suspension System - Functions And Components, <http://usciencescompendium.blogspot.com/2015/07/car-suspension-system-functions-and.html>, приступљено 04.10.2017.
- [6] Каталог произвођача ГИБАНЈ д.о.о., <http://www.gibanj.rs/prodaja.php>, приступљено 6.10.2017.
- [7] <http://www.minitorque.com/forum/f25/st-x-coilovers-linear-springs-166681/>, приступљено 8.10.2017.
- [8] Torsion bar, <http://gaukmotors.co.uk/post/torsion-bar>, приступљено 01.10.2017.
- [9] TRW, Aftermarket, Stabiliser Links, <https://www.trwaftermarket.com/us/import-program/chassis/stabiliser-links/>, приступљено 8.10.2017.
- [10] Davis, M.: Air To Be Different – Understanding Air Suspension, <http://www.hotrod.com/articles/hrdp-0701-air-suspension/>, приступљено 8.10.2017.
- [11] Hamid, M., Apandi, M., Rahim, A.: Suspension of PEUGEOT, <http://automotiveengineeringfundamental.blogspot.rs/2012/04/>, приступљено 10.10.2017.
- [12] Глишовић Ј.: Предавање и вежбе из предмета Конструкција возила, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, школска 2016/2017
- [13] Pratte, D. How sway bars work and why you should care, 2014, <http://speed.academy/how-swaybars-work/>, приступљено 8.10.2017.
- [14] Suhas, R.: Innovations in suspension systems, <https://www.slideshare.net/SuhasRao8/a-presentation-on-innovations-in-suspension-mechanisms>, приступљено 8.11.2017.
- [15] <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/picture.xhtml?oid=7434106>, приступљено 8.10.2017.
- [16] What Kind of Suspension to Choose? Advantages and Disadvantages of Suspension Types, <http://cararac.com/blog/what-kind-of-suspension-to-choose-advantages-and-disadvantages-of-suspension-types.html>, приступљено 02.10.2017.

- [17] Phapale, E.: Automobile Suspension system, <https://www.slideshare.net/dnyaneshwarphapale/automobile-suspension-system>, приступљено 6.11.2017.
- [18] Independent Suspension System, <https://www.slideshare.net/suchitmoon/independent-suspension-system>, приступљено 03.10.2017.
- [19] Knowles D.: Automotive Suspension & Steering Systems, Delmar Cengage Learning, 2007.
- [20] Garrett, T.K., Newton, K., Steeds, W.: The Motor Vehicle, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [21] Dixon, J.C.: Suspension Geometry and Computation, John Wiley & Sons Ltd, 2009.
- [22] List of Double Wishbone Front Suspension Car Models Available in Market, <http://www.fuelarc.com/cars/model-finder/front-suspension/double-wishbone/>, приступљено 8.10.2017.